



UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE MÉXICO

FACULTAD DE INGENIERÍA

**Evaluación del Impacto Ambiental
para la etapa de construcción y
equipamiento de un Sistema
Fotovoltaico**

TESIS

Que para obtener el título de
Ingeniero Civil

P R E S E N T A

Daniel Hernández Carbajal

DIRECTOR DE TESIS

M.G.A.A. Jacintos Nieves Antonio



Ciudad Universitaria, Cd. Mx., 2020

ÍNDICE

ÍNDICE DE FIGURAS.....	3
CONTENIDO PARA MARCO TEÓRICO	3
CONTENIDO PARA MARCO METODOLÓGICO	3
CONTENIDO PARA CASO DE ESTUDIO	4
CONTENIDO PARA CONCLUSIONES	7
ÍNDICE DE TABLAS	7
TABLAS PARA MARCO TEÓRICO.....	7
TABLAS PARA MARCO METODOLÓGICO	7
TABLAS PARA CASO DE ESTUDIO	8
TABLAS PARA CONCLUSIONES	11
RESUMEN	12
OBJETIVO GENERAL Y OBJETIVOS ESPECÍFICOS	13
JUSTIFICACIÓN.....	14
MARCO TEÓRICO	15
1. LA ENERGÍA	15
1.1 ¿Qué es la energía?	15
1.2 ¿Cómo ha sido la evolución histórica de la energía?.....	15
1.3 ¿Es sostenible el actual modelo energético?	17
1.4 Solución a la crisis energética.....	20
2. ENERGÍAS RENOVABLES Y NO RENOVABLES.....	21
2.1 Energías no renovables	21
2.2 Energías renovables	23
2.3 Diferencias entre Energía Renovable, Energía Alternativa y Energía Limpia.	27
2.4 Legislación mexicana en materia de energía.....	28
2.5 ¿Cuál es la mejor energía renovable?	29
3. ENERGÍA SOLAR	30
3.1 Comparativa de generación eléctrica e inversión de la energía con respecto a otras fuentes de energía	30
3.2 Tecnología solar	34
3.3 Funcionamiento de un sistema fotovoltaico.....	35
4. APROVECHAMIENTO DE LA ENERGÍA SOLAR A TRAVÉS DE CELDAS FOTOVOLTAICAS EN MÉXICO...38	38
4.1 Identificación de fortalezas y debilidades	38
4.2 Análisis de factibilidad.....	39
4.3 Estudio de mercado.....	43
4.4 Localización óptima para un proyecto fotovoltaico en México	46
5. PROYECTOS DE CELDAS FOTOVOLTAICAS EN LA INDUSTRIA DE LA CONSTRUCCIÓN EN MÉXICO47	47

MARCO METODOLÓGICO	50
1. GENERALIDADES	52
1.1 Conceptos fundamentales.....	52
1.2 Partes que componen el proceso de Evaluación de Impacto Ambiental.	58
2. ESTUDIO DE IMPACTO AMBIENTAL.....	67
2.1 Descripción del proyecto.....	67
2.2 Inventario Ambiental.....	72
2.3 Valoración de los elementos ambientales	100
3. TRABAJO CON LOS IMPACTOS AMBIENTALES	112
3.1 Identificación de impactos ambientales.....	112
3.2 Valoración de los impactos ambientales.....	116
CASO DE ESTUDIO PARA EL ANÁLISIS COMPARATIVO	131
1. DESCRIPCIÓN DEL PROYECTO	131
1.1 Sistema biofísico del municipio de Valle de Bravo	131
1.2 Datos de la localidad, San Mateo Acatitlán	134
1.3 Datos técnicos del proyecto	154
1.4 Reporte fotográfico de las actividades.....	171
2. LÍNEA BASE DE ASPECTOS AMBIENTALES	181
2.1 Deficiencias de los proyectos fotovoltaicos	181
2.2 Esquema del proceso productivo para el sistema fotovoltaico	189
2.3 Árbol de acciones	190
2.4 Vinculación con los ordenamientos jurídicos aplicables en materia ambiental.....	190
3. IDENTIFICACIÓN DE IMPACTOS AMBIENTALES	198
3.1 Árbol de factores ambientales ó inventario del proyecto fotovoltaico	198
3.2 Ponderación de los factores ambientales	213
3.3 Matriz de Leopold para la identificación de impactos del proyecto fotovoltaico	215
4. EVALUACIÓN DEL IMPACTO AMBIENTAL.....	220
5. MEDIDAS DE PREVENCIÓN, MITIGACIÓN Y COMPENSACIÓN DE IMPACTOS	244
6. ANÁLISIS DE ESCENARIOS	270
CONCLUSIONES	273
Objetivos particulares.....	273
Objetivo específico	281
BIBLIOGRAFÍA.....	282
Bibliografía para marco teórico y marco metodológico	282
Bibliografía para caso de estudio para el análisis comparativo.....	286

ÍNDICE DE FIGURAS

CONTENIDO PARA MARCO TEÓRICO

<i>Imagen A. 1. Elementos básicos para la sostenibilidad del sector energético.</i>	18
<i>Imagen A. 2. Evolución del consumo mundial de energía en el escenario de referencia.</i>	18
<i>Imagen A. 3. Sistema de energía eléctrica</i>	22
<i>Imagen A. 4. Funcionamiento de una planta termoeléctrica (Reacción química y la Energía Eléctrica en México, 2015)</i>	22
<i>Imagen A. 5. Tipos de energía. (gstriatum: conectados con la energía renovable, 2014).</i>	27
<i>Imagen A. 6. Evolución de la capacidad instalada de algunas energías renovables, del 2006 al 2015. (Secretaría de Economía, 2017, p. 35).</i>	32
<i>Imagen A. 7. Capacidad instalada solar fotovoltaica al cierre de 2015 [MW]. (Secretaría de Economía, 2017)</i>	32
<i>Imagen A. 8. Costos nivelados de electricidad 2010-2016. (Secretaría de Economía, 2017, p. 42).</i>	33
<i>Imagen A. 9. Esquema del funcionamiento de un sistema fotovoltaico. (ECOHEAT)</i>	36
<i>Imagen A. 10. Accesorios utilizados para realizar conexiones de circuitos básicos. (Cooperación Alemana al Desarrollo - GIZ, 2013, p. 22).</i>	37
<i>Imagen A. 11. Gráfica de Costos porcentuales de componentes en Proyectos Fotovoltaicos. Elaboración propia a partir de Price and Margolis, 2011. (TETRA TECH ES INC., 2014, p. 46).</i>	41
<i>Imagen A. 12. Gráfica donde se compara el consumo energético de los sectores a través del tiempo. (Cooperación Alemana al Desarrollo - GIZ, 2013, p. 85).</i>	45
<i>Imagen A. 13. Mapa de irradiación solar anual en México. (AUTREN, 2010).</i>	46
<i>Imagen A. 14. Potencial eólico en México. (AUTREN, 2010).</i>	47

CONTENIDO PARA MARCO METODOLÓGICO

<i>Imagen B. 1. Esquema de un proceso productivo</i>	56
<i>Imagen B. 2. Ejemplo de diagrama causa-efecto.</i>	113
<i>Imagen B. 3. Matriz de Leopold.</i>	114
<i>Imagen B. 4. Funciones de transformación con su respectiva fórmula y gráfica.</i>	126

CONTENIDO PARA CASO DE ESTUDIO

<i>Imagen C. 1. Ubicación de San Mateo Acatitlán, en Valle de Bravo.</i>	<i>134</i>
<i>Imagen C. 2. Ruta óptima para llegar a San Mateo Acatitlán desde la CDMX.....</i>	<i>135</i>
<i>Imagen C. 3. Área y perímetro calculado por INEGI.....</i>	<i>135</i>
<i>Imagen C. 4. Vista aérea del lugar con "Google Earth".....</i>	<i>136</i>
<i>Imagen C. 5. Rezago Social.....</i>	<i>137</i>
<i>Imagen C. 6. Mapa que muestra la distribución de los 125 municipios del Estado de México según el porcentaje de población en pobreza para 2010. (CONEVAL, 2012).....</i>	<i>138</i>
<i>Imagen C. 7. Mapas del relieve en Valle de Bravo..</i>	<i>141</i>
<i>Imagen C. 8. Mapa de localidades e infraestructura para el transporte en Valle de Bravo.</i>	<i>142</i>
<i>Imagen C. 9. Mapa del Clima en Valle de Bravo.....</i>	<i>143</i>
<i>Imagen C. 10. Mapa de la Geología del municipio.</i>	<i>144</i>
<i>Imagen C. 11. Edafología en el municipio </i>	<i>145</i>
<i>Imagen C. 12. Uso de suelo y vegetación en el municipio.</i>	<i>146</i>
<i>Imagen C. 13. Áreas naturales protegidas, Valle de Bravo.</i>	<i>147</i>
<i>Imagen C. 14. Datos de la estación. (CONAGUA, 2019).....</i>	<i>149</i>
<i>Imagen C. 15. Temperatura y precipitación. (CONAGUA, Datos de la estación, 15165, 2018)</i>	<i>149</i>
<i>Imagen C. 16. Plataforma donde se obtuvo la información climatológica.</i>	<i>150</i>
<i>Imagen C. 17. Nubosidad</i>	<i>150</i>
<i>Imagen C. 18. Humedad</i>	<i>151</i>
<i>Imagen C. 19. Presión atmosférica.....</i>	<i>151</i>
<i>Imagen C. 20. Velocidad del viento.</i>	<i>152</i>
<i>Imagen C. 21. Horas de luz natural y anochecer.</i>	<i>152</i>
<i>Imagen C. 22. Salida y puesta del sol con crepúsculo y horario de verano..</i>	<i>153</i>
<i>Imagen C. 23. Energía solar de onda corta incidente diaria promedio.</i>	<i>154</i>

<i>Imagen C. 24. Vista aérea del sistema.</i>	154
<i>Imagen C. 25. Página web del Rancho</i>	155
<i>Imagen C. 26. Plano del proyecto</i>	156
<i>Imagen C. 27. Plano con detalles.</i>	157
<i>Imagen C. 28. Programa elaborado por el alumno.</i>	158
<i>Imagen C. 29. Ruta crítica en Autocad, elaborado por el alumno.</i>	160
<i>Imagen C. 30. Ruta crítica a escala.</i>	162
<i>Imagen C. 31. Programa de obra complementado</i>	162
<i>Imagen C. 32. Gráfica de ahorros acumulados estimados.</i>	165
<i>Imagen C. 33. Gráfica comparativa de consumo.</i>	165
<i>Imagen C. 34. Especificaciones técnicas del módulos.</i>	165
<i>Imagen C. 35. Ficha técnica del inversor trifásico de la empresa "Ginglong Solis" de la serie 60k-HV</i>	168
<i>Imagen C. 36. Ficha técnica del inversor trifásico de la empresa "Ginglong Solis" de la serie 40k-HV</i>	170
<i>Imagen C. 37. Habilitado de acero para las bases de concreto</i>	171
<i>Imagen C. 38. Colado de las bases.</i>	172
<i>Imagen C. 39. Colocación y acabado de la estructura metálica a base de montenes.</i>	172
<i>Imagen C. 40. Trazo y excavación de las zanjas para las canalizaciones tanto de corriente directa como de corriente alterna.</i>	173
<i>Imagen C. 41. Suministración de los registros de concreto prefabricado de diferentes dimensiones.</i>	174
<i>Imagen C. 42. Acomodo de los módulos solares.</i>	175
<i>Imagen C. 43. Canalización, cableado y tubería.</i>	177
<i>Imagen C. 44. Implementación de inversores.</i>	178
<i>Imagen C. 45. Construcción del nicho que aloja el tablero de protección.</i>	178
<i>Imagen C. 46. Conexión e instalación del transformador con capacidad de 225 KVA.</i>	179
<i>Imagen C. 47. Colocación de los accesorios para la vestimenta del poste.</i>	179

<i>Imagen C. 48. Limpieza de una instalación fotovoltaica en pequeña escala con pértigas.....</i>	<i>183</i>
<i>Imagen C. 49. Drenaje ácido</i>	<i>185</i>
<i>Imagen C. 50. Centro de Genómica e Investigación Oncológica (GENyO) en la Universidad de Granada, España.....</i>	<i>189</i>
<i>Imagen C. 51. Proceso productivo.....</i>	<i>189</i>
<i>Imagen C. 52. Hidrografía del sitio (corrientes de agua), por INEGI.</i>	<i>203</i>
<i>Imagen C. 53. Proceso del escurrimiento e infiltración. Fuente: Clase de Hidrología, impartida por Ing. Francisco Castro Juárez.</i>	<i>204</i>
<i>Imagen C. 54. Proceso de emisión de contaminantes en vehículos automotores.....</i>	<i>206</i>
<i>Imagen C. 55. Gráficas de Nivel Sonoro para determinadas distancias.....</i>	<i>210</i>
<i>Imagen C. 56. Identificación de impactos por método de matriz de cruces.....</i>	<i>216</i>
<i>Imagen C. 57. Generación de residuos sólidos municipales per cápita. (CONAPO, 2005).</i>	<i>221</i>
<i>Imagen C. 58. Bosquejo de cimentación.....</i>	<i>222</i>
<i>Imagen C. 59. Costo Directo del material para 1 m3 de concreto. Cantidades y Precios Unitarios sugeridos de la asignatura “Presupuestación de Obras”, impartida por M.I. CARLOS NARCIA MORALES ..</i>	<i>222</i>
<i>Imagen C. 60. Cuantificación del sonotubo.....</i>	<i>225</i>
<i>Imagen C. 61. Número, localización y tipo de emergencia ambiental, reportadas a PROFEPA (1993-2002).. ..</i>	<i>229</i>
<i>Imagen C. 62. Principales sustancias involucradas en las emergencias ambientales.....</i>	<i>230</i>
<i>Imagen C. 63. Emergencias ambientales por tipo de accidente.....</i>	<i>230</i>
<i>Imagen C. 64. Porcentaje de casos con afectaciones al ambiente.</i>	<i>230</i>
<i>Imagen C. 65. Datos de seguridad del "primer" y del esmalte. (COMEX, P.2). (Nervion, P. 1).</i>	<i>231</i>
<i>Imagen C. 66. Longitud del rancho a la presa Valle de México.....</i>	<i>236</i>
<i>Imagen C. 67. Composición de los RSU en México, 2012. (SEMARNAT, 2013, P. 438).</i>	<i>247</i>
<i>Imagen C. 68. Proceso en caso de derrame.....</i>	<i>248</i>
<i>Imagen C. 69. Implementación de geomembrana para suelos al descubierto o pisos con revestimiento fracturado.</i>	<i>249</i>

<i>Imagen C. 70. Aditivo para concreto</i>	250
<i>Imagen C. 71. Opción 1 de tren de tratamiento para el manantial</i>	251
<i>Imagen C. 72. Opción 2 de tren de tratamiento para el manantial</i>	251
<i>Imagen C. 73. Configuraciones posibles de sistemas de bombeo</i>	253
<i>Imagen C. 74. Profundidad a Nivel estático hidráulico de la zona Villa Victoria-Valle de Bravo. CONAGUA, Actualización de la disponibilidad media anual de agua en acuífero Villa Victoria-Valle de Bravo, 2018, p.11-12)</i>	255
<i>Imagen C. 75. Régimen característico del motor-bomba. (SQFlex, 2019)</i>	256
<i>Imagen C. 76. Bomba sumergible helicoidal, marca Grundfos, modelo SQF 1.2-3</i>	257
<i>Imagen C. 77. Conducción a bombeo cuando la descarga es ahogada</i>	259
<i>Imagen C. 78. Selección de coeficientes para pérdidas secundarias o conexiones</i>	261
<i>Imagen C. 79. Modelo en 3d, área y losa del depósito, con su dimensionamiento</i>	262
<i>Imagen C. 80. Características de impermeabilizante. Fuente: Home Depot</i>	264
<i>Imagen C. 81. Ficha técnica de una cisterna hecha de polietileno</i>	266
<i>Imagen C. 82. Costo de cisterna. Home Depot</i>	268
<i>Imagen C. 83. Esquema del sistema de bombeo</i>	269

CONTENIDO PARA CONCLUSIONES

<i>Imagen D. 1. Porcentaje de acciones en labores y en fases</i>	273
<i>Imagen D. 2. Actividad industrial en México y en EdoMex a través del tiempo</i>	276

ÍNDICE DE TABLAS

TABLAS PARA MARCO TEÓRICO

<i>Tabla A. 1. Ventajas y desventajas de las fuentes de energía. (La ruta de la energía)</i>	26
--	----

TABLAS PARA MARCO METODOLÓGICO

<i>Tabla B. 1. Ejemplo de un árbol de acciones para una actividad extractiva, cantera</i>	71
<i>Tabla B. 2. Árbol de factores genérico para un estudio de impacto ambiental</i>	98
<i>Tabla B. 3. Árbol de factores para un vertedero-incineradora de residuos sólidos urbanos en una zona</i>	99

<i>Tabla B. 4. Ejemplo de ponderación de elementos ambientales repartiendo 1 000 unidades de importancia.</i>	101
<i>Tabla B. 5. Ejemplo de ponderación de elementos ambientales asignando porcentajes (Empleando el método Galleta).</i>	101
<i>Tabla B. 6. Ponderación de elementos ambientales distribuyendo pesos cuya suma es 1.</i>	102
<i>Tabla B. 7. Método Delphi utilizado en el índice de la calidad del agua.</i>	104
<i>Tabla B. 8. Sistema de ponderación de factores por el método Batelle. Repartición de 1 000 unidades de importancia.</i>	107
<i>Tabla B. 9. Ejemplo de ponderación de medios de forma jerárquica.</i>	108
<i>Tabla B. 10. Ejemplo de ponderación de factores del medio inerte de forma jerárquica.</i>	109
<i>Tabla B. 11. Ejemplo de ponderación de los medios por pares sin jerarquizar.</i>	110
<i>Tabla B. 12. Ejemplo de una lista de revisión, en forma de matriz, para la construcción de una autopista.</i>	112
<i>Tabla B. 13. Valores asignados a las características de cada impacto en una valoración cualitativa simple, con fórmula 1.</i>	121
<i>Tabla B. 14. Valores asignados a las características de cada impacto en una valoración cualitativa simple, con fórmula 2.</i>	121
<i>Tabla B. 15. Ejemplo de cálculo de la magnitud de impacto en unidades homogéneas.</i>	124

TABLAS PARA CASO DE ESTUDIO

<i>Tabla C. 1. Datos demográficos de la localidad, del año 2005 y 2010. (SEDESOL, 2015)</i>	137
<i>Tabla C. 2. Localidades del municipio. (SEDESOL, Informe anual sobre la situación de pobreza y rezago social 2016, Valle de Bravo)</i>	138
<i>Tabla C. 3. Datos sociodemográficos y económicos actuales (2015).</i>	139
<i>Tabla C. 4. Calendarización de actividades hecha por la empresa "Coenergía"</i>	158
<i>Tabla C. 5. Cuadro de holguras.</i>	161
<i>Tabla C. 6. Resumen técnico</i>	164
<i>Tabla C. 7. Información básica del módulo o panel.</i>	164
<i>Tabla C. 8. Información básica del inversor.</i>	164

<i>Tabla C. 9. Datos financieros.</i>	164
<i>Tabla C. 10. Cantidad de suelo ocupado (en m2) por una instalación productora de 1 Gwh de energía durante 30 años para varias tecnologías.</i>	182
<i>Tabla C. 11. Árbol de acciones del proyecto a estudiar.</i>	190
<i>Tabla C. 12. Estrategias y líneas de acción en la vertiente de energías limpias.</i>	192
<i>Tabla C. 13. Viviendas particulares habitadas y ocupantes según disponibilidad de servicios públicos 2000-2015, energía eléctrica.</i>	193
<i>Tabla C. 14. Normas Oficiales Mexicanas aplicables al proyecto.</i>	196
<i>Tabla C. 15. Impactos en la salud de las emisiones por el tubo de escape.</i>	207
<i>Tabla C. 16. Algunos sonidos comunes y sus Niveles de Presión Acústica.(Ing. Alba B. Vázquez González, 1994).</i>	208
<i>Tabla C. 17. Límites máximos permisibles de emisión de ruido de las fuentes fijas, de acuerdo a la NOM-081-SEMARNAT-1994</i>	208
<i>Tabla C. 18. Árbol de factores o inventario ambiental para el proyecto fotovoltaico.</i>	212
<i>Tabla C. 19. Tabla de asignación de las especies animales y vegetales.</i>	214
<i>Tabla C. 20. Tabla de pesos de los elementos ambientales.</i>	215
<i>Tabla C. 21. Tabla resumen por elementos.</i>	218
<i>Tabla C. 22. Tabla resumen por acciones.</i>	218
<i>Tabla C. 23. Matriz de Leopold para las acciones y factores más significativos.</i>	219
<i>Tabla C. 24. Cantidad necesaria de material para realizar las 208 bases.</i>	223
<i>Tabla C. 25. Sobrante para los materiales de construcción.</i>	223
<i>Tabla C. 26. Recapitulación de los residuos "sólidos" para el concepto de armado y fabricación de cimentación (208 bases) en un tiempo de 25 días.</i>	225
<i>Tabla C. 27. Valores asignados para el impacto de Desechos domésticos y de construcción sólidos en fabricación y colado de cimentación.</i>	227
<i>Tabla C. 28. Número de emergencias ambientales por Estados asociadas con el transporte terrestre de materiales peligrosos.</i>	228

<i>Tabla C. 29. Daños a la población por emergencias ambientales reportadas a PROFEPA (durante el periodo 1998-2002)</i>	<i>229</i>
<i>Tabla C. 30. Valores asignados por la contaminación de hidrocarburos.....</i>	<i>233</i>
<i>Tabla C. 31. Utilización del agua para colado de cimentación</i>	<i>235</i>
<i>Tabla C. 32. Valores asignados para el impacto de consumo de agua para lavado de celdas.....</i>	<i>238</i>
<i>Tabla C. 33. Valores asignados para el impacto de trabajos de mantenimiento empleando bombeo solar del mismo sistema fotovoltaico.....</i>	<i>240</i>
<i>Tabla C. 34. Cuadro resumen de índice final de impactos.</i>	<i>242</i>
<i>Tabla C. 35. Formato de rangos de estimación probabilística, general, para todo tipo de obras.....</i>	<i>243</i>
<i>Tabla C. 36. Semáforo desarrollado, examinando dos variables independientes.</i>	<i>243</i>
<i>Tabla C. 37. Semáforo simple, únicamente examinando el riesgo, jerarquizando los impactos ambientales.</i>	<i>243</i>
<i>Tabla C. 38. Simplificación de la evaluación.....</i>	<i>244</i>
<i>Tabla C. 39. Características de los recipientes utilizados para el almacenamiento. (SEDESOL, Manual técnico sobre generación, recolección y transferencia de residuos sólidos municipales, 2005. P. 35).</i>	<i>245</i>
<i>Tabla C. 40. Capacidad de los contenedores de cada uno de los residuos sólidos domésticos, ya sea para satisfacer las necesidades básicas de los trabajadores (hora de comida) ó para los residuos relacionados al proceso constructivo.</i>	<i>247</i>
<i>Tabla C. 41. Capacidad de los contenedores de cada uno de los residuos de manejo especial o de construcción.</i>	<i>247</i>
<i>Tabla C. 42. Contenido de organismos resultantes de una muestra simple de agua.</i>	<i>252</i>
<i>Tabla C. 43. Características físicas y organolépticas.</i>	<i>252</i>
<i>Tabla C. 44. Velocidades permisibles por material en tuberías (m/s). Tema: Líneas de conducción por gravedad, bombeo y redes de distribución. Materia “Abastecimiento de Agua Potable y Alcantarillado”, impartida por Ing. Martín Jiménez Vázquez.....</i>	<i>257</i>
<i>Tabla C. 45. Propiedades de los tubos PVC. (Valdez, UNAM. Facultad de Ingeniería, Primera Edición, 1990, p. 110)</i>	<i>258</i>
<i>Tabla C. 46. Diámetros para tubería hidráulica de PVC.</i>	<i>258</i>

<i>Tabla C. 47. Información acerca de las cisternas. (PROYECTOS, 2016)</i>	268
<i>Tabla C. 48. Pronóstico para el escenario en cuanto al elemento suelo.</i>	271
<i>Tabla C. 49. Pronóstico para el escenario en cuanto al elemento agua.</i>	271
<i>Tabla C. 50. Pronóstico para la calidad de vida</i>	272

TABLAS PARA CONCLUSIONES

<i>Tabla D. 1. Porcentajes de obra y porcentaje de acciones buenas/malas para el entorno natural</i>	273
<i>Tabla D. 2. Recursos a requerir en la unidad generadora fotovoltaica, para proyecto sin medidas de mitigación</i>	274
<i>Tabla D. 3. Catálogo de conceptos.</i>	277
<i>Tabla D. 4. Análisis de los elementos ambientales.</i>	278
<i>Tabla D. 5. Clasificación de medidas.</i>	279
<i>Tabla D. 6. Desechos generados en cada una de las labores.</i>	280

RESUMEN

El trabajo está dividido en tres secciones: marco teórico, marco metodológico y caso de estudio. Estas tres etapas nos conducirán a las conclusiones del proceso de investigación, en este caso la ejecución de instalaciones fotovoltaicas en México.

En el marco teórico se integra la teoría existente con la investigación. La energía solar es un tema que todavía se está estudiando, por eso se considera tener una base sólida que permita entender mejor el trabajo escrito.

En el marco metodológico se describen los pasos a seguir para resolver una situación real. Es decir una serie de métodos, técnicas y herramientas con una secuencia lógica para ponerlas en práctica en el caso de estudio.

Por último, el caso de estudio pondremos en acción ese flujo ordenado de pasos en una central solar hallada en un rancho deportivo del Estado de México. Se describen las características técnicas de la instalación, las actividades que se efectuarán, así como los impactos identificados y las medidas de mitigación para una situación puntual.

ABSTRACT

The work is divided into three sections: theoretical framework, methodological framework and case study. These three stages will lead us to make the conclusions of a research process, in this case the execution of photovoltaic installations in Mexico.

In the theoretical framework, existing theory is integrated with research. Solar energy is a subject that is still being studied, so it is considered to have a solid foundation that allows a better understanding of written work.

The methodological framework describes the steps to follow to resolve a real situation. That is, a series of methods, techniques and tools with a logical sequence to put them into practice in the case study.

Finally, the case study will put into action that sequential flow of steps in a solar power plant found in a sports ranch in the State of Mexico. The technical characteristics of the facility, the activities to be carried out, as well as the identified impacts and mitigation measures for a specific situation are described.

OBJETIVO GENERAL Y OBJETIVOS ESPECÍFICOS

Objetivo específico:

Realizar la evaluación costo/beneficio y ambiental de todos los proyectos fotovoltaicos en las etapas de construcción y equipamiento, a “grosso modo”.

Objetivos particulares:

- 1) Determinar las acciones del proyecto que puedan causar efectos ambientales, en las fases de construcción y equipamiento, tanto positivas como negativas, describiendo los elementos y procesos del mismo en términos medioambientales.
- 2) Mencionar los materiales a utilizar, suelo a ocupar, y otros recursos naturales cuya eliminación o afectación se considere necesaria para la ejecución del proyecto.
- 3) Determinar el nivel de satisfacción de necesidades energéticas para una población específica, comprometiendo la calidad ambiental para una escala regional.
- 4) Comparar los costos o beneficios de un proyecto con tecnología solar sobre los factores ambientales, sin perder de vista la sostenibilidad social.
- 5) Definir y evaluar los factores ambientales de los diversos elementos ambientales para una instalación solar.
- 6) Identificar aquellos impactos ambientales que puedan ser prevenidos, mitigarlos o compensarlos para la protección y conservación del medio ambiente.
- 7) Resumir los tipos, cantidades y composición de los residuos, vertidos, emisiones o cualquier otro elemento derivado de la actuación, tanto sean de tipo temporal durante la realización de la obra, o permanentes cuando ya esté realizada y en operación.

JUSTIFICACIÓN

No es novedad que la población aumente al mismo tiempo que la demanda energética para realizar nuestras actividades en sus diversas facetas. Tampoco es sorpresa el impacto ambiental de las fuentes energéticas tradicionales que hay en México. Entonces, ¿Por qué no existe una cultura de proyectos solares para transformar la energía solar a eléctrica? Esto lo podemos notar en los estudios profesionales. ¿Por qué las universidades que imparten la licenciatura de Ingeniería Civil no mencionan en sus clases algo relacionado a la descarbonización en los sectores económicos, utilización de las condiciones naturales para un edificio, ó maximizar la eficiencia energética al menor costo posible en la etapa de planificación, etc.?

Retomando la primera pregunta:

- ❖ ¿Será por los altos costos de financiamiento, el tiempo de recuperación de la inversión inicial, la tramitología burocrática, no hay oportunidad de negocio, falta de experiencia, falta de interés de los clientes, falta de incentivos económicos, etc.?
- ❖ ¿Ó estas tecnologías de verdad repercuten negativamente al medio ambiente, y solo se mencionan las partes positivas de estas alternativas, y, por lo tanto, su uso no tiene tanto beneficio como lo plantean los vendedores, debido a la extracción del material para la fabricación de los módulos, ó el impacto que genera en la etapa de clausura, etc.?
- ❖ ¿De verdad vale la pena esta solución, hay mejores alternativas, es mejor no hacer algo al respecto y dejar las cosas como están?
- ❖ ¿La energía en México es barata, justa, accesible?

Todas estas incógnitas se tratarán de plantear a lo largo de este escrito de forma general y conforme se avance de forma particular.

MARCO TEÓRICO

1. LA ENERGÍA

1.1 ¿Qué es la energía?

La energía se puede entender como la capacidad que tiene un cuerpo o un sistema para realizar un trabajo o producir algún cambio o transformación. Tales cambios pueden ser movimiento, calentamiento o alteraciones en dicho cuerpo. La energía puede manifestarse de distintas formas: gravitatoria, cinética, química, eléctrica, magnética, nuclear, radiante, etc., existiendo la posibilidad de que se transformen entre sí, pero respetando siempre el principio de conservación de la energía; el cual dice: "*La energía no se crea ni se destruye, sólo se transforma*". (Instituto Tecnológico de Canarias, 2008, p. 14).

1.2 ¿Cómo ha sido la evolución histórica de la energía?

❖ Inicios

La única energía de la que disponía el hombre de las cavernas era su propia fuerza muscular, que utilizaba, fundamentalmente, para cazar alimentos. Con el descubrimiento del fuego el hombre primitivo pudo acceder, por primera vez, a algunos servicios energéticos como cocinar, calentar la caverna y endurecer las puntas de sus lanzas. Sin embargo, con el paso del tiempo, debido a que no podía satisfacer las crecientes demandas energéticas de las sociedades en expansión, comenzó a explotar la tierra con fines agrícolas aprendiendo a domesticar animales de tiro; ó recurrió a la energía de muchos hombres al servicio de un número reducido de hombres libres, gracias a la esclavitud. (Instituto Tecnológico de Canarias, 2008, p. 14).

Hace unos 2 000 años el hombre comenzó a recurrir de fuentes energéticas basadas en las fuerzas de la naturaleza, como es la del agua y, hace unos 1 000 años, la del viento. Se difunden los molinos hidráulicos para moler granos, elevar agua, proporcionar energía para hacer pasta de papel, hilar seda, mover herrerías, pulir metales, etc., y en la cultura China, desde el siglo I para soplar aire en hornos de hierro. Hacia fines del siglo XI ya había 50 000 molinos hidráulicos en Inglaterra con una potencia individual de hasta 5 CV. Los molinos de viento, fueron llevados a Europa por las Cruzadas, tenían una potencia de 10-30 CV. No obstante, el uso de estas dos energías mecánicas tenía límites asociados con la ubicación del recurso y la disponibilidad de agua o viento, que dependía a su vez del clima. Estos aspectos condujeron a la necesidad de emplear otros recursos para abastecer de energía que requerían los procesos industriales de la época, dando luz, a la Revolución Industrial. (Universidad Nacional de Colombia, 2015, p. 109). Inglaterra cambió el modelo energético, pasó del aprovechamiento de una fuente de

energía primaria gratuita, como el agua y el viento, a una fuente comercial, como el carbón mineral. (Cunningham, 2003, p. 53 y 54).

❖ Desde la Revolución Industrial hasta la actualidad

En la revolución industrial es cuando se inicia la utilización generalizada de los combustibles fósiles. Las máquinas de vapor representaron el comienzo del consumo de los combustibles de origen fósil, inventadas en el siglo XVIII. Este dispositivo permitía convertir el calor en fuerza mecánica (se quema el carbón, produciéndose calor, que es utilizado para evaporar agua; el vapor a su vez se utiliza para accionar dispositivos mecánicos). Éste, revolucionó el transporte, tanto marítimo en los denominados barcos de vapor, como el terrestre con el Ferrocarril. (Instituto Tecnológico de Canarias, 2008, p. 16).

No sólo la nación británica fue beneficiada con el uso del carbón y las máquinas que transformaban su energía en trabajo equivalente, a este proceso se involucró Estados Unidos hacia a finales del siglo XIX. Estados Unidos superó a Inglaterra gracias a un proceso de sustitución paulatino en el que recursos como el gas y el petróleo entraron en la senda energética para reemplazar el mineral. (Universidad Nacional de Colombia, 2015, p. 110). En 1859 se perfora el primer pozo de petróleo en Estados Unidos de América, de modo que raíz de esto se comienzan a producir una gran cantidad de inventos que utilizan esta fuente de energía, como lo es el generador eléctrico, el motor de combustión interna, la luz eléctrica y el automóvil. (UANL, San Nicolás de los Garza, N.L., México, 2015, p. 2). El recurso gas fue creciendo hasta 1938, cuando su producción cesó al entrar en competencia con la electricidad. (Universidad Nacional de Colombia, 2015, p. 110).

Casi un siglo después de las primeras máquinas de vapor empieza a introducirse una nueva forma de energía: la electricidad. (Instituto Tecnológico de Canarias, 2008, p. 16). Debido a las necesidades crecientes de la industria, por mayor energía, surge la luz eléctrica a finales del siglo XIX, específicamente en 1882 cuando entró en operación la primera central de generación eléctrica hecha por Thomas Edison, localizada en Nueva York. (Universidad Nacional de Colombia, 2015, p. 110). La inventiva de la primera central eléctrica representó el comienzo de un sistema de distribución de energía de uso cotidiano. (UANL, San Nicolás de los Garza, N.L., México, 2015, p. 2).

Últimamente fue descubierta la energía nuclear, que dio pie para la construcción del primer reactor nuclear en Estados Unidos de América en el año de (1942). A pesar de las esperanzas puestas en esta fuente de energía, para 1973, ésta sólo ocupaba una pequeña parte de la producción mundial, cuando se dio cuenta que se consumían en el mundo más de 6 000 toneladas equivalentes de petróleo, que fue cuando dio inicio la llamada Crisis Energética. Posterior a ello, se dilucidó visiblemente el crecimiento de la

población y sus necesidades energéticas, que hacen imprescindible una política de ahorro de energía y la búsqueda de nuevas fuentes, por lo que es imperioso, diversificar las fuentes de energía según las condiciones y posibilidades de cada país, para que cada comunidad procure encontrar su propia alternativa energética en función de sus recursos naturales. Fue en esa década que se consideró a las energías renovables como sustituto de las energías tradicionales, tanto por su disponibilidad presente y futura que viene a ser una garantía, así como también por su menor impacto ambiental. (UANL, San Nicolás de los Garza, N.L., México, 2015, p. 2).

Con esta revisión teórica y conceptual, se llega a la conclusión de que los recursos naturales y energéticos constituyen la base para el crecimiento de los países así como para la construcción de herramientas tecnológicas que permitan a los seres humanos satisfacer sus necesidades y avanzar hacia mejores niveles de vida. (Universidad Nacional de Colombia, 2015, p. 107). Este último periodo, de unos 200 años, se ha caracterizado por un consumo creciente e intensivo de energía que prácticamente ha acabado con los combustibles fósiles. Problemas derivados de este modelo energético han sido el incremento de la contaminación, el aumento de las desigualdades sociales y más notorias las diferencias entre los países pobres y ricos. (Instituto Tecnológico de Canarias, 2008, p. 16).

1.3 ¿Es sostenible el actual modelo energético?

En general, un modelo energético sostenible sería aquel caracterizado por unos patrones de producción y consumo que compatibilizaran el desarrollo económico, social y ambiental, satisfaciendo las necesidades energéticas de las generaciones presentes sin comprometer las posibilidades de las generaciones futuras para atender sus propias necesidades. Para que ello sea posible, el modelo energético debe tener en cuenta tres elementos básicos:

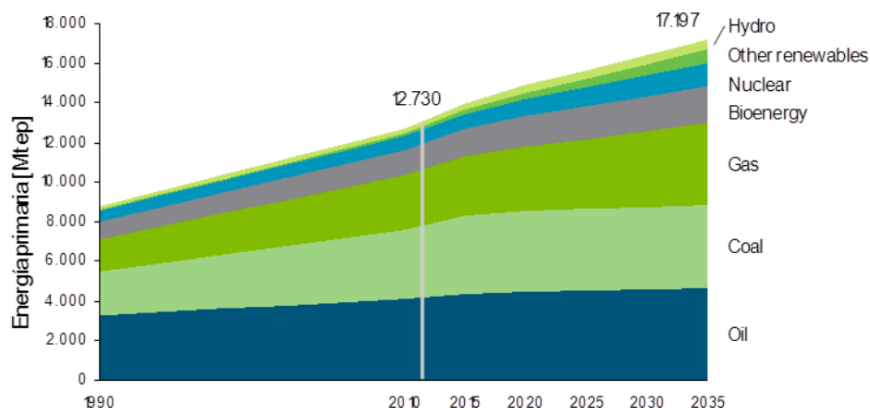
- Seguridad energética: debe garantizar la continuidad del suministro a precios razonables para los consumidores.
- Competitividad: no debe suponer un peligro para el crecimiento económico.
- Sostenibilidad ambiental: la producción y el consumo de energía no deben suponer un impacto inasumible para el entorno. Dentro de este ámbito, el sector energético, como responsable del 80% de las emisiones de gases de efecto invernadero, debe jugar un papel muy importante en la lucha contra el cambio climático.

Imagen A. 1. Elementos básicos para la sostenibilidad del sector energético.



El modelo energético actual se caracteriza por un crecimiento constante del consumo energético, basado en recursos finitos, principalmente combustibles fósiles. Según las previsiones de la Agencia Internacional de la Energía (AIE), la demanda de energía primaria mundial crecerá en el escenario de referencia a un ritmo anual del 1.5 % hasta 2030, manteniéndose un peso predominante de los combustibles fósiles sobre el consumo total, de forma que carbón, gas natural y petróleo representarán el 80% de la energía consumida en 2030 como se puede ver en la siguiente figura.

Imagen A. 2. Evolución del consumo mundial de energía en el escenario de referencia.



Nota: Mt ep, unidad de energía. Millón de toneladas equivalentes de petróleo.

La insostenibilidad económica, ambiental y social del modelo energético global se pone de manifiesto por sus propios elementos característicos.

En cuanto a la insostenibilidad económica, en el caso de los países dependientes del exterior para cubrir sus necesidades energéticas, aparte del riesgo derivado de la

evolución de los precios energéticos, existe también la interrupción del suministro ante eventuales situaciones de diversa índole. Un ejemplo de ello fue la interrupción de suministro de gas ruso en Enero de 2008, que afectó a varios países de la Unión Europea, producido por un conflicto entre Rusia y Ucrania.

Por el lado de la sostenibilidad ambiental, la evolución del consumo energético del escenario de referencia implica un incremento de las emisiones de Gases de Efecto Invernadero (GEI). Desde la revolución industrial hasta hoy, la quema de combustibles fósiles (petróleo, carbón y gas), que se usan para producir energía, libera GEI (CO₂) a la atmósfera, aumentando la temperatura de la Tierra y provocando una distorsión en el sistema climático global. La humanidad se encuentra ante una encrucijada histórica: Los científicos advierten que si la temperatura global supera los 2°C, las consecuencias serán catastróficas, basado en el análisis del IPCC (Grupo Intergubernamental de Expertos sobre el Cambio Climático o Panel Intergubernamental del Cambio Climático, conocido por el acrónimo en inglés IPCC).

Desde el punto de vista social, el modelo energético vigente no permite el acceso a formas avanzadas de energía, con las implicaciones negativas que ello tiene en términos de desarrollo humano y potencial de crecimiento económico futuro. Mil millones de personas no tienen acceso a la electricidad, lo que supone el 13% de la población mundial. Tres mil millones, el 40% de los habitantes del planeta, siguen cocinando con combustibles contaminantes (carbón o madera). Tan solo el 17.5% de toda la energía que se consume en el mundo es de origen renovable. Son algunas de las conclusiones del estudio elaborado por la Agencia Internacional de la Energía (AIE), la Agencia Internacional de Energías Renovables (IRENA), la División de Estadística de las Naciones Unidas (UNSD), el Banco Mundial y la Organización Mundial de la Salud (OMS).

(Energía y sociedad, 2002).

Al hablar de crisis energética en la actualidad nos referimos a una relativa escasez de los productos y recursos que se utilizan mayoritariamente para dicho fin. Esta escasez deviene de inversiones equivocadas y del gran aumento de demanda. Lo que hace pensar que a medida que pasen los años el problema se irá agravando más y en mayor medida, debido al aumento a gran velocidad de la población mundial. (Escuela Tecnológica Ing. Carlos E. Giudici, Lomas de Zamora, Buenos Aires, p. 1).

El modelo energético en el que se ha basado el desarrollo de la humanidad en los dos últimos siglos se ha agotado. El efecto invernadero, la escalada en el precio del petróleo, el propio agotamiento de los recursos energéticos o la dependencia del exterior son razones más que suficientes para pensar en otras opciones realistas y sostenibles a

nuestro alcance. Las energías renovables lo son. (Daphnia: boletín informativo sobre la prevención de la contaminación y la producción limpia , 2006, p. 3).

1.4 Solución a la crisis energética

Las soluciones a la insostenibilidad del modelo energético pasan por reducir la dependencia de la economía de los combustibles fósiles y las emisiones de GEI. (Energía y sociedad, 2002). Hoy por hoy no podemos hablar de que exista un sustituto para atender la intensidad y los requerimientos energéticos para la totalidad de los procesos, productos y actividades que dependen del petróleo y el gas. El conjunto de las “energías alternativas”, especialmente las renovables, tienen usos muy restringidos. Por otro lado, el conjunto de los procesos industriales para generar energía alternativa depende altamente de la salud financiera de una economía sustentada en los hidrocarburos, y tienen limitaciones tecnológicas, algunas de ellas de difícil resolución (intensidad de penetración en la red, acumulación, etc). No existen soluciones sustitutivas para este periodo que ha abusado de la explotación de los combustibles fósiles, recursos finitos que el planeta creó hace decenas de millones de años y que estamos liquidando en décadas de civilización contemporánea. (Daphnia: boletín informativo sobre la prevención de la contaminación y la producción limpia, 2006, p. 7 y 8).

Es necesario invertir y buscar nuevas fuentes de energía que aumenten la disponibilidad y la oferta para alcanzar una solución viable ante la crisis. Y a la vez concientizar a toda la sociedad de la gravedad del problema porque, si no se cambia rápidamente el sistema de producción y utilización de energía, nosotros y las generaciones futuras nos veremos obligados a sufrir los errores que estamos cometiendo en el presente. Errores de una sociedad, en especial la clase empresaria y la dirigencia política, que piensan en el interés propio y el corto plazo, y no en la sobreexplotación y el deterioro del ambiente que habitan y habitarán sus hijos.

Lograr que la sociedad tome conciencia de la gravedad de esta crisis y utilice de manera sustentable los recursos no renovables, implica entrar en conflicto con grandes capitales que invierten en actividades nocivas para el planeta. Pero, por otro lado, permitiría que se experimente en fuentes energéticas viables, no demasiado contaminantes y sin grandes desechos tóxicos. Estos avances tecnológicos innovadores no trascienden lo suficiente porque no se toma conciencia real del problema o porque se trata de proteger intereses económicos, en perjuicio de la naturaleza y de la especie humana. (Escuela Tecnológica Ing. Carlos E. Giudici, Lomas de Zamora, Buenos Aires, p. 1).

Cabe destacar que la aplicación de estas nuevas tecnologías no sólo disminuiría el deterioro del ambiente en donde vivimos, si no que además, ampliaría el margen de investigación de fuentes alternas para afrontar de mejor manera la crisis energética. Al criticar a las fuentes de energía renovable, como la energía solar o los combustibles

biodisel, señalando que son muy costosas y no entregan suficiente cantidad de energía, debemos poner en la balanza que son renovables y mucho menos contaminantes que los combustibles fósiles. (Escuela Tecnológica Ing. Carlos E. Giudici, Lomas de Zamora, Buenos Aires, p. 1). Las energías renovables tienen dos ventajas -medioambientales y sociales - frente a las convencionales. No contaminan, no producen residuos peligrosos, no contribuyen al efecto invernadero y el hecho de que su producción esté cerca de los centros de consumo evita las grandes infraestructuras dedicadas al transporte de energía. Entre las ventajas sociales, que pueden llegar a ser de carácter estratégico, las renovables favorecen la creación de empleo y contribuyen a fijar la población en zonas rurales. (Daphnia: boletín informativo sobre la prevención de la contaminación y la producción limpia, 2006, p. 9).

2. ENERGÍAS RENOVABLES Y NO RENOVABLES

Las fuentes de energía pueden clasificarse, atendiendo a su disponibilidad, en no renovables y renovables. (Instituto Tecnológico de Canarias, 2008, p. 16).

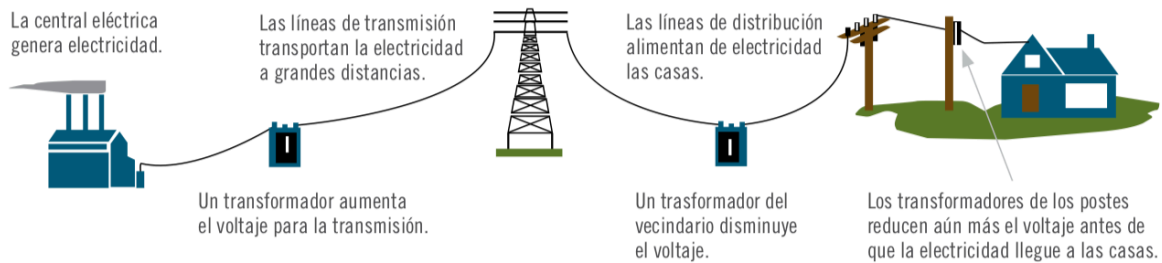
2.1 Energías no renovables

Las energías no renovables son aquellas que existen en la naturaleza en una cantidad limitada. No se renuevan a corto plazo y por eso se agotan cuando se utilizan. La demanda mundial de energía en la actualidad se satisface fundamentalmente con este tipo de fuentes energéticas: el carbón, el petróleo, el gas natural y el uranio. (Instituto Tecnológico de Canarias, 2008, p. 17).

En términos generales, los sistemas de energía eléctrica están compuesto por tres etapas o subsistemas principales: generación, transmisión y distribución. La generación es el proceso mediante el cual se produce electricidad a partir de otros tipos de energía o procesos que liberan energía. La transmisión consiste en conducir la energía eléctrica de las centrales a las áreas de distribución. La distribución comprende el sistema local de líneas de transmisión de bajo voltaje, subestaciones y transformadores que alimentan de electricidad a los consumidores finales. Una fracción de la electricidad generada se pierde durante los procesos de transmisión y distribución.

La mayor parte de las emisiones de contaminantes atmosféricos se produce durante la etapa de generación. La electricidad se genera a partir de distintas fuentes de energía.

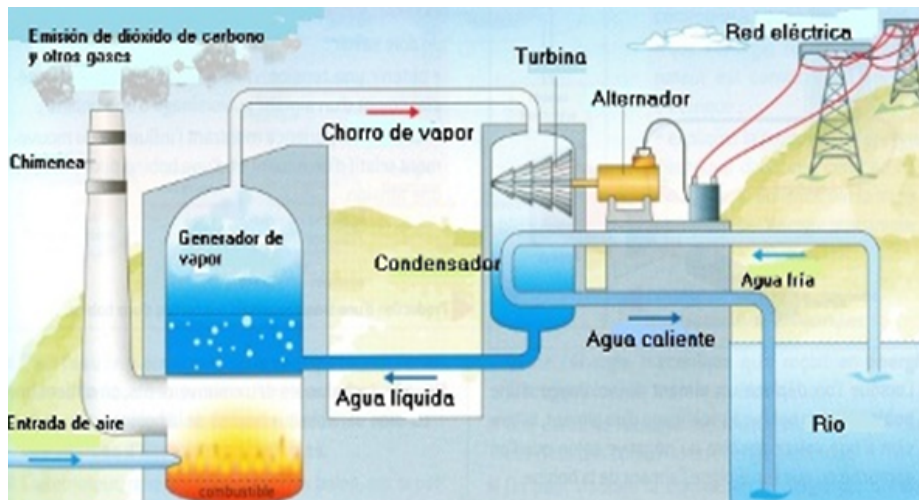
Imagen A. 3. Sistema de energía eléctrica



Una central termoeléctrica es una instalación que está destinada a la generación de energía eléctrica a partir de la combinación o uso de combustibles fósiles como petróleo, gas natural, carbón, núcleos de uranio.... Los pasos básicos son los siguientes: a) se quema el combustible fósil en la cámara de combustión para calentar agua de la caldera; b) se usa este vapor de agua a alta presión y temperatura para mover una turbina; c) la turbina acciona un generador eléctrico; d) el vapor “que no se aprovechó, residual” pasa de la turbina al condensador, aquí el vapor se convierte de nuevo en agua, para condensar el vapor se necesitan grandes cantidades de agua fría, con ello se reinicia el ciclo.

La decisión sobre qué tecnología usar y qué tipo de central eléctrica construir depende de muchos factores, entre otros: el propósito de la central, la capacidad requerida y la disponibilidad de combustible. En términos de emisiones de contaminantes atmosféricos, el combustible es uno de los elementos más importantes a considerar.

Imagen A. 4. Funcionamiento de una planta termoeléctrica (Reacción química y la Energía Eléctrica en México, 2015)



La tecnología actual para crear electricidad se basa esencialmente en la quema del combustible. Es en este proceso de combustión que los contaminantes atmosféricos se generan. El tipo y el volumen de las emisiones contaminantes dependen de cómo se queman los combustibles, del combustible utilizado y de la manera en que la energía liberada durante el proceso de combustión se transforma en electricidad.

(ambiental, 2011, pp. 3,4,41,42) (Milán, 2001, p. 2)

2.2 Energías renovables

Las energías renovables son aquellas que se producen de forma continua y son inagotables a escala humana; se renuevan continuamente, a diferencia de los combustibles fósiles, de los que existen unas determinadas cantidades o reservas, agotables en un plazo más o menos determinado. Las principales formas de energías renovables que existen son: la biomasa, hidráulica, eólica, geotérmica, marina y solar. (Instituto Tecnológico de Canarias, 2008, p. 16).

❖ Biomasa

La Biomasa es una amplísima gama de materiales orgánicos que son incorporados y transformados por el reino animal, incluido el hombre. El hombre, además, la transforma por procedimientos artificiales para obtener bienes de consumo. A cada tipo de biomasa corresponde una tecnología diferente; así, la biomasa sólida, como es la madera, se quema o gasifica, mientras que la biomasa líquida, como aceites vegetales, se utiliza directamente en motores o turbinas, y la biomasa húmeda se puede convertir biológicamente en gas de combustión. (Gestión-calidad, 2016).

Una de las ventajas es la transformación de un desecho en un recurso, realizando un aumento en el reciclaje y una disminución en la cantidad de residuos sólidos. La no contribución al cambio climático: su balance en emisiones de CO₂ es neutro. Al quemar la biomasa para obtener energía se libera CO₂ a la atmósfera, pero durante el crecimiento de la materia orgánica vegetal se absorbe el CO₂, permitiendo un balance entre el nivel de emisión y el nivel de aprovechamiento del gas por la naturaleza. (Fundación Universitaria Agraria de Colombia, 2014).

Sin embargo, se necesitan grandes áreas para los diferentes procesos destinados a la obtención de energía de la biomasa. También las zonas de almacenamiento pueden ser particularmente extensas. En ocasiones se destinan a la obtención de biomasa amplias zonas forestales o selvícolas, destruyendo hábitats de gran valor ecológico y provocando la desaparición o el movimiento de especies animales al destruir sus refugios y fuentes de alimento. Existen dificultades para mantener el transporte y almacenamiento de la

biomasa sólida, operando con enormes volúmenes de combustibles que hacen su transporte oneroso. (Brainly, 2016).

❖ Hidráulica

La energía hidráulica es aquella que se produce gracias a una corriente de agua, saltos o aquella acumulada en lagos o embalses que es contenida mediante represas. El agua contenida no tendría un potencial energético, sin embargo si se abre la represa y se la deja caer desde determinada altura, esta genera energía cinética, que es la energía que se produce gracias al movimiento, para luego convertirse en energía eléctrica. Desde hace algunos siglos se aprovecha esta forma de energía, colocando en corrientes de agua rotores de paleta, cuya energía se utilizaba por ejemplo para molinos rurales. Sin embargo esta forma de explotación tan básica ya casi se ha dejado de utilizar y lo que si se construyen son centrales hidroeléctricas.

Como el resto de las energías renovables la energía hidráulica es limpia, no genera residuos y mientras exista un lugar donde acumular agua, será inagotable. Sin embargo la construcción de una represa implica costos bastante elevados, además de que deja grandes cantidades de suelo improductivos y modifica el ecosistema. También puede haber dificultades con el suministro de energía si las lluvias son escasas y no hay suficiente agua acumulada en los embalses.

❖ Eólica

La energía eólica se produce a través de turbinas de viento, las cuales giran gracias a las corrientes de viento. Es importante que digamos turbinas de viento y no molinos de viento, ya que los molinos son los que se utilizan para moler. Las aspas de la turbina están unidas a un cubo montado sobre un eje, el cual pasa a través de una caja de engranajes de transmisión, donde la velocidad generada por el viento aumenta, haciendo girar un generador que produce electricidad. Antes de colocar un “monte” de turbinas de viento los ingenieros analizan las zonas donde se producen vientos de mayor velocidad, a modo de obtener un mejor rendimiento de esta fuente de energía.

La energía eólica, si bien es amigable con el medio ambiente puede tener algunas consecuencias negativas, por ejemplo estos grandes molinos de viento producen un ruido muy fuerte por lo que no pueden colocarse cerca de centros poblados; y a su vez este ruido puede ahuyentar aves e insectos.

❖ Geotérmica

La energía geotérmica es aquella energía que se genera a través del calor que existe debajo de las capas de la Tierra. Esta energía puede ser obtenida a través de complejos

sistemas, en sofisticadas plantas de energía geotérmica, así como a través de sistemas más simples, como los utilizados para proveer de energía a casas o edificios. La forma más común de obtener la energía es a través de tubos que se introducen en la tierra, por los que se hace circular agua, la cual al calentarse se convierte en vapor y este a su vez en energía.

Si bien en el planeta existen los llamados “puntos calientes” donde el calor es mayor que en otras zonas, una de las grandes ventajas de utilizar esta fuente de energía es que está presente en todo el planeta, por lo que no está limitada a unos pocos países, como los combustibles fósiles. Tiene algunas desventajas, como podría ser la liberación de algunos elementos contaminantes como el sulfuro de hidrógeno, arsénico y otros minerales, aunque los niveles son muy bajos. También podría ser una consecuencia negativa si para instalar plantas de energía geotérmica en los puntos calientes del planeta se destruyeran ecosistemas.

❖ Energía marina

La energía marina es aquella que aprovecha la energía que se genera en los mares y océanos, los cuales son fuente de diversas fuentes de energía limpia y renovable. Ellas son, energía osmótica, energía de las corrientes marinas, energía maremotérmica, energía mareomotriz y energía undimotriz o energía de las olas.

Los científicos han desarrollado diferentes dispositivos para poder captar todas las diversas formas que tienen los mares y océanos de producir energía y aún se continúa investigando en muchos institutos dedicados a la obtención de energías sustentables, ubicados por todo el mundo. Las desventajas de las formas de energía marina es que quedan limitadas a aquellos países con zonas costeras cercanas, además de que los costos de su obtención aún son muy elevados.

❖ Solar

Una de las energías renovables más inocuas es la termosolar y la energía solar fotovoltaica, en la que se utiliza la radiación solar para generar energía, captada a través de paneles solares. Estos paneles están conformados por células fotovoltaicas que captan la energía solar y la almacenan en unas baterías que permiten que la energía se utilice en tiempo real o que se acumule para ser utilizada posteriormente. También existen calentadores solares de agua, fabricados con tubos de vidrio al vacío, los cuales se utilizan solamente para calentar agua; estos paneles no se utilizan para producir energía eléctrica.

Una de las grandes ventajas de los paneles solares es que son muy sencillos de instalar, no se requiere de una gran infraestructura, y puede ser utilizado tanto en hogares,

hoteles, clubes deportivos, o industrias. Si bien la utilización de la energía solar está siendo cada vez más difundida aún los costos de la instalación de estos paneles son elevados, aunque la inversión se recupera a mediano plazo. (VIX, Tania Fernández).

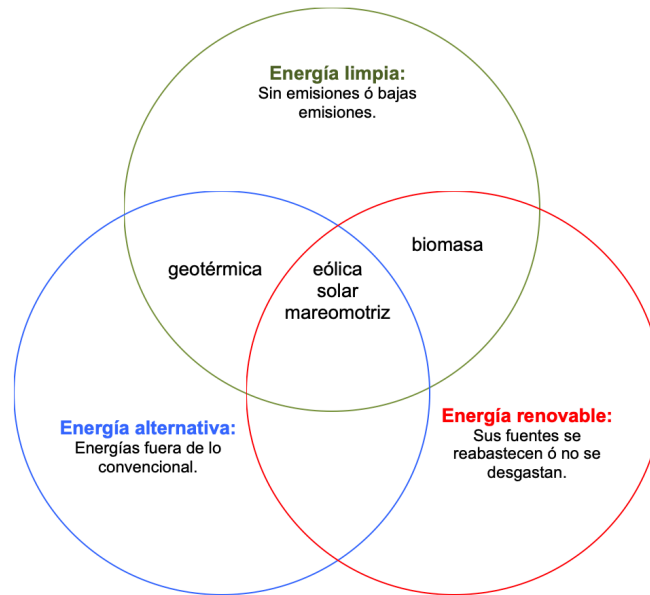
Tabla A. 1. Ventajas y desventajas de las fuentes de energía. (La ruta de la energía).

Fuentes de energía (energía primaria)		Usos de la energía (energía secundaria)	Desventajas o impactos ambientales asociados	Ventajas o aspectos positivos
No renovables	<i>Carbón</i>	<ul style="list-style-type: none"> Calor Industria Electricidad 	<ul style="list-style-type: none"> Residuos, emisiones y contaminación del suelo y agua en el proceso de extracción. Emisiones atmosféricas de gases de efecto invernadero (CO₂, SO₂, NO_x, y CO) y partículas sólidas durante su transporte y su utilización. Bajo rendimiento de conversión de la energía primaria en secundaria. Recurso no renovable. 	<ul style="list-style-type: none"> Recurso abundante del que todavía quedan reservas importantes (gran disponibilidad).
	<i>Petróleo y sus derivados</i>	<ul style="list-style-type: none"> Transporte Calor Industria Electricidad 	<ul style="list-style-type: none"> Recurso no renovable y con pocas reservas. Residuos, emisiones y vertidos durante en el proceso de extracción. Emisiones atmosféricas (SO₂, NO_x y CO₂) y de partículas sólidas durante su transporte y su utilización. Riesgo de vertidos (accidentes) y fugas durante su transporte. Necesidad de un espacio seguro para su almacenaje en destino. Mantenimiento frecuente de los equipos. 	<ul style="list-style-type: none"> Alto rendimiento energético de conversión de la energía primaria en secundaria: 10,1 kwh/litro. Fácil regulación de la combustión.
	<i>Gas natural</i>	<ul style="list-style-type: none"> Calor Industria 	<ul style="list-style-type: none"> Residuos y emisiones en el proceso de extracción. Emisiones atmosféricas de potente efecto invernadero (CO₂) durante su transporte y su utilización. Riesgo de fugas de metano (CH₄ gas de potente efecto invernadero) durante su transporte. Uso limitado a las zonas urbanas con red de distribución 	<ul style="list-style-type: none"> Alto rendimiento energético de conversión de la energía primaria en secundaria: 11 kwh/m³. Bajo mantenimiento de los equipos. Recurso del que existen reservas importantes (facilita la disponibilidad).
	<i>Uranio</i>	<ul style="list-style-type: none"> Electricidad 	<ul style="list-style-type: none"> Residuos radiactivos, altamente tóxicos durante miles de años. Emisiones y contaminación del suelo y agua durante el proceso de extracción. Riesgo de accidentes nucleares. 	<ul style="list-style-type: none"> No emite gases de efecto invernadero.
Renovables	<i>Biomasa</i>	<ul style="list-style-type: none"> Calor Industria Electricidad Transporte 	<ul style="list-style-type: none"> Emisiones atmosféricas durante su transporte. Emisiones atmosféricas (gases y partículas sólidas) durante su consumo. Necesidad de un espacio para almacenamiento Requiere un mantenimiento frecuente para realizar una buena combustión. 	<ul style="list-style-type: none"> Amplia variedad de recursos: residuos de carpintería, cáscaras de frutos secos, subproductos forestales en forma de pellets o briquetas, etc. El consumo de estos recursos contribuye al mantenimiento de la economía local. Alta eficiencia energética en su combustión. Bajo nivel de emisiones contaminantes.
	<i>Minidráulica</i>	<ul style="list-style-type: none"> Electricidad 	<ul style="list-style-type: none"> Cambios irreversibles en los ecosistemas fluviales durante su construcción. 	<ul style="list-style-type: none"> No provoca emisiones atmosféricas ni otro tipo de vertidos. Promueve el aprovechamiento de los recursos locales.
	<i>Eólica</i>	<ul style="list-style-type: none"> Electricidad 	<ul style="list-style-type: none"> Impacto paisajístico y riesgo para las aves. 	<ul style="list-style-type: none"> No provoca emisiones atmosféricas ni otro tipo de vertidos. Promueve el aprovechamiento de los recursos locales.
	<i>Solar</i>	<ul style="list-style-type: none"> Electricidad Calor 	<ul style="list-style-type: none"> Impacto paisajístico en el caso de "huertas solares". Funcionamiento condicionado a las condiciones meteorológicas. Normalmente precisa del apoyo de otras fuentes de energía. Consumo (ocupación) de suelo. 	<ul style="list-style-type: none"> Reducido impacto ambiental. No provoca emisiones atmosféricas ni otro tipo de vertidos. Elevada eficiencia. Recurso localizado en todos lugares, por lo que promueve el aprovechamiento de los recursos locales.
	<i>Geotérmica</i>	<ul style="list-style-type: none"> Calor 		<ul style="list-style-type: none"> No provoca emisiones atmosféricas ni otro tipo de vertidos. Promueve el aprovechamiento de los recursos locales.

2.3 Diferencias entre Energía Renovable, Energía Alternativa y Energía Limpia.

Parecen lo mismo y se utilizan para términos comunes y aunque son similares no son iguales los términos. (gstriatum: conectados con la energía renovable, 2014).

Imagen A. 5. Tipos de energía. (gstriatum: conectados con la energía renovable, 2014).



❖ Energía renovable

Son fuentes de energía inagotables, por la inmensa cantidad de energía que contienen, como el sol o el viento. Ó porque son capaces de regenerarse por medios naturales más rápido de lo que las podemos consumir. En pocas palabras son las que nunca se agotan y además se alimentan de fuerzas naturales. Las energías renovables se diferencian de los combustibles fósiles porque estos, aunque también son naturales, tardan tanto tiempo en regenerarse que llegará el punto que agotaremos todas las reservas del mundo. (gstriatum: conectados con la energía renovable, 2014).

Otra definición, aparece en la legislación mexicana en materia de energía: Aquellas cuya fuente reside en fenómenos de la naturaleza, procesos o materiales susceptibles de ser transformados en energía aprovechable por el ser humano, que se regeneran naturalmente, por lo que se encuentran disponibles de forma continua o periódica, y que al ser generadas no liberan emisiones contaminantes. (LEY DE TRANSICIÓN ENERGÉTICA, 2015).

❖ Energías limpias

Muchas de las energías limpias pueden también ser renovables, pero para que sean limpias necesitan no generar residuos al producirse o utilizarse. El mejor ejemplo de una energía limpia pero no renovable, es el gas natural, y no es que sea 100% limpia (que prácticamente ninguna fuente de energía lo es) pero el tipo de contaminación es muy baja, así que es una energía limpia pero no es una energía renovable. Por otro lado, la biomasa, es una energía renovable, pero no se puede considerar una energía limpia del todo, ya que cuando se quema aunque no contamina como los combustibles fósiles produce una contaminación considerable. (gstriatum: conectados con la energía renovable, 2014). Las energías limpias son aquellas fuentes de energía y procesos de generación de electricidad definidos como tales en la Ley de la Industria Eléctrica. (LEY DE TRANSICIÓN ENERGÉTICA, 2015).

❖ Energía alternativa

Las energías alternativas también pueden ser renovables y limpias, pero específicamente son aquellas fuentes de energía que son diferentes a las tradicionales o a las más utilizadas actualmente. (gstriatum: conectados con la energía renovable, 2014).

2.4 Legislación mexicana en materia de energía

Artículo 1.- La presente Ley tiene por objeto regular el aprovechamiento sustentable de la energía así como las obligaciones en materia de Energías Limpias y de reducción de emisiones contaminantes de la Industria Eléctrica, manteniendo la competitividad de los sectores productivos.

Artículo 4.- La Estrategia deberá establecer Metas a fin de que el consumo de energía eléctrica se satisfaga mediante la Eficiencia Energética y una proporción creciente de generación con Energías Limpias, en condiciones de viabilidad económica.

Artículo 5.- La Estrategia establecerá políticas y medidas para impulsar el aprovechamiento energético de recursos renovables y para la sustitución de combustibles fósiles en el consumo final.

Artículo 6.- Los integrantes de la Industria Eléctrica, sean de carácter público o particular, estarán obligados a contribuir al cumplimiento de las Metas de Energías Limpias en los términos establecidos en la legislación aplicable.

La Secretaría de Economía, la CRE (Comisión Reguladora de Energía), el CENACE (Centro Nacional de Control de Energía) y la CONUEE (Comisión Nacional para el Uso Eficiente de la Energía) deberán detallar en las disposiciones reglamentarias correspondientes las acciones, instrumentos y mecanismos necesarios para el desarrollo

eficiente y en términos de viabilidad económica de la Generación limpia distribuida, entre los que se encontrarán:

- Establecer el desempeño mínimo de los componentes físicos de las instalaciones y los métodos de instalación de sistemas de generación limpia distribuida.
- Expeditar el proceso de instalación a todas las personas físicas y morales que soliciten conectar su sistema de Generación limpia distribuida a la red de distribución.
- Proponer a la Secretaría de Hacienda y Crédito Público mecanismos de apoyo, estímulos fiscales, o financieros, que permitan promover inversiones en medidas técnica y económicamente viables en materia de eficiencia energética.
- Promover el cumplimiento de los compromisos internacionales que México haya adquirido y cuyo cumplimiento esté relacionado directamente con esta Ley.
- Realizar la consulta anual con el Consejo y los integrantes del sector eléctrico, usuarios del suministro eléctrico, el sector académico y la sociedad civil sobre los obstáculos para el cumplimiento de las Metas.
- Incorporar la instalación de Centrales Eléctricas con Energías Limpias.
- Elaborar y publicar anualmente por medios electrónicos el reporte de avance en el cumplimiento de las Metas.
- Elaborar un reporte anual del potencial de mitigación de Gases de Efecto Invernadero del sector.
- Elaborar y publicar anualmente el Atlas Nacional de Zonas con Alto Potencial de Energías Limpias.

(LEY DE TRANSICIÓN ENERGÉTICA, 2015).

2.5 ¿Cuál es la mejor energía renovable?

A la hora de preguntarse cuál es la mejor energía renovable, hemos de tener en cuenta muchos factores y entender que la respuesta correcta no puede ser única. Las diferentes fuentes de energía renovable tienen una serie de fortalezas y desafíos muy propios. El principal es que la eficiencia de la energía renovable depende mucho de la geografía. México, por ejemplo, ofrece un enorme potencial en cuanto a la energía solar, mientras EUA es uno de los países con mayor potencial en cuanto a energía eólica. En países con pocas horas de luz solar, esta no sería el mejor tipo de energía renovable. Lo mismo ocurre con otras energías renovables como la eólica. Otros países, como Islandia, pueden aprovechar la energía geotermal por su situación, pero esa ventaja no se puede trasladar al resto de países.

Todo esto hace que la respuesta a cuál es la mejor energía renovable no pueda ser directa y única. De hecho, la respuesta correcta a cuál es la mejor energía renovable

sería: una buena mezcla de fuentes de energía que aprovechen las diferencias regionales en un país. No es lo mismo evaluar la mejor fuente de energía renovable para el hogar, que una producción a gran escala, ya que en el segundo no solo se mide la facilidad de la instalación, y la productividad. También se debe ver el desarrollo actual y las perspectivas para futuro.

(¿Cuál es la mejor energía renovable?, 2018)

3. ENERGÍA SOLAR

3.1 Comparativa de generación eléctrica e inversión de la energía con respecto a otras fuentes de energía

A nivel mundial, el aprovechamiento de las energías renovables ha crecido de manera importante en los últimos años. La volatilidad de los precios de los combustibles convencionales, la lucha contra el cambio climático y la búsqueda de nuevas oportunidades de negocio son algunos de los factores que han impulsado este crecimiento. En el componente de electricidad, se estima que en 2015 se alcanzó una capacidad instalada para la generación de electricidad a partir de energías renovables cercana a los 1 849 GW a nivel mundial. Por su parte, las inversiones en este sector también registran una tendencia al alza; en 2015 se invirtieron alrededor de 285 000 millones de dólares para mantener el crecimiento en la capacidad de generación de electricidad a partir de energías renovables.

En este contexto, la energía solar ha jugado un papel cada vez más relevante: su capacidad instalada es la tercera más importante dentro de las energías renovables para la generación de potencia eléctrica, con 222 GW —por debajo de la hidroeléctrica, que cuenta con muchos años de desarrollo, y la energía eólica, que ha registrado un crecimiento sostenido desde la década de 1990. Durante 2015, las inversiones en tecnología solar para la generación de electricidad y calor, superaron a las de energía eólica y solamente se encuentran por debajo de la energía hidroeléctrica —que presenta costos de capital elevados—.

(Secretaría de Economía, 2017, p. 26).

Las fuentes renovables que históricamente han realizado los mayores aportes al consumo de energía han sido la biomasa tradicional (leña) y la hidroelectricidad; sin embargo, los problemas de emisiones y salud asociados al consumo de leña, así como los cuestionamientos socio-ambientales relativos a la construcción de grandes presas, han desacelerado el crecimiento de estas formas de energía, dando paso a nuevas tecnologías de aprovechamiento de las fuentes renovables, como la solar y la eólica. La capacidad solar fotovoltaica fue la tecnología que más creció en 2016, representando

47% de las adiciones totales, seguida de la energía eólica y energía hidráulica. (Secretaría de Economía, 2017, p. 35).

La energía hidroeléctrica es una energía que no es intermitente. Es decir, su capacidad de producción no varía. Por ejemplo, la forma más tradicional de generación es mediante presas, mientras haya agua en ellas, se puede producir energía. Eso la hace muy fiable en su capacidad de producción. ¿Y por qué no es una opción viable? Porque depende de condiciones geográficas muy concretas a la hora de instalar la planta. Los mejores lugares ya están seleccionados, requieren de grandes obras y, todo eso, hace que su potencial de crecimiento sea mucho más limitado.

Aprovechando la fuerza del viento y que, cada vez, las turbinas que se construyen son más poderosas y eficientes, la energía eólica puede ser una opción viable. A eso contribuye también que es la energía más eficiente si calculamos la que produce respecto a: costo del combustible, costo de producción de turbinas, impacto ambiental. El reto es que es una energía intermitente. Es decir, que no siempre podremos producir de manera constante. Depende de que sople el viento y, por tanto, la zona geográfica en la que instalar los parques eólicos debe ser muy concreta.

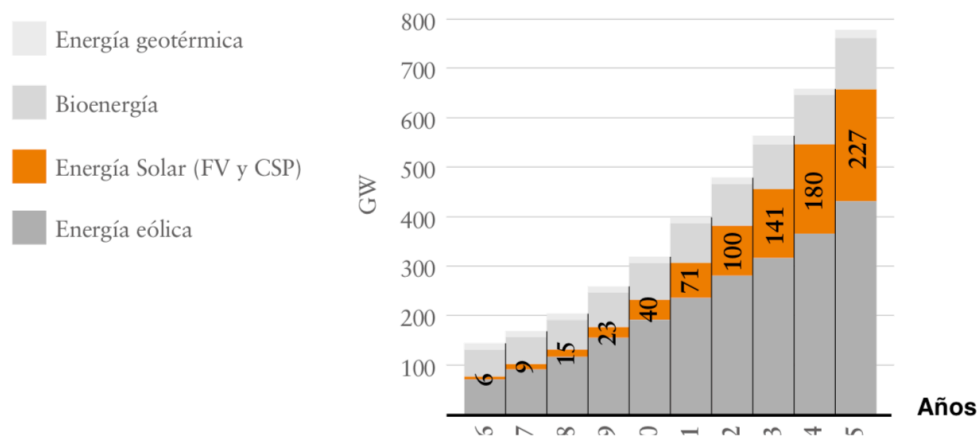
Aunque la energía solar también es intermitente (por la noche no hay sol) y no es tan eficiente ni económica (todavía), hay varias razones por las que la energía solar podría ser la respuesta a cuál es la mejor energía renovable. La energía solar alcanza su pico de producción cuando hay también picos de consumo, es decir, durante el día. La energía eólica, por ejemplo, alcanza picos de producción por la noche, cuando sopla más el viento, pero a esas horas el consumo es menor. Eso hace que la producción de electricidad mediante energía solar encaje mejor con la demanda de energía.

(¿Cuál es la mejor energía renovable?, 2018).

❖ Generación de electricidad

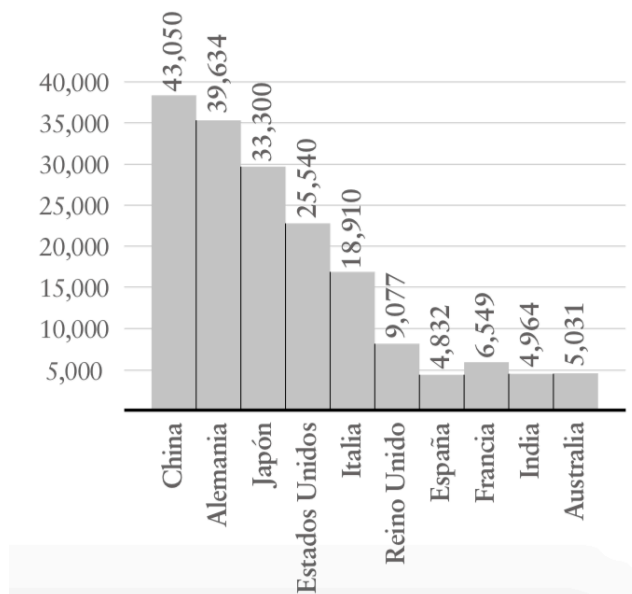
Al cierre de 2015, la capacidad total instalada mundial para generación eléctrica fue de poco más de 6 000 GW, de los cuales casi una tercera parte provino de energías renovables. Después de la hidroelectricidad y la eóloelectricidad, los sistemas fotovoltaicos cuentan con la mayor capacidad de generación, con 222 GW; —5 GW corresponden a la capacidad de los sistemas CSP (Concentración solar de potencia)—. Este crecimiento en la capacidad de generación a partir de centrales solares ha sido el más dinámico entre las energías renovables en los últimos 10 años. (Secretaría de Economía, 2017, p. 35). A pesar del ritmo de crecimiento en las centrales CSP (Energía termosolar de concentración), la capacidad instalada continúa siendo baja en relación con las centrales solares fotovoltaicas.

Imagen A. 6. Evolución de la capacidad instalada de algunas energías renovables, del 2006 al 2015. (Secretaría de Economía, 2017, p. 35).



Los países con mayor capacidad solar fotovoltaica instalada son China, Alemania, Japón, Estados Unidos, Italia, Reino Unido, España, Francia, India y Australia; juntos, estos países concentran 83% de la capacidad solar fotovoltaica global. (Secretaría de Economía, 2017, p. 36).

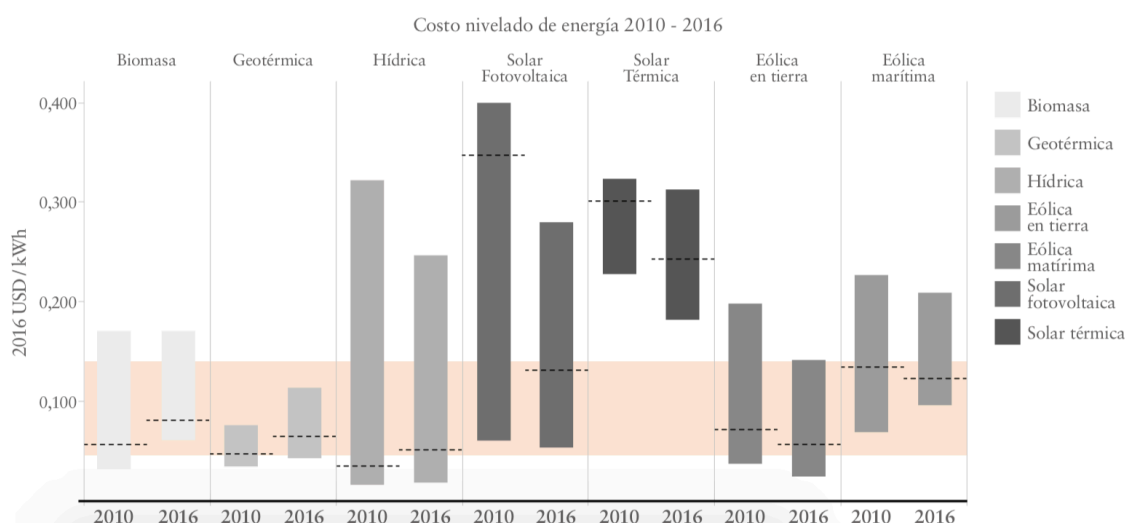
Imagen A. 7. Capacidad instalada solar fotovoltaica al cierre de 2015 [MW]. (Secretaría de Economía, 2017)



❖ Costos de nivelación de energía

Un indicador de la competitividad de las diferentes tecnologías durante su vida útil, es el costo nivelado —tanto de electricidad como de calor—. El costo nivelado de una tecnología es la relación de los costos y la energía generada (electricidad o calor) durante su vida económica. En la siguiente gráfica se puede observar la evolución de los costos nivelados de diferentes tecnologías renovables para generar electricidad a gran escala. (Secretaría de Economía, 2017, p. 41).

Imagen A. 8. Costos nivelados de electricidad 2010-2016. (Secretaría de Economía, 2017, p. 42).



Los costos más bajos se presentan para la geotermia, biomasa, hidroeléctrica y eólica; sin embargo, el aprovechamiento de estas fuentes de energía está limitado a la ubicación geográfica del recurso, a la disponibilidad de líneas de transmisión ya existentes, y a condiciones ambientales, entre otros factores. La gran ventaja de la energía solar es su mayor distribución geográfica, que permite localizar nuevas centrales cercanas a las líneas de transmisión para hacer llegar grandes cantidades de energía a los consumidores finales.

La reducción acelerada de los costos nivelados de la energía solar fotovoltaica en los últimos años, la sitúa como una opción competitiva frente al rango de costos nivelados que reflejan las centrales eléctricas con base en energías fósiles. Se espera que en el mediano plazo los costos nivelados de las tecnologías solares —incluyendo la solar fotovoltaica y la solar de concentración para generación de potencia— disminuyan aún más, y compitan de manera más efectiva contra fuentes tradicionales de energía. Los costos nivelados de generación de energía solar térmica son mucho menores en comparación con los de generación de electricidad, en cierta medida debido a la ventaja

que representa generar la energía en el mismo lugar de consumo, a la madurez del mercado de estas tecnologías y a los costos de fabricación más bajos.

El rango de costos varía en diferentes mercados, debido a los costos locales de manufactura asociados, al grado de inversión en desarrollo tecnológico y a la disponibilidad del recurso solar.

(Secretaría de Economía, 2017, p. 42 y 43).

3.2 Tecnología solar

El sol es una estrella gigante, que entrega energía a nuestro planeta. El sol es un gigantesco reactor nuclear. Es una enorme esfera gaseosa, formado fundamentalmente por Helio, Hidrógeno y Carbono, en el seno de la cual se producen continuas reacciones nucleares de fusión, es decir, reacciones mediante las cuales se unen los núcleos de dos átomos de hidrógeno para formar un núcleo de helio, liberando en dicho proceso una gran cantidad de energía.

De la enorme cantidad de energía que emite constantemente el sol, una parte llega a la atmósfera terrestre en forma de radiación solar. De ella, un tercio es enviada de nuevo al espacio a consecuencia de los procesos de refracción y reflexión que tienen lugar en la atmósfera de la Tierra. De los dos tercios restantes, una parte es absorbida por las distintas capas atmosféricas que rodean el globo terráqueo. El resto llega a la superficie del planeta.

La radiación solar es la principal fuente de energía de nuestro planeta; su absorción diferenciada en la superficie del planeta interviene en un gran número de procesos naturales como son generación de vientos y corrientes marinas, el ciclo del agua, la ocurrencia de las estaciones, los cambios climáticos, distribución de la vegetación, efectos de la radiación UV en seres vivos y en materiales, sólo por mencionar algunos. La medición de la radiación solar contribuye a comprender la forma en que ocurren estos procesos y permite elaborar modelos de predicción y de análisis para atender problemáticas actuales, así como fomentar el aprovechamiento de la radiación solar. (Renovable, 2008, pp. 9-11) (Ciencia UNAM, 2014).

Una de las tareas de mayor relevancia por la problemática energética del mundo y de nuestro país es la evaluación del recurso solar enfocado al diseño bioclimático y de las diversas tecnologías desarrolladas para su aprovechamiento. La energía solar es la fuente de energía más abundante de la Tierra: renovable, disponible, gratuita y en cantidad muy superior a las necesidades energéticas de la población mundial. (CEMAER).

La energía solar transformada en calor puede ser utilizada para el calentamiento y evaporación de agua, el secado de materia orgánica y el acondicionamiento de espacios; el calor también puede transformarse en trabajo mecánico y electricidad, puede propiciar o facilitar varias transformaciones físicas y químicas, y tiene el potencial de ser utilizado en procesos industriales. Por su parte, la generación de electricidad a partir de energía solar amplía los horizontes de consumo, ya que esa energía puede ser empleada prácticamente para cualquier uso. (Secretaría de Economía, 2017, p. 26).

❖ Sistemas fototérmicos

El proceso para capturar el calor recibido del sol es relativamente sencillo, y puede completarse con varios dispositivos. Los sistemas fototérmicos se utilizan principalmente para calentamiento de agua y acondicionamiento de espacios en el sector residencial, pero también pueden emplearse para proporcionar calor en procesos industriales. Los sistemas de refrigeración solar más comunes son los de enfriamiento por absorción, en los que la energía solar es usada para regenerar el fluido absorbente, el cual contiene el refrigerante. (Secretaría de Economía, 2017, p. 31).

❖ Sistemas fotovoltaicos

En las últimas décadas, las tecnologías fotovoltaicas han experimentado un enorme avance tanto a nivel científico como tecnológico. La eficiencia de los diferentes tipos de celdas se ha incrementado cinco veces. Los costos para la fabricación de paneles fotovoltaicos se han reducido en tal medida que la inversión se puede recuperar durante los dos primeros años de uso, mientras que la confiabilidad contra fallas y condiciones climáticas adversas otorga garantías que exceden los veinte años de vida útil. Las instalaciones actuales van de 3 kW para usos domésticos conectados a la red, hasta 450 MW para plantas abastecedoras a las redes eléctricas de transmisión. La energía solar fotovoltaica es un área tecnológica que ha creado un mercado, pero que sigue en un desarrollo acelerado para mejorar su eficiencia y disminuir sus costos. (Secretaría de Economía, 2017, p. 26 y 27).

3.3 Funcionamiento de un sistema fotovoltaico

Para convertir la energía lumínica en energía eléctrica es necesario utilizar paneles solares con sistemas fotovoltaicos. Se define el sistema fotovoltaico como un conjunto de componentes mecánicos, eléctricos y electrónicos que concurren a captar y transformar la energía solar disponible, transformándola en utilizable como energía eléctrica. Los sistemas fotovoltaicos, independientemente de su utilización y del tamaño de potencia, se pueden dividir en dos categorías: sistemas conectados a la red (grid connected) y sistemas aislados (stand alone).

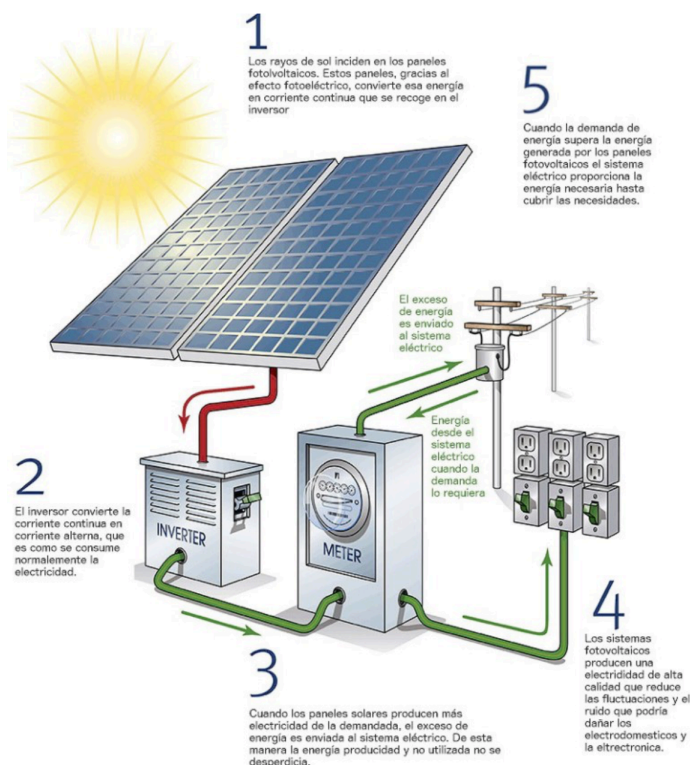
El primer sistema está permanentemente conectado a la red eléctrica nacional. En las horas de irradiación solar escasa o nula, cuando el arreglo fotovoltaico no produce energía suficiente para cubrir la demanda de electricidad, es la red que proporciona la energía necesaria. Viceversa, si durante las horas de irradiación solar el sistema fotovoltaico produce más energía eléctrica de la que se gasta, el exceso se transfiere a la red. Gracias a las mediciones realizadas por un contador y a los precios establecidos por la autoridad misma, se puede vender a la red eléctrica la energía producida en exceso y aprovechar energía de la red cuando la cantidad de energía auto producida es insuficiente.

Los sistemas aislados se utilizan normalmente para proporcionar electricidad a los usuarios con consumos de energía muy bajos para los cuales no compensa pagar el costo de la conexión a la red, y para los que sería muy difícil conectarlos debido a su posición poco accesibles.

(ITER, p. 6 y 8).

Para realizar la instalación del sistema fotovoltaico es necesario comprender, en primer lugar, el esquema del sistema, pues éste nos orientará en el proceso de instalación de forma eficiente y adecuada.

Imagen A. 9. Esquema del funcionamiento de un sistema fotovoltaico. (ECOHEAT)



Se debe contar con las herramientas necesarias para realizar adecuadamente la instalación: Martillo, alicates, destornilladores, llave mixta, multímetro, etc. Además, se necesita los siguientes materiales:

Imagen A. 10. Accesorios utilizados para realizar conexiones de circuitos básicos. (Cooperación Alemana al Desarrollo - GIZ, 2013, p. 22).

Lista de materiales

- Panel Solar
- Estructura metálica
- Pernos
- Batería
- Caja para batería
- Terminales para batería
- Bornera con puentes rojo/negro
- Controlador de Carga
- Caja para controlador
- Tabla / caja para fijación
- Luminarias
- Soket
- Portalámparas
- Interruptores
- Focos
- Accesorios adicionales para fijación y conexión
- Conector tipo cigarrera
- Cable 2x 10 vulcanizado
- Cable 2 x 14 mellizo
- Cinta aislante
- Cintillos
- Conectores tipo roscante
- Caja octagonal



Es importante tener las siguientes consideraciones:

- i. Seleccionar la mejor ubicación para instalar el sistema fotovoltaico.
- ii. Instalación y conexión del panel o módulo fotovoltaico: Componente encargado de transformar la radiación solar en energía eléctrica a través del efecto fotoeléctrico. Están hechos principalmente por semiconductores (silicio) mono-cristalinos o poli-cristalinos. El panel solar puede instalarse ya sea en el techo de la vivienda o en un poste, no obstante es mejor en el techo, porque consume menos cable en la instalación y hay menos riesgo de robo.
- iii. Realización del cableado eléctrico.
- iv. Instalación del inversor: En el caso de las instalaciones conectadas a red, el inversor debe proporcionar una corriente alterna que sea de las mismas características de la red eléctrica a la que está conectado.

- v. Medidor: Los medidores son instrumentos que censan el comportamiento del sistema y entregan una lectura de acuerdo a las variables a monitorear. En sistemas fotovoltaicos es de interés medir la tensión (V), corriente (A) y potencia (W) instantánea, junto con la energía (kWh) que estos producen en un determinado régimen de uso. Además el medidor distribuye la energía a los aparatos.
- vi. Instalaciones en tomacorrientes, luminarias e interruptores.
- vii. Verificación del mantenimiento y operatividad del sistema: Las acciones de mantenimiento deben realizarse cada mes de forma sistemática y continua.

(Cooperación Alemana al Desarrollo - GIZ, 2013).

4. APROVECHAMIENTO DE LA ENERGÍA SOLAR A TRAVÉS DE CELDAS FOTOVOLTAICAS EN MÉXICO

4.1 Identificación de fortalezas y debilidades

❖ Fortalezas

La energía proveniente del sol tiene muchas ventajas como que la estrella emite energía las 24 horas del día, los 365 días del año a nuestro planeta, es abundante y gratuita, no contamina. *“El territorio nacional tiene excelente Sol, por lo que se ubica como el tercer mejor país por ese potencial. Asimismo, recordó que más de 90% de los paneles están hechos de silicio cristalino o policristalino, el segundo elemento más abundante en la corteza terrestre. Las celdas solares son duraderas, con garantía de 20 años, pero pueden servir 30 y hasta 35 años con pérdidas mínimas de eficiencia. Es una tecnología rentable, establecida y de gran escala”*. Expresa Diego Solís Ibarra, integrante del Instituto de Investigaciones en Materiales, para la Gaceta UNAM. (Gaceta Digital UNAM, 2017).

“Genera cinco veces más empleos que las convencionales que hoy utilizamos, ofrece seguridad en la oferta energética, asegura una balanza de pagos favorable a largo plazo y disminuyen los costos de producción. En el caso de México, tenemos energía solar casi todo el año, además de buena calidad de viento; nuestro territorio es buen candidato para implementar estos usos energéticos.” Destaca, Julia Tagüeña Parga, investigadora del Instituto de Energías Renovables (IER) de la UNAM y directora adjunta de Desarrollo Científico del Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología (Conacyt). (Boletín UNAM, 2013).

❖ Debilidades

Hoy en día utilizamos solo una pequeña parte de la enorme cantidad de energía que nos llega del sol, por lo que el camino a recorrer es todavía largo para poder aprovechar la energía solar a gran escala, actualmente la nación mexicana sólo genera 20.34% a partir de energías limpias, y menos de 1% es generada por energía solar. (Forbes, 2017). La producción de energía eléctrica fotovoltaica, al depender de la luz del sol, no es constante, sino que está condicionada por la alternancia del día y de la noche, por los ciclos de las estaciones y por la variación de las condiciones meteorológicas. (ITER, p. 5). No hace falta leer toda la reforma energética (aprobada en el 2013), pero si es importante tener claro que es una reforma energética que sigue premiando a los hidrocarburos y no podemos esperar un impulso en las energías renovables gracias a ello, en general el apoyo e impulso a las renovables es poco claro. Por tratarse de una tecnología relativamente nueva no existe la suficiente cultura y conocimientos respecto a su capacidad y utilización. El costo inicial de la instalación es alto si se compara con sus similares. (Universidad Autónoma de Ciudad Juárez: Instituto de Ingeniería y Tecnología, 2012).

4.2 Análisis de factibilidad

El estudio de factibilidad es un instrumento que aborda sistemáticamente una serie de cuestiones cuyas respuestas permiten decidir si vale o no la pena implantar un proyecto. (Martínez Jurado, 2018). El análisis de viabilidad de proyectos de energías renovables como la fotovoltaica, requiere de un análisis que contemple contemporáneamente las características del proyecto.

❖ Factibilidad técnica

Por un lado, existen diversos tipos de tecnologías fotovoltaicas de las cuales las más implementadas son las variaciones de la tecnología cristalina de silicio. Esta tecnología abarca 90% del mercado en México. Dentro de este tipo de tecnología, a pesar de tener una eficiencia más baja, la tecnología poli-cristalina de silicio es la tecnología mayormente utilizada, gracias a que la producción de éstos resulta más económica, lo cual se ve reflejado en el precio final. (TETRA TECH ES INC., 2014, p. 44). Para producir un 1 KW se requiere una superficie de 8 a 11 m² de célula policristalina. (Calentadores Calorex, 2018).

Además del material de las celdas, hay que tomar en cuenta las capacidades técnicas del módulo (tecnología del módulo, eficiencia del módulo, pérdidas de eficiencia por calor, etc.). Lo anterior determina la producción de energía del proyecto. Lo que influye en la rentabilidad.

❖ Factibilidad social

Al fomentar proyectos de esta índole se está dando la oportunidad óptima para capacitar a estudiantes directamente con sistemas fotovoltaicos reales. Por medio del proyecto fotovoltaico se podría iniciar un programa de estudio y capacitación de instalación de paneles fotovoltaicos. Si las escuelas de México en Ingeniería optaran por impartir dichos cursos con mayor énfasis, el beneficio a corto plazo sería tener alumnos, en plan de servicio social, que puedan satisfacer la necesidad de energía en su localidad trabajando en empresas relacionadas a la energía. A largo plazo sería contar con egresados que puedan cubrir la demanda a nivel nacional, tomando en cuenta que el Centro Nacional de Control de Energía (Cenace), afirma que la región que demanda más energía es la Centro (CDMX y Edo. de México) por carga residencial, y avalando que ciudades como Guadalajara y Monterrey requieren energía en el sector industrial. (Conacyt, 2016).

❖ Factibilidad política

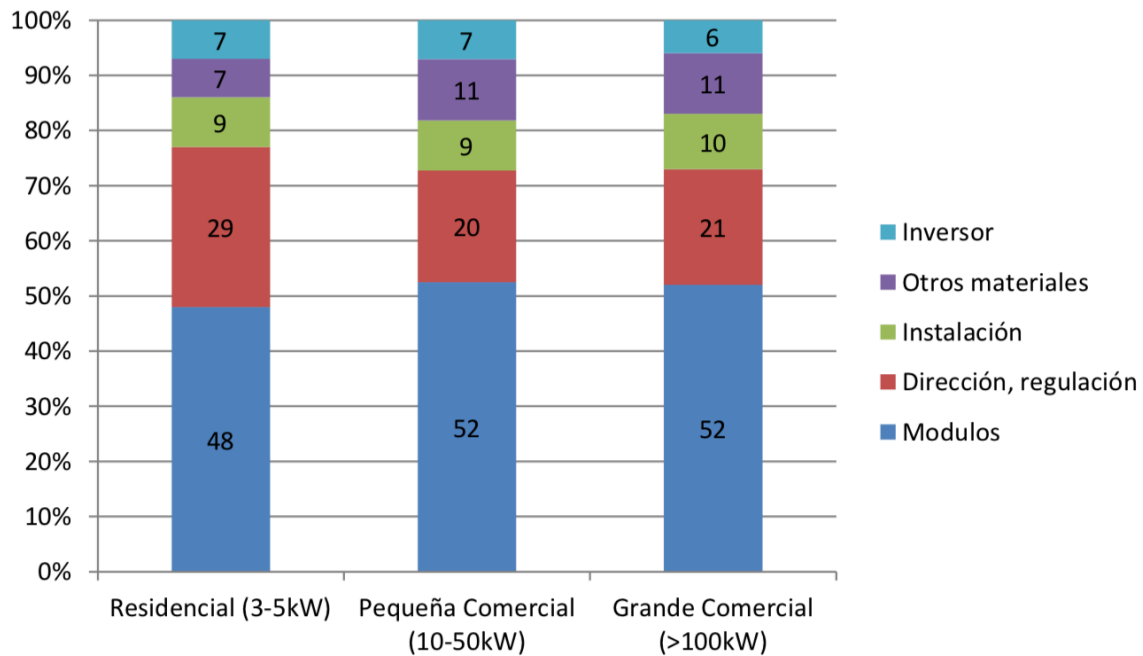
Las empresas del ramo afirman que hay obstáculos para la interconexión con la red de CFE; mientras la Comisión tiene un amparo en contra de las reglas sobre generación distribuida. El gobierno mexicano debería quitarle poder a CFE y darle más oportunidades a otras empresas relacionadas con la energía por varias razones. El estado mexicano debe enfocarse en energías renovables, apoyándose de instituciones educativas y en empresas especializadas en energía fotovoltaica, no solamente para cumplir con la demanda de energía, si no para pagar las deudas que tiene con CFE.

Cuando existía Luz y Fuerza del Centro, la pérdida de energía eléctrica suministrada era de 34%; ahora, con la Comisión Federal de Electricidad, las pérdidas lograron reducirse sólo en 9% para alcanzar 25%; la OCDE (Organización para la Cooperación y el Desarrollo Económicos) recomienda que este indicador no rebase 6% para tener un suministro óptimo; el promedio de los países de la organización alcanza 11%, mientras México está por encima del promedio. (Forbes, 2014). La falta de pago por el servicio de energía eléctrica de 31 estados y 1 265 municipios ya afectó las finanzas de la Comisión Federal de Electricidad (CFE); desde 2015 son 14 295.7 millones de pesos los que se acumulan de deuda. (Dinero en imagen, 2018). De acuerdo con el diagnóstico del gobierno, las principales dificultades del sector eléctrico son *“la saturación de líneas de transmisión, y reducir las pérdidas de energía en los sistemas de transmisión y distribución”* [Presidencia de la República, 2014]. Buena parte de estos problemas atañen a la Comisión Federal de Electricidad (CFE), que con sus más de 100 000 trabajadores heredó las operaciones de Luz y Fuerza del Centro. (Forbes, 2014).

❖ Factibilidad económica

La factibilidad económica del proyecto fotovoltaico está directamente relacionada tanto a los aspectos técnicos del proyecto como con el marco legal bajo el cual se implemente el proyecto. La mayor inversión relacionada a ellos es la inversión inicial la cual consta principalmente de los siguientes aspectos: Dirección y costos relacionados a la regulación, costos de instalación, inversores y módulos. Igual de importante se debe tomar además de la inversión inicial, costos de operación y mantenimiento, junto con producción energética. (TETRA TECH ES INC., 2014, p. 45 y 46).

Imagen A. 11. Gráfica de Costos porcentuales de componentes en Proyectos Fotovoltaicos. Elaboración propia a partir de Price and Margolis, 2011. (TETRA TECH ES INC., 2014, p. 46).



El Centro de Investigación para el Desarrollo, AC (CIDAC) advierte que la seguridad energética en la CDMX (entendida como la capacidad para acceder a los insumos energéticos de calidad y a precios competitivos necesarios para promover su crecimiento y desarrollo económico) puede ser un problema en el mediano plazo. En Agosto 2014, el CIDAC y la Confederación Patronal de la República Mexicana (Coparmex) propusieron la creación de una Secretaría de Energía que atienda las necesidades particulares de esta metrópoli, pues, según afirman las dos entidades, a nivel residencial las tarifas son 40% más caras que el promedio nacional y 99% de las fábricas que operan en la ciudad usan diesel, que resulta 60% más caro que el gas natural. (Forbes, 2014).

En los primeros ocho meses del año 2018, las tarifas aumentaron 65% en México y en Estados Unidos sólo 9%. En el país, las empresas pagaron 2.47 pesos por kilowatt-hora (kWh), en la nación vecina el costo fue de 1.39 pesos por kWh. Así lo publica Reforma, con base en la tarifa denominada Gran Demanda en Media Tensión Horaria: GDMTH, la más representativa, la cual pagan el sector manufacturero, maquiladoras, hoteles y hospitales, entre otros. (SDP noticias, 2018).

Los costos de los proyectos fotovoltaicos se han reducido en los últimos años, aunque la inversión inicial es dispendioso. *"Estamos cerca del punto en que la energía proveniente de celdas solares tendrá el mismo costo que la de otras fuentes (si en éstas no se consideran los subsidios), antes teníamos que convencer a la gente de que utilizara esa opción para ayudar al planeta y al medio ambiente; ahora es una cuestión económica, será más barato obtener energía a través de ellas, en el 2022. La disminución en el precio de los paneles ha propiciado que cada vez haya más instalaciones"*. Afirmó el trabajador del Instituto de Investigaciones en Materiales, Diego Solís Ibarra. (Gaceta Digital UNAM, 2017).

❖ Factibilidad financiera

El financiamiento de los proyectos de celdas solares lo debe cubrir la Secretaría de Energía, en representación del gobierno federal. Ya que son los encargados de conducir la política energética del país, dentro del marco constitucional vigente, para garantizar el suministro competitivo, suficiente, de alta calidad, económicamente viable y ambientalmente sustentable para el desarrollo de la vida nacional. (Cámara de diputados, 2017).

❖ Factibilidad ambiental

Siendo México uno de los países más contaminados del mundo después de China, en parte debido a la mala condición del aire por altas emisiones de CO₂ provenientes de un denso tráfico y un sistema de transporte público que crece sin ningún tipo de organización, lo apropiado sería que el país pudiese aprovechar sus envidiables recursos en torno a radiación solar que al mismo tiempo, es una de las más altas del mundo. Ello de acuerdo a uno de los académicos del Centro de Ciencias de la Atmósfera de la Universidad Nacional Autónoma de México (UNAM), Miguel Ángel Meneses, quien además afirma que el potencial de producción de energía solar en México es de 40 000 MW, de esta cantidad, únicamente se están utilizando 2 000 MW mediante sistemas de paneles solares fotovoltaicos. Por eso surge la necesidad de un incremento en la instalación y aprovechamiento de los paneles solares. (Enlight, 2017).

4.3 Estudio de mercado

Un estudio de mercado es el análisis de la oferta y la demanda, para producir un bien o un servicio en un tiempo y lugar dado. Se entiende como mercado, al área en que confluyen las fuerzas de la oferta y la demanda para realizar las transacciones de bienes y servicios a precios determinados. El mercado culmina un proceso económico de producción en el cual intervienen individuos e instituciones cuyo fin principal es la satisfacción de necesidades. (Martínez Jurado, 2018).

El mercado de la energía solar en México se materializa en el comercio de los calentadores de agua solares y los paneles o células fotovoltaicas. En México ambos mercados están mostrando promesas dada la importancia que está adquiriendo a nivel mundial el desarrollo de todas las energías verdes. Este mercado aunque está en crecimiento, todavía es muy incipiente y apenas existen medidas que promuevan su utilización. Esto, sumado al elevado costo inicial de la tecnología fotovoltaica provoca que su manejo no se haya extendido tanto en el territorio. (Instituto Español de Comercio Exterior (ICEX), 2010, p. 4 y 5).

El mercado de energía solar en México es prometedor, pero las reglas del gobierno lo frenan, son confusas y entorpecen su expansión. *“El mercado de energía solar en la nación es el más prometedor en América Latina, una región de cielos soleados. Pero está creciendo menos de lo proyectado debido al reglamento confuso establecido por el gobierno mexicano en la Reforma Energética”* reporta Greentech Media, especializado en el mercado de energías limpias.

De 2010 a 2015 el número de empresas de esta energía limpia instaladas en el país se disparó de 46 a 600 firmas. La inversión en la energía solar en 2015 rondó los 2 mil 500 millones de dólares. No obstante, la instalación de paneles solares en 2016 fue un 36 por ciento menos de lo proyectado el año pasado. ¿Qué pasó? Los desarrolladores de esta energía estuvieron batallando con una serie de nuevas reglas para vender el insumo en el mercado mexicano. Estas nuevas reglas están causando confusión y freno en la actividad. Ante estos obstáculos legislativos, hay una gran cantidad de empresas de energía solar e inversores sentados y ansiosos, tratando de averiguar cómo y cuándo hacer una oferta en el mercado azteca. (sin embargo, 2016). Según Alejandro Limón, investigador de Energía y Finanzas Públicas del Centro de Investigación Económica y Presupuestaria, *“el aprovechamiento que tiene México de la energía solar es muy bajo”*. (expok: comunicación de sustentabilidad, 2018).

De acuerdo con Israel Hurtado, secretario general de la Asociación Mexicana de Energía Solar (Asolmex), se trata de un crecimiento exponencial. *“México forma parte del cinturón solar, una zona que considera a los países con mayor radiación solar en el mundo. El 85% del territorio mexicano tiene buena propagación de la energía*

proveniente del sol, eso permite que desde cualquier parte del país puedas instalar paneles solares". Se espera que en los siguientes años, México se ubique en el séptimo lugar a nivel mundial en términos de generación de energía solar. Se espera en los próximos años, la energía solar sea captada por la mayoría de los hogares mexicanos, sin embargo, la práctica de captación solar en México todavía se encuentra muy lejos de las 10 naciones que más aprovechan esta energía. (expok: comunicación de sustentabilidad, 2018).

❖ Tipo de mercado

El mercado energético es de carácter monopolista, sólo hay una empresa en la industria, en este caso es CFE. La causa fundamental del monopolio son las barreras a la entrada; es decir, que otras empresas no pueden ingresar y competir con la empresa que ejerce el monopolio. Las barreras a la entrada tienen su origen: Las autoridades conceden el derecho exclusivo a una única empresa para producir un bien o un servicio. (Repositorio ESPE, 2018, p. 1).

El suministro eléctrico es un mercado de servicios: Las personas u organizaciones requieren de beneficios o satisfacciones que pueden ser objeto de transacción. Este abastecimiento también tiene la virtud de ser un mercado de materia prima: Está conformado por empresas u organizaciones que necesitan de ciertos materiales en su estado natural para la producción y elaboración de bienes y servicios. (Promonegocios, 2017).

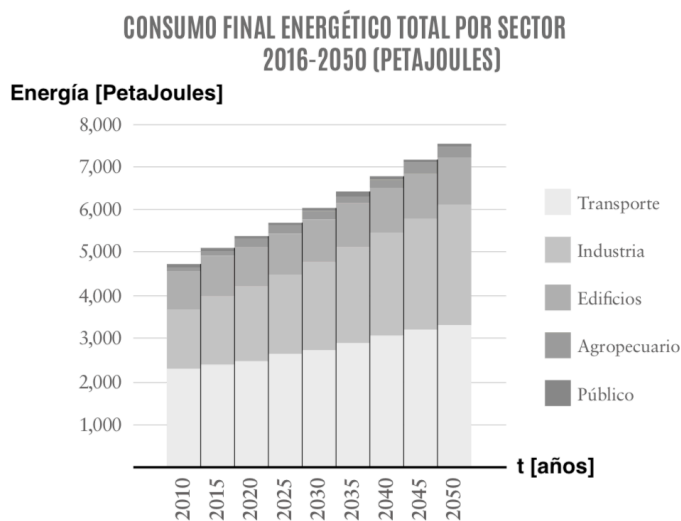
❖ Análisis de la demanda

El crecimiento económico va acompañado de un incremento en el consumo de energía. Se espera que en los próximos años la demanda de energía en México aumente a un ritmo similar al desarrollo económico del país. La demanda actual, en su mayoría satisfecha con energía proveniente de fuentes fósiles, ofrece una gran oportunidad para la inversión en energías renovables. Cada vez más, los diversos sectores económicos demandarán energías generadas mediante tecnología limpias.

La demanda de electricidad en el Sistema Eléctrico Nacional (SEN) registra una tendencia al alza. Con una tasa media de crecimiento anual de 3.7%, se espera que para 2030 la capacidad instalada en el SEN alcance 109 GW. (Secretaría de Energía, 2017). Aunque se estima que gran parte de la generación para satisfacer esta demanda provendrá de fuentes fósiles, no se prevén crecimientos significativos en estas fuentes, mientras que la energías limpias registrarán tasas de crecimiento altas en los próximos 15 años. (Cooperación Alemana al Desarrollo - GIZ, 2013, p. 83).

En México el consumo energético total en 2014 fue de 4 mil 895 petajoules, de los cuales 47% se destinó al transporte, 33% a la industria y el restante al sector residencial, comercial y de servicios, de acuerdo con datos del Sistema de Información Energética, que se nutre de la Encuesta sobre el Consumo de Energía en el Sector Industrial, de la SENER. De acuerdo con datos de la Encuesta Nacional de Gasto en los Hogares del INEGI, en México el consumo energético doméstico se distribuye entre electricidad (52.4 %) y gas LP (47.6 %); el gas se utiliza principalmente para cocción de alimentos y agua caliente, mientras que la electricidad tiene un sinnúmero de aplicaciones. El uso de energía en el sector industrial fue de mil 568.44 petajoules en 2014, mostrando un incremento de 18.4 % en 10 años; el gas seco tuvo mayor participación, con 603 petajoules, seguido por la electricidad, con 548 petajoules, mientras que el bagazo de caña, el carbón, el coque de gas licuado, las gasolinas, las naftas, el diesel y el combustóleo aportan el resto. (Mundo HVAC&R, 2018). Durante los próximos años, los sectores de transporte, industrial y residencial se mantendrán como los mayores consumidores de energía en el país, como se aprecia en la siguiente gráfica:

Imagen A. 12. Gráfica donde se compara el consumo energético de los sectores a través del tiempo. (Cooperación Alemana al Desarrollo - GIZ, 2013, p. 85).



Fuente: SENER.

❖ Análisis de la oferta

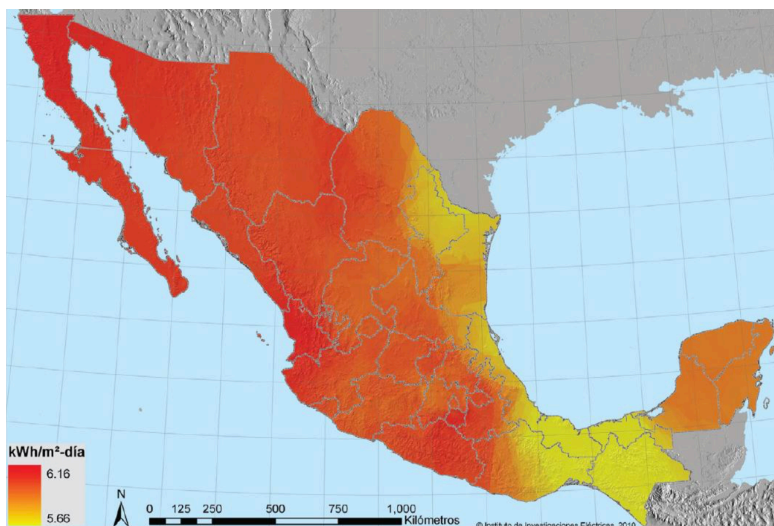
Hoy en día, los mercados eléctricos adquieren grandes bloques de energía a través de subastas, en las que los precios ofertados por fuentes renovables como la eólica y la solar resultan ser menores a los precios de las fuentes convencionales. (Cooperación Alemana al Desarrollo - GIZ, 2013, p. 26). En México el 75% de la oferta de electricidad proviene de combustibles fósiles. En Diciembre del 2011, la capacidad instalada del

Sistema Eléctrico Nacional (SEN) ascendió a 62 266 Megawatts (MW), de los cuales 52 945 MW (85%) correspondieron al servicio público, y 9 320 MW al sector privado. (IFC, 2012). Las energías eólica y solar presentan las tasas de crecimiento más elevadas en los últimos años. A pesar de estos incrementos, la energía solar continúa siendo subaprovechada, ya que apenas contribuye con 0.12% de la oferta interna bruta total de energía (aproximadamente 10.15 PetaJoules). (Cooperación Alemana al Desarrollo - GIZ, 2013, p. 55).

4.4 Localización óptima para un proyecto fotovoltaico en México

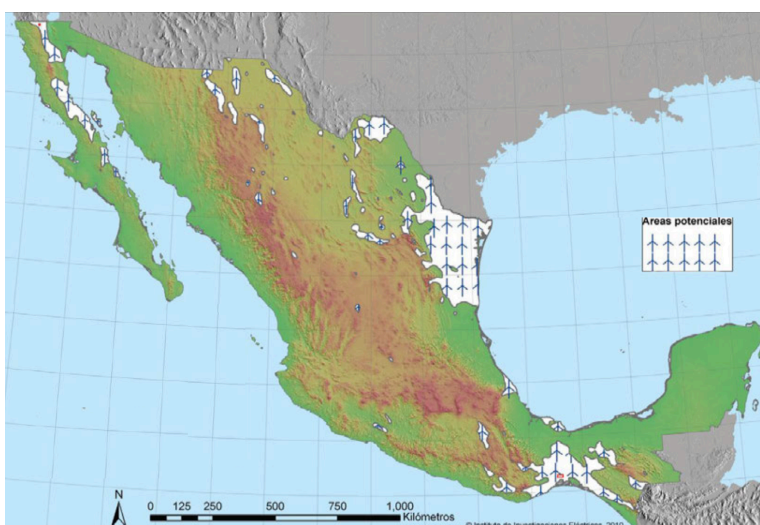
En el Atlas de Recursos Renovables Eólicos y Solares de México (presentado en el 2010), creado por el Instituto de Investigaciones Eléctricas, se presenta un rango de irradiación solar anual de entre 5.66 KWh/m² y 6.16 KWh/m² al día en el territorio nacional, lo que comprueba que el desarrollo de proyectos fotovoltaicos para el abastecimiento de energía en México será una de las opciones con mayor viabilidad a futuro, dadas las excelentes condiciones de irradiación solar. De acuerdo a este atlas, la región Norte-Occidente es la que presenta la mayor radiación solar en el país, principalmente la península de Baja California y las entidades de Sonora, Sinaloa, Durango, parte de Coahuila y Chihuahua. De igual forma, existen en las regiones Sur, Centro y Centro-Occidente zonas con alta radiación solar, como se puede apreciar en las entidades de Nayarit, algunas zonas de Jalisco, Guerrero, Morelos y Puebla. En contraste, la parte oriente de la región Sur y a lo largo del Golfo de México, el potencial solar es muy bajo dado que aquí se presentan los menores niveles de irradiación solar, esto es en las entidades de Guerrero, Tabasco, Veracruz, Tamaulipas y gran parte de Nuevo León. La península de Yucatán muestra en su totalidad una radiación solar media-baja constante, cercana al promedio de la República Mexicana.

Imagen A. 13. Mapa de irradiación solar anual en México. (AUTREN, 2010).



Sin embargo, a mayores niveles de irradiación no garantizan el desempeño óptimo de una instalación fotovoltaica, es necesaria la combinación de diversos factores climatológicos y geográficos que permitan que los módulos operen con eficiencia y con cierta regularidad, así como minimizando accidentes y fallas en la operación. Uno de estos factores clave es la combinación de una alta irradiación solar con buenos niveles de velocidad y fuerza del viento, ya que estos últimos coadyuvan al enfriamiento de los paneles, manteniéndolos bajo temperaturas que incrementan su eficiencia al disminuir la saturación de los módulos, derivando en una mayor producción de energía eléctrica.

Imagen A. 14. Potencial eólico en México. (AUTREN, 2010).



Como se puede apreciar en el mapa del potencial eólico del territorio mexicano, las áreas marcadas en el mapa representan las zonas de aprovechamiento para la generación de energía eolieléctrica, como en algunas partes de Baja California, Chihuahua, Tamaulipas, Oaxaca y Chiapas. Se combinan lugares con una radiación solar media-alta y vientos moderados, tal es el caso de algunas zonas de entidades como Zacatecas, Aguascalientes, Durango y Puebla, en las cuales es recomendable el realizar evaluaciones de eficiencia y desempeño de instalaciones fotovoltaicas.

(AUTREN, 2010).

5. PROYECTOS DE CELDAS FOTOVOLTAICAS EN LA INDUSTRIA DE LA CONSTRUCCIÓN EN MÉXICO

Los productores de energía solar son: Chihuahua, Durango, Coahuila, Sonora, Guanajuato, Aguascalientes, Baja California, Estado de México, Jalisco y Querétaro que trabajan desde una hasta 4 centrales solares cada uno, para un total de 40 plantas en operación. En México, según la Asociación Mexicana de Energía Solar (Asolmex) las centrales solares suman una capacidad instalada de 1 966 MW en todo el país, en las

cuales se han invertido 5.2 mil millones de dólares y generado más de cinco mil empleos en toda la cadena de valor. (El Diario de Chihuahua, 2018). En Coahuila se encuentra el mayor parque solar de América y el segundo más grande del mundo, denominado Parque Solar Villanueva, de Enel Green Power.

Es el primer proyecto energético en iniciar operaciones luego de la entrada en vigencia de la Reforma Energética. Con una inversión de 650 millones de dólares. Villanueva es un sitio de construcción pionero, que forma parte del proyecto global (R) Evolution de Enel Green Power, en el que se ha implementado un programa piloto para el uso de tecnologías digitales y la automatización en los procesos de construcción. Las pruebas se llevaron a cabo en un área de 10 MW y 20 hectáreas donde se usaron máquinas automáticas guiadas por GPS para realizar movimientos de tierra y colocar cables, lo que permitió instalarlos. La planta está respaldada por un contrato de venta a la Comisión Federal de Electricidad (CFE) de volúmenes de energía específicos por un período de 15 años y de certificados de energía limpia (CEL) por un período de 20 años. Es una extensión de 2 400 hectáreas de construcción, que equivalen a 3.5 veces el tamaño del Bosque de Chapultepec de la CDMX, se instalaron más de 2.3 millones de paneles. (Secretaría de Energía, 2018).

Los inicios de la obra fueron todo menos placenteros, a pesar de la planeación previa; las difíciles condiciones del terreno, la falta de conexiones a la red eléctrica, los vestigios arqueológicos y la violencia que sufre el estado, pusieron sus dosis de complejidad en los ocho meses antes de que el parque generara sus primeros electrones. Enel escogió este lugar por características como la ausencia de montañas altas que proyectaran sombras sobre el terreno, un área desértica con poca flora y fauna para remover, y un suelo liso y llano donde poder instalar filas y filas de tubos para mover los paneles (conocidos como trackers). Así preparó un proyecto y una propuesta, ganando la licitación en Marzo de 2016, para suministrar electricidad a la Comisión Federal de Electricidad (CFE) con energía limpia. Sin embargo, antes de llegar a este momento, se tropezaron con la realidad: el terreno liso y llano que imaginó la empresa al ver los mapas satelitales, no existía. *“Nosotros vimos los planos topográficos, y el terreno parecía llano, perfecto para la instalación. Pero cuando llegamos vimos que había varias colinas de uno o dos metros”*, cuenta Luca Ceci, director del proyecto del Parque Solar Villanueva, de Enel Green Power.

Las 50 144 toneladas de tubos que soportan los paneles requieren suelos más planos que los provistos por la naturaleza en Villanueva, la eléctrica italiana no quiso dar marcha atrás, y encontró una solución: removió cinco millones de metros cúbicos de tierra, que volvieron a usarse para aplanar el terreno con agua y la ayuda de bulldozers. Por las exigencias de la legislación en materia ambiental, Enel también tuvo que

contratar un equipo especializado para reubicar 510 000 plantas de la zona, así como a la fauna endémica compuesta por pequeñas lagartijas y roedores.

Enel usó drones para trazar los puntos exactos donde las máquinas, controladas vía remota, iban a instalar los trackers. Gracias a la planeación y la tecnología, sólo se necesitó poco más de 100 trabajadores para colocar entre 20 000 y 21 000 paneles por día. El área del proyecto también guarda un importante espacio para dos subestaciones, éstas sirven para elevar el voltaje de la electricidad que genera el parque, con el fin de que se inyecte a la red nacional de transmisión, y así pueda llegar a hogares o empresas. Enel inaugura así su proyecto bandera en México, dejando una laguna de paneles solares donde sólo había desierto.

(Expansión, 2018).

MARCO METODOLÓGICO

En una Evaluación de Impacto Ambiental se evalúan los impactos que producen diferentes alternativas de un proyecto para decidir, cuál de ellas y con qué requisitos, será la que produzca un menor efecto negativo sobre el medio ambiente. Es una herramienta de planeación que se aplica en la protección y conservación del medio ambiente. Es un análisis encaminado a identificar alteraciones que un proyecto o actividad puede producir en el ambiente.

El Estudio de Impacto Ambiental es el documento en el que se realiza la evaluación de los impactos de las diferentes alternativas, seleccionando la más adecuada desde el punto de vista ambiental.

Generalidades

Capítulo I: Conceptos fundamentales. *Se reflexionarán sobre los conceptos básicos con los que se trabaja en una evaluación de impacto ambiental.*

Capítulo II: Partes que componen el proceso de Evaluación de Impacto Ambiental. *Se detallan las partes que tiene todo el proceso de Evaluación de Impacto Ambiental, desde que el promotor solicita un proyecto, hasta que éste se realiza.*

Estudio de Impacto Ambiental. *La parte más importante del procedimiento es el Estudio de Impacto Ambiental, por lo que cada uno de sus apartados se desarrolla en los capítulos siguientes.*

Capítulo III: Descripción de las alternativas del proyecto. *Se resaltan las partes más importantes desde el punto de vista ambiental y se realiza un árbol de acciones.*

Capítulo IV: Inventario Ambiental. *Este inventario ambiental debe ser llevado a cabo por un equipo pluridisciplinar, para llegar a desglosar cada elemento ambiental en una serie de factores ambientales que lo describan adecuadamente. Cada uno de los elementos debe ser inventariado por expertos en cada una de las materias (Geología, Edafología, Biología, Zoología, Química, Arqueología, etc.*

Capítulo V: Técnicas de valoración de los elementos ambientales. *Desglosamiento de las diferentes técnicas de valoración de los elementos ambientales.*

Trabajo con los impactos ambientales

Capítulo VI: Identificación de impactos ambientales. *Estudio de las técnicas existentes de identificación de impactos, a partir de las interacciones de las acciones del proyecto con los factores y elementos ambientales.*

Capítulo VII: Valoración de impactos ambientales. *Se trabajarán las diferentes técnicas de valoración de impactos, tanto cualitativas, como cuantitativas.*

1. GENERALIDADES

1.1 Conceptos fundamentales

Cualquier estudio de impacto ambiental debe de ser ante todo un análisis de las relaciones de los elementos del ambiente entre sí y de éstos con las personas. La forma de estudiarlo es descomponiéndolo en factores ambientales, que son todas las características medibles que puede tener. Para que algo pueda ser considerado un factor ambiental tiene que cumplir una serie de condiciones: tiene que ser fácilmente observable, tiene que ser medible y tiene que ser afectado o afectar de alguna manera (directa o indirecta) al organismo u organismos objeto del estudio.

La evaluación de impacto ambiental debe comprender, al menos, la estimación de los efectos sobre la población humana, la fauna, la flora, la vegetación, el suelo, el agua, el aire, el clima, el paisaje y la estructura y función de los ecosistemas presentes en el área previsiblemente afectada. Asimismo, debe comprender la estimación que el proyecto, obra o actividad tiene sobre los elementos que componen las relaciones sociales y las condiciones de sosiego público, tales como ruidos, vibraciones, olores y emisiones luminosas, y la de cualquier incidencia ambiental derivada de su ejecución.

❖ Concepto de Impacto Ambiental

Un impacto ambiental es la alteración de la calidad del medio ambiente producida por una actividad humana. Una primera consideración es el origen o la causa de este cambio ambiental, para poder hablar de un efecto ambiental o de un impacto ambiental, éste tiene que estar producido directa o indirectamente por una actividad humana. En segundo paso, para que este efecto ambiental se pueda considerar un impacto, es necesaria una valoración positiva o negativa de este cambio ambiental.

Es importante tener en cuenta que una acción no suele tener únicamente repercusiones en un único elemento ambiental o en una única variable, sino que normalmente afectará a varios factores ambientales e incluso puede tener valoraciones diferentes para cada uno de ellos.

Para poder realizar la valoración de los impactos de una acción es importante determinar la escala de observación (espacial y temporal) a la que se está estudiando, ya que en la mayoría de los casos, impactos significativos a una escala, no lo son tanto si se cambia de escala. En muchas ocasiones, para evitar un impacto a una escala se produce otro a otra escala, de forma que se hace menos visible.

Un impacto que no se suele tener en cuenta es el de la pasividad o del abandono. En ocasiones, no hacer nada puede tener repercusiones ambientales peores que los impactos de determinadas acciones.

Debido a la complejidad de las interacciones que tienen los ecosistemas, es improbable que una acción tenga un único efecto ambiental. Por lo tanto, es importante también determinar cómo se relacionan entre sí los diferentes efectos ambientales que se producen en el proyecto que se está analizando. Algunos efectos ambientales se pueden considerar como simples, debido a que no interaccionan con otros efectos ambientales, pero lo más frecuente es que los efectos o impactos ambientales tengan un carácter acumulativo. Un efecto acumulativo es cuando se producen varias acciones similares sobre un mismo medio, causando el mismo tipo de impactos de forma acumulada.

Según el tiempo que tardan en manifestarse los efectos y/o los impactos ambientales, se pueden clasificar en a *corto* (menos de un año), a *medio* (de uno a cinco años) o a *largo plazo* (más de cinco años). La duración del efecto o del impacto ambiental es otro de los parámetros a tener en cuenta, se distinguen los efectos temporales de los permanentes, siendo temporales, cuando tienen una duración limitada, como el ruido de las obras, y permanentes, cuando permanecen en el tiempo, como el impacto paisajístico de una carretera. Los efectos ambientales son reversibles, cuando sin contar con la acción humana la tendencia del ecosistema es a volver a su estado inicial en un tiempo determinado, lógicamente para valorar la reversibilidad de un impacto es necesaria una buena estimación del tiempo necesario.

❖ Indicadores ambientales e indicadores de impactos

Un indicador ambiental es un factor ambiental que transmite información sobre el estado del ecosistema del que forma parte o de alguna característica del mismo. Algunos ejemplos de indicadores ambientales son, el consumo de energía, de agua, la producción de residuos o de determinados contaminantes. Dos características importantes de un indicador que tenga que ser utilizado frecuentemente son: la facilidad de medición y su relación con las propiedades del ecosistema o de algún elemento ambiental. Si es difícil de medir, será poco aplicable, pero si los resultados son difíciles de interpretar tampoco será de gran utilidad.

Los indicadores ambientales que se utilizan para determinar la calidad ambiental o el cambio de calidad ambiental asociado a una determinada acción, se denominan indicadores de impacto ambiental. Podemos utilizar indicadores de riesgo, que evalúan la probabilidad de que se produzca un determinado impacto. Los indicadores se pueden clasificar según la propiedad que los define y su relación con la propiedad del ecosistema que se quiere valorar, por ejemplo, indicadores de causa, indicadores de efecto, indicadores de calidad ambiental, indicadores de alarma o de aviso, indicadores de sensibilidad, indicadores de integración.

❖ La Evaluación Ambiental

Se denomina Evaluación de Impacto Ambiental a todo el procedimiento necesario para la valoración de los impactos ambientales de las distintas alternativas de un proyecto determinado, con el objetivo de seleccionar la mejor desde un punto de vista ambiental. La Evaluación de Impacto Ambiental es un instrumento de comparación y valoración de diferentes alternativas con el objetivo de elegir la mejor de ellas. La correcta evaluación de un determinado impacto ambiental pasa necesariamente por una valoración del elemento ambiental afectado, del efecto producido en dicho elemento ambiental y del efecto que tiene este cambio sobre la calidad ambiental.

Una de las primeras evaluaciones que va a tener cualquier proyecto o actividad humana, siempre va a ser una valoración económica. El término “evaluación” tiene un significado economicista que hay que tener en cuenta para conocer la filosofía con la que se diseña el procedimiento de Evaluación de Impacto Ambiental. Darle un valor a los elementos ambientales, significa que puede ser monetario o de otro tipo, pero tiene que ser comparable, al menos con otras alternativas o actuaciones posibles, para poder influir en los análisis de costo-beneficio y en definitiva, en la toma de decisiones.

Otra cuestión importante a la hora de realizar una valoración ambiental es la forma de tratar la incertidumbre a cualquier proceso ambiental. La incertidumbre que afecta a una evaluación de impacto ambiental puede ser de tres tipos:

- La falta de conocimientos científicos sobre la estructura o función de elementos del ecosistema, de los efectos que pueden producir determinadas acciones sobre éstos, y ausencia de modelos predictivos.
- Sobre la importancia de cada uno de los elementos ambientales: a la hora de decidir cuáles son los elementos ambientales importantes o la información que se considera relevante para la valoración.
- Sobre cuáles son las alternativas técnicamente viables que se deben analizar.

Muchos de los problemas ambientales actuales han sido producidos por actividades que se consideraban inocuas cuando se empezaron a realizar. Todo esto hace necesaria una cierta humildad y prudencia en las actividades humanas sobre los ecosistemas y la necesidad de una mayor investigación sobre los efectos que puede llegar a producir una actividad nueva. En general, cuanto más variadas sean las alternativas analizadas para cumplir unos determinados objetivos, mejor será el resultado de la valoración.

❖ Los criterios de valoración

Uno de los primeros criterios que se utilizan para valorar un proyecto, es su viabilidad económica a corto plazo o si el proyecto produce un bien que “vale” más de lo que cuesta su realización. Dentro de la viabilidad económica de un proyecto hay que tener en cuenta si favorece a todo el mundo por igual o si por el contrario, el proyecto es rentable para un sector de la población, mientras perjudica a otro sector. Estas valoraciones económicas pueden traducirse muchas veces en valoraciones ambientales.

❖ La sostenibilidad y el desarrollo sostenible

La sostenibilidad es otro de los criterios básicos de evaluación ambiental. Se basa en la aplicación del criterio de equidad entre las generaciones actuales y las futuras de forma que el desarrollo actual no comprometa el desarrollo y la calidad de vida de las generaciones futuras. El desarrollo sostenible es aquél que satisface las necesidades de las poblaciones actuales sin comprometer la capacidad de las futuras generaciones para satisfacer las suyas propias. Se definen tres tipos de sostenibilidad:

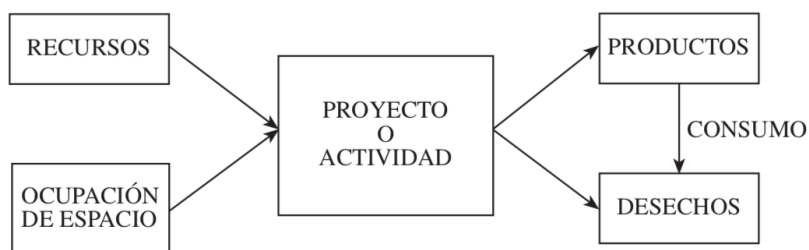
- Sostenibilidad económica. Es importante tener en cuenta los costos o beneficios de un proyecto sobre los factores ambientales, la mejor manera de valorar un impacto es la valoración económica de que un impacto concreto no se produjera, o cuánto costaría reparar el daño causado si éste se produce, lo que se puede traducir en ocasiones en cantidades desorbitadas, si antes no se han tenido las precauciones necesarias.
- Sostenibilidad social. Es determinar si una actividad es socialmente justa en todas las escalas posibles. A una escala regional habrá que buscar los perjuicios y beneficios que se causan en los alrededores y si éstos (sobre todo los posibles perjuicios) están debidamente compensados. A escala regional y nacional, esto puede estar regulado por una legislación. A una escala internacional o global, esto es bastante más difícil.
- Sostenibilidad ambiental. El análisis de la sostenibilidad ambiental es el más importante en una evaluación de impacto ambiental.

❖ Los indicadores de sostenibilidad ambiental

Desde el punto de vista de la sostenibilidad ambiental se hace necesario un análisis de los flujos de materias primas y de energía que se producen en cada actividad, valorar si éstas provienen de recursos renovables o no renovables y establecer los índices o indicadores de sostenibilidad de estos recursos. De la misma manera se pueden valorar los índices de sostenibilidad de dispersión en el medio de residuos, vertidos y emisiones

que produzca la actividad y si ésta se produce en un entorno adecuado (análisis de capacidad y aptitud del medio). En otras palabras, un proceso productivo tipo (véase *Imagen 14*) se puede disgregar en la utilización de materias primas y energía (recursos o insumos), la ocupación de un espacio y la producción de unos productos o bienes de consumo y de unos desechos (efluentes), que pueden ser sólidos (residuos), líquidos (vertidos) o gaseosos (emisiones). Los propios productos, una vez consumidos, también forman parte de los desechos, junto con los envases y otros elementos con los que se venden. El análisis de la sostenibilidad del proceso debe incluir un análisis de cada uno de los apartados o compartimentos descritos anteriormente:

Imagen B. 1. Esquema de un proceso productivo.



- Los recursos. *Consultar apartado 3.2*
- Los desechos. Para valorar los desechos producidos por una actividad, también llamados efluentes habrá que tener en cuenta la capacidad de absorción de los mismos por parte del suelo, si estos desechos son residuos, del agua, si son vertidos o del aire si son emisiones.
- La ocupación del suelo. La ocupación de un territorio por una actividad produce un cambio en las características de este territorio. Los análisis necesarios para valorar este tipo de impactos pasan por lo que se denomina un análisis de la capacidad de acogida del territorio, en el que se tiene en cuenta la aptitud del territorio de albergar el proyecto y el impacto que éste producirá en el entorno.
- El producto. La propia calidad de los productos también debería ser analizada al buscar los impactos que produce una determinada actividad. Los productos tienen una duración determinada y necesitan de un mantenimiento. Tanto la sustitución como la reparación de estos productos (además de la propia utilización de los mismos) puede generar impactos ambientales que deberían ser analizados.

❖ Niveles de integración en evaluación ambiental

Se puede estudiar la dinámica de un determinado individuo, una población, una comunidad ecológica o un ecosistema completo, cuando se quieren evaluar los efectos de una actividad sobre el ambiente, el análisis se puede realizar sobre los diferentes niveles de integración. En todos los casos, habrá que valorar todas las opiniones y siempre que se pueda producir un impacto, a una u otra escala, valorarlo como tal y no dejarlo como si no fuese importante (efecto mínimo) si algún sector de la población considera este impacto como importante. Siempre que sea posible, las medidas correctoras deberán corregir estos impactos al menos a la escala a la que los percibe la población afectada.

(Garmendia, Salvador, Crespo, & Garmendia, 2005), Capítulo 1.

1.2 Partes que componen el proceso de Evaluación de Impacto Ambiental.

En este capítulo se van a estudiar las metodologías usualmente utilizadas en los estudios de impacto ambiental, separando las que sirven para la ponderación de los factores ambientales y la identificación de alternativas técnicamente viables, de las de identificación y evaluación de impactos. Después se desarrolla la selección de alternativas y la focalización. Terminaremos con una descripción de los documentos importantes en el proceso de Evaluación de Impacto Ambiental, desde la presentación de la Memoria-Resumen, con la que se inicia el procedimiento, hasta la Declaración de Impacto Ambiental, con el que termina el mismo.

❖ Metodologías usualmente utilizadas

Para realizar una evaluación de impacto ambiental se pueden utilizar diferentes metodologías. Algunos métodos son generales, otros muy específicos, pero de todos ellos pueden extraerse técnicas, que con variaciones, pueden ser útiles para la evaluación. Se van a clasificar según la parte de la evaluación en que generalmente se usan.

• **Métodos de identificación de alternativas**

Los métodos de identificación de alternativas se han utilizado sobre todo para localizar los lugares más adecuados para instalar un proyecto puntual o proyectos lineales como el trazado de una carretera.

➤ Superposición de transparencias y método Mc Harg.

Se trata de un sistema cartográfico en el que los mapas se realizan sobre transparencias, usando gradaciones de color. Es recomendable para la ordenación del territorio y la planificación territorial.

➤ Métodos de sistemas de información geográfica

Similar a los métodos de transparencias, pero integrando una cantidad mucho mayor de información. Tienen la ventaja añadida de que las cuadrículas o parcelas pueden tener diferentes tamaños o formas según las características del territorio.

• **Métodos para ponderar factores**

Dentro del Estudio de Impacto Ambiental, es muy importante, después de confeccionar el inventario, ponderar los factores ambientales, sobre todo si se va a realizar una “valoración cuantitativa”. En muchos casos no es fácil dar un valor concreto a un factor ambiental, por lo que se recurre a métodos de consulta a expertos, como el Método Delphi.

➤ Método Delphi

El Método Delphi es un método de consulta a expertos de uso común en otros campos científicos, y que se utiliza en las evaluaciones de impacto para calibrar las variables que deben usarse para definir un cierto indicador.

- **Métodos para identificar impactos**

Cuando de un proyecto no se conocen los impactos que puede producir, la mejor manera de reconocerlos es mediante algún método de matrices, cómo la Matriz de Leopold. Para representar los impactos secundarios y terciarios, posiblemente los mejores métodos sean los diagramas causa efecto y en los casos en los que ya se conocen los impactos que produce un tipo de proyecto son muy útiles las listas de revisión y los cuestionarios.

- **Métodos de evaluación de impactos**

Los métodos de evaluación de impactos sirven para poner un valor a cada impacto y al impacto total de cada alternativa del proyecto, de forma que se puedan comparar alternativas diferentes.

➤ Matriz de Leopold

La Matriz de Leopold es el primer método que se utilizó en evaluaciones de impacto ambiental, en 1971, por el Servicio Geológico de los Estados Unidos de Norteamérica, y a pesar de su antigüedad, con variaciones, es de los que más se utilizan en la actualidad. Se basa en una matriz donde en las columnas hay 100 acciones y en las filas 88 factores ambientales. Los cruces son posibles efectos ambientales o impactos. Las cuadrículas del cruce que presenten impactos significativos se dividen con una diagonal marcando en la parte superior la magnitud del impacto, valorada entre 0 y 10, y en la inferior la importancia, también en una escala de 0 a 10. Sumando por filas se obtiene el impacto producido sobre un determinado factor ambiental, y sumando por columnas el impacto producido por una cierta acción.

➤ Método Battelle-Columbus.

Para ponderar los factores se utilizó un Método Delphi y se definieron 78 parámetros clasificados en 18 componentes, agrupadas en 4 categorías. Para medir la magnitud de cada parámetro utiliza unidades homogéneas, usando funciones de transformación.

➤ Método Galletta

Nació de la evaluación de carreteras y autopistas y se basa en el método de transparencias de Mc Harg. Se diseñó en Umbria, Italia. Un programa de computador calcula la calidad ambiental inicial del medio y la calidad con proyecto, representando gráficamente los resultados.

➤ Análisis energético Mc Allister

Se valora, en términos de “costo ganancia”, el flujo de energía que produce cada alternativa del proyecto, pues considera que la energía mide, mejor que el dinero, la cantidad de recursos utilizados.

➤ Guías metodológicas del MOPU

El antiguo Ministerio de Obras Públicas (España) publicó cuatro guías: Presas, Carreteras y Vías Férreas, Reforestaciones y Aeropuertos. En ellas se indican los pasos a seguir en una evaluación de impactos ambientales.

❖ La selección de alternativas

Se puede considerar cómo el apartado más importante de todos, ya que las alternativas que no son propuestas y que no entran en la comparación no pueden ser seleccionadas, aunque pudiesen haber sido la mejor opción.

• La incorporación del componente ambiental

Se denomina componente ambiental a la sensibilidad y valoración de los elementos ambientales, tanto desde el punto de vista de su efecto sobre el proyecto, como de los efectos que éste puede provocar sobre el medio. Antes de que exista un proyecto concreto hay que tener en cuenta este componente en las distintas políticas, planes y programas, de forma que los proyectos que se propongan, tengan ya una primera evaluación ambiental.

Lo primero que se debería analizar, desde un punto de vista ambiental, es el propio objetivo del proyecto y sus posibles alternativas. Una vez fijados los objetivos, deben tenerse muy en cuenta las necesidades del proyecto, para determinar la aptitud y los impactos que produce para con ambas determinar la capacidad de acogida, de forma que el lugar elegido sea el mejor posible. En estos procedimientos se selecciona cuáles son los fines a cumplir por cada una de las parcelas del territorio, con qué prioridad, y cuál es el tipo de proyectos admisibles, y compatibles entre ellos, para cumplirlos. En caso contrario se puede estar realizando un proyecto incompatible con la verdadera

“vocación de un territorio”, impidiendo una correcta gestión del mismo y en muchos casos perdiendo dinero y calidad ambiental por falta de previsión.

Una vez que el proyecto ya está funcionando, también se puede hacer un seguimiento ambiental, para mejorar la eficiencia de los procesos que se realizan en el mismo. Como conclusión se puede decir que cuanto antes se incluya el elemento ambiental en la selección de alternativas: Mayor será la variedad de alternativas posibles, menor es el detalle con el que se trabaja, menores serán los impactos producidos al final del proceso.

- Alternativas técnicamente viables del proyecto

Para que el Estudio de Impacto Ambiental tenga algún sentido, es necesario que se compare entre dos o más alternativas diferentes con iguales objetivos, pero con modificaciones sustanciales. Aparte de estas opciones hay que considerar siempre la alternativa de no realizar ninguna actividad. Todas las opciones del proyecto deben ser tratadas de igual forma y analizadas con la misma intensidad. Esto implica que para cada una de ellas es preciso realizar todos los apartados del Estudio de Impacto Ambiental, empezando por la Descripción del Proyecto y continuando con el Inventario Ambiental y la Identificación y Valoración de Impactos, así como el establecimiento de Medidas Minimizadoras para cada candidatura, para poder seleccionar la más adecuada en cada caso.

Las modificaciones que se plantean entre unas alternativas y otras suele ser respecto a su localización, en los métodos de explotación o en la secuencia de las distintas fases que componen el proyecto y la gestión de los residuos, uso de los recursos o control de la contaminación, son susceptibles de generar alternativas.

- Método de Mc Harg

El Método de Mc Harg es uno de los métodos precursores de la evaluación de impactos ambientales y se basa en la utilización de mapas de capacidad de acogida del territorio para los diversos usos que se le puedan dar al suelo. Estos mapas se realizan sobre transparencias que al superponerse permiten ver de forma clara las áreas más aptas (aptitud) o impactantes para una determinada actividad. Se utilizó por primera vez en el año 1968 para seleccionar el área de menor impacto en el trazado de una autopista.

Estos mapas se obtienen para el clima, geología, hidrología, fisiografía, suelos, flora, fauna y el uso actual del suelo. Cada uno de estos mapas tendrá una escala de intensidades de un color, siendo, por ejemplo, los tonos más claros las áreas más aptas y menos impactadas, y las más oscuras lo contrario. Paralelamente se realiza un inventario económico y del paisaje, que junto con los mapas de capacidad de acogida, permiten realizar una planificación del territorio.

Este método de selección de alternativas tiene la ventaja de tener en cuenta la posible mejor localización territorial y permite la comprensión clara de la información. Puede mejorarse actualmente con la utilización del computador y los sistemas de información geográfica.

❖ La focalización

Es el medio, rápido y abierto, empleado tanto para determinar el alcance de las acciones de un proyecto incorporado al proceso de Evaluación de Impacto Ambiental, como para identificar los efectos significativos relativos a la actividad propuesta. El propósito de la focalización es identificar los impactos ambientales más significativos, así como el tiempo y la extensión que su análisis requiere, las fuentes de información y la recopilación de datos. La focalización se hizo necesaria al desarrollarse gran número de estudios de impacto ambiental que no cuidaban su “calidad” y que eran excesivamente voluminosos y densos sin necesidad, con gran cantidad de información irrelevante para la toma de decisiones.

Para realizar una focalización adecuada es necesaria una visión global del proyecto y tener presente la filosofía de la evaluación de impacto ambiental. Las etapas para desarrollar correctamente la focalización son:

1. Ha de prepararse un informe inicial en el que se exponga de forma clara el proyecto y los posibles efectos que puede tener.
2. Se ha de crear un proceso de información pública en la que se notifique e informe a las distintas partes interesadas.
3. Se recibirán las respuestas, alegaciones y sugerencias por parte de los distintos grupos sociales y los expertos.
4. Ha de analizarse la información obtenida de la consulta pública y realizar una identificación de impactos preliminar.
5. Se deben reconocer los futuros impactos notables y considerar las alternativas al proyecto del promotor, los factores ambientales afectados y la profundidad que el estudio debe tomar.
6. Finalmente, se han de establecer unas directrices que rijan la elaboración del Estudio de Impacto Ambiental.

La obtención de los impactos significativos conlleva el uso de una gran cantidad de variables que resultan difíciles de manejar. Para resolver este problema existen diversas metodologías que ayudan a su solución. Éstas se basan en estimaciones cualitativas y/o

cuantitativas, como las matrices de doble entrada o matrices de cruce, diagramas de causa-efecto y las listas de chequeo.

De la misma forma se evitará el análisis de gran cantidad de información que no va a ser concluyente para determinar la viabilidad o no de los proyectos, consumiendo tiempo y recursos. En definitiva, todas las partes implicadas en el proceso de evaluación de impacto ambiental (administraciones ambientales y sustantivas, público y promotor) están interesados en lo mismo, la clara exposición de los impactos que preocupan para poder evaluarlos, y para ello es necesaria una buena focalización. Se hace necesaria esta etapa previa en la que a partir del conocimiento de las partes del proyecto y las características del medio afectado, se concreten y discriminen los aspectos relevantes, para poder tratarlos de forma adecuada, con la extensión y rigor que merecen.

❖ Documentos de la evaluación de impacto ambiental

El proceso de evaluación de impacto ambiental tiene varios documentos que van pasando del promotor a los órganos sustantivo y ambiental y al público. Los documentos del procedimiento son:

1. La Memoria-Resumen.
2. Las especificaciones para el Estudio de Impacto Ambiental.
3. El Estudio de Impacto Ambiental.
4. La Información Pública y las Alegaciones.
5. La Declaración de Impacto Ambiental.

Cada uno de estos documentos debería de contener un tipo de información ordenada de cierta manera, que es lo que se verá en los siguientes subapartados:

- **Memoria-Resumen**

La Memoria-Resumen es el documento que el promotor de un proyecto tiene que entregar al Órgano Ambiental, para iniciar el Procedimiento Administrativo de Evaluación de Impacto Ambiental. A partir de los datos contenidos en el mismo, el Órgano Ambiental decidirá a quiénes considera público afectado y solicitará la información pertinente para la realización del Estudio de Impacto Ambiental. En este documento se incluye, por tanto, una descripción detallada de las distintas alternativas del proyecto y sus posibles localizaciones. La descripción debe contener todos los datos relevantes desde un punto de vista ambiental: recursos utilizados, origen y cantidad de los mismos, localización,

residuos, emisiones y vertidos que se producirán y la forma de gestionarlos, tanto en la fase de proyecto, establecimiento, funcionamiento y cierre.

- **Especificaciones para el Estudio de Impacto Ambiental**

La Administración con competencias ambientales, cuando recibe la Memoria-Resumen, debe realizar peticiones de información a las personas, instituciones o administraciones que considere pertinente. Por este motivo, deben realizarse en este momento todas las propuestas que puedan surgir sobre nuevas alternativas al proyecto o sobre las formas de reducir los impactos ambientales del mismo, de forma que se pueda modificar el proyecto disminuyendo su impacto todo lo posible. Toda la información recopilada será remitida al promotor para que sea tenida en cuenta en el Estudio de Impacto Ambiental.

- **Estudio de Impacto Ambiental**

El Estudio de Impacto Ambiental (EsIA) es el documento técnico con el fin de conocer de forma detallada cómo afectaría un proyecto dado al entorno. Este estudio lo lleva a cabo el promotor y debe ser redactado preferentemente por un equipo multidisciplinar de técnicos expertos. El lenguaje a utilizar en la redacción debe ser técnico para mantener el rigor, pero también ha de ser claro, dado que va a estar en manos de profesionales de diversa índole dentro del campo del medio ambiente, tras su redacción pasará por el proceso de información pública en el que todo tipo de personas podrán aportar su opinión al respecto. Los apartados de los que debe constar el Estudio de Impacto Ambiental son los siguientes:

1. Descripción del proyecto y sus acciones.
2. Examen de las alternativas técnicamente viables y justificación de la solución adoptada.
3. Inventario ambiental y descripción de las interacciones ecológicas o ambientales claves.
4. Identificación y valoración de impactos.
5. Establecimiento de medidas protectoras y correctoras.
6. Programa de vigilancia ambiental.
7. Documento de síntesis.

- Descripción del proyecto y sus acciones. Examen de alternativas.

Se unifican los dos primeros puntos en uno sólo. En este capítulo del Estudio de Impacto Ambiental se debe incluir la descripción de cada una de las distintas alternativas del proyecto, indicando cuál de ellas ha sido la seleccionada por su menor impacto ambiental. En algunas ocasiones no se tienen en cuenta todas las alternativas posibles, lo que hace que los resultados estén muy condicionados por las alternativas analizadas, limitando el rango de variables que se deberían tener en cuenta y anquilosando la flexibilidad necesaria de este tipo de estudios.

- Inventario ambiental y descripción de las interacciones ecológicas o ambientales claves.

Habla de la situación en la que se encuentra el territorio donde se realizaría el proyecto, visto desde el punto de vista medioambiental, en el momento “actual”, es decir, antes de que se realice el proyecto si se aprobara en la Declaración de Impacto Ambiental. Los aspectos que se tratarían en este apartado son: Fauna, flora, vegetación, suelo, agua, aire, clima, paisaje, estructura y función de los ecosistemas presentes en el área previsiblemente afectada y medio socioeconómico.

- Identificación y valoración de impactos

Para poder realizar la cuarta fase del Estudio de Impacto Ambiental, la identificación y valoración de impactos, es necesario haber realizado antes las fases anteriores. Esta fase es la que lleva el peso metodológico del estudio. Los apartados citados anteriormente (Descripción del proyecto y sus acciones, examen de las alternativas técnicamente viables y justificación de la solución adoptada, inventario ambiental y descripción de las interacciones ecológicas o ambientales claves, identificación y valoración de impactos) deben estar íntimamente relacionados, de tal forma que la realización de cada uno de ellos dependa de la información dada por los demás. Tanto es así que se podría decir que hasta este punto el Estudio de Impacto Ambiental se desarrolla en dos líneas separadas que confluyen en el apartado de identificación y valoración de impactos.

- Establecimiento de medidas protectoras y correctoras

A partir de esos impactos ya reconocidos se van a establecer una serie de medidas de minimización de impactos (medidas paliativas, preventivas o protectoras, correctoras y compensatorias). Cuando se acepta un proyecto, se hace bajo la condición de realizar esas medidas de forma efectiva y obligatoria por el promotor del proyecto.

➤ Proyecto de vigilancia ambiental

Se ocupa de describir la forma en que se va a vigilar la correcta realización del proyecto y de las medidas de minimización de impactos si éste se lleva a cabo.

➤ Documento de síntesis

Informe que resume el resto del Estudio de Impacto Ambiental en unas 25 páginas a lo sumo. Es el documento que con más probabilidad se consultará en el proceso de información pública y a partir del cual se expondrán las posibles alegaciones al proyecto.

- **Fase de información pública**

Es importante que el estudio esté escrito en un lenguaje comprensible para cualquier persona del público y que cuente con todos los datos necesarios, tanto del medio, cómo del proyecto, para poder entender cada paso de la evaluación. Si un Estudio de Impacto Ambiental ha tenido en cuenta todos los factores importantes y ha propuesto medidas correctoras para todos los impactos, las alegaciones podrán ir a detalles concretos, pero no a rechazar el estudio completo. Sin embargo, si el estudio tiene fallos de forma y no cumple la normativa, las alegaciones serán (en general), muchas y consistentes, dando motivos para una declaración negativa. Todas las alegaciones tienen que ser tenidas en cuenta en la Declaración de Impacto Ambiental, por lo que es muy importante que estén correctamente razonadas y estructuradas, aportando pruebas o estudios paralelos de lo que se argumenta.

- **Declaración de impacto ambiental**

La Declaración de Impacto Ambiental debe ser ante todo una declaración positiva o negativa, es decir, que acepte o rechace el proyecto, por sus características, desde un punto de vista ambiental. No debe en ningún caso ser una declaración neutra. En caso de ser una declaración positiva debe detallar las condiciones necesarias para la realización del proyecto, así como especificar la forma en que se va a realizar el seguimiento de las actuaciones.

Las declaraciones de impacto ambiental son públicas y por lo tanto aparecen publicadas en los boletines oficiales, de forma que cualquier persona pueda consultarlas. Por esto es muy importante que las valoraciones realizadas sean claras.

La vigilancia para que se cumplan las condiciones de la declaración es competencia del Órgano Sustantivo, aunque el Órgano Ambiental tiene el derecho a recabar información y realizar las comprobaciones necesarias para verificar dicho cumplimiento.

(Garmendia, Salvador, Crespo, & Garmendia, 2005), Capítulo 3.

2. ESTUDIO DE IMPACTO AMBIENTAL

2.1 Descripción del proyecto

En el Estudio de Impacto Ambiental es necesario plasmar las características de las actividades que se proponen, para poder estudiar cómo afectarían éstas al medio. Esta descripción del proyecto es el primer apartado que hay que escribir en el documento de Estudio de Impacto Ambiental. Cada una de estas alternativas ha de ser tratada de forma completa a lo largo de todo el estudio para, al final del mismo, seleccionar la más adecuada. Por eso es necesario realizar una descripción detallada de cada una de ellas, de las que se extraerá una lista de las acciones susceptibles de producir impactos. Estas acciones se ordenarán de forma jerárquica en un árbol de acciones. De entre todas las acciones del proyecto se van a seleccionar únicamente aquéllas que puedan causar efectos ambientales, tanto de signo negativo como positivo, ya que se utilizarán para enfrentarlas a los factores ambientales.

La descripción del proyecto consiste en describir los elementos y procesos del mismo en términos medioambientales, es decir, se deben exponer todas las acciones de éste que pueden llegar a ser causantes de un futuro impacto en el medio. Hay que describir sólo los datos necesarios, para evitar recargar con información banal el documento, ya extenso de por sí, para ello se ha de evitar en lo posible hacer descripciones detalladas de aspectos del proyecto que no vayan a tener relevancia posteriormente en la determinación de impactos, y viceversa, no se debe omitir información técnica de importancia ambiental hablando. En este apartado hay que abordar por separado la descripción de las acciones susceptibles de provocar impactos en las distintas fases por las que va a pasar el proyecto, ya que éstas afectan al medio de forma distinta:

1. Fase de construcción.
2. Fase de funcionamiento (también llamada de explotación u operación).
3. Fase de abandono.

❖ Partes que integran la Descripción del Proyecto

El contenido que tiene que tener la Descripción del Proyecto se expone a continuación:

1. Localización.
2. Relación de todas las acciones inherentes a la actuación de que se trate, susceptibles de producir un impacto sobre el medio ambiente mediante un examen detallado tanto de la fase de su realización como de su funcionamiento.

3. Descripción de los materiales a utilizar, suelo a ocupar, y otros recursos naturales cuya eliminación o afectación se considere necesaria para la ejecución del proyecto.
4. Descripción, en su caso, de los tipos, cantidades y composición de los residuos, vertidos, emisiones o cualquier otro elemento derivado de la actuación, tanto sean de tipo temporal durante la realización de la obra, o permanentes cuando ya esté realizada y en operación, en especial, ruidos, vibraciones, olores, emisiones luminosas, emisiones de partículas, etc.
5. Un examen de las distintas alternativas técnicamente viables, y una justificación de la solución propuesta.
6. Una descripción de las exigencias previsibles en el tiempo, en orden a la utilización del suelo y otros recursos naturales, para cada alternativa examinada.

Es importante destacar que la legislación obliga a desarrollar la descripción de las partes de proyecto más problemáticas desde el punto de vista de la sostenibilidad, que son:

1. El impacto de ocupación.
2. La gestión sostenible de los recursos.
3. La contaminación.

Como ejemplo de guión para desarrollar el presente apartado se propone el siguiente:

1. Introducción y antecedentes.
2. Justificación del proyecto.
3. Plan de explotación.
4. Plan de trabajo en las distintas fases.
 - Introducción y antecedentes

Como en cualquier informe, lo primero es realizar una introducción, en la cual se expliquen los objetivos del proyecto en cuestión, la localización del mismo, los antecedentes que haya tenido esa obra o la concesión de la misma, la existencia de explotaciones similares por parte de ese promotor, la adecuación y cumplimiento de las leyes, la inclusión de la obra dentro de los planes, programas y políticas en vigor, etc. Se

debe indicar si ha habido modificaciones en el proyecto, si se intentó instalar primero en otra zona y fue denegado y por qué causas, si ha habido detractores del proyecto y qué alegaban, etc. Hay que explicar claramente cómo se adecua la obra a la legislación, los planes, políticas y programas existentes de medio ambiente y del sector del que se trate.

- Justificación del proyecto

Es importante que se de una justificación a la obra que se quiere realizar para no caer en un uso indiscriminado de los recursos. Hay que recordar que el proceso de Evaluación de Impacto Ambiental es un proceso optimizador de la gestión del espacio, por lo que no deben ser concedidos proyectos “caprichosos”. Deben indicarse las ventajas que va a procurar la futura actividad en el caso de ser concedida. Estas ventajas no deben ser necesariamente económicas, también deben ser sociales y principalmente ambientales si las hay.

- Plan de explotación

Este apartado es equivalente a la descripción del proceso productivo de la actuación que se trate, el cual irá desde el inicio de la construcción de la actividad hasta el momento de realizar las restauraciones necesarias, describiendo todas las acciones del proyecto susceptible de causar impactos ambientales. También se explican en este apartado los movimientos de tierras necesarios, el uso del agua, el consumo eléctrico y su forma de suministro y la necesidad de otros recursos naturales para la ejecución de la obra. De la misma forma hay que especificar claramente los residuos, vertidos y emisiones generados por la actividad y los sistemas de recogida y gestión de los mismos, indicando cuál va a ser su destino.

- Plan de trabajo en las distintas fases

Aquí se indica el programa de trabajo que se va a realizar, la maquinaria necesaria, las labores de mantenimiento y los recursos humanos que van a ser precisos. Todo ello hay que especificarlo para cada fase del proyecto.

- ❖ Árbol de acciones del proyecto

Una vez que se han descrito las distintas alternativas del proyecto en relación con su afección al medio, ha de confeccionarse el árbol de las acciones que puedan causar impactos para cada una de las alternativas. Dentro de estas acciones sólo interesan las que pueden causar un efecto ambiental, tanto negativo como positivo, es decir, sólo interesan las acciones que sean relevantes desde un punto de vista ambiental. Además

de cumplir con esta característica, las acciones que se pongan en estos listados o árboles deben ser simples y concretas y causar efectos directos (los indirectos se deducirán posteriormente). Las acciones que se elijan deben poder ser medidas, mediante indicadores si es preciso y en las unidades que corresponda, para conocer de forma cuantitativa el efecto ambiental que van a causar.

Los árboles de acciones son representaciones sintéticas de la obra propuesta, y se les denomina “árboles” por dividirse y subdividirse en distintos niveles de actuación. Esas divisiones se componen siempre, dentro de cada nivel concreto, de actividades independientes entre sí. Los distintos niveles que aparecen en los árboles de acciones son:

1. En primer lugar las fases del proyecto que corresponden a las diferentes etapas temporales.
2. En segundo lugar están las labores que se realizan dentro de cada fase y que describen apartados de la actuación, como la labor de construcción de un edificio (auxiliar o principal), actividad muy común en muchos proyectos.
3. Por último aparecen las acciones del proyecto propuesto susceptibles de causar impactos en el medio.

Dentro de las fases se consideran:

1. Fase de construcción o instalación.
2. Fase de funcionamiento o explotación.
3. Fase de abandono o desmantelamiento.

Las labores están en función del tipo de obra de que se trate, pero existen algunas genéricas que tratan temas como:

1. El uso de los recursos naturales, destacando su sobreexplotación y su subexplotación.
2. La emisión, vertido o generación de residuos contaminantes.
3. El almacenamiento, recogida, gestión y tratamiento de los anteriores.
4. La modificación del territorio, respecto a:
 - a) La alteración del terreno donde se realice la obra, incluido el paisaje.

b) Los cambios en el medio socio-económico-cultural, destacando el uso de la red viaria, la transformación de infraestructuras preexistentes y las expropiaciones si se tienen que hacer por ser un proyecto de la Administración y de interés público.

c) Las acciones dependerán igualmente del proyecto concreto que se plantee. En el caso de la construcción de una edificación, algunas de las acciones que se podrían destacar serían: excavación, explanación (que se suelen unir en la acción de movimiento de tierras), cimentación, etc.

Tabla B. 1. Ejemplo de un árbol de acciones para una actividad extractiva, cantera.

Fase	Labor	Acción
CONSTRUCCIÓN	Construcción de edificios	Excavaciones Cimentación Construcción de la edificación
	Construcción de las redes de infraestructura (agua, electricidad)	Excavación de zanjas Colocación de tubos y protecciones
	Resto de acciones	Ocupación del suelo por las instalaciones Ocupación del suelo de la zona de extracción Tránsito de maquinaria de obras
EXPLOTACIÓN-RESTAURACIÓN	Extracción	Perforación y voladuras Emisión de ruido Emisión de polvo Arranque y carga de materiales Transporte de materiales (interno) Acopio-almacenamiento de materiales
	Trituración	Machaqueo-selección de materiales Emisión de ruido Emisión de polvo Transporte de materiales seleccionados Almacenamiento de materiales seleccionados Transporte de materiales (externo)
	Mantenimiento de las instalaciones	Limpieza de las instalaciones Mantenimiento de la maquinaria
	Labores de restauración	Relleno de huecos y adecuación morfológica Control de la erosión Aporte de tierra vegetal y revegetación
	Resto de acciones	Tráfico de vehículos exterior Generación de residuos sólidos Generación de aguas residuales
ABANDONO	Desmantelamiento de instalaciones	Desmantelamiento de instalaciones Restauración de terrenos
	Uso del suelo	Cultivo agrícola Áreas revegetadas

(Garmendia, Salvador, Crespo, & Garmendia, 2005), Capítulo 4.

2.2 Inventario Ambiental

El Inventario Ambiental debe incluir: Estudio del estado del lugar y de sus condiciones ambientales antes de la realización de la obra, así como de los tipos existentes de ocupación del suelo y aprovechamientos de otros recursos naturales, teniendo en cuenta las actividades preexistentes. Identificación, censo, inventario, cuantificación y, en su caso, cartografía, de todos los aspectos ambientales que puedan ser afectados por las actuaciones proyectadas. Descripción de las interacciones ecológicas clave y su justificación. Estudio comparativo de la situación ambiental actual y futura, con y sin la actuación derivada del proyecto objeto de evaluación, para cada alternativa examinada.

Por elementos ambientales se entiende:

1. Clima
2. Geomorfología
3. Geología
4. Suelo
5. Agua
6. Vegetación y flora
7. Fauna
8. Paisaje
9. Medio socio-económico

El Inventario Ambiental es una herramienta para poder identificar y valorar los posibles impactos que vaya a provocar la actividad que se está evaluando. Para que ese objetivo quede cubierto adecuadamente han de conocerse las características del medio y su calidad ambiental antes de que se realice la obra, para valorar cómo variaría ésta si se llevara a cabo la actuación proyectada. Lo anterior no sería útil si no se ha hecho previamente una focalización para saber qué elementos y qué factores de los mismos van a estar afectados por las acciones del proyecto.

Los resultados que hay que obtener de este apartado del Estudio de Impacto Ambiental son varios:

1. De cada elemento ambiental se deben obtener una serie de unidades ambientales internamente homogéneas (a veces sólo hay una unidad ambiental en todo el territorio,

como suele suceder con el clima). Para cada una de ellas todos sus puntos responden igual ante las acciones del proyecto.

2. Es conveniente expresar esas unidades ambientales en la cartografía, realizando al menos un mapa para cada elemento ambiental. Cuando los resultados no se pueden expresar en mapas, se han de confeccionar tablas en las que se puedan ver los resultados, fácil y rápidamente.

3. Por último se ha de confeccionar un árbol de los factores susceptibles de ser afectados por el proyecto.

❖ Etapas del inventario ambiental

Las fases en las que se realiza un Inventario Ambiental son las siguientes:

1. Definición de los objetivos.
2. Documentación.
3. Salidas a la zona de estudio.
4. Almacenamiento de la información.
5. Valoración de los elementos o factores ambientales relevantes.
6. Resultados.

• Definición de los objetivos

El objetivo principal de cualquier Inventario Ambiental es la descripción del medio donde se va a desarrollar una determinada actividad, de forma que sirva de base para valorar los efectos e impactos ambientales que esta actividad puede producir. Es importante destacar que el objetivo no es determinar las limitaciones que presenta el medio para realizar el proyecto, sino todo lo contrario, los efectos que éste producirá en el medio. Para esto es necesario fijar el área de estudio, los elementos y factores ambientales relevantes que se deben estudiar en profundidad, las limitaciones técnicas y temporales que existen, la metodología a utilizar y la forma en que se van a presentar los resultados.

En primer lugar hay que delimitar cuál es el área de estudio. El área de estudio para la Geología, la Geomorfología, la Edafología e incluso la vegetación, normalmente puede reducirse a la zona afectada directamente por el proyecto, ya que son fijas y se verán afectadas sólo sobre el lugar donde se encuentran, no mucho más lejos. Sin embargo, otros elementos, como el clima, la hidrología, la fauna, el medio perceptual (paisaje) y el medio socio-económico, no se pueden restringir al espacio concreto del proyecto, ya que

éste puede causar efectos en zonas más lejanas, así que hay que definir muy bien cuáles serían los límites para cada elemento y proyecto concreto.

El clima varía según sea la morfología de la zona que circunda el lugar de localización de la actuación y de si se generan contaminantes (orgánicos, químicos, físicos, acústicos o luminosos). En el caso de la hidrología, el área de estudio se mide en función de los tipos de masas y puntos de agua que aparezcan en la zona y el uso que se les pretende dar, incluidos los vertidos. La fauna de la zona necesita de un área de estudio generalmente muy extensa, sobre todo si se sospecha la existencia de grandes vertebrados con amplios territorios. Para el paisaje, se delimita su zona de estudio en función de los lugares desde donde se estime que se verá la actuación propuesta. El medio socio-económico puede abarcar sólo a los distintos núcleos de población cercanos a la nueva obra, o ser mucho más extenso, debido a que afecte a poblaciones alejadas de la zona.

Además del área inventariada, hay que determinar también cuáles son los elementos y factores ambientales significativos con los que se ha de trabajar y a cuáles no hay que darles demasiada importancia. Esto se analizará con la ayuda del árbol de acciones del proyecto junto con el uso del criterio de relevancia: la posibilidad de que se vean afectados y que tengan un valor. En muchos casos se utilizan índices que ayudan a cuantificar los factores y su funcionamiento. No será la misma metodología en el caso de que el trabajo abarque gran cantidad de datos y de espacio físico, donde será conveniente usar los sistemas de información geográfica, a que se recojan unos pocos datos en un área de estudio reducida, manejables sin necesidad de sofisticadas tecnologías.

Por último, se ha de fijar la manera en que se presentarán los resultados, es decir, si va a ser mediante cartografía temática de cada unidad ambiental, en cuadros, en mapas de jerarquías de conservación parciales y/o globales, etc.

- Documentación

La búsqueda de información bibliográfica y cartográfica es un apartado que consume gran parte de los recursos del inventario, ya que los datos suelen estar muy dispersos. En ocasiones, como las fotos aéreas, no se obtienen en el momento, teniendo que encargárselas y por tanto esperar a que estén listas. Por ello, es importante haberse organizado previamente para saber cuál es la información que se necesita. Ésta va a ser:

1. Documentación bibliográfica.

2. Cartografía, de la zona de estudio y de los elementos del medio que se van a considerar, cuando existan, y tanto de situación como a escala de proyecto, es decir, a escalas 1:50 000 o 1:25 000 y 1:10 000 o 1:5 000, respectivamente.

La información que hay que obtener tiene que ser fiable y de calidad, y para ello hay que buscarla en los lugares adecuados: Departamentos de documentación y publicaciones de los organismos oficiales, departamentos universitarios, tesis doctorales, revistas científicas, consultas a expertos en las distintas materias.

Es necesario utilizar la legislación vigente sobre:

1. Protección de espacios y especies, muy importantes para conocer el valor de éstos.
2. Especificaciones de la actividad que se quiere realizar.
3. Gestión de residuos y otras de acciones indirectas del proyecto.
4. Planes, políticas y programas aprobados que afecten a la zona.
 - Salidas a la zona de estudio

Tras haber hecho una aproximación documental del área de estudio queda la comprobación y complementación de esos datos *in situ*. Estas salidas son necesarias para los inventarios de todos los elementos ambientales, por lo menos una vez, para comprobar que los datos obtenidos en la fase de documentación concuerdan con la realidad y que la cartografía topográfica y las fotografías aéreas son lo suficientemente actuales para representar adecuadamente las características de la zona.

Una vez completada la fase de documentación y la de trabajos de campo, han de obtenerse las unidades ambientales internamente homogéneas de cada uno de los elementos ambientales.

Ya que se ha fijado el nivel de detalle en el que se va a trabajar, en la zona de estudio han de realizarse una serie de muestreos, para hidrología, vegetación, fauna, suelo y geología, así como encuestas a la población, que conllevan, en ambos casos, organización, tiempo y esfuerzo, que es necesario tener presupuestado. Sin estos muestreos, muchas veces los inventarios no tendrían valor, ya que estarían incompletos.

- Almacenamiento de la información

Luego de haber obtenido toda la información necesaria para realizar el inventario ambiental del medio biofísico debe quedar adecuadamente almacenada, tanto en papel como en los medios informáticos disponibles: bases de datos y ficheros, para que pueda ser consultada posteriormente, en las fases más avanzadas del estudio o en estudios

similares, de forma sencilla, o bien, para que pueda ser actualizada si se necesita. Aparte de la información específica de la metodología seguida en el estudio y los datos obtenidos, es importante tener bien organizados y localizados los siguientes datos:

1. Citas bibliográficas.
2. Nombres, direcciones, teléfonos y faxes de personas o entidades relacionadas con el medio y los expertos consultados.

Cuando hay poco volumen de datos, la información se acumulará de forma sintética en tablas, gráficos, mapas, etc., pero cuando ocurre el caso inverso es bueno contar con la ayuda que proporcionan los sistemas de información geográfica.

Al almacenar adecuadamente toda la información importante, ésta quedará disponible para futuros usos sin necesidad de tener que volver a elaborarla desde el principio.

- Valoración de los elementos o factores ambientales relevantes

Las unidades ambientales internamente homogéneas de cada uno de los elementos ambientales que forman parte del medio han de ser valoradas según su calidad, dando un significado ambiental a esos datos. Las valoraciones se realizan desde que se da mayor importancia y se describe con mayor profusión y detalle un elemento o factor ambiental en detrimento de otro, es decir, desde que se empieza a focalizar, y por tanto a discriminar entre elementos relevantes y los que no lo son. Como ya se ha comentado hay una serie de criterios que hacen que un factor ambiental tenga un valor o una calidad mayor que otros, y estos se pueden agrupar en: Criterios científicos, criterios de productividad, criterios culturales, criterios de percepción sensorial.

Pueden usarse todos ellos para dar el valor final a un elemento ambiental, aunque algunos pueden ser más importantes que otros en determinados elementos. Por ejemplo, para el paisaje se usan preferentemente los del último grupo. Dentro de los criterios científicos destacan: Diversidad, representatividad, rareza, grado de endemidad, fragilidad, naturalidad.

Los criterios productivos se basan en el rendimiento que pueden producir en temas como: cultivo, turismo, extracción mineral.

En los criterios culturales sobre todo se tiene en cuenta la singularidad. Y en los perceptivos:

1. Contraste de colores, formas, texturas, líneas, etc.
2. Dominancia de alguna de esas características.

3. Proporción de agua, vegetación y pendientes que hay en un lugar.

Los criterios vistos anteriormente son cualitativos, pero algunos de éstos pueden convertirse en cuantitativos utilizando indicadores, funciones de transformación o creando escalas de valor (de 0 a 10, por ejemplo).

- **Resultados**

Hasta este momento las valoraciones se han hecho de cada elemento ambiental, pero como resultado final del Inventario Ambiental es preciso llevar todas esas valoraciones a una sola. Para ello es necesario pasar todos los resultados, cartográficos y de datos, a la misma escala para poder hacer ponderaciones y obtener resultados generales para toda la zona. Ésto, con la finalidad de que realmente esté integrada la información, y se pueda conocer el funcionamiento del ecosistema y su respuesta al proyecto.

- ❖ **Elementos del Medio**

En los inventarios ambientales, hay que identificar, censar, inventariar y cartografiar todos los elementos del medio afectados por las acciones del proyecto planteado. Éstos se citaron en la página 64. Todos los elementos ambientales que se traten deben estudiarse con una intensidad adecuada para evitar problemas de falta de información y posteriores errores debidos a ello. Cada uno de ellos hay que describirlos a la escala y extensión en la que serían afectados por el proyecto propuesto.

- **Clima**

El clima se define como el conjunto de condiciones atmosféricas que se registran de media a lo largo de un estándar de 30 años en una zona dada. Las variables que caracterizan a este elemento ambiental son: temperatura, humedad, viento, precipitaciones, insolación, periodo de heladas, etc. Estos datos se obtienen en las estaciones climatológicas o meteorológicas. Existen varios tipos:

1. Las Estaciones de 1.^{er} orden o completas: llamadas así por realizar un gran número de registros distintos y estar dotadas con maquinaria muy precisa en sus mediciones. Además, tienen una frecuencia de observación constante.

2. Las de 2.^o orden o termopluiométricas: toman datos sólo de temperaturas, humedad absoluta y relativa del aire y precipitaciones, teniendo a su disposición termómetro, sigrómetro, higrómetro o pluviómetro. Las mediciones son realizadas una vez al día, aunque en algunos casos se realizan dos diarias.

3. Las de 3.^{er} orden o pluviométricas: solamente hacen registros de las precipitaciones, con lo que sólo constan de pluviómetros. Sus medidas son todas una vez al día.

Por otro lado, el clima suele variar en función de la escala geográfica en la que uno se encuentre, y se denomina de formas distintas:

1. Macroclima: Cuando se hace referencia al clima de una zona muy extensa. Es el clima general, correspondiente a las distintas zonas climáticas de la tierra y grandes regiones.
2. Mesoclima: Más restringido, corresponde a zonas más locales en las que hay variaciones del clima general por la presencia de modificaciones en el paisaje, bien sean ciudades, cordilleras, la propia altitud, etc.
3. Microclima: Es el perteneciente a espacios más restringidos en los cuales hay una serie de modificaciones del mesoclima, del tipo de humedad relativa o insolación, que hacen de las zonas que tienen esos microclimas lugares muy frágiles, a veces portadores de especies vegetales singulares.

La importancia del clima es muy elevada, ya que según cómo sea el de un área concreta, el tipo de suelo y sus usos, la vegetación, la flora y la fauna que van a aparecer en ese lugar variarán con respecto a otras zonas. El clima afecta a las actividades desarrolladas por el hombre estimulándolas o desfavoreciéndolas. Es esencial conocer bien este factor ambiental para la instalación de algunas plantas de energías renovables como las de energía solar y eólica.

Las variables que se suelen medir en el inventario de este elemento ambiental se obtienen en las estaciones climatológicas. Normalmente se recopilan los datos de varias y su número aumentará en relación directa al tamaño del área de estudio. A la hora de realizar el inventario de este elemento ambiental, no siempre la zona de estudio presenta el clima general o macroclima, o bien las estaciones meteorológicas están demasiado separadas para dar una información adecuada de cómo son las características climáticas en el área de estudio, o no se cuentan con estaciones de primer orden, por lo que es preciso conocer el terreno *in situ* para ver si existen variaciones a los datos obtenidos hasta el momento. Este problema se suele resolver haciendo estimaciones indirectas mediante el conocimiento de cómo algunos elementos del medio modifican las características del clima general. Los que más afectan son la topografía y la vegetación, destacando entre otros:

1. Condiciones del relieve: Las variaciones en el relieve de una zona con respecto a otras cercanas va a generar la aparición de vientos muy concretos. El viento se define como: “la corriente de aire resultante de las diferencias de presión en la atmósfera, provocada, en la mayoría de los casos, por variaciones en la temperatura”, y el viento, como cualquier otro fluido, se va a mover siempre de zonas en las que su presión sea

alta a zonas en las que sea baja. Dentro de este fenómeno se pueden distinguir algunas variantes: barreras montañosas y laderas, valles y depresiones, brisas marinas.

2. Altitud: Esta característica tiene gran importancia al ser algo conocido que a mayor altitud las temperaturas descienden.

3. Cursos y masas de agua: El que aparezca una cantidad de agua importante en las áreas a estudiar hace que se modifiquen las características climáticas de la zona al aportar mayor humedad.

4. Tipo de superficie: En función de cómo sea la superficie de la zona habrá una mayor o menor absorción de la luz. Las zonas que tienen una superficie clara reflejan mayor cantidad de luz de la que absorben, y viceversa.

5. Núcleos urbanos: Las ciudades son un ejemplo de mesoclima, en las que, la movilidad del viento, y la contaminación del aire se diferencian en gran medida de las existentes en las zonas rurales.

6. Vegetación: Algunos autores proponen como el mejor indicador del clima a la vegetación (siempre y cuando aparezca de forma natural y sin intervención humana).

7. Capacidad de la zona de estudio de dispersar contaminantes: Este parámetro sirve para ver cómo cambian las características climáticas del lugar al incorporar una actividad que pueda generar malos olores.

8. Evapotranspiración: Constituye la base del cálculo de las necesidades hídricas de las plantas.

Por otro lado, los parámetros del clima a seleccionar en los inventarios ambientales dependerán de la actividad que se pretenda implantar. No en todos los estudios tiene la misma importancia el régimen de vientos o la cantidad de insolación. En los estudios de impacto ambiental lo que más interesa es ver cómo afecta el proyecto a las características climáticas para compararlo con la situación preoperacional. En algunos casos las actividades realizadas por el hombre son causa de la modificación del clima, al menos en la escala del área de trabajo.

- **La Geomorfología**

La Geomorfología se puede definir como el estudio del modelado del relieve terrestre. Influye de forma contundente en casi todos los elementos ambientales que se tratan en el Inventario Ambiental pero también es función de algunos de ellos. Que el clima modifica las formas del relieve es algo bien conocido, pero también hay que tener en cuenta que las actividades humanas, antiguas y modernas, lo modifican en ocasiones

bruscamente. Al realizar el Inventario Ambiental de la Geomorfología, en primer lugar ha de hacerse una descripción del terreno donde se vaya a ubicar el proyecto que se esté evaluando en cada caso. Estas descripciones van a basarse en el conocimiento de la zona en función de: la topografía, la pendiente, la exposición, la altitud. A partir de estos datos se definen las distintas unidades geomorfológicas, que han de ser representadas cartográficamente.

Al describir la geomorfología de la zona de estudio, hay que tener en cuenta que se parte de la realidad física presente, con lo que, aunque hay que considerar la evolución que han sufrido esas formas, lo realmente útil es analizar la época actual y no remontarse a épocas pasadas de la historia geológica, aunque sean la causa de la presente.

Para llevar a cabo este estudio se hace imprescindible cartografía topográfica de la zona a distintas escalas, dependiendo ésta de la extensión de la zona de estudio, pero normalmente se tiende a usar escalas de 1:50 000 o 1:25 000 para mapas de situación y 1:10 000 o 1:5 000 para expresar los resultados. Otra herramienta muy útil son las fotografías aéreas, lo más actuales posibles, las cuales van a utilizarse también para la descripción de otros elementos ambientales como la vegetación. Además, las fotografías aéreas tienen la ventaja de que si se ponen varias secuenciales puede verse el relieve de terreno con la ayuda de un estereoscopio, que ayuda sustancialmente a su descripción.

Para poder realizar valoraciones adecuadas, uno de los parámetros que hay que analizar en estos estudios, es la estabilidad de los sistemas geomorfológicos, y así comparar con la situación que se crearía una vez instalado el proyecto, pues hay que estimar cómo respondería el terreno tras su implantación. Por ejemplo, los procesos erosivos que se dan en una ladera, se van a potenciar y acelerar tras implantar un cultivo, creando riesgos diversos. Algunas formaciones como dunas, circos glaciares, dolinas, simas,...dan información sobre procesos concretos.

- **La Geología**

El objetivo del Inventario Ambiental no es determinar el efecto de la geología sobre el proyecto, sino al revés, determinar los efectos que determinadas acciones pueden tener sobre ésta. Ejemplo de ello son los embalses, que bloquean completamente el paso de sólidos transportados por los ríos aguas abajo, con lo que se produce un desequilibrio en el proceso de sedimentación de los deltas, entre otros ejemplos. Dentro de estos estudios, en unas ocasiones solamente se hacen descripciones generales del tipo de roca que subyace, pero en otras, según el proyecto del que se trate y siempre y cuando sean relevantes, es útil conocer los fenómenos y procesos que ocurren para ver el

estado del ambiente “sin” el proyecto. Así pues, como soporte de las actividades humanas han de conocerse cualidades como:

1. La capacidad portante: La capacidad portante o comportamiento mecánico hace referencia a la capacidad que tiene el sustrato de soportar el peso de una infraestructura. Existen algunos riesgos asociados a determinados minerales que hay que tener en cuenta, como las arcillas expansivas que tienen muy baja capacidad portante.
2. El potencial acuífero: El potencial acuífero está relacionado con la capacidad que tienen las rocas subyacentes de almacenar agua.
3. La erosionabilidad: La erosionabilidad analiza la capacidad de modificarse gracias a la acción de los agentes modeladores, hielo, aire y agua.
4. Presencia de fracturas o fallas: Que pueden dar origen a riesgos de caídas de bloques, corrimientos o contaminación de acuíferos.

Es importante conocer, además, si los elementos químicos de las rocas subyacentes cuando van a ser explotados, combinados con los métodos de extracción, son susceptibles de generar acidez, toxicidad, o alcalinidad que pudiesen desarrollar una posterior contaminación del suelo.

- **El suelo**

Cuando hay que realizar valoraciones más completas, conviene caracterizar los suelos presentes en función de sus propiedades físicas y químicas. Dentro de las propiedades físicas se pueden destacar: la porosidad, la profundidad, la estructura, la textura, la capacidad de retención de agua y la pedregosidad y proporción de afloramientos rocosos. Asimismo, es conveniente identificar las características químicas de los mismos: contenido en materia orgánica, pH, contenido en sales solubles, disponibilidad de elementos nutritivos. La importancia de cada una de estas características va a variar en función del proyecto que se proponga, pero en general van a ayudar a jerarquizar entre mejores y peores suelos.

El comportamiento de los distintos suelos respecto a estas características informa en último término, de otras que son las realmente relevantes a la hora de dar un valor de calidad: La capacidad portante, la erosionabilidad, la estabilidad, la permeabilidad, la consistencia.

- **El agua**

La ciencia que estudia las características y propiedades del agua se denomina Hidrología, que trata, así mismo, su distribución y circulación en la superficie terrestre, el

suelo y la atmósfera. El agua es un constituyente vital para todos los seres vivos así como para el ser humano, interviniendo en la mayoría de sus actividades, directa o indirectamente. Las acciones del hombre sobre el agua tienen una respuesta física y social en lugares muy alejados, con lo que hay que medir muy bien cómo se va a actuar. Conociendo la complejidad de este elemento, el tratamiento que se le ha de dar en este tipo de estudios debe ser especialmente cuidadoso con el fin de no perder de vista todas sus ramificaciones en su carácter de recurso.

El área de estudio para el inventario del agua no va a restringirse al área exacta del proyecto, ya que por poner un ejemplo, los efectos causados tras un vertido no se van a quedar fijos en el lugar donde se echa la sustancia en cuestión, y por otro lado el agua que se vaya a usar en el proyecto puede venir de lejos y ha de conocerse si va a escasear o disminuir su calidad, lo cual depende de la situación aguas arriba de la toma, es decir, que, para este elemento ambiental, hay que abarcar un espacio bastante más amplio del que ocupa la zona elegida para la actuación proyectada. Para proyectos de grandes dimensiones se llega a estudiar toda la cuenca hidrográfica.

En el Inventario Ambiental de este elemento han de realizarse una serie de actividades: Reconocer todas las formas de agua presentes en la zona de estudio, conocer las características de funcionamiento del sistema hídrico, conocer su calidad, identificar los usos que se le está dando en la zona.

Los apartados anteriores van a estar referidos tanto a la hidrología superficial como a la subterránea. De la superficial es más sencillo obtener datos simplemente con la observación directa en el terreno, pero la subterránea requiere mecanismos y materiales que normalmente no están al alcance del inventariador.

Reconocer toda las formas de agua presentes en la zona implica determinarlas correctamente, como acuíferos, arroyos, ríos, fuentes naturales, fuentes artificiales, glaciares, lagos, lagunas, marjales, estuarios, pozos, ramblas, torrentes, etc., y georreferenciarlas adecuadamente en la cartografía.

Una vez conocidas todas las formas en las que se presenta el agua en el área de interés aparece el problema de las valoraciones, de caracterizar la zona en función de ese recurso. Cuando se estudia el funcionamiento del sistema hidráulico lo que se precisa conocer son parámetros como: Caudal, régimen, nivel freático, zonas de recarga de acuíferos. Como combinación de los primeros dos, existe el llamado caudal ecológico, característico de cada cauce, es el necesario para mantener las características de vegetación y fauna, este caudal es con el que se han formado las distintas comunidades vegetales y animales de su curso, las cuales tienen unas necesidades para mantenerse.

La medida de la calidad de las aguas de un terreno se puede hacer mediante niveles estándares de calidad del agua en función del uso que se le vaya a dar. Los parámetros más admitidos que se miden para determinar el grado de calidad del agua son los siguientes:

1. Características físicas: Sólidos disueltos, sólidos en suspensión, el pH, dureza, turbidez, temperatura.
2. Características químicas: Oxígeno disuelto, demanda biológica de oxígeno (DBO), demanda química de oxígeno (DQO), elementos tóxicos, elementos patógenos, compuestos de nitrógeno, fósforo, azufre y cloro.

Existen varios tipos de contaminantes:

1. Los sólidos en suspensión: Suelen ser partículas minerales procedentes de los vertidos de algunas industrias o por procesos de erosión o inundación. Como consecuencia de ellos se colmatan y obstruyen lagos, embalses y canalizaciones, con el consiguiente deterioro de las infraestructuras y la pérdida en vida silvestre.
2. El aumento de la temperatura de las aguas: Consecuencia de vertidos de actividades industriales como la producción de energía, la refrigeración o el refino. Sus efectos son la ralentización de la capacidad de autodepuración del agua al provocarse una reducción del oxígeno disuelto en ella. Esta consecuencia también influye en la vida acuática, que tiende a disminuir.
3. Aporte de compuestos inorgánicos como sales y ácidos: Son producto de actividades extractivas o industriales. Va a generar cambios del pH del agua, que modifica la cantidad de oxígeno disuelta y provoca corrosiones en los equipamientos que la usen. También se da mal olor, sabor y efectos tóxicos sobre la fauna y flora silvestre y el ser humano.
4. Aporte de compuestos orgánicos que funcionan como nutrientes en el medio acuático: Éstos son los compuestos que contienen fósforo y nitrógeno y suelen venir de la actividad ganadera y de los fertilizantes de la agrícola. Provocan la eutrofización de las aguas. Aumenta mucho el número de vegetales acuáticos, y la demanda de oxígeno.
5. Residuos que requieren oxígeno, como los domésticos o los de las industrias alimentarias, que llegan en estado de putrefacción, incorporando bacterias al agua: Producen mal olor y sabor al agua y disminuyen la disponibilidad de oxígeno para la fauna y flora silvestre.
6. Incorporación de compuestos orgánicos tóxicos, como detergentes y pesticidas: Éstos residuos suelen provenir de la agricultura o de las zonas residenciales. Actúan

directamente sobre la vida silvestre, intoxicándola a corto o largo plazo. También el ser humano se puede ver afectado al ingerirlos con los alimentos cultivados con agua contaminada.

7. Adición de contaminantes biológicos, como virus, bacterias o protozoos portadores de enfermedades: Suelen llegar al agua por medio de industrias ganaderas o mataderos. Los efectos que causa esta contaminación son una disminución de la vida silvestre, afecta a las producciones acuícolas y reduce los usos posibles del agua (domésticos y recreativos).

Los usos del agua en una zona pueden ser variados, y la medición de su calidad va a estar relacionada con unas variables u otras. El agua puede ser usada para:

1. La vida acuática: Su calidad se mide en función del oxígeno disuelto y los componentes organoclorados.
2. Uso doméstico: En función de la turbidez, los sólidos disueltos, los productos tóxicos y la concentración de coliformes (bacterias del tracto digestivo). Este sería el límite del agua potable.
3. Recreo: Medido por la turbidez, los productos tóxicos y la concentración de coliformes.
4. El riego: Su calidad depende de los sólidos disueltos y el contenido en sodio.
5. La industria: dependiente de la concentración de sólidos disueltos y de la de sólidos en suspensión.

- **La vegetación y la flora**

La vegetación puede llegar a definir un espacio, dado que es el resultado de la combinación de elementos ambientales como el clima, la topografía, la geología, la edafología y la hidrología, pero además sus características también van a depender del uso que la fauna y el ser humano hagan de ella. La flora también es de gran importancia porque cada una de las especies que la componen puede tener un valor por sí misma: algunas especies vegetales son excelentes bioindicadores, sensibles a la contaminación del suelo o a un descenso de la capa freática, es decir, a la calidad del sistema de relaciones. Pero estas relaciones son recíprocas, ya que en función del tipo de vegetación que exista en una zona las variables climáticas, edáficas, faunísticas, etc., van a variar.

Así, como se ve, los cambios en la composición de las comunidades vegetales pueden llegar a afectar a otros factores del medio o al territorio en su conjunto. En definitiva, la

vegetación cumple importantes funciones dentro de los ecosistemas, y algunas de ellas son:

1. Estabilizar las pendientes.
2. Retardar la erosión.
3. Influir en la calidad y cantidad de agua en el sistema.
4. Mantener microclimas locales.
5. Filtrar la atmósfera.
6. Hacer de pantalla sonora.
7. Ser el hábitat de las especies animales.

La flora también tiene un valor por si mismo, intrínseco a ella, el cual será mayor cuando existen en la zona ejemplares de especies raras, endémicas, o de largo periodo de desarrollo o ejemplares singulares, como pueden ser los árboles monumentales. Para estos elementos ambientales el área de estudio va a corresponderse con el espacio exacto que ocuparía el proyecto en evaluación, incluyendo los viales e infraestructuras temporales. Al realizar el inventario de la vegetación y de la flora hay que:

1. Reconocer las distintas formaciones vegetales que aparecen dentro del área de estudio del proyecto a tratar.
2. Inventariar las especies vegetales que existen dentro de cada formación, lo que se denomina composición florística.
3. Establecer valoraciones de la calidad de la vegetación en esa zona, en función de su estado de conservación y las funciones que realiza en el ecosistema.
4. Establecer valoraciones de la calidad de la flora en esa zona, es decir, de la presencia o ausencia de especies con un interés mayor.
5. Realizar cartografía que exprese las distintas unidades de vegetación determinadas en el primer punto.

➤ Formaciones de vegetación

Para determinar la estructura de la vegetación se divide la zona en las unidades ambientales de comportamiento homogéneo. Esta fase se va a realizar con la ayuda de una cartografía temática. Otras herramientas muy aconsejables son las fotografías

aéreas. Esta información es muy útil pero no suficiente, ya que siempre es necesario realizar salidas a la zona para corroborar y completar esos datos.

➤ Composición florística

Con la composición florística de las distintas unidades de vegetación que hay en el territorio la metodología es muy similar. Se consulta el material bibliográfico, como los atlas o catálogos florísticos. También se están creando bases de datos internacionales sobre la biodiversidad muy completas. Otra opción para documentarse sobre la flora de la zona de interés es contar con expertos en la materia que pueden asesorar sobre el tema. En las fichas de campo se debe anotar la estructura de las distintas capas de la vegetación, la cobertura de las mismas, o de algunas especies en concreto, la diversidad de especies existente dentro de cada formación vegetal, la distribución en el espacio de cada especie en concreto, su abundancia, su vitalidad general, si es una especie dominante o acompañante de la formación vegetal, etc.

La abundancia representa el número de individuos pertenecientes a una determinada especie. La abundancia de cada especie vegetal se puede medir o estimar de diferentes maneras. Las variables con las que se expresa la abundancia de una especie que se consideran tradicionalmente son:

1. Densidad: es el número de individuos por unidad de superficie.
2. Biomasa: es la cantidad de materia viva o seca por unidad de superficie.
3. Frecuencia: porcentaje de muestras en las que una especie dada está presente con relación al número total de muestras tomadas.

En el caso de no reconocer alguna especie en el lugar o de que existan dudas, se recolecta y posteriormente se determina con la ayuda de claves dicotómicas y material de disección, para obtener la lista de especies o composición florística.

Con los datos anteriores se podrá denominar a las unidades de vegetación en función de la fitosociología, que es la ciencia que determina a las asociaciones de especies vegetales que aparecen en el planeta, ya que éstas no aparecen al azar, sino que su presencia depende de muchos factores.

Hasta ahora el trabajo realizado ha tenido el objetivo de conocer la vegetación real de la zona, pero ésta puede ser el producto de diversas perturbaciones y por lo tanto no estar en su etapa clímax, es decir en su forma óptima de aprovechar los recursos del medio. La vegetación que aparecería si se diera la etapa clímax es la vegetación potencial, que se define como la que se instalaría de forma estable en una zona tras un tiempo más o

menos prolongado (pueden ser miles de años) en ausencia de cualquier tipo de perturbación. Hay que conocer la vegetación potencial a efectos valorativos, para saber en qué etapa sucesional se encuentran las formaciones vegetales actuales y a dónde llegaría si no se realizara el proyecto previsto. Esta vegetación potencial da idea de lo que la naturaleza produciría si no hubiera actividad humana, lo que puede ayudar a la toma de decisiones.

➤ Valoración

Tras conocer las unidades de vegetación que existen, el área de estudio y la composición florística de cada una de ellas, hay que realizar las valoraciones de la calidad ambiental de este elemento. Primero se valoran las unidades de vegetación como tales, siguiendo criterios como los siguientes:

1. Grado de madurez en relación con su etapa clímax: cuánto más cercana mayor valor.
2. Representatividad: cuánto mejor conservada esté y más representativa sea de una formación vegetal extensa, mayor valor tendrá.
3. Nivel de degradación: si éste es alto, el valor de calidad será bajo.
4. Productividad: si es una zona agraria se puede reflejar como beneficio por hectárea y año (\$/ha/año).
5. Reversibilidad: se refiere a la dificultad que puede tener una formación vegetal degradada a volver de forma natural al estado anterior a la perturbación.

Hay que considerar la presencia de especies endémicas. Cuando se constata la presencia de una especie de este tipo hay que conocer también a qué escala es endémica. Otro factor que se tiene en cuenta es la presencia de especies raras, que son especies poco comunes, pero no están protegidas porque en otras zonas su presencia es más abundante. También hay que considerar el uso que de la vegetación hace la fauna, para refugiarse o alimentarse. Hay casos en los que existe una fuerte dependencia entre animales y plantas. A veces algunas especies de la zona se convierten en importantes porque tienen un valor cultural o económico para algún grupo social (usos folclóricos o medicinales).

➤ Cartografiar las unidades de vegetación

Por último, los resultados obtenidos de las prospecciones de campo y la documentación han de reflejarse en la cartografía. El mapa típico es el que presenta las distintas unidades de vegetación. La cartografía también puede expresar el grado de sensibilidad al proyecto de las unidades ambientales con respecto a otras.

- **La fauna**

La fauna en los estudios de impacto ambiental se refiere a los animales silvestres del espacio donde se va a trabajar. La fauna depende para su presencia en el medio, de las características de algunos de estos elementos, como son: La cubierta vegetal, la topografía, el clima, el agua, la presencia de otros animales. Dada esta dependencia, es normal que muchas especies animales se vean amenazadas directa o indirectamente por las acciones del hombre en el medio.

En el caso de infraestructuras lineales, es decir, carreteras, canales, vías férreas, tendidos eléctricos, gaseoductos, oleoductos, etc., se crean, con los tres primeros, el famoso efecto barrera que fragmenta las poblaciones, así como atropellos en carreteras y vías férreas. En el caso de los tendidos, se da una alta tasa de mortalidad para las aves, por colisión. Para las carreteras también está el impacto indirecto de la mayor presencia de público en zonas que antes eran menos accesibles, lo que puede crear furtivismo, destrucción directa de zonas sensibles como pueden ser las áreas de cría, comederos, etc.

En estos estudios del medio se deberían incluir todos los grupos faunísticos, pero la realidad es que por problemas técnicos, económicos y sobre todo temporales, esto no ocurre. Se suelen limitar los inventarios a los vertebrados. Esto es así porque existe una gran complejidad taxonómica para determinar a toda la fauna de una zona. Siempre hay muchos más invertebrados que vertebrados, pero de aquéllos se sabe muy poco. Además muchos de los taxones de los invertebrados no se ven a simple vista. Los motivos de trabajar con los vertebrados se deben al extenso conocimiento que se tiene de los mismos y sus costumbres, comportamiento, pautas de distribución temporal y espacial.

El área de estudio en los inventarios de fauna debe abarcar más espacio que el que ocuparía el proyecto. Esto es debido a la capacidad de movimiento que tienen los animales, pero la elección de los límites es complicado, ya que cada animal tiene, por decirlo así, un dominio vital en el que pueda cubrir sus requerimientos biológicos (alimento, refugio, reproducción...). Algunos ocupan espacios muy grandes, a escala paisajística incluso, que son a veces mucho más extensos que la zona física donde se implantaría la actividad en estudio. El inventario ambiental de fauna implica llevar a cabo varios pasos:

1. Realizar una descripción de los hábitats presentes en el ámbito de estudio.
2. Hacer un listado de las especies presentes en cada hábitat de la zona, dándole importancia a las endémicas, raras o amenazadas e indicando su distribución espacial,

abundancia y relaciones tróficas, así como identificando su dominio vital, localizando los espacios especialmente sensibles para ellas, como pueden ser las áreas de nidificación, campeo o invernada (lo que se debe cartografiar).

3. Valorar la calidad de la fauna en cada hábitat de ese lugar.

4. Cartografiar los resultados.

Una serie de problemas muy recurrentes que suelen aparecer son:

1. La estacionalidad: La fauna de una zona cambia a lo largo del año, por lo que muchos animales no se pueden encontrar en el periodo de, más o menos, un mes en el que se suele realizar el inventario de fauna. En muchas ocasiones, al tener una fecha de entrega nada relacionada con los ciclos vitales de la naturaleza, las épocas en las que se realizan los estudios de impacto ambiental no coinciden con los momentos en los que están la mayoría de las especies de las comunidades faunísticas visibles, esto es en primavera, cuando la mayor parte de la fauna se encuentra en su fase reproductiva, época en la que las especies animales están más sensibles a las alteraciones por transformación de su hábitat, molestias, ruidos, etc.

2. Complejidad en los muestreos: Al ser móvil, la fauna es muy complicada de muestrear, y si se tiene en cuenta que para cada especie emblemática se requiere un muestreo particular, la cosa se complica más. Cada grupo faunístico necesita un tipo de muestreo distinto al de los demás. Hay que tener en cuenta que hay especies diurnas, pero también las hay nocturnas, por lo que los diseños de muestreos tienen que contar con este factor.

➤ Descripción de los hábitats presentes en el área de estudio

Para realizar el inventario ambiental de la fauna se empieza recopilando información, entre la que se incluye cartografía topográfica y fotografías aéreas. En estas últimas se puede ver fácilmente la fisonomía de la zona y una primera aproximación de los hábitats que se encontrarán en la zona de trabajo. Ejemplos de ello pueden ser: la alta montaña, el bosque mediterráneo, las estepas cerealistas, los cortados rocosos, los ríos y riberas, las zonas húmedas, las costas, las islas, etc.

➤ Catálogo faunístico

Una vez que se conocen los hábitats que existen en la zona de estudio ha de elaborarse un catálogo faunístico de las especies presentes en ella y colocar a cada una en su hábitat correspondiente, donde ejerce su función. Se deben extraer las necesidades biológicas de las especies más importantes, así como aspectos fenológicos y las singularidades faunísticas. Para que el catálogo faunístico sea riguroso, se requiere

hacer unas visitas a la zona de estudio donde se harán una serie de muestreos para localizar poblaciones faunísticas concretas que tengan un particular interés: científico, cinegético, como indicadores ambientales, etc. Dentro de cada hábitat los animales van a ocupar unos territorios, que variarán en función de su movilidad, sexo, estatus, densidad de población y existencia de recursos. Además, las poblaciones animales tienen unos ritmos que hay que tener en cuenta. Asimismo, es conveniente conocer las interacciones sociales que tienen los animales de varias especies entre sí, en el mismo espacio. La determinación de la presencia de los animales se hace por medio de la percepción directa de los mismos (verlos u oírlos) o indirecta (excrementos, huellas, comederos, etc.).

Los estudios de impacto ambiental, en función de estas variables, van a abarcar un mayor o menor nivel de detalle en su elaboración:

1. Lo mínimo que se debe hacer en estos estudios es la extracción de las especies que son emblemáticas en la zona por su endemidad, rareza, protección en alguna ley, etc.
2. En un nivel mayor de detalle han de describirse también las distintas comunidades faunísticas que hay en el territorio, es decir, relacionar las especies con sus hábitats.
3. La forma idónea de realizar un inventario ambiental de fauna consiste en localizar, en primer término, los territorios de las especies más significativas y, en segundo, los espacios especialmente sensibles a la transformación por parte del proyecto, donde las especies relevantes cubren una parte importante de su ciclo vital. Localizar estos territorios no suele ser fácil, salvo que existan barreras físicas, como formaciones acuáticas, cambios de biotopo, montañas, barreras humanas, etc.

➤ Valoraciones

Para valorar la calidad de la fauna se usan los bioindicadores faunísticos para conocer el estado de un hábitat. En primer lugar se valoran los biotopos o hábitats que aparecen dentro del área de estudio. Para ello se pueden usar los criterios siguientes:

1. Grado de degradación.
2. Presencia de especies significativas.
3. Potencialidad de ser usado por especies significativas.
4. Diversidad de especies animales.
5. Tamaño del territorio (a mayor tamaño de los hábitats susceptibles de ser ocupados por la fauna, mayor valor).

6. Rareza.

7. Representatividad.

8. Fragilidad: grado de sensibilidad de los hábitats, comunidades y especies ante cambios medioambientales.

9. Importancia para la vida silvestre.

En lo relativo a la valoración de las especies de forma individual se usan los criterios de:

1. Endemicidad.

2. Rareza.

3. Grado de amenaza.

4. Importancia para algún grupo social.

Al final hay que dar un valor a la calidad de la fauna de la zona, que será alta, media o baja.

➤ Cartografía de los resultados

Una vez realizadas las valoraciones han de confeccionarse las representaciones cartográficas de las distintas unidades faunísticas.

- **El paisaje**

El paisaje está considerado como la expresión perceptual de medio físico, lo que implica que es detectado por todos los sentidos. Esto implica que su tratamiento debe contar con la forma de apreciarse con la vista, el olfato y el oído, especialmente. El sentido que más destaca siempre va a ser la vista, pero no hay que despreciar la posibilidad de oler las fragancias de las especies vegetales aromáticas o de la humedad del agua en un prado, oír el rumor de los árboles al moverse con el viento o los cantos de los pájaros. Estos factores son importantes, porque un paisaje bello visualmente, pero que huele desagradablemente y en el que suena de forma continua el traqueteo de una maquinaria pesada, pierde mucho valor estético. También el tacto se vuelve importante cuando pasear por la zona de estudio implica pincharse. El gusto entra en juego cuando existe, por ejemplo, la posibilidad de acceder a frutos silvestres.

Para hacer un buen inventario del paisaje lo primero que hay que conocer es el proyecto, es decir, hay que empezar con la focalización. Es necesario saber cómo se van a disponer las infraestructuras, principales y auxiliares, en el espacio, su volumen, forma,

altura, color, los materiales que se van a usar, cómo va a funcionar, los residuos que van a producir, el ruido que va a generar, si se va a emitir polvo o no, etc., y así conocer cómo es el medio “sin” y “con” el proyecto. Teniendo esta información hay que hacerse con una serie de herramientas para la elaboración de este apartado. Éstas van a ser:

1. Planos topográficos a escala 1:50 000 o 1:25 000 y 1:10 000 o 1:5 000.
2. Planos de la actividad proyectada, a escalas lo más detalladas posible o que se puedan superponer con los anteriores.
3. Fotografías aéreas en color, del vuelo más actual posible.

➤ Área de estudio. Cuenca Visual: descripción y cartografía

Lo primero que hay que hacer al inventariar el paisaje es delimitar la cuenca visual, que es el conjunto de puntos desde donde se puede ver la actividad planteada, parcial o totalmente. Hay varias formas de obtener la cuenca visual: por observación directa en el terreno con la ayuda de la cartografía, mediante la medición en mapas topográficos o con programas informáticos. Las fotografías aéreas son de gran ayuda porque con ellas se puede destacar dónde hay zonas boscosas que hagan de barrera visual, cosa que no se puede saber sólo con la cartografía topográfica. Además, se puede ir viendo dónde existen zonas ciegas. Una vez que se ha delimitado correctamente la cuenca visual, con sus zonas ciegas incluidas, ha de representarse cartográficamente y describirse en el documento.

En un terreno llano la distancia máxima que se acepta para considerar el límite de la cuenca visual se aproxima a los 1 200 m. Para una zona montañosa no se suelen superar más de 2 o 3 km de radio para determinar la cuenca visual. Si la actividad se ha planificado en un lugar que se encuentra en una depresión, por debajo del nivel de un llano, ésta será muy reducida.

➤ Unidades de paisaje: descripción y cartografía

En la mayoría de los estudios de impacto ambiental, después de determinar el área de estudio, ésta se divide en unidades de paisaje internamente homogéneas. Éstos son:

1. El relieve y el suelo: la forma del terreno (montañas, colinas, valles, llanuras), su naturaleza (suelo desnudo, afloramientos rocosos) y su disposición.
2. El agua: las formas de las masas o puntos de agua (fuente, arroyo, río, laguna, embalse, mar, hielo, nieve, vapor, etc.), su movimiento o quietud, y su situación.

3. La vegetación y la fauna: la fauna es poco visible. De la vegetación se observa su fisonomía, color, contraste, forma, frondosidad, estructura en estratos y su localización en la zona.

4. Las actuaciones humanas: pueden ser los usos tradicionales del terreno (cultivos forestales, herbáceos, huertas...), las construcciones existentes de forma puntual (puentes, edificios, presas, recintos de piedra para el ganado, etc.), lineal (carreteras, caminos, líneas férreas, tendidos eléctricos, etc.) o abarcando grandes superficies (núcleos urbanos, polígonos industriales, etc.).

➤ Valoración

Al entrar a valorar la cuenca visual en su totalidad o cada una de las unidades ambientales que la componen (según sea el caso), se examinan dos características de las mismas:

1. Calidad intrínseca: La calidad intrínseca del paisaje será el conjunto de cualidades o méritos de un paisaje para ser conservado. Básicamente se trata de describir los valores positivos y negativos que tiene un paisaje. Dentro de los positivos *está el agua limpia, el aire limpio, la posibilidad de escuchar sonidos naturales como el canto de las aves o el ruido que hace la hojarasca al pisarse, la posibilidad de oler fragancias de plantas, la posibilidad de ver fauna silvestre, la vegetación frondosa, el cambio de coloración estacional y la alta diversidad florística*. Para los negativos, *las aguas estancadas y pútridas, los ruidos de coches, los desperdicios esparcidos por la zona y las infraestructuras discordantes con el entorno*.

2. Fragilidad del paisaje o de la unidad paisajística: La fragilidad visual es el grado de deterioro de la calidad que experimenta un paisaje por la introducción en él de una determinada actividad; así, paisajes con baja fragilidad son capaces de permitir el desarrollo de una actividad sin que se modifiquen sus valores iniciales de calidad. La fragilidad está en función del tipo de proyecto, mientras que la calidad del paisaje es independiente de él. Sin embargo, la fragilidad visual es un parámetro que se puede medir y cuantificar con mayor objetividad que la calidad.

➤ Resultados calidad-fragilidad

Una vez que ya se han obtenido los valores de calidad y de fragilidad de los distintos puntos del territorio, han de integrarse para dar la valoración global y obtener las áreas más y menos sensibles a la instalación del proyecto. Así, las unidades ambientales con mayor calidad y mayor fragilidad deben ser conservadas, mientras que las que presentan la situación contraria, baja calidad y baja fragilidad, son las mejores candidatas para acoger la instalación del proyecto propuesto.

- **El medio socio-económico**

El estudio del medio socio-económico es absolutamente necesario ya que la población es la que va a beneficiarse y/o sufrir los cambios de la actividad que se haya proyectado. Ya que es en definitiva el receptor último de los efectos que cause un proyecto. Al tratar el medio socio-económico en este tipo de estudios hay que observar varios puntos para abarcar la compleja trama económica, social y cultural, que se produce en una zona y que junto con el medio físico y biológico, forman un todo que es imprescindible conocer para tomar decisiones acertadas y sostenibles. Tradicionalmente en los inventarios del medio socio-económico se han tratado cinco puntos básicos:

1. El sistema territorial: La distribución y extensión de los núcleos de población afectados, usos del suelo, la red viaria.
2. La población de esos núcleos, es decir, la demografía de los mismos: La evolución, los movimientos, el nivel de instrucción, la población activa.
3. El sistema económico: Sector primario (agricultura, ganadería, silvicultura, caza, pesca, minería), sector secundario (industria, construcción, producción energética), sector terciario (servicios, comercio, transporte, hostelería, administración).
4. Sistema socio-cultural: patrimonio histórico-artístico y caracteres culturales.
5. Planeamiento urbanístico.

Son muchos los parámetros que se pueden extraer de cada uno de estos apartados, pero hay que saber discriminar y enfocar la información que se va a plasmar en el documento y analizar cómo afectaría la actividad a los distintos grupos sociales y aportar ideas para las medidas minimizadoras de impactos. Como en el resto de inventarios temáticos, hay que determinar la extensión del área de estudio, y en este caso se suelen seleccionar los municipios donde se quiere instalar el proyecto y, en ocasiones, los colindantes, si se les va a causar algún efecto al incorporar esa actividad. Si pertenecen al área de estudio cualquier otra zona lejana o grupo social que esté afectado por la realización de la actuación en sus características socioeconómicas, y si no se puede resolver su problema, compensarles con alguna medida minimizadora de impactos.

- Sistema territorial

Se confecciona la cartografía describiendo la distribución de los usos del suelo y cuál sería el efecto del proyecto sobre los mismos. Dentro de los comentarios correspondientes han de explicarse las tendencias de cambio, como el de usos agrarios

que se están urbanizando poco a poco. Se ha de conocer cómo se distribuyen los núcleos urbanos, es decir si están muy dispersos unos de otros, ó están agrupados.

Lo mismo ocurre al conocer el tamaño y la densidad de los mismos, ¿variará la proporción de esos parámetros entre las distintas poblaciones al introducir la actividad proyectada? Por lo tanto, lo más relevante es detectar si cambiarán las jerarquías, la importancia de un municipio sobre otro y si se producirán desplazamientos de la población.

Dentro del sistema territorial se analiza la red viaria (autovías, carreteras comarcales, vías férreas, cañadas, pistas forestales, etc.), el número de ellas, la frecuencia de uso que tienen, su distribución en el espacio, cómo afectaría la actuación a su uso y si existen zonas mal comunicadas.

➤ Análisis demográfico

Hay que reconocer las características de esa población y su evolución, es decir, porcentaje de sexos por edad, natalidad y mortalidad, los movimientos que se producen, el nivel de paro que existe, si la población trabaja en el municipio y el grado de instrucción que tiene. Es interesante saber si las gentes de esa zona pueden o no cubrir los puestos de empleo que se crearán con la actividad proyectada. Es necesario en este apartado, por tanto, conocer a los distintos grupos de interés que afectan al medio y son afectados por el proyecto, y analizar los motivos, causas y funcionamiento de esas relaciones para poder tratarlas de la mejor forma posible.

➤ Economía

Para todas las actividades que conforman estos sectores han de estudiarse el número y extensión de ellas, el tipo, la evolución que han sufrido, las condiciones de mercado, la producción obtenida ponderada, las rentas que generan, la población activa que se dedica a las mismas, etc. El que más relevancia tiene para los estudios de impacto ambiental es el sector primario, ya que el uso de los recursos naturales es el apartado más importante que hay que tratar dentro de este inventario temático, describe la relación que existe en la actualidad entre el ser humano y el medio natural. Pero también hay que prestar atención al sector de la construcción y al sector servicios.

➤ Sistema socio-cultural

Dentro del patrimonio cultural que tiene la zona es necesario conocer tanto los monumentos, vías pecuarias, restos arqueológicos, como los comportamientos típicos no escritos de una zona, sin los cuales la realización del proyecto, las medidas minimizadoras o el programa de vigilancia ambiental en ocasiones no funcionarían. Son

las creencias, valores, normas o signos culturales y tradiciones que identifican a una población, es decir, todos sus rasgos culturales, que hay que conservar de igual manera que su patrimonio histórico-artístico.

➤ Planteamiento

El último punto a tratar en el apartado del medio socio-económico es el conocimiento de los planes, políticas y programas que se hayan declarado o aprobado y que afecten a la zona de estudio. Siempre hay que conocer cómo está considerada la zona en la que está proyectada la realización de las distintas alternativas del proyecto en el planeamiento urbanístico (zona urbana, urbanizable, no urbanizable, etc.), y si esa actividad está dentro de las opciones que se pueden realizar allí o si por el contrario estaría en contra del planeamiento. En el caso de que la actividad se quisiese realizar dentro de un Espacio Natural Protegido, existen también planes de gestión de los recursos que restringen las actividades humanas que se pueden realizar dentro de ellos.

❖ Árbol de factores ambientales

Una vez que se ha descrito el medio biofísico y se han reconocido los elementos y factores con alto valor ambiental, y de entre éstos se han diferenciado los que pueden ser afectados por la actividad proyectada, es el momento de enumerarlos y plasmarlos de forma sintética en una tabla o una gráfica. Esta representación es el llamado árbol de factores ambientales.

Estos factores ambientales se encuentran repartidos en distintos niveles, que al esquematizar, dan lugar a representaciones tipo árbol. Recordando que se denominan factores a aquellas características, procesos o componentes que definen el ambiente y que son medibles, es decir, por ejemplo hay elementos ambientales, como el suelo, que no son medibles, pero sin embargo, cantidad de suelo fértil, sí lo es, y por tanto es un factor. Dependiendo de su valor numérico (en metros cuadrados o hectáreas) su valor de calidad ambiental será mayor o menor, y la afección que el proyecto cause sobre él también variará (no es lo mismo ocupar media hectárea que diez hectáreas, en el segundo caso el efecto ambiental sería mucho mayor que en el primero).

Pero además de ser medibles deben cumplir más características para su selección. Sólo interesa considerar a los factores relevantes, aquéllos que tienen valor y que les podría afectar el proyecto si se realizara.

Es recomendable que sean también fáciles de localizar, describir y comprobar, es decir, deben ser fáciles de determinar. Como ejemplo se puede decir que no es fácil medir las filtraciones de aceite e hidrocarburos a los acuíferos, mientras que fijarse en el tamaño

de las manchas de los mismos bajo la maquinaria, es más sencillo y es un indicador del caso anterior.

La cuarta característica a la que se deben ajustar los factores es la de ser independientes. Cada factor elegido debe describir una única cualidad, componente o proceso del medio, sin solaparse con otro, para que en la identificación y valoración de impactos no se repitan resultados. Este es un error muy común con algunos factores que incluyen a otros, como por ejemplo calidad de la fauna y especies endémicas.

La forma de confeccionar los árboles de factores empieza por reconocer los distintos niveles en los que se divide el ambiente, y siguiendo la nomenclatura empleada en el Apartado “Elementos del medio”:

1. En primer lugar están los sistemas, representados por:

Sistema biofísico.

Sistema socio-económico-cultural.

2. En un segundo nivel aparecen los medios:

(Sistema biofísico): Medio físico, medio biótico, medio perceptual.

(Sistema socio-económico-cultural): Medio socio-cultural, medio económico, medio territorial, medio demográfico, planeamiento.

3. En tercera posición aparecen los elementos ambientales.

4. Por último los elementos se pueden subdividir en los factores ambientales susceptibles de recibir impactos, los que interesan en realidad.

El árbol queda de la forma que aparece en la siguiente tabla. Esta división es una de tantas que se pueden encontrar en los estudios de impacto ambiental, pero existen multitud de variantes a la misma, que hay que adaptar al medio y al proyecto.

Tabla B. 2. *Árbol de factores genérico para un estudio de impacto ambiental. Los Factores incluidos dentro de cada elemento pueden ser tantos como sea necesario, eso se expresa de la forma siguiente: factores desde i = 1 hasta n.*

Sistema	Medio	Elemento	Factor	
Biofísico	Físico	Aire	1 ... n	
		Tierra-Suelo	1 ... n	
		Agua	1 ... n	
		Procesos del medio físico	1 ... n	
	Biótico	Flora	1 ... n	
		Vegetación	1 ... n	
		Fauna	1 ... n	
		Procesos del medio biótico	1 ... n	
	Perceptual	Paisaje	1 ... n	
	Socio-económico-cultural	Territorial	Núcleos de población	1 ... n
			Red viaria	1 ... n
			Usos del suelo	1 ... n
		Demográfico	Evolución	1 ... n
Movimientos			1 ... n	
Población activa			1 ... n	
Económico		Sector primario	1 ... n	
		Sector secundario	1 ... n	
		Sector terciario	1 ... n	
Socio-cultural		Patrimonio histórico-artístico	1 ... n	
		Rasgos culturales de la población	1 ... n	
Planeamiento		Desarrollo urbanístico y territorial	1 ... n	

Para poder realizar estos árboles de factores se utilizan distintas metodologías, como la Matriz de Leopold, consultas a expertos, obtener ejemplos de actividades similares y/o usar diagramas de redes que comparan cada acción del proyecto con los factores del medio. Con toda la información anterior se crea el árbol de factores adaptado al proyecto concreto en el que se esté trabajando.

A continuación se presenta un ejemplo de un árbol de factores.

Tabla B. 3. Árbol de factores para un vertedero-incineradora de residuos sólidos urbanos en una zona.

Sistema	Medio	Elemento	Factor
Biofísico	Físico	Aire	Calidad del aire
		Tierra-suelo	Cambios en el relieve
			Capacidad agrológica del suelo
			Contaminación por residuos
		Agua	Calidad aguas superficiales
	Calidad aguas subterráneas		
	Procesos del medio físico	Drenaje subterráneo (cantidad)	
	Biótico	Fauna	Hábitats de fauna
			Fauna protegida
	Perceptual	Paisaje	Calidad de las vistas
Calidad de los olores			
Socio-económico-cultural	Territorial	Núcleos de población	Red de saneamiento municipal (km)
		Red viaria	Tráfico pesado-lento (número de vehículos)
		Usos del suelo	Uso agrícola
	Demográfico	Evolución	Salud y seguridad de la población
		Población activa	Empleo fijo
	Socio-cultural	Patrimonio	Recursos didácticos

(Garmendia, Salvador, Crespo, & Garmendia, 2005), Capítulo 5.

2.3 Valoración de los elementos ambientales

❖ Ponderación de Factores Ambientales

Para cuantificar el impacto total y el impacto final de un proyecto o de una determinada alternativa es preciso haberles asignado unos pesos o ponderaciones a los factores ambientales. La forma de hacerlo es distribuyendo los elementos en unidades de importancia. De igual manera se pueden distribuir porcentajes o asignar pesos con la condición de que la suma de todos ellos sea uno.

Cada elemento o factor ambiental es sólo una parte del medio ambiente, por lo que es importante disponer de un método que permita contemplar todo el medio ambiente en su conjunto conociendo qué elementos se consideran más o menos importantes. Para ello se debe asignar a cada factor un peso, ponderación o índice de importancia distribuyendo una determinada cantidad: 1 000 Unidades de Importancia (UI), 100 % ó 1, que indica la importancia total del medio ambiente, entre todos los elementos y factores.

La metodología usualmente usada se basa en métodos de consulta a expertos, como el Método Delphi, que se estudia en el siguiente apartado. Pero antes se va a analizar la forma de interpretar dichas ponderaciones.

El entorno esta constituido por sistemas, que se pueden clasificar de distintas maneras, por ejemplo en: a) Físico y b) Socio-económico y cultural, o por ejemplo en: a) Inerte, b) Biótico, c) Perceptual y d) Socio-económico, o el utilizado en el Método Battelle-Columbus: a) Ecología, b) Contaminación ambiental, c) Aspectos estéticos, d) Aspectos de interés humano, o el usado por el Método Galletta: a) Sistema físico, b) Sistema demográfico, c) Sistema económico, d) Sistema territorial, y e) Sistema cultural. En el Capítulo 4: "Inventario Ambiental" se propone otro modelo de clasificación (página anterior).

Cada sistema puede dividirse en medios o subsistemas. Así, en el primer ejemplo, el sistema físico se puede dividir en: medio inerte, medio biótico y medio perceptual por una parte, mientras que el sistema socio-económico y cultural puede dividirse en medio socio-cultural y medio económico, o bien en medio rural, medio de los núcleos habitados, medio socio-cultural y medio económico.

Cada uno de esos medios o subsistemas tiene una serie de elementos ambientales, cualidades o procesos del entorno que pueden ser susceptibles de medir en ellos su calidad ambiental o de ser afectados por las acciones del proyecto y recibir impactos.

A modo de ejemplo, en las siguientes tres tablas se asignan pesos a los sistemas, medios y elementos ambientales de varias formas distintas, unas veces distribuyendo mil

unidades de importancia, otras asignando porcentajes y otras repartiendo valores cuya suma total es uno.

Tabla B. 4. Ejemplo de ponderación de elementos ambientales repartiendo 1 000 unidades de importancia.

Sistema	Medio	Elemento ambiental	Peso
Físico 500 UI	Medio inerte: 200 UI	Aire: Tierra y suelo: Agua:	50 UI 50 UI 100 UI
	Medio biótico: 200 UI	Flora: Fauna:	100 UI 100 UI
	Medio perceptual: 100 UI	Unidades de paisaje:	100 UI
Socio económico y cultural 500 UI	Medio socio-cultural: 300 UI	Usos del suelo: Aspectos culturales: Infraestructuras: Aspectos humanos: Aspectos estéticos:	100 UI 50 UI 50 UI 50 UI 50 UI
	Medio económico: 200 UI	Economía: Población:	100 UI 100 UI
Total: 1 000 UI	1 000 UI		1 000 UI

Tabla B. 5. Ejemplo de ponderación de elementos ambientales asignando porcentajes (Empleando el método Galleta).

Sistema	Porcentaje	Elementos ambientales	Pesos	%
SISTEMA FÍSICO	50	Ruido	6	3
		Geología y movimientos de tierra	11	5,5
		Aguas superficiales	9	4,5
		Suelos fértiles	4	2
		Vegetación terrestre	12	6
		Vegetación acuática	12	6
		Fauna terrestre	12	6
		Fauna acuática	12	6
		Paisaje	14	7
		Espacios naturales	8	4
SISTEMA DEMOGRÁFICO	10	Cambios demográficos	50	5
		Cambios condiciones de circulación	10	1
		Afección a edificios	20	2
		Salud humana	20	2
SISTEMA ECONÓMICO	20	Disminución suelos productivos	16,3	3,26
		Efecto barrera	8,1	1,62
		Transporte de materias primas	30	6
		Cambios de valor y producción en terrenos	8,1	1,62
		Cambios de redes comercialización	30	6
		Necesidad de nuevas dotaciones y servicios	7,5	1,5
SISTEMA TERRITORIAL	15	Cambios comunicación entre núcleos	25	3,75
		Cambios de red de carreteras	25	3,75
		Afección a infraestructuras hidráulicas	12,5	1,875
		Afección a redes distribución de energía	7,5	1,125
		Cortes caminos y vías pecuarias	15	2,25
		Aparición nuevos establecimientos	15	2,25
SISTEMA CULTURAL	5	Cambios de modo de vida tradicional	40	2
		Afección al Patrimonio Artístico	20	1
		Afección áreas recreativas tradicionales	40	2
SUMA	100		500	100%

Nota: Para obtener el peso en porcentaje de un elemento ambiental, por ejemplo del ruido, es preciso multiplicar el peso asignado a su sistema, el físico: 50, con el asignado a dicho elemento, 6, con lo que se obtiene 300, que se divide por 100. Su porcentaje es, por tanto, un 3%.

Tabla B. 6. Ponderación de elementos ambientales distribuyendo pesos cuya suma es 1.

Sistema	Medio	Elemento ambiental	Peso
Inerte: 0,58	Medio inerte: 0,3	Aire:	0,06
		Clima:	0,06
		Agua:	0,06
		Tierra y suelo:	0,06
		Procesos:	0,06
	Medio biótico: 0,18	Vegetación:	0,06
		Fauna:	0,06
		Procesos:	0,06
	Medio perceptual: 0,1	Valor testimonial:	0,02
Paisaje intrínseco:		0,02	
Intervisibilidad:		0,02	
Componentes singulares:		0,02	
Recursos científico-culturales:		0,02	
Socio-económico y cultural: 0,42	Medio rural: 0,1	Recreativo:	0,02
		Productivo:	0,02
		Conservación de la naturaleza:	0,02
		Viarío rural:	0,02
		Procesos:	0,02
	Medio de núcleos habitados: 0,1	Estructura de los núcleos:	0,03
		Estructura urbana y equipamientos:	0,03
		Infraestructuras y servicios:	0,04
	Medio sociocultural: 0,12	Aspectos culturales:	0,03
		Servicios colectivos:	0,03
		Aspectos humanos:	0,03
		Patrimonio histórico y artístico:	0,03
	Medio económico: 0,1	Economía:	0,05
Población:		0,05	
Total: 1	1		1

❖ Método Delphi

Es un método de consulta de expertos. Existen técnicas de consultas a expertos más o menos estructuradas que se han utilizado en numerosos procesos de tomas de decisiones, como para asignar pesos a factores y elementos ambientales, para desarrollar indicadores de calidad ambiental y en otras tomas de decisiones. Es, por tanto, un método general que es conveniente utilizar cuando la información científica de la que se dispone no es suficiente, bien porque se pretenda implantar una nueva tecnología para la que no existan datos históricos, bien porque con los datos objetivos con los que se cuenta no se tenga un conocimiento suficiente.

La consulta a expertos tiene la ventaja de la tranquilidad que produce tener una información más contrastada que si únicamente se consultara a una persona, y siempre es más difícil que un grupo pueda olvidar algo que pudiera ser importante. Los inconvenientes que tiene pueden ser disminuidos aplicando el método convenientemente. Por ejemplo, si entre los expertos existe una persona de más prestigio, posición o personalidad o que, por la razón que sea, pudiera ejercer presión sobre el resto, las ventajas del método desaparecerían. Por ello se deben hacer las consultas manteniendo el anonimato y no permitiendo que alguien con mejores dotes de comunicador pueda convencer al resto.

Se considera en primer lugar al equipo técnico (que puede estar formado exclusivamente por un moderador o por varias personas). Éste elige al grupo de expertos de forma que haya participantes de distintas procedencias y con diferentes intereses. Confecciona un primer cuestionario que es sometido a los expertos para que respondan. El equipo técnico analiza las respuestas, las valora y confecciona un segundo cuestionario. La valoración de las respuestas y el segundo cuestionario son enviados de nuevo al grupo de expertos para que emita una nueva opinión. En esta segunda ronda se permite variar de opinión. El proceso se repite hasta alcanzar el consenso deseado

Para comprender mejor el Método Delphi, y otros métodos similares de consulta a expertos, se va a explicar en primer lugar el ejemplo histórico de su utilización para calcular un índice de calidad del agua, y a continuación, la ponderación de factores ambientales del Método Battelle. Luego se explicarán otros métodos similares.

- Ejemplo histórico de aplicación del Método Delphi

El *Índice de Calidad del Agua WQI* (Water Quality Index) fue desarrollado en 1970 por la Fundación de Sanidad Nacional NSF (National Sanitation Foundation) de los Estados Unidos de América del Norte, mediante la aplicación del Método Delphi.

Se utilizó un panel de 142 expertos, formado por personas de todos los Estados Unidos con experiencia en diversos aspectos de la gestión de la calidad del agua como inspectores, gerentes de instalaciones públicas, ingenieros y académicos. Se enviaron por correo tres cuestionarios a las personas del panel.

En el cuestionario primero se les pedía que consideraran 35 variables para su posible inclusión en un índice de calidad del agua: oxígeno disuelto, coliformes fecales, pH, demanda biológica de oxígeno, herbicidas, temperatura, pesticidas, fosfatos, nitratos, radioactividad, fenoles, amoníaco, sólidos, aceites y grasas, turbidez, cloruros, manganeso, fluoruros, cobre, sulfato, calcio, dureza... entre otras. A esta lista podían incluir cualquier otra variable que pensarán que era necesaria, y se les pedía que

catalogaran a las variables de la lista como: “no incluir”, “sin decisión” e “incluir”. También se pedía que aquellas variables catalogadas como que se incluirían, se calificaran con una puntuación entre 1 y 5, según se consideraran de mayor o menor importancia relativa.

Cuando las personas del panel devolvieron el primer cuestionario, se tabularon los resultados y se volvieron a enviar junto con el segundo cuestionario.

En el cuestionario segundo se pidió a cada persona que revisara sus puntuaciones y modificara, si quería, su respuesta, a la vista de los resultados, comparándolos con los del resto del grupo. Con las respuestas de este segundo cuestionario se identificaron las variables de mayor importancia a las que se asignó un peso, que es el que puede verse en la siguiente tabla, en donde se observa una clara tendencia a valorar positivamente la salud pública.

Tabla B. 7. Método Delphi utilizado en el índice de la calidad del agua.

Variable	Peso
Oxígeno disuelto	17
Coliformes fecales	15
PH	12
Demanda biológica de oxígeno a los 5 días	10
Nitratos	10
Fosfatos	10
Variación térmica	10
Turbidez	8
Sólidos totales	8
Total	100

- Sistema de Evaluación Ambiental de Battelle

Para resolver un problema de ponderación de la importancia de elementos o factores ambientales en los proyectos de recursos hidráulicos, la Oficina de Expropiaciones de los Estados Unidos de América del Norte desarrolló una metodología, con el equipo técnico que trabajaba en el Método Battelle-Columbus, basada en técnicas de ordenación psico-sociales y en la aplicación de un Método Delphi modificado. En primer lugar se confeccionó una lista de factores ambientales, que se ordenó o jerarquizó de acuerdo a unos criterios preseleccionados. Los factores ambientales se agruparon, en primer lugar, en cuatro categorías: ecología, contaminación ambiental, aspectos estéticos y aspectos de interés humano. Cada una de estas categorías se subdividió en componentes cualitativos, teniendo un total de 18 componentes:

— Ecología:

1. Especies y poblaciones.
2. Hábitats y comunidades.
3. Ecosistemas.

— Contaminación ambiental:

4. Contaminación del agua.
5. Contaminación atmosférica.
6. Contaminación del suelo.
7. Contaminación por ruido.

— Aspectos estéticos:

8. Suelo.
9. Aire.
10. Agua.
11. Biota.
12. Objetos artesanales.
13. Composición.

— Aspectos de interés humano:

14. Valores educacionales y científicos.
15. Valores históricos.
16. Culturas.
17. Sensaciones.
18. Estilos de vida.

Entre estos componentes se distribuyeron 78 parámetros o factores ambientales.

Para proceder se siguieron las siguientes pautas:

1. Se ponderó cada categoría distribuyendo mil unidades entre ellas.
2. Se repitió el proceso para los componentes de cada categoría.
3. Se repitió el proceso para los factores de cada componente.
4. Se indicó al equipo de expertos los resultados del proceso de ponderación.
5. Se repitió el experimento con el mismo grupo de expertos para mejorar la fiabilidad de los resultados.

De esta manera se asignaron mil unidades de importancia entre las cuatro categorías: ecología (240), contaminación ambiental (402), estética (153) e interés humano (205). Estos pesos se distribuyeron a su vez entre los 18 componentes, y finalmente entre los 78 factores. En lugar de usar los primeros pesos obtenidos se prefirió repetir varias veces el proceso usando la misma técnica y utilizar el peso agregado logrado con esos resultados. La información puede incluir la media y la varianza cuando se consideró pertinente, y en todos los casos se informó al equipo de expertos de los valores. En todas las informaciones se utilizaron enunciados formalizados con el fin de evitar juicios de valor entre las personas que formaban el grupo de expertos.

Los pesos que se obtuvieron pueden verse en la siguiente tabla, donde puede comprobarse la manera de repartirse. Por ejemplo, la categoría “Ecología” tiene asignados 240 unidades de importancia, que se reparten entre sus componentes: 140 para “Especies y poblaciones” y 100 para “Hábitats y comunidades”. Las unidades de importancia de los factores ambientales de “Especies y poblaciones” son: $(14+14+14+14+14) + (14+14+14+14+14) = 140$ UI, y así en todos los casos.

Tabla B. 8. Sistema de ponderación de factores por el método Batelle. Repartición de 1 000 unidades de importancia.

Ecología (240)	Contaminación ambiental (402)	Aspectos estéticos (153)	Aspectos de interés humano (205)
Especies y poblaciones (140) <i>Terrestres</i> (14) Pastizales y praderas (14) Cosechas (14) Vegetación natural (14) Especies dañinas (14) Aves de caza continentales <i>Acuáticas</i> (14) Pesquerías comerciales (14) Vegetación natural (14) Especies dañinas (14) Pesca deportiva (14) Aves acuáticas Hábitat y comunidades (100) <i>Terrestres</i> (12) Cadenas alimentarias (12) Uso del suelo (12) Especies raras y en peligro <i>Acuáticas</i> (14) Diversidad de especies acuáticas (12) Cadenas alimentarias (12) Especies raras y en peligro (12) Características fluviales (14) Diversidad de especies Ecosistemas Sólo descriptivo	Contaminación del agua (318) (20) Pérdidas en las cuencas hidrográficas (25) DBO (18) Coliformes fecales (22) Carbón inorgánico (25) Nitrógeno inorgánico (28) Fosfato inorgánico (16) Pesticidas (18) pH (28) Variaciones en el flujo de la corriente (28) Temperatura (25) Sólidos disueltos totales (14) Sustancias tóxicas (20) Turbidez Contaminación atmosférica (52) (05) Monóxido de carbono (05) Hidrocarburos (10) Óxidos de nitrógeno (12) Partículas sólidas (05) Oxidantes fotoquímicos (10) Óxidos de azufre (05) Otros Contaminación del suelo (28) (14) Uso del suelo (14) Erosión Contaminación por ruido (04) (04) Ruido	Suelo (32) (06) Material geológico superficial (16) Relieve y caracteres topográficos (10) Extensión y alineación Aire (5) (03) Olor y visibilidad (02) Sonidos Agua (52) (10) Presencia de agua (16) Interfase agua-tierra (06) Olor y materiales flotantes (10) Área de superficie de agua (10) Márgenes Biota (24) (05) Animales domésticos (05) Animales salvajes (09) Diversidad de tipos de vegetación (05) Variedad dentro de los tipos de vegetación Objetos artesanales (10) (10) Objetos artesanales Composición (30) (15) Efectos de composición (15) Elementos singulares	Valores educacionales y científicos (48) (13) Arqueológico (13) Ecológico (11) Geológico Valores históricos (55) (11) Arquitectura y estilos (11) Acontecimientos (11) Personajes (11) Religiosos y culturales (11) «Frontera del oeste» Culturas (28) (14) Indios (07) Grupos étnicos (07) Grupos religiosos Sensaciones (37) (11) Admiración (11) Aislamiento. Soledad (04) Misterio (11) Integración con la naturaleza Estilos de vida (patrones culturales) (37) (13) Oportunidades de empleo (13) Vivienda (11) Interacciones sociales

- Otros métodos de consulta a expertos

Existen algunas variantes entre los distintos modelos que se han usado de los métodos basados en la consulta a expertos. Algunos de ellos son:

- Técnica de jerarquización.
- Comparación de pares no jerarquizados.
- Comparación en pares jerarquizados.
- Técnica de jerarquización

Se pide a los expertos que ordenen los factores por orden de importancia, asignando un 1 al factor más importante, un 2 al siguiente y así sucesivamente hasta asignar n, si hay

n factores, al menos importante. También se puede utilizar el orden inverso y asignar n, al más importante y 1 al menos importante.

Ejemplo:

Se va a realizar una carretera que atraviesa un parque situado en las afueras de una ciudad y para realizar la evaluación de impactos se quieren ponderar los factores. La lista de factores ya ha sido obtenida utilizando el Método Delphi. Se ha consultado a un equipo de cinco expertos sobre la importancia de los distintos medios: medio inerte, biótico, perceptual y socio-económico, usando la técnica de jerarquización. Al factor que cada experto considera más importante le califica con un 4, al siguiente con 3, luego un 2 y al menos importante con 1. Los resultados aparecen en la siguiente tabla.

Tabla B. 9. Ejemplo de ponderación de medios de forma jerárquica.

Medios	Experto 1	Experto 2	Experto 3	Experto 4	Experto 5	Suma	Peso	%	Repartir
Medio inerte	2	2	3	2	4	13	0,26	26	260
Medio biótico	1	3	4	4	3	15	0,30	30	300
Perceptual	4	4	2	1	1	12	0,24	24	240
Socio-económico	3	1	1	3	2	10	0,20	20	200
SUMA	10	10	10	10	10	50	1,00	100	1 000

Se suma en vertical y en horizontal, y se observa que con esta técnica la suma de valores que se obtienen para cada experto es siempre la misma, en este caso es: 1+2+3+4 = 10, y en general, si hay n factores a valorar:

$$1 + \dots + n = \frac{n(n+1)}{2}.$$

Y la suma total si hay m expertos es:

$$\frac{n(n+1)m}{2}.$$

que en este caso es 10 x 5 = 50.

Para calcular la ponderación de cada factor se divide la suma de valores que ha obtenido por la suma total. Por ejemplo, para el medio inerte: (2+2+3+2+4)/50 = 13/50 = 0.26. Esas ponderaciones, que son valores comprendidos entre 0 y 1, se pueden transformar, si interesa, en un porcentaje, multiplicando por 100, o para repartir entre mil unidades de importancia, multiplicando por 1 000.

La misma técnica se utiliza a continuación con los factores que pertenecen a un mismo medio, con lo que se obtiene una ponderación para cada uno de ellos, dentro de su medio. Pero en lugar de multiplicar por 100 o por 1 000, se multiplicará por el porcentaje o por las unidades que se deban repartir en dicho medio.

Los resultados obtenidos para el medio inerte se encuentran en la siguiente tabla.

Tabla B. 10. Ejemplo de ponderación de factores del medio inerte de forma jerárquica.

Elemento ambiental	Experto 1	Experto 2	Experto 3	Experto 4	Experto 5	Suma	Peso	%	Repartir 1 000 unidades
Calidad del paisaje	5	6	6	3	2	22	0,21	5,45	54,48
Contaminación del suelo	4	4	3	4	1	16	0,15	3,96	39,62
Contaminación del agua subterránea	2	2	4	2	6	17	0,16	4,21	42,10
Contaminación del agua superficial	1	5	2	1	5	14	0,13	3,47	34,67
Calidad del aire	3	2	1	6	3	15	0,14	3,71	37,14
Sosiego (ruido)	6	1	5	5	4	21	0,20	5,20	52,00
SUMA	21	21	21	21	21	105	1	26	260

En este caso se realiza la consulta al panel de expertos y se les pide que ordenen jerárquicamente los factores correspondientes al medio inerte calificando al más importante con 6, y al menos con 1. La suma de calificaciones para cada experto es siempre la misma, en este caso 21. La suma total obtenida es: $5 \times 21 = 105$.

La ponderación se realiza dividiendo la suma de puntos obtenida por cada factor entre la suma total, en este caso 105. Para el factor “calidad del paisaje” se obtiene: $22 / 105 = 0.21$. Pero ahora para calcular el porcentaje de cada factor se debe tener en cuenta el calculado ya para cada medio. En el ejemplo, el medio inerte tiene asignado un porcentaje del 26%, por tanto se multiplica cada ponderación por 26, y así se obtiene para la calidad del paisaje un porcentaje de: $26 \times 0.21 = 5.45\%$.

Si en lugar de un porcentaje se quieren repartir 1 000 unidades de importancia entre todos los factores, se multiplica la ponderación obtenida para cada factor por las unidades que le corresponden al medio. En este caso, para ponderar la calidad del paisaje se multiplica por 260: $260 \times 0.21 = 54.5$ UI.

Lo mismo se efectúa con el resto de factores de los otros medios.

➤ Comparación de pares no jerarquizados.

Las técnicas de ponderación de la importancia, basadas en la comparación de pares, consisten en ir comparando dos a dos los factores y tabulando los resultados. Estas técnicas se han utilizado mucho en la toma de decisiones, y especialmente en estudios de impactos. Cada factor se compara con el resto, asignando un 1 al más importante y un 0 al menos. Si dos factores se consideran igualmente importantes, se asigna a ambos 0.5. Asignar un 0 no significa que dicho factor no tenga ninguna importancia, sino que su importancia se considera menor que la del factor con el que se está comparando.

Tabla B. 11. Ejemplo de ponderación de los medios por pares sin jerarquizar.

Medios	I y II	I y III	I y IV	I y V	II y III	II y IV	II y V	III y IV	III y V	IV y V	Suma	Peso	%	Reparto de 1 000 unidades
I Medio inerte	0	1	1	1							3	0,3	30	300
II Medio biótico	1				1	1	1				4	0,4	40	400
III Perceptual		0			0			1	1		2	0,2	20	200
IV Socioeconómico			0			0		0		1	1	0,1	10	100
V Factor “tonto”				0			0		0	0	0	0	0	0
											10	1	100	1 000

Se observa que el experto considera más importante el medio biótico que el inerte y éste que el perceptual. Compara cada medio con todos los demás de forma ordenada, documentando y justificando las asignaciones. Es importante en esta técnica utilizar pocos objetos a comparar, ya que el número de respuestas, para este caso de 5 medios es de 10, y en el caso de n objetos es de:

$$C_n^2 = \frac{n(n-1)}{2}$$

Se pondera dividiendo la suma de cada medio entre la suma total, se calculan porcentajes y se reparten 1 000 unidades de importancia. La ponderación de los factores se puede hacer por el mismo método.

➤ Comparación en pares jerarquizados.

Consiste en comparar cada factor con el resto de forma sistemática. Al factor más importante se le asigna un 1 y al menos, el 0. La diferencia con la técnica anterior es que se necesita una ordenación previa de los factores de decisión de los factores en jerarquías. Si se consideran 3 componentes, ya jerarquizadas: B, C y A y un experto asigna los siguientes pesos: B = 1; C tiene 1/2 importancia respecto a B, A tiene 1/2

importancia respecto a C, entonces $B = 1$, $C = 0.5$ y $A = 0.25$, luego la suma es: 1.75 y las ponderaciones obtenidas son:

$$B = \frac{1}{1.75} = 0.57, C = \frac{0.5}{1.75} = 0.29, A = \frac{0.25}{1.75} = 0.14$$

(Garmendia, Salvador, Crespo, & Garmendia, 2005), Capítulo 6.

3. TRABAJO CON LOS IMPACTOS AMBIENTALES

3.1 Identificación de impactos ambientales

Para identificar los impactos se parte del conocimiento del proyecto (Capítulo 3) y del estudio del medio (Capítulo 4). La metodología a seguir se basa por tanto en dos pilares, el conocimiento del proyecto para obtener las acciones y el estudio del entorno para obtener los factores. De lo anterior se deduce que, previo a identificar los impactos, se debe desarrollar una serie de tareas como el análisis de las posibles alternativas, para determinar el árbol de acciones del proyecto susceptibles de producir impactos, y estudiar el medio en que se va a desarrollar la obra, es decir, hacer el inventario ambiental y obtener de él, el árbol de factores.

Se puede proceder con distintos niveles de profundización, utilizando diferentes metodologías como son las listas de chequeo, las matrices de causa efecto y los diagramas de redes. El método más sencillo consiste en analizar una lista de chequeo. El segundo nivel de profundización entraña realizar una red. El tercer nivel de profundización significa efectuar la matriz de cruce. El interés de los métodos de identificación de impactos estriba en que constituyen una primera aproximación al problema. Sin embargo, todavía no son útiles para la selección de la mejor alternativa, pues para ello es preciso valorar los impactos ambientales, lo que se hará cualitativa y cuantitativamente.

❖ Listas de revisión

La lista de revisión es la metodología más elemental para identificar los impactos antes de empezar a valorarlos. Consiste en realizar una lista donde se enumeran posibles impactos, (o acciones, factores ambientales, indicadores...).

Tabla B. 12. Ejemplo de una lista de revisión, en forma de matriz, para la construcción de una autopista.

	Carácter		Duración		En el tiempo		Espacio		Reversible	Irreversible	Recuperable	Irrecuperable	Juicio
	Beneficio	Negativo	Tempora	Permanente	Corto plazo	Largo plazo	Local	Extenso					
Calidad del aire		X		X	X		X		X		X		Compatible
Contaminación de las aguas		X		X	X		X		X		X		Severo
Erosión		X		X		X		X		X		X	Moderado
Pérdida de cultivos		X		X	X		X		X		X		Severo
Pérdida de vegetación		X		X	X		X		X		X		Severo
Pérdida de hábitats		X		X	X		X		X			X	Crítico
Riesgo de incendios		X	X			X	X		X		X		No significado
Empleo y renta	X		X		X		X		X		X		Positivo
Nivel de ruidos		X		X	X		X			X	X		Compatible

En este ejemplo se ha realizado una primera valoración o juicio de valor. Se analiza una lista de factores ambientales afectados por la obra y se determina sobre la propia lista cuáles son positivos o negativos, y cuáles son mínimos o notables, de los que ya se aventura si son compatibles, moderados, severos o críticos.

❖ Relaciones causa-efecto. Diagramas de redes

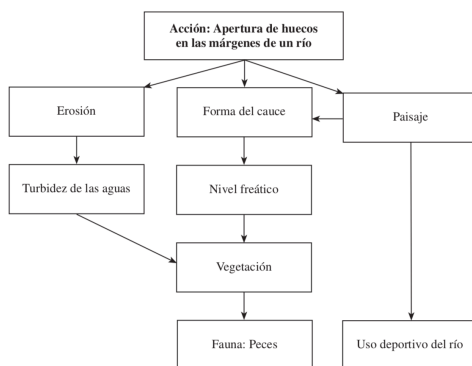
Otra forma de identificar impactos es realizar la lista de chequeo utilizando relaciones de causa-efecto. Este método resalta las interacciones entre las acciones y los factores ambientales y otras relaciones directas o indirectas. Una acción influye sobre un elemento ambiental causando un efecto, éste a su vez puede provocar otro efecto en otro elemento ambiental y así sucesivamente, con lo que se relaciona la acción inicial con cada uno de los efectos que provoca.

Ejemplo:

Si la obra que se va a realizar es una gravera y se van a abrir huecos en las márgenes de un río, se supone que esta acción modifica la forma del cauce, que a su vez afectará al nivel freático y al nivel del agua en el río, que puede hacer variar a la vegetación, y con ello la fauna. Mientras que la modificación de la forma del cauce cambiará el paisaje, la velocidad de la corriente y la capacidad erosiva, que influye en la turbidez del agua, que perturba la fotosíntesis con lo que altera la estructura y función de la vegetación acuática, y como consecuencia, la cantidad de peces. La disminución en la abundancia de peces y la variación del paisaje afecta al uso deportivo y recreativo del río. Luego la acción: “apertura de huecos en los márgenes del río” afecta a los elementos ambientales de suelo al producir erosión, contaminación de aguas superficiales y subterráneas, flora y fauna, paisaje, uso del suelo...

Para analizar un proceso tan complejo es recomendable realizar diagramas de causa-efecto (como el de la Figura de abajo).

Imagen B. 2. Ejemplo de diagrama causa-efecto.



Se observa como una acción, (hacer huecos en las márgenes del río), produce un efecto primario, (la erosión), que a su vez induce un efecto secundario (turbidez en las aguas), terciario... Los modelos basados en diagramas de flujo permiten aclarar estas relaciones, y observar cómo se puede llegar a un mismo efecto por varios caminos. Algunos de los efectos ambientales detectados por la relación causa-efecto pueden no ser relevantes y otros serán significativos o impactos ambientales.

Se requiere la realización de varios diagramas que partan de cada acción del proyecto. Un problema común es que el diagrama se complica, y lo que en un primer momento permite observar con claridad las interacciones, cuando éstas se amplían, pierde la transparencia inicial con las sucesivas ramificaciones. Por ello, es conveniente usarlas en una primera aproximación, para posteriormente transformarlas en matrices de causa-efecto.

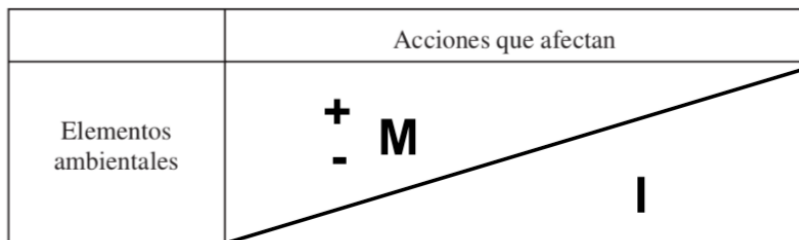
❖ Matrices de relaciones causa-efecto

La mejor herramienta para determinar los impactos son las matrices de relaciones causa-efecto. Se parte del árbol de acciones de la obra y del árbol de factores ambientales afectados como entradas de una matriz, señalando las casillas de cruce. Se han utilizado muchas variantes de estas matrices, de las que la Matriz de Leopold es la más conocida.

- Matriz de Leopold

Cada elemento ambiental corresponde a una fila y cada acción a una columna que se relacionan mediante una matriz que corresponden a las posibles interacciones. Si se supone que hay interacción, se señala con una línea diagonal, indicando en la parte superior la magnitud (M) de la alteración del factor ambiental con un signo “más” (+) o “menos” (-) según sea el impacto beneficioso o adverso, y en la parte inferior la importancia (I) de la alteración, ambas expresadas numéricamente y valoradas entre 1 y 10, calificando de 10 la máxima interacción posible y con 1 la mínima. Una simplificación de ella aparece en la siguiente Figura.

Imagen B. 3. Matriz de Leopold.



❖ Cribado de impactos

En una primera observación se han tratado los efectos ambientales producidos por las acciones de la obra sobre los factores ambientales. Muchos de estos efectos son mínimos, y es posible despreciarlos y no tenerlos en cuenta en el resto de la evaluación una vez estimados si son efectos positivos o negativos. El análisis de los efectos para determinar cuáles son notables es lo que se denomina cribado de impactos. Los efectos mínimos se depuran de la matriz de impactos.

No todos los efectos deben ser tratados con la misma intensidad. La valoración, como se estudia en el Capítulo siguiente, es un proceso complicado y es preciso hacer el cribado y seleccionar los que se consideran impactos significativos. Algunos de estos impactos se van a evaluar únicamente de forma cualitativa, otros cuantitativa y algunos de ellos tendrán que ser objeto de un tratamiento especial pues podrían determinar la no aceptación del proyecto.

(Garmendia, Salvador, Crespo, & Garmendia, 2005), Capítulo 7.

3.2 Valoración de los impactos ambientales

De la lista de los impactos ambientales que se obtuvo del cruce entre las acciones y los factores, utilizando algún método desarrollado en el capítulo anterior, no todos se evalúan de la misma forma y con la misma intensidad. En este capítulo se explica la forma de hacerlo. Ésta valoración puede hacerse en tres niveles, por simple enjuiciamiento, de forma cuantitativa ó cualitativa.

❖ Simple enjuiciamiento

El enjuiciamiento es necesario por ley. En todos los casos la evaluación termina con un juicio sobre los efectos, clasificándolos en efectos notables o impactos y en efectos mínimos. Los impactos notables se clasifican a su vez en compatibles, moderados, severos y críticos. Se identificará como distinguir los impactos:

1. Impacto ambiental compatible: Aquél cuya recuperación es inmediata tras el cese de la actividad, y no precisa prácticas protectoras o correctoras.
2. Impacto ambiental moderado: Aquél cuya recuperación no precisa prácticas protectoras o correctoras intensivas, y en el que la consecución de las condiciones ambientales iniciales requiere cierto tiempo.
3. Impacto ambiental severo: Aquél en el que la recuperación de las condiciones del medio exige la adecuación de medidas protectoras o correctoras, y en el que, aun con esas medidas, aquella recuperación precisa un período de tiempo dilatado.
4. Impacto ambiental crítico: Aquél cuya magnitud es superior al umbral aceptable. Con él se produce una pérdida permanente de la calidad de las condiciones ambientales, sin posible recuperación, incluso con la adopción de medidas protectoras o correctoras.

❖ Valoración cualitativa de impactos ambientales o cálculo de la importancia

En las técnicas de valoración cualitativa se valoran de forma subjetiva, aunque el resultado obtenido sea numérico, una serie de cualidades de los impactos de cada una de las alternativas, asignando valores prefijados según esa cualidad sea alta, media o baja. Para realizar un análisis cualitativo se tienen en cuenta las siguientes características:

- Signo (\pm)

La primera es el signo, que puede ser positivo o negativo, según sea el efecto beneficioso o perjudicial:

“Efecto positivo: Aquél admitido como tal, tanto por la comunidad técnica y científica como por la población en general, en el contexto de un análisis completo de los costos y beneficios genéricos y de las externalidades de la actuación contemplada.

Efecto negativo: Aquél que se traduce en pérdida de valor naturalístico, estético-cultural, paisajístico, de productividad ecológica, o en aumento de los perjuicios derivados de la contaminación, de la erosión o colmatación y demás riesgos ambientales en discordancia con la estructura ecológico-geográfica, el carácter y la personalidad de una localidad determinada.”

- Acumulación (A)

Se distingue entre efectos simples, acumulativos o sinérgicos según la forma de interaccionar con otros efectos. Se define como:

“Efecto simple: Aquél que se manifiesta sobre un solo componente ambiental o cuyo modo de acción es individualizado, sin consecuencias en la inducción de nuevos efectos.

Efecto acumulativo: Aquél que al prolongarse en el tiempo se incrementa progresivamente su gravedad, al carecerse de mecanismos de eliminación.

Efecto sinérgico: Cuando cada una de las acciones produce sobre un determinado factor ambiental efectos pequeños, que cada uno de ellos podría considerarse un efecto mínimo, pero al sumarse ya tienen importancia. Un efecto es sinérgico si la suma de sus incidencias individuales es diferente (normalmente menor) que la incidencia total. Por ejemplo, con ciertos venenos, en los que un solo componente puede no ser perjudicial, pero unido con otros puede llegar a ser mortal. Se refuerzan unos efectos con otros.

- Extensión (E)

Si la medida del impacto se realiza por la extensión de la superficie afectada se dice que puede ser puntual, local, parcial o extensivo y considerar incluso si la ubicación es crítica. Un ejemplo de impacto extensivo es la modificación del nivel freático en la construcción de una presa y es puntual el efecto sobre la vegetación de la apertura de una cantera, aunque sobre la fauna o sobre el paisaje puede ser extensivo.

- Intensidad (In)

Por la intensidad o grado de destrucción del factor ambiental se clasifican los impactos en total, si la destrucción del factor es completa, notable si es elevada, media y mínima si es muy pequeña.

- Persistencia (P)

Es el tiempo en el que desaparece el efecto. Se trata de las características del impacto con relación al tiempo:

“Efecto permanente: Aquél que supone una alteración indefinida en el tiempo de factores ambientales predominantes en la estructura o en la función de los sistemas de relaciones ecológicas o ambientales presentes en el lugar.

Efecto temporal: Aquél que supone alteración no permanente en el tiempo, con un plazo temporal de manifestación que puede estimarse o desestimarse.”

Un efecto temporal va a ser siempre reversible y recuperable. Los efectos permanentes pueden ser reversibles o irreversibles, y recuperables o irrecuperables. Ejemplo de efecto temporal es el ruido que produce un camión durante la obra. Un efecto permanente es la modificación del régimen fluvial por la construcción de una presa, la destrucción de la vegetación o la destrucción de árboles singulares por la ocupación de la zona por una presa. A efectos prácticos es usual considerar un efecto como permanente si su manifestación dura más de 10 años.

- Reversibilidad (Rv)

La definición del concepto de reversibilidad habla de procesos naturales y de medio plazo. Es decir, que de forma natural, al cesar la acción, el medio sea capaz de eliminar el efecto antes de cinco años.

“Efecto reversible: Aquél en el que la alteración puede ser asimilada por el entorno de forma medible, a medio plazo, debido al funcionamiento de los procesos naturales de la sucesión ecológica y de los mecanismos de autodepuración del medio.

Efecto irreversible: Aquél que supone la imposibilidad (ó la dificultad extrema), de retornar, por medios naturales, a la situación anterior a la acción que lo produce.”

- Recuperabilidad (Rc)

“Efecto recuperable: La alteración puede eliminarse, bien por la acción natural, bien por la acción humana, y, asimismo, aquel en que la alteración puede ser reemplazable.

Efecto irrecuperable: Aquél en que la alteración o pérdida que supone es imposible de reparar o restaurar, tanto por la acción natural como por la humana.”

- Periodicidad (Pr)

Los efectos también pueden producirse de una forma cíclica, por ejemplo, siempre a la misma hora, de forma irregular o impredecible, o ser un efecto constante.

***“Efecto continuo:** Aquél que se manifiesta con una alteración constante en el tiempo, acumulada o no.*

***Efecto discontinuo:** Aquél que se manifiesta de forma imprevisible en el tiempo y cuyas alteraciones es preciso evaluar en función de una probabilidad de ocurrencia.*

***Efecto periódico:** Aquél que se manifiesta con un modo de acción intermitente y continua con el tiempo”.*

Un ejemplo de efecto continuo es la ocupación del territorio por la carretera, mientras que un efecto discontinuo es el ruido producido por las explosiones, el producido por una avería que causa un escape de gases, un vertido de contaminantes, o la modificación de la vegetación por la aparición de un incendio en la obra. Un efecto periódico es el gasto de energía de una fábrica que funciona de día y para labores en la noche.

- Momento (Mo)

Es el momento en el que se produce el efecto respecto a la acción. Es decir, cuanto tiempo ha transcurrido para que se noten los efectos. Si al producirse la acción, el efecto es **inmediato**, ha pasado un tiempo cero. Si el efecto se produce en un tiempo inferior a un año, se define como efecto a **corto plazo**. Si se produce entre un año y cinco, se dice que es un efecto a **medio plazo**, y si tarda en manifestarse más de cinco años se dice que es un efecto a **largo plazo**.

- Relación causa-efecto (Ef)

Otros atributos a valorar son si el efecto es directo o indirecto. Si la obra tiene un efecto inmediato sobre el factor ambiental, se dice que el efecto es directo. Un ejemplo de efecto directo es la turbidez del agua del río producida por los movimientos de tierra. Otro ejemplo de efecto directo es la emisión de gases contaminantes, como CO₂, por el tráfico de vehículos en la carretera.

Un efecto indirecto, sin embargo, se produce cuando la causa hay que buscarla en las interdependencias. Ejemplos son la disminución de la pesca en el río causada porque el movimiento de tierra ha enturbiado el agua, con lo que ha disminuido la cantidad de oxígeno y las plantas, lo que ha hecho disminuir la cantidad de peces, o el calentamiento global y efecto invernadero que produce la emisión de CO₂. Un efecto directo es la destrucción de la vegetación en la zona ocupada por la obra, un efecto indirecto es la destrucción de la vegetación por la lluvia ácida causada por las emisiones de una central térmica.

Para el cálculo numérico de la valoración cualitativa o importancia (I_m) se suman las puntuaciones asignadas a los atributos. Esto puede llevarse a cabo de diferentes maneras. La fórmula 1 o “Valoración cualitativa simple” corresponde a la forma más sencilla, y la fórmula 2 o “Valoración cualitativa completa” es una valoración más realista y un poco más complicada, con un segundo nivel de dificultad. Existen otras muchas fórmulas y opciones posibles para valorar cualitativamente los impactos, aunque naturalmente la técnica utilizada debe ser la misma para todos los impactos y todas las alternativas de un determinado proyecto. Las fórmulas de cálculo propuestas son:

$$I_{m1} = \pm (A + E + I_n + P + R_v + R_c)$$

$$I_{m2} = \pm (A + E + I_n + P + R_v + R_c + P_r + M_o + E_f)$$

Calculada la importancia mediante esta fórmula, o por otras similares, con sólo el resultado obtenido no es posible analizar si éste es bajo o elevado. Para contrastar los resultados de las distintas alternativas y para comparar con los obtenidos con otros impactos, usualmente se normaliza la fórmula. Se pueden usar distintas expresiones de normalización. Para obtener valores entre 0 y 1 se usa:

$$\text{Fórmula normalizada: } I_N = \pm \frac{|I_m| - \text{Mínimo}}{\text{Máximo} - \text{Mínimo}}$$

donde Mínimo es el mínimo valor que se pueda alcanzar con en la tabla y Máximo es el máximo valor que se puede alcanzar en la tabla de valores asignados a las características de cada impacto en una valoración cualitativa.

Tabla B. 13. Valores asignados a las características de cada impacto en una valoración cualitativa simple, con fórmula 1.

VALORACIÓN CUALITATIVA 1			
SIGNO		ACUMULACIÓN (A)	
Impacto beneficioso	+	Simple	1
Impacto perjudicial	-	Acumulativo	3
		Sinérgico	5
EXTENSIÓN (E) Área de influencia		INTENSIDAD (In) Grado de destrucción	
Puntual	1	Baja	1
Parcial	2	Media	4
Extenso	3	Alta	8
PERSISTENCIA (P) Permanencia del efecto		REVERSIBILIDAD (Rv) Medios naturales	
Temporal	1	Reversible	1
Permanente	3	Irreversible	3
RECUPERABILIDAD (Rc) Medios humanos			
Recuperable	1		
Irrecuperable	3		

Tabla B. 14. Valores asignados a las características de cada impacto en una valoración cualitativa simple, con fórmula 2.

VALORACIÓN CUALITATIVA 2			
SIGNO		ACUMULACIÓN (A)	
Impacto beneficioso	+	Simple	1
Impacto perjudicial	-	Acumulativo	3
		Sinérgico	6
EXTENSIÓN (E) Área de influencia		INTENSIDAD (In) Grado de destrucción	
Puntual	1	Baja	1
Parcial	2	Media	4
Extenso	4	Alta	4
Total	6	Muy alta	6
Crítica	+4	Total	10
PERSISTENCIA (P) Permanencia del efecto		REVERSIBILIDAD (Rv) Medios naturales	
Fugaz	1	Corto plazo	1
Temporal	2	Medio plazo	2
Permanente	4	Largo plazo	3
		Irreversible	4
RECUPERABILIDAD (Rc) Medios humanos		PERIODICIDAD (Pr)	
Recuperable de manera inmediata	1	Aperiódico o discontinuo	1
Recuperable a medio plazo	2	Periódico	2
Mitigable	4	Continuo	4
Recuperable a largo plazo	6		
Irrecuperable	8		
MOMENTO (Mo) Plazo de manifestación		EFECTO (Ef)	
Largo plazo	1	Directo	3
Medio plazo	2	Indirecto secundario	2
Inmediato	4	Indirecto terciario	1
Crítico	+4		

❖ Valoración cuantitativa de impactos ambientales o cálculo de la magnitud

En el apartado anterior se expone la forma de valorar los impactos de forma cualitativa, pero ésta, a pesar de tener una expresión numérica, no es una valoración tan exacta como la valoración cuantitativa, pues la evaluación de las cualidades se realiza de forma muy subjetiva. Es recomendable, si es posible, realizar una valoración cuantitativa, que es lo que se va a estudiar en este apartado.

Cada uno de los indicadores o índices del impacto ambiental vienen expresados en distintas unidades, *unidades heterogéneas*: decibelios (dB) si miden ruido, toneladas métricas o metros cúbicos si miden cantidades de tierra removida, hectáreas si miden el área de zonas deforestadas..., por tanto, para que sea posible trabajar con ellos y comparar los resultados obtenidos con los de otros impactos se requiere expresarlos en una unidad común, *unidades homogéneas*, para lo que se utilizan las *funciones de transformación*.

- Magnitud de un impacto

Es necesario determinar el indicador adecuado para cada elemento ambiental. Las características de un elemento ambiental o un factor ambiental (por ejemplo, calidad del agua) pueden expresarse de forma cuantitativa por distintos indicadores.

Se debe conseguir que las magnitudes, que ya se tienen valoradas en sus unidades heterogéneas (t, m³, ha, decibelios...), puedan sumarse y operarse. Para ello se utilizan las funciones de transformación, *f*, que convierten el valor de la magnitud en un número entre 0 y 1, de forma que ya se puede sumar o comparar con el de otros impactos. Las funciones de transformación pueden tener formas muy variadas.

- Índices e indicadores de impactos ambientales

Los indicadores y los índices ambientales son instrumentos útiles que permiten describir el valor de un impacto mediante la síntesis de datos.

Un índice es un tipo de indicador. La diferencia entre unos y otros estriba en la idea de indirecto. Para estimar la cantidad de individuos de una determinada especie que vive en un entorno dado y que es imposible contar directamente de uno en uno, se puede obtener un índice de su abundancia delimitando un recorrido y contando el número de huellas o de excrementos de esa especie que se encuentren cada vez que se realice el recorrido. No se sabe cuántos individuos hay, pero ese índice muestra si esa especie aumenta o disminuye, y permite comparar su abundancia con la de otros entornos.

Ambos, indicadores e índices, son valores numéricos que proporcionan información, de forma simplificada, sobre la situación ambiental. Pero, mientras los indicadores se refieren a medidas directas de factores, como por ejemplo los ecológicos, en los que una especie de planta se utiliza como indicador de la calidad del agua o del suelo, los índices son medidas indirectas o combinaciones de medidas, en ocasiones muy complejas, que utilizan modelos o fórmulas matemáticas.

Si, por ejemplo, se quiere medir la contaminación del aire se puede utilizar como indicador un “índice de calidad del aire” o medir la cantidad añadida de un determinado contaminante como CO, NO_x, SO₂, VOC... que viene dado en unidades de masa, o la concentración de dichos contaminantes, dada como una proporción. Si, por ejemplo, se quiere medir la contaminación de un río por una obra, de nuevo puede usarse un índice de calidad del agua, pero también puede servir la longitud, expresada en kilómetros, de ribera del río afectada. Para considerar a un organismo (planta o animal) como indicador ambiental de la contaminación debe ser una especie escogida por su sensibilidad (o tolerancia) a dicha contaminación, como los metales pesados o la desaparición del oxígeno. Se observa que a cada indicador le corresponde una unidad de medida distinta: valor del índice, porcentaje, km...

Algunos ejemplos de posibles indicadores son: emisiones de CO, emisiones de CO₂, emisiones de SO₂, emisiones de NO_x, emisiones de VOC, hectáreas de terreno en los que se ha cambiado el uso del suelo, hectáreas de áreas protegidas, kilómetros de río afectados por el vertido de un contaminante, número de especies amenazadas, volúmenes de pesca, producción de residuos, número de accidentes, gasto de energía, consumo de combustible, decibelios producidos por un ruido...

Los índices para medir la calidad del aire recogen las concentraciones de muchos de los indicadores antes mencionados: CO, CO₂, NO_x, SO₂, ozono, partículas... en una única fórmula. Un segundo ejemplo de índice, los índices de calidad del agua tienen en cuenta un gran número de variables como el uso que va a tener dicho agua: riego, baño, potable..., la cantidad de oxígeno disuelto, de coliformes fecales, herbicidas, temperatura, pesticidas, fosfatos, nitratos, amoníaco, partículas en suspensión, color, dureza, pH... Para cada variable considerada se calcula su medida M_i y se le asigna un peso de importancia P_i (según lo importante que sea dicha variable, por ejemplo, para la salud pública), con lo que se calcula un índice agregado mediante una suma ponderada: Índice = $\sum M_i P_i$

- Función de transformación

Con el uso de indicadores y de índices se calcula la magnitud de cada impacto, es decir, se cuantifica la alteración del factor ambiental: el nivel de ruido en decibelios, el número

de ríos afectados por la contaminación, la longitud de dichos ríos en km, las toneladas métricas de movimiento de tierra, la superficie de vegetación destruida en hectáreas, el efecto barrera y su afección a la fauna, el índice de calidad paisajística, la mejora en las comunicaciones... Cada uno de estos impactos se mide con unas unidades diferentes por lo que a simple vista no se sabe si los valores obtenidos tienen una magnitud mayor o menor. Están medidos en unidades heterogéneas y con ellas no es posible relacionar unos impactos con otros, ni sumarlos para obtener el impacto total y comparar las distintas alternativas.

Para cada factor se calcula la magnitud del indicador o del índice seleccionado en la hipótesis de que no se realice el proyecto, en las unidades de dicho indicador: km, t, n°... que se denominan unidades heterogéneas. Luego se calcula dicha magnitud en la hipótesis de que haya proyecto para cada una de las alternativas, se aplica la función de transformación y se calcula la diferencia o magnitud neta final para dicho factor.

En la tabla se calcula, a modo de ejemplo, la magnitud en unidades homogéneas del factor: “Número total de ríos contaminados” utilizando la función de transformación: $f(x) = x/10$.

Tabla B. 15. Ejemplo de cálculo de la magnitud de impacto en unidades homogéneas.

Factores	Magnitud _{SIN}	Alternativa i Magnitud _{CON}	$f(\text{Magnitud}_{\text{CON}})$	$f(\text{Magnitud}_{\text{SIN}})$	Magnitud final
Nº de ríos contaminados	2	7	7/10	2/10	$(7/10) - (2/10)$ $= 5/10 = 0,5$

Determinar las funciones de transformación requiere estudios rigurosos por parte de especialistas. En casi toda la bibliografía existente hay funciones de transformación que miden en el intervalo [0, 1] la calidad ambiental del factor, y posteriormente debe transformarse en la magnitud del impacto, pero es posible transformar directamente la magnitud en unidades heterogéneas en magnitud del impacto en unidades homogéneas con un valor entre cero y uno.

La función de transformación hace corresponder, para cada factor ambiental, su magnitud en unidades heterogéneas a su magnitud en unidades homogéneas que ahora se hace variar entre 0 y 1. Al mayor valor posible de impacto, al más desfavorable, se le asigna el 1, y al menor, el 0. Para representarlos se sitúa, en ordenadas, la magnitud medida ya en unidades homogéneas, y en abscisas, la magnitud en unidades heterogéneas medida mediante el indicador o el índice.

Para obtener de forma adecuada las funciones de transformación se procede de la siguiente forma:

a) Se busca la mayor información sobre el factor ambiental que se estudia, tanto científica, legal y como sobre las preferencias sociales del mismo. De este estudio se obtiene el mayor valor posible (Máx) del indicador del factor, bien porque un valor mayor se vaya a considerar como crítico, bien porque con él, el factor quede totalmente destruido..., y el menor valor posible (Mín) del indicador del factor, que puede ser 0.

b) En el eje de abscisas se sitúan los valores Máx y Mín y se marca una escala.

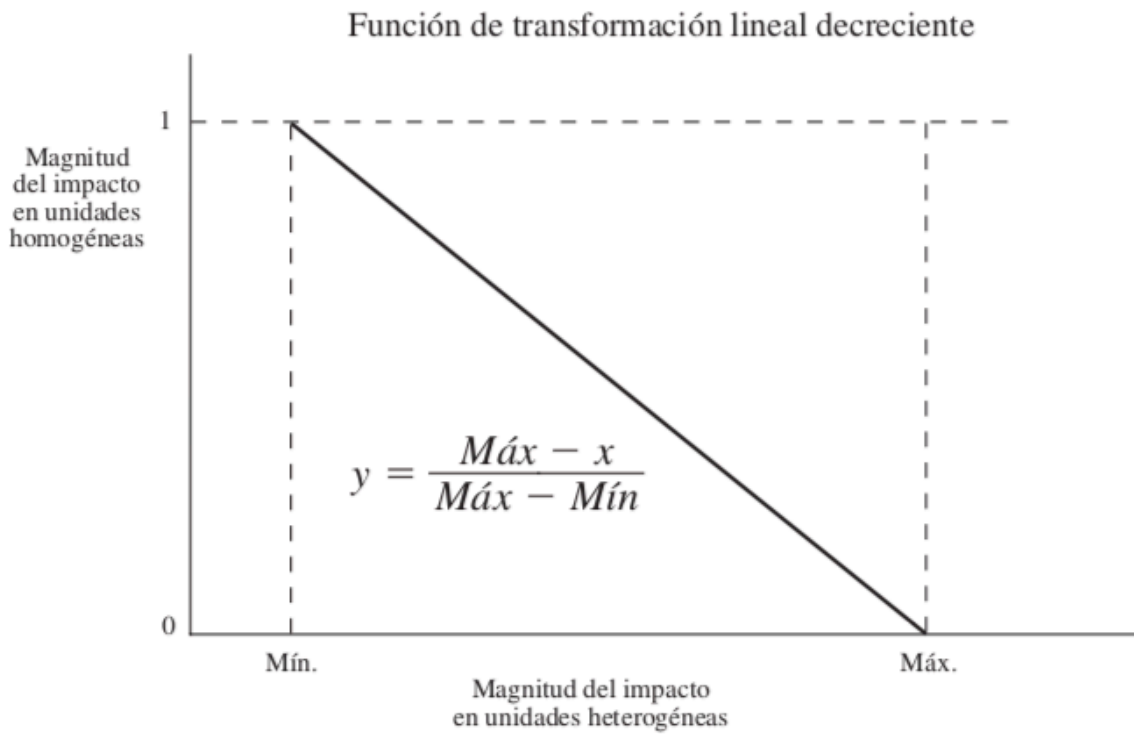
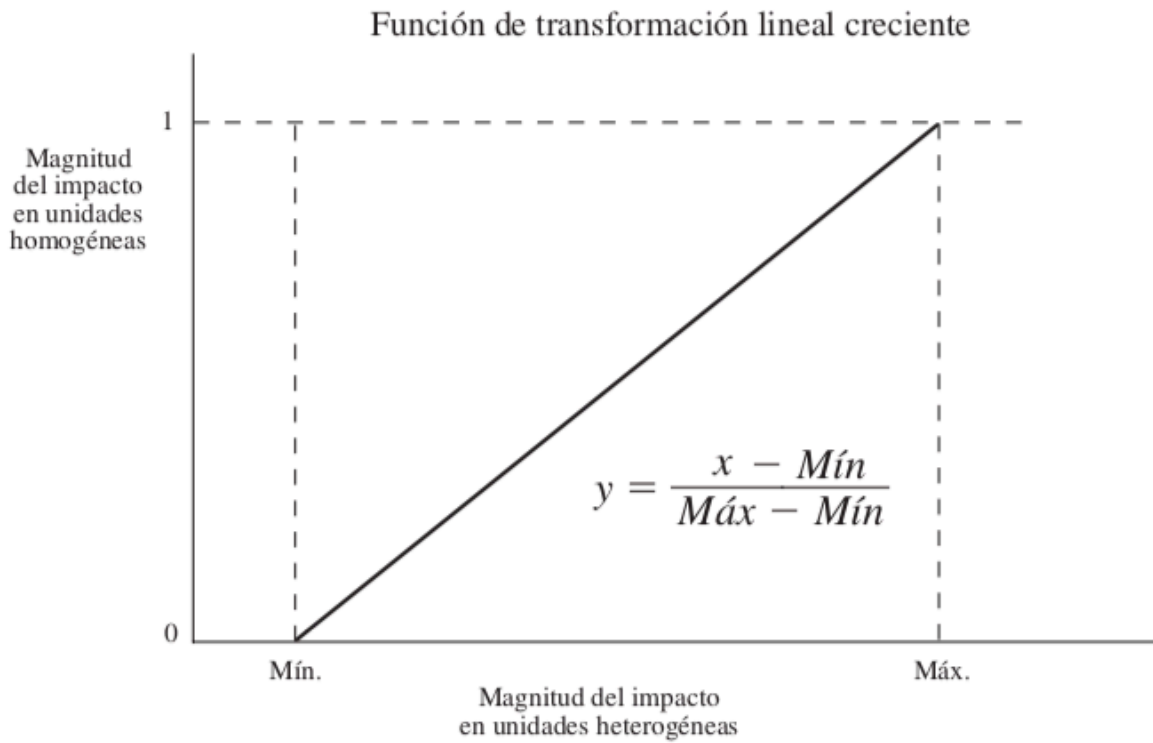
c) En el eje de ordenadas se sitúa el 0 y el 1, marcando también una escala.

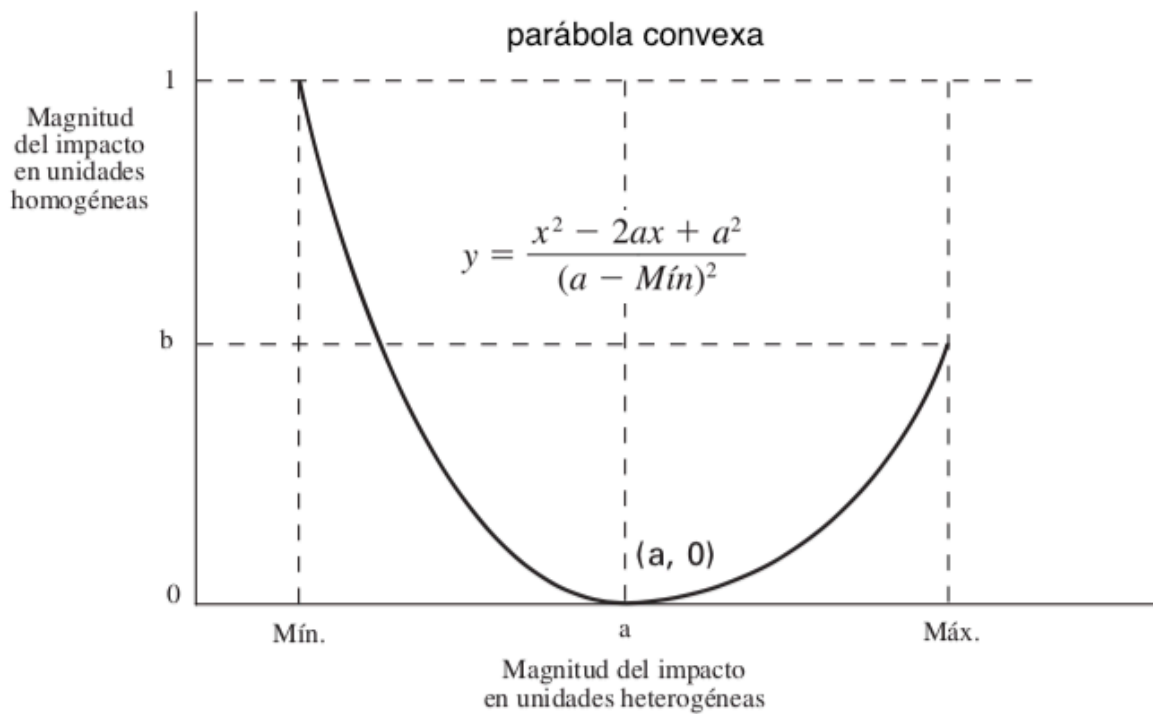
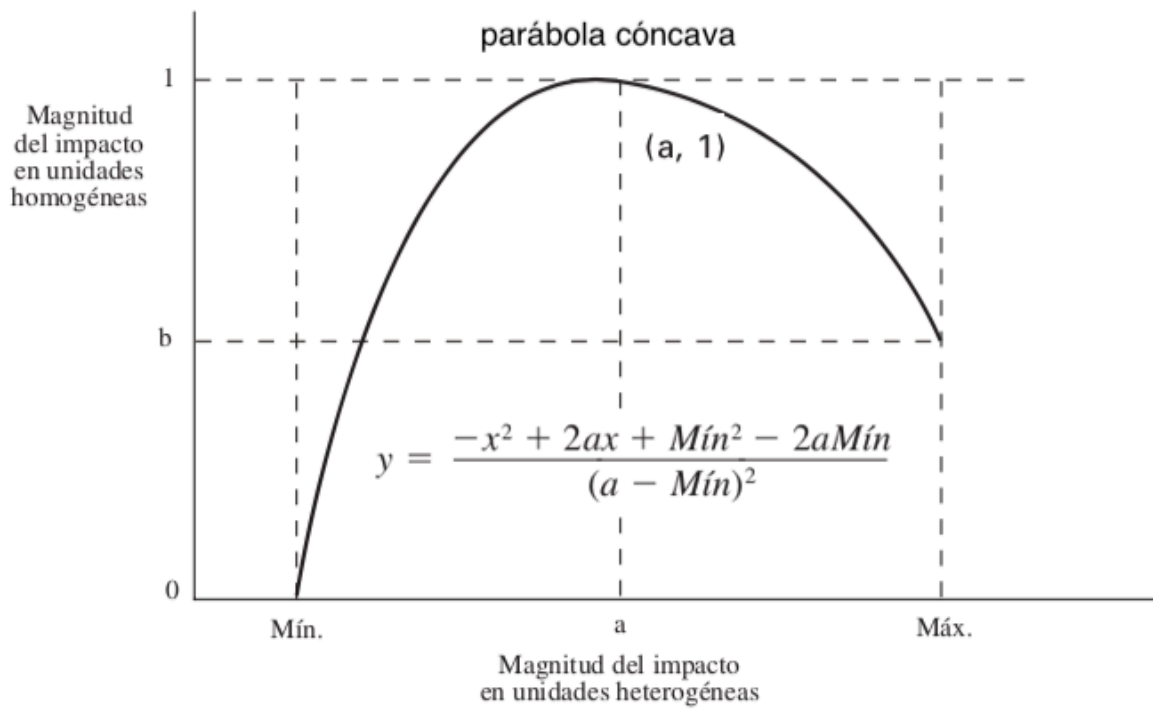
d) Ahora caben las siguientes posibilidades: que la función sea creciente, con lo que la función debe pasar por los puntos (Mín, 0) y (Máx, 1), que la función sea decreciente y deba pasar por (Máx, 0) y (Mín, 1), o que alcance un máximo o un mínimo en un valor, a , intermedio. Se marcan estos puntos.

e) Para conocer la forma de la función de transformación: recta, parábola, logarítmica, exponencial, potencial... se puede hacer mediante una consulta a un panel de expertos usando el método Delphi.

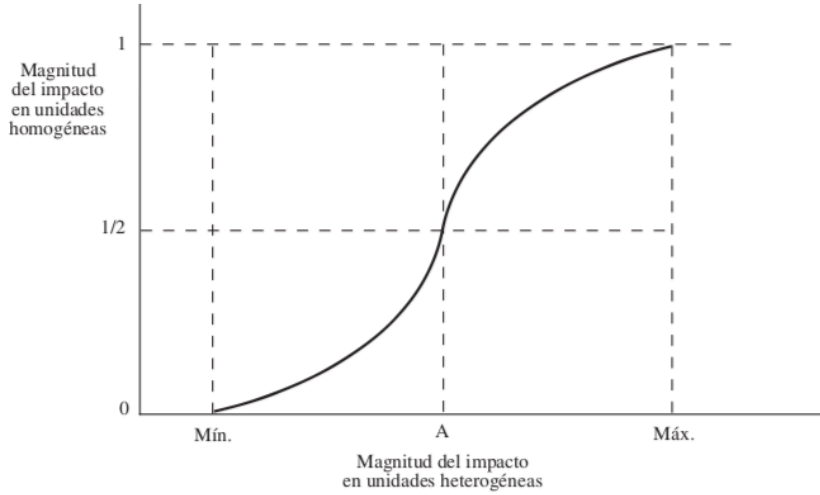
f) La función de transformación puede tener muchas formas. De algunas de ellas se determinan a continuación la representación gráfica y la fórmula, pero no son las únicas, por lo que en ocasiones, habrá que determinar otras nuevas, y en otras, será conveniente hacer modificaciones a las expresiones propuestas, que son:

Imagen B. 4. Funciones de transformación con su respectiva fórmula y gráfica.



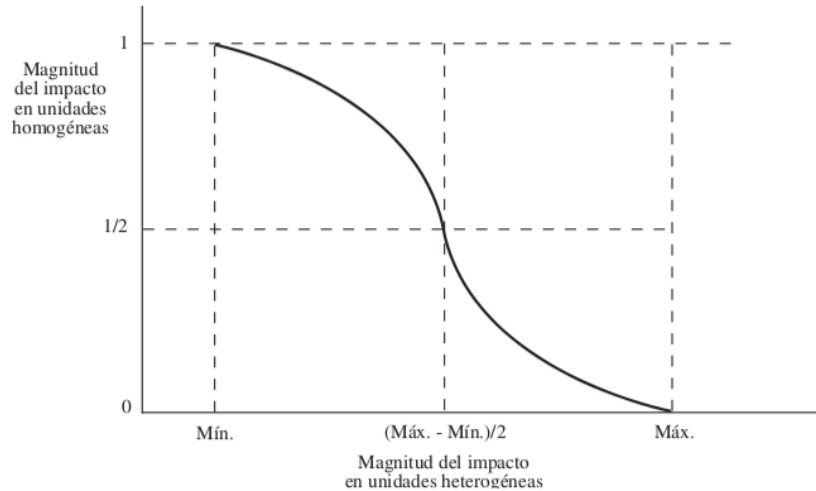


Función de transformación creciente confeccionada con dos parábolas, que crece lentamente para valores del indicador pequeños y grandes, y rápidamente para valores intermedios.



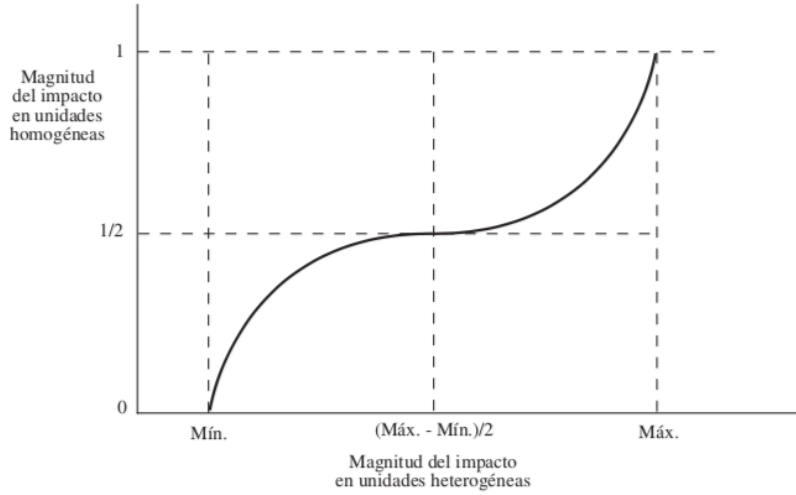
$$y = \begin{cases} \frac{x^2 - 2 \cdot \text{Mín} \cdot x + \text{Mín}^2}{(A - \text{Mín})^2} & \text{Mín} \leq x \leq A \\ \frac{-x^2 + 2 \cdot \text{Máx} \cdot x + \text{Máx}^2}{(A - \text{Mín})^2} + 1 & A \leq x \leq \text{Máx} \end{cases}$$

Función de transformación decreciente confeccionada con dos parábolas, que disminuye lentamente para valores del indicador pequeños y grandes, y rápidamente para valores intermedios.



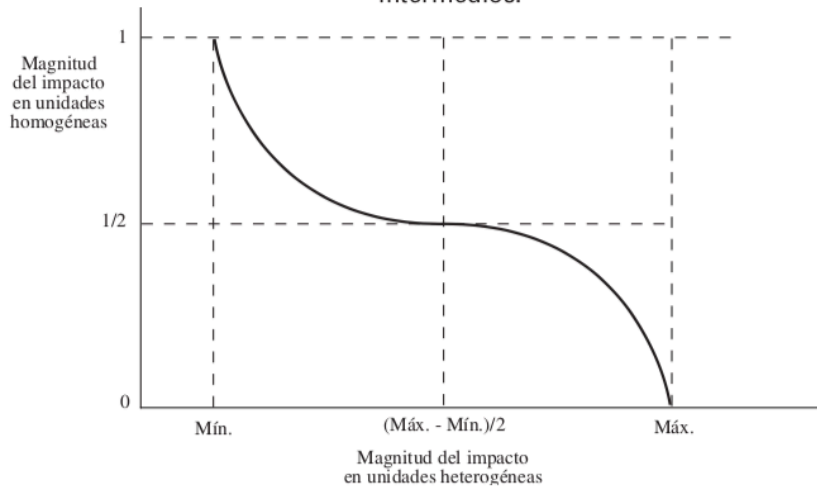
$$y = \begin{cases} \frac{-x^2 + 2 \cdot \text{Mín} \cdot x - 2\text{Mín}^2}{(A - \text{Mín})^2} + 1 & \text{Mín} \leq x \leq A \\ \frac{x^2 - 2 \cdot \text{Máx} \cdot x + \text{Máx}^2}{(A - \text{Mín})^2} & A \leq x \leq \text{Máx} \end{cases}$$

Función de transformación creciente, formada con dos parábolas, que crece rápidamente para valores del indicador pequeños y grandes, y lentamente para valores intermedios.

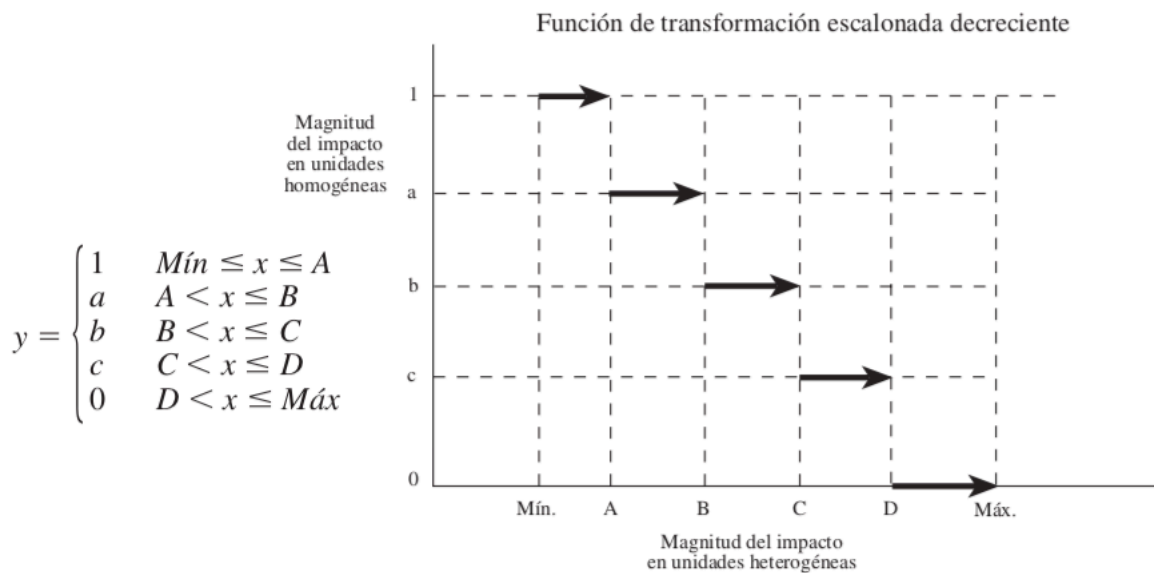
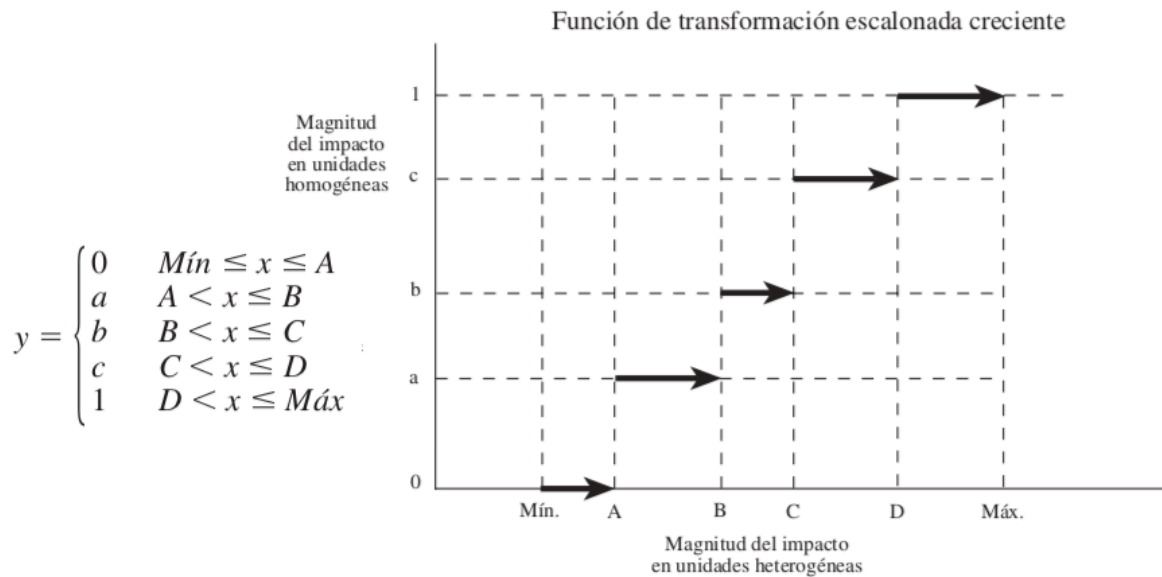


$$y = \begin{cases} \frac{-2x^2 + 2(Máx + Mín)x - 2MáxMín}{(Máx - Mín)^2} & Mín \leq x \leq \frac{Máx + Mín}{2} \\ \frac{2x^2 - 2(Máx + Mín)x + 2MáxMín}{(Máx - Mín)^2} & \frac{Máx + Mín}{2} \leq x \leq Máx \end{cases}$$

Función de transformación parabólica decreciente, construida con dos parábolas, que disminuye rápidamente para valores del indicador pequeños y grandes, y lentamente para valores intermedios.



$$y = \begin{cases} \frac{2x^2 - 2(Máx + Mín)x + 2MáxMín}{(Máx - Mín)^2} + 1 & Mín \leq x \leq \frac{Máx + Mín}{2} \\ \frac{-2x^2 + 2(Máx + Mín)x - 2MáxMín}{(Máx - Mín)^2} & \frac{Máx + Mín}{2} \leq x \leq Máx \end{cases}$$



g) Conociendo el peso del factor y las valoraciones cualitativas y cuantitativas, se calcula el valor del impacto final como el producto de los tres valores:

$$\text{Índice del impacto} = \text{Peso del factor} \times \text{Valoración cualitativa} \times \text{Magnitud}$$

(Garmendia, Salvador, Crespo, & Garmendia, 2005), Capítulo 8.

CASO DE ESTUDIO PARA EL ANÁLISIS COMPARATIVO

1. DESCRIPCIÓN DEL PROYECTO

1.1 Sistema biofísico del municipio de Valle de Bravo

❖ Clima

En el municipio de Valle de Bravo, se observan tres climas:

- a) Templado subhúmedo con lluvia en verano, de mayor humedad (78.59%).
- b) Semicálido subhúmedo con lluvias en verano, de humedad media (20.97%).
- c) Semicálido subhúmedo con lluvias en verano, de mayor humedad (0.44%).

El predominante es el templado subhúmedo con lluvias en verano. Registra una temperatura promedio anual de 20°C, con un rango máximo de 32°C y mínimo de 1.3°C, según datos de la Estación del Servicio Meteorológico Nacional, ubicada en la cabecera municipal.

❖ Precipitación

De acuerdo con el INEGI, la precipitación total anual es de 1 100 a 1 300 milímetros. Las lluvias más abundantes se presentan en los meses de Junio a Septiembre, temporada en la cual suelen observarse inundaciones en algunos sitios de los valles. Las lluvias finalizan, normalmente, en la primera quincena de Octubre.

❖ Geomorfología

El municipio se encuentra enclavado en el sistema montañoso del Nevado de Toluca; sus rasgos orográficos evidencian una morfología con elevaciones importantes, con una orientación este-oeste.

En el territorio municipal se observan tres formas características de relieve:

- a) Predominan las zonas accidentadas, constituidas por las Sierras de Temascaltepec, Tenayac, Valle de Bravo y faldas de sierras circundantes.
- b) En segundo lugar predominan las zonas semiplanas o lomeríos, ubicados en la región suroriente del municipio.
- c) En tercer lugar, pueden observarse algunas zonas planas fundamentalmente en las localidades de Acatitlán, Rincón de Estradas, El Fresno y Cuadrilla de Dolores.

La cabecera municipal de Valle de Bravo limita al norte con el Cerro de San Antonio, al oeste con la Presa Valle de Bravo, al este con el Cerro de Monte Alto, el cual es un área natural protegida, y al sur, con la localidad de Avándaro.

❖ Geología

Los tipos de roca que se encuentran en el territorio municipal son: metamórficas (esquisto), ígneas (toba, extrusiva intermedia, andesita y basalto) y sedimentarias.

De éstas, solamente las áreas donde se localizan rocas ígneas de toba y andesita son aptas para uso urbano sin restricción. Por sus características geológicas, en la mayor parte del territorio municipal se tiene una aptitud que va de moderada a baja para el

desarrollo urbano, dado que se encuentran rocas ígneas de basalto, y extrusivas intermedias, que por sus cualidades pueden ser usadas en cimientos, acabados y revestimiento.

Es importante señalar que existen fallas geológicas en la mayor parte del territorio que rodean el área urbana actual de la cabecera municipal, por lo que es indispensable considerar este aspecto en la definición de zonas para albergar el crecimiento poblacional.

❖ Edafología

Con base en las cartas edafológicas del INEGI, en el territorio municipal predomina el suelo de tipo andosol, que cubre aproximadamente 53% del territorio, el regosol 13%, el acrisol 12.7%, el vertisol 7% y el luvisol 3.5%. El 10.8 % restante corresponde a otros tipos de suelo como el cambizol, el cual, junto con el acrisol son aptos para el uso urbano y se encuentran principalmente en el área urbana de la cabecera municipal, Monte Alto, Cerro Colorado, Peña Blanca, El Cerrillo y Cerro Cualtenco, Pinares del Lago y Santa María Pipioltepec.

El tipo de suelo apto para el uso agrícola es el vertisol, que se localiza en una pequeña porción de El Cerrillo, Santa Teresa Tiloxtoc, Santa Magdalena Tiloxtoc y en Rancho San Diego, sobre la parte sur del lago; en las localidades de El Arco y San Gaspar, así como en pequeñas porciones al norte y sur de Santa María Pipioltepec.

El resto de los tipos de suelo que se localizan en esta zona no son aptos para el desarrollo urbano o para la agricultura o presentan algunas restricciones para los dos tipos de uso señalados y se encuentran en Mesa de Jaimes, La Compañía, Casas Viejas, Peña Blanca, San Mateo Acatitlán, Loma de Chihuahua, de Rodríguez y en porciones de los parajes de Tenantongo, Rancho Avándaro y Cerro Gordo.

❖ Hidrología

El municipio se encuentra en la Región Hidrológica del Río Balsas (RH-18), dentro de la cuenca del Río Cutzamala, y forma parte de las subcuencas de los ríos Tiloxtoc y Temascaltepec. En esta cuenca se encuentran las presas de Valle de Bravo, Tiloxtoc e Ixtapantongo.

El límite máximo del embalse del vaso de la Presa Valle de Bravo se localiza a los 1,830 msnm, conforme a lo establecido en el Decreto 186, publicado en la Gaceta del Gobierno del 23 de marzo de 1993. El área que abarca el vaso es de 1 851 ha, con una capacidad total de almacenamiento es de 457 millones de m³. El río Amanalco es el caudal que más aporta a la presa. En el Plan Municipal de Desarrollo Urbano de Valle de Bravo se establece que existen en el municipio 101 manantiales, 21 arroyos, tres bordos y siete acueductos. Entre los principales problemas que se observan al respecto destacan dos:

la contaminación de cauces de ríos y arroyos, así como del mismo vaso de la presa y, por otra parte, la disminución progresiva en la captación de este recurso.

❖ Flora

La mayor parte del territorio municipal tiene un uso forestal. Las características naturales como el tipo de suelo, clima y precipitación, generan un tipo de vegetación en el que destacan diferentes especies arbóreas, entre ellas: pino, encino, oyamel, fresno y ocote. En algunas áreas se pueden encontrar superficies con pastizales, bosque mesófilo de montaña (existe muy poca superficie de este tipo en el país) y selva baja caducifolia. Las zonas boscosas constituyen uno de los elementos naturales que deben conservarse y protegerse, dada su importancia ecológica, paisajística y económica.

❖ Fauna

Las especies animales predominantes del municipio pueden agruparse en dos grandes vertientes: la fauna originaria del municipio y la fauna urbana que ha proliferado a partir de las diferentes actividades y hábitos de la población local y visitante.

Dentro del primer grupo se pueden enlistar especies como ardillas, zopilotes, águilas, gavilanes, gavilancillos, tlacuaches, armadillos, coyote, venado, gato montés, víbora de cascabel, culebras de agua, tuzas, y una cantidad considerable de aves como gorriones, primavera, pájaros carpinteros, correcominos, cenizotes, así como anfibios como ranas y sapos. Es destacable la zona de las inmediaciones del Santuario de Piedra Herrada en la que estacionalmente, en los meses de Octubre y hasta Marzo se observa la llegada y apareamiento de la Mariposa Monarca.

Es importante señalar que estas especies originarias del municipio se encuentran amenazadas por los procesos de ocupación del territorio con usos urbanos y agrícolas, los cuales van restando paulatinamente la superficie de las zonas boscosas que es en las cuales habitan la mayoría de ellas.

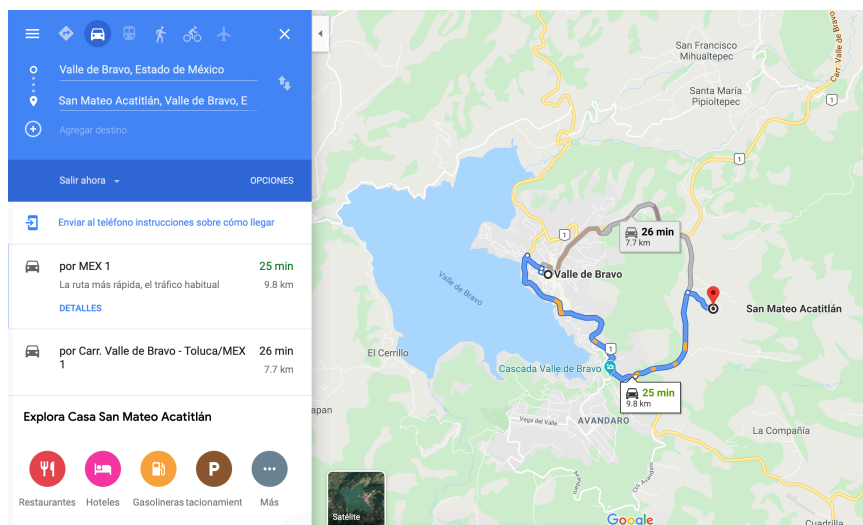
Dentro del segundo grupo, la fauna urbana, se puede hacer una distinción entre aquella que es criada por la población local y aquella que es resultado de hábitos negativos o deficientes prácticas sanitarias. Entre las primeras pueden señalarse perros de diferentes razas, gatos, aves canoras y algunos peces y reptiles que son considerados como mascotas. En el segundo grupo pueden señalarse ratas, ratones, perros callejeros y gatos que proliferan en las inmediaciones de los sitios en los que se acumula la basura, así como en el relleno sanitario del municipio. Es destacable el hecho de que este tipo de fauna representa un riesgo latente para la población por ser transmisora de diferentes enfermedades y, en el caso de los perros, por su tendencia a formar jaurías que se tornan agresivas y peligrosas para los seres humanos, por la posibilidad de ataques en las zonas alejadas de los centros urbanos. (Ayuntamiento, p.32-35)

1.2 Datos de la localidad, San Mateo Acatitlán

❖ Ubicación del proyecto

El proyecto a estudiar se encuentra en un rancho cerca de la localidad rural de San Mateo Acatitlán, en el municipio de Valle de Bravo, Estado de México, la entidad política está una zona boscosa. La altura de la localidad es de 2 000 msnm. Las coordenadas geográficas de la localidad son, latitud: 19.19071, longitud: -100.0953. Por motivos de confidencialidad de contrato no se dará el nombre específico del rancho. Dicho rancho tiene como especialidad la crianza de caballos deportivos de alto rendimiento donde entrenan jinetes.

Imagen C.1. Ubicación de San Mateo Acatitlán, en Valle de Bravo.



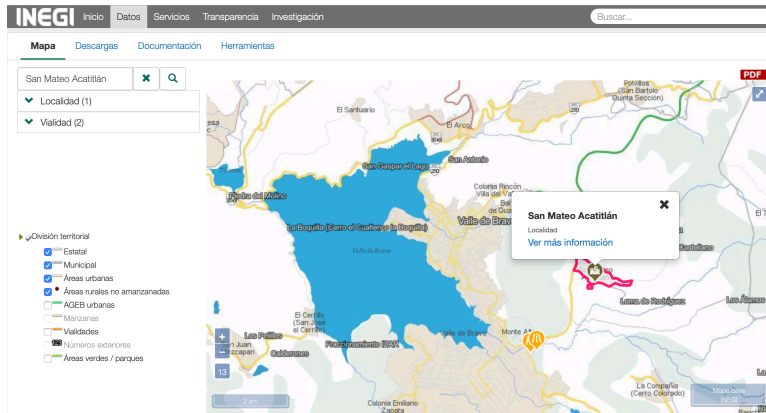
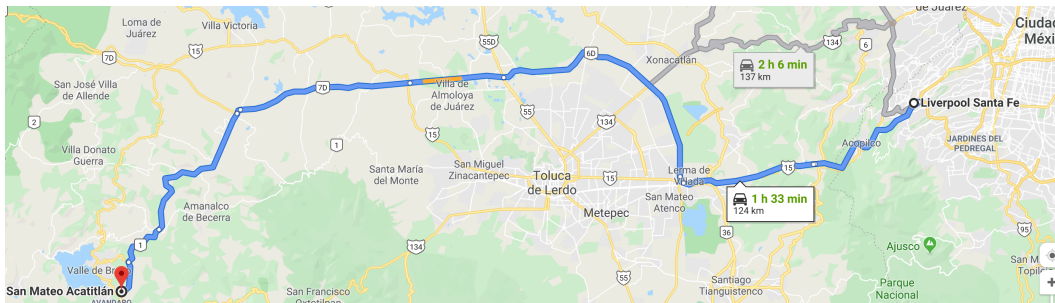
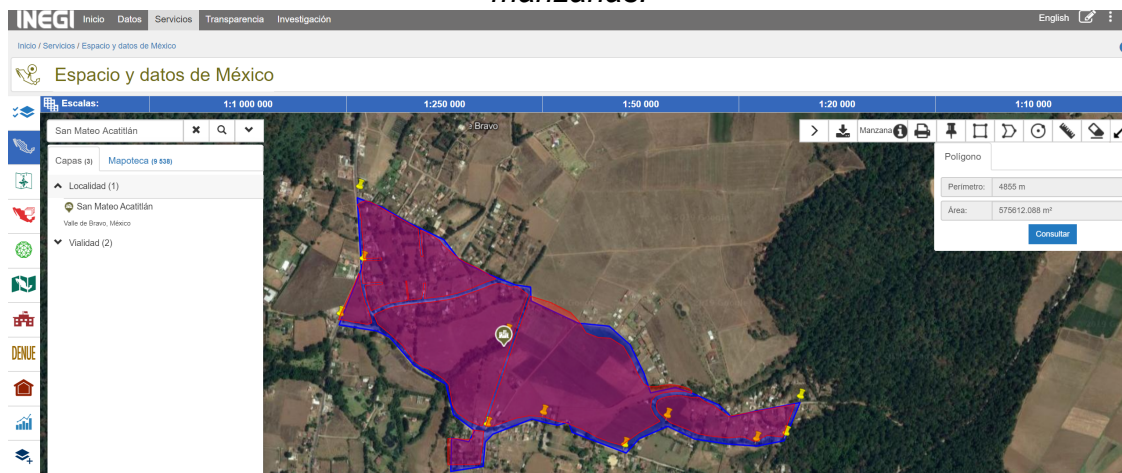


Imagen C. 2. Ruta óptima para llegar a San Mateo Acatitlán desde la CDMX.



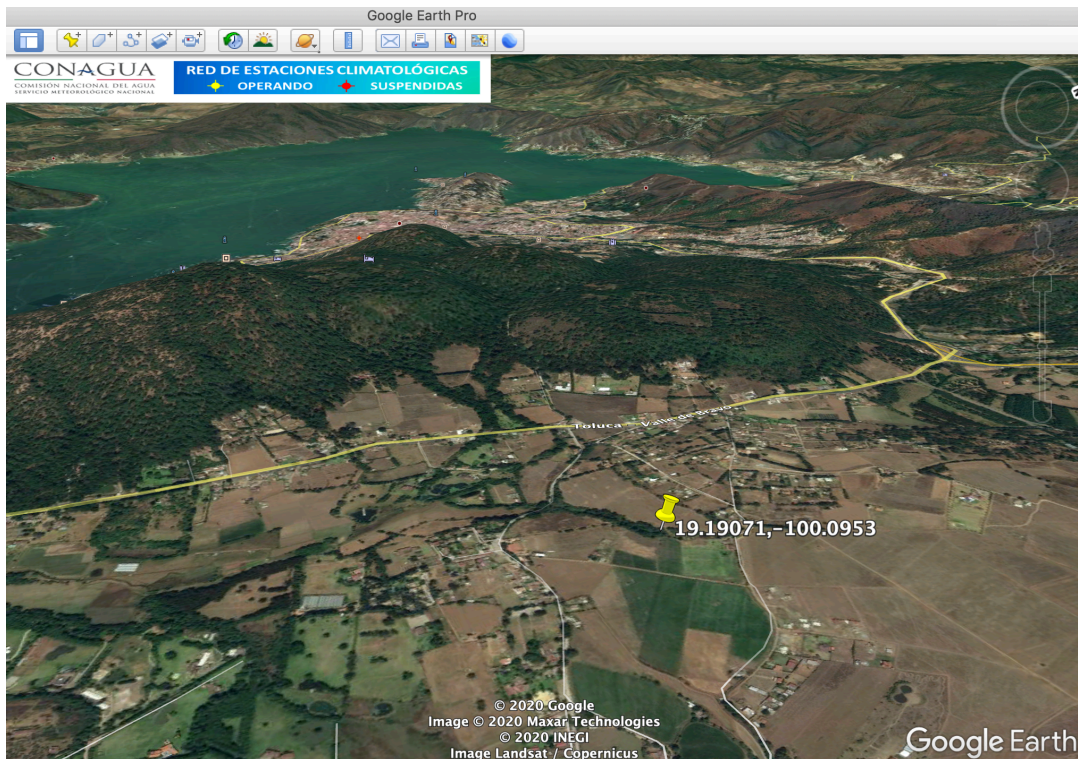
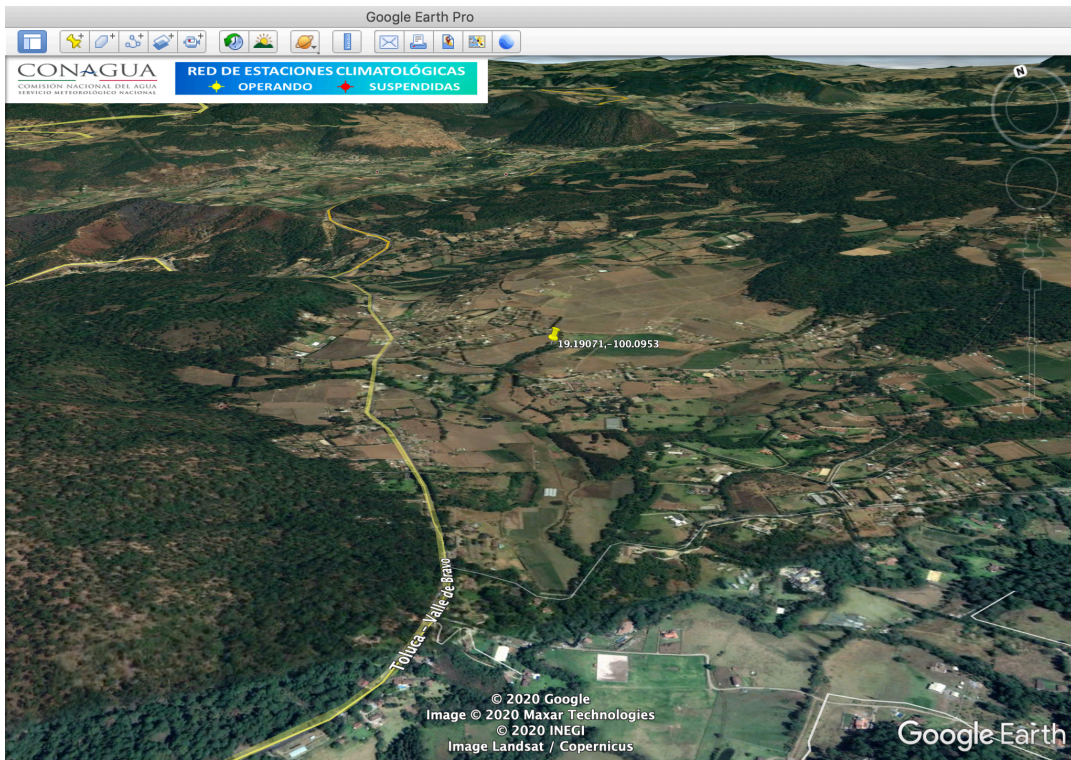
(PueblosAmérica.com) (Google maps, 2019) (INEGI, Marco Geoestadístico, 2019)

Imagen C. 3. Área y perímetro calculado por INEGI. Perímetro = 4 855 m, área = 575 612 m² (aproximadamente). Las áreas moradas representan las manzanas, en este caso son 6 manzanas.



(INEGI, Espacio y datos de México, 2019)

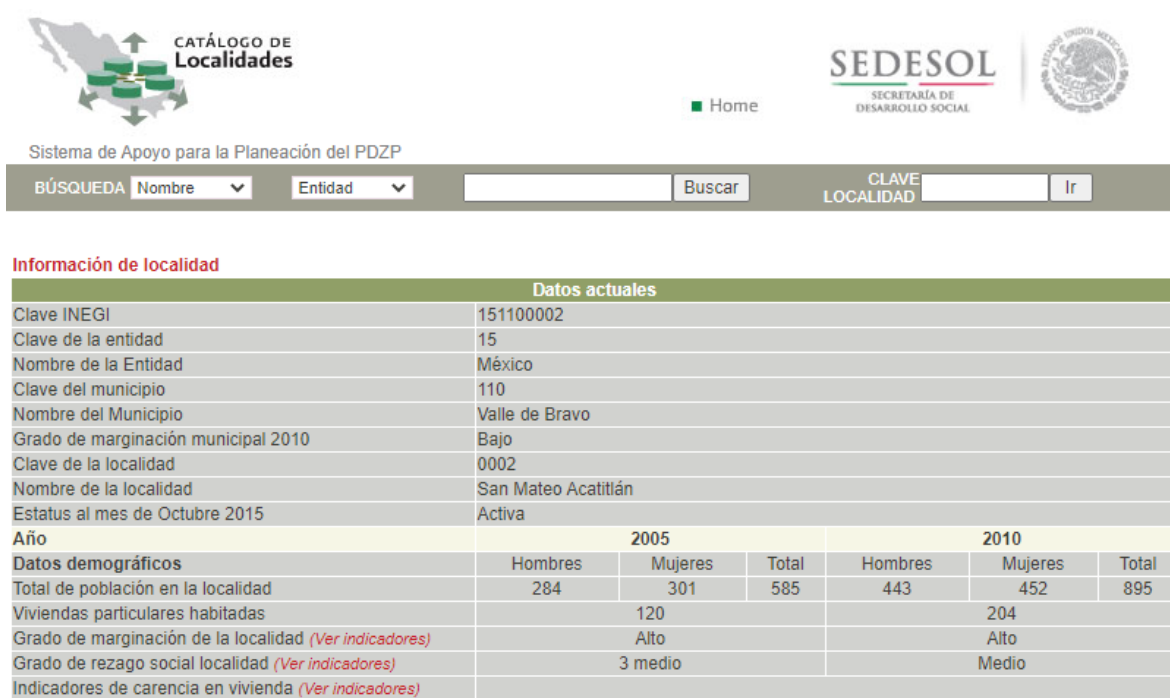
Imagen C. 4. Vista aérea del lugar con "Google Earth".



❖ Demografía

San Mateo Acatitlán brindó hogar para 895 habitantes de los cuales 443 son hombres o niños y 452 mujeres o niñas. En San Mateo Acatitlán hay 265 viviendas. De ellas, el 89.22% cuentan con electricidad, el 81.86% tienen agua entubada, el 76.47% tiene excusado o sanitario, el 59.31% radio, el 75.98% televisión, el 55.39% refrigerador, el 34.31% lavadora, el 33.82% automóvil, el 7.84% una computadora personal, el 9.80% teléfono fijo, el 47.55% teléfono celular, y el 2.94% Internet. *Porcentajes del año 2010.*

Tabla C. 1. Datos demográficos de la localidad, del año 2005 y 2010. (SEDESOL, 2015)



Datos actuales						
Clave INEGI	151100002					
Clave de la entidad	15					
Nombre de la Entidad	México					
Clave del municipio	110					
Nombre del Municipio	Valle de Bravo					
Grado de marginación municipal 2010	Bajo					
Clave de la localidad	0002					
Nombre de la localidad	San Mateo Acatitlán					
Estatus al mes de Octubre 2015	Activa					
Año	2005			2010		
Datos demográficos	Hombres	Mujeres	Total	Hombres	Mujeres	Total
Total de población en la localidad	284	301	585	443	452	895
Viviendas particulares habitadas	120			204		
Grado de marginación de la localidad <i>(Ver indicadores)</i>	Alto			Alto		
Grado de rezago social localidad <i>(Ver indicadores)</i>	3 medio			Medio		
Indicadores de carencia en vivienda <i>(Ver indicadores)</i>						

Imagen C. 5. Rezago Social.

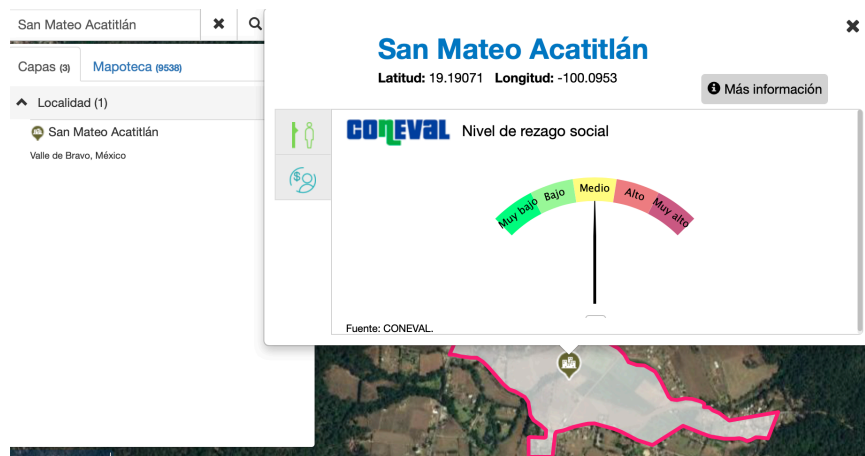
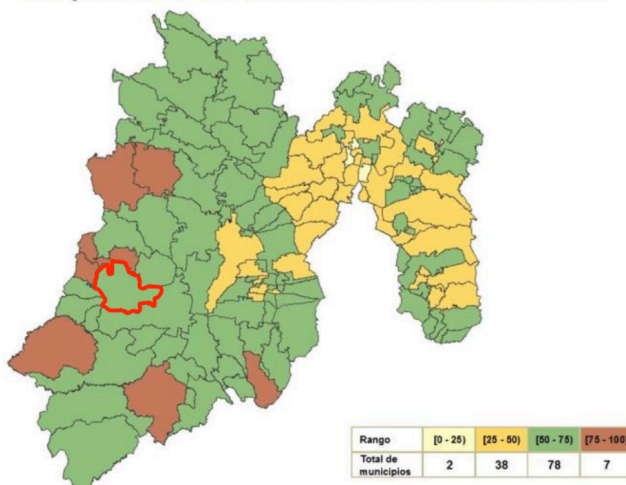


Imagen C. 6. Mapa que muestra la distribución de los 125 municipios del Estado de México según el porcentaje de población en pobreza para 2010. (CONEVAL, 2012)

CONEVAL Consejo Nacional de Evaluación de la Política de Desarrollo Social
Porcentaje de población en situación de pobreza en el Estado de México, 2010



Fuente: estimaciones del CONEVAL con base en la muestra del Censo de Población y Vivienda 2010 y en el MCS-ENIGH 2010

Tabla C. 2. Localidades del municipio. (SEDESOL, Informe anual sobre la situación de pobreza y rezago social 2016, Valle de Bravo)

Valle de Bravo, México

Localidades con los dos mayores grados de rezago social en el municipio, 2010

Número	Clave de la localidad	Nombre de la localidad
1	151100002	SAN MATEO ACATILÁN
2	151100003	EL AGUACATE
3	151100004	LOS ÁLAMOS
4	151100008	EL CASTELLANO
5	151100023	EL MANZANO
6	151100025	MESA DE DOLORES (MESA DE DOLORES SEGUNDA SECCIÓN)
7	151100030	LOS POZOS (PINAR DE OSORIOS)
8	151100032	SAN JOSÉ POTRERILLOS (POTRERILLOS)
9	151100037	SAN GABRIEL IXTLA
10	151100041	SAN RAMÓN
11	151100045	SANTA TERESA TILOXTOC
12	151100063	MESA RICA (LA FINCA)
13	151100083	ATESQUELITES (TRES QUELITES)
14	151100087	LA BOQUILLA (CERRO EL CUALTENCO LA BOQUILLA)
15	151100094	TIERRA GRANDE (LA LOMA)
16	151100099	LAS JOYAS
17	151100101	MESA DE DOLORES PRIMERA SECCIÓN (MESA DEL RAYO)
18	151100108	LA HUERTA SAN AGUSTÍN
19	151100109	TRES PUENTES
20	151100113	LAS AHUJAS
21	151100114	EL TROMPILLO
22	151100118	SANTO TOMÁS EL PEDREGAL

Tabla C. 3. Datos sociodemográficos y económicos actuales (2015). Población = 1 136 habitantes.


INEGI English Otros idiomas Contacto AA

Inicio Datos Servicios **Transparencia** Investigación Buscar...

Inicio / México en Cifras / Valle de Bravo, México

México en Cifras

En esta sección podrás consultar los indicadores sociodemográficos y económicos por área geográfica (nacional, entidad federativa, municipio y localidad) además de los tabulados, publicaciones y servicios disponibles.



San Mateo Acatitlán, Valle de Bravo, México (151100002)

Entidad federativa: 15 México
Municipio: 15110 Valle de Bravo
Localidad: 151100002 San Mateo Acatitlán

Ubicación geográfica:
Longitud 19° 11' 15.0", Latitud -100° 05' 46.0", Altitud 1,999 metros sobre el nivel del mar

Tipo de localidad habitada: Poblado tradicional
Es cabecera municipal: No
Cabecera municipal: 151100001 Valle de Bravo

Entidad federativa: México

Municipio: Valle de Bravo

Localidad: San Mateo Acatitlán

[YouTube](#) [Tutoriales](#)

Abasto

Abasto de alimentos

- Frijol: Sí
- Maíz: Sí
- Harina o tortillas de maíz: No
- Harina o pan de trigo: Sí
- Arroz: Sí
- Leche: Sí
- Huevo: Sí
- Carne de res o de puerco: No
- Pollo: No
- Pescado: No
- Frutas y verduras: No

Comercio

- Tianguis o mercado sobre ruedas: Sí
- Tienda de abarrotes: Sí
- Tienda Dicons: Sí
- Lechería Liconsa: Sí
- Farmacia: No
- Papelería: Sí
- Ferretería o tlapalería: No
- Tienda de ropa o calzado: No
- Tienda de loza o utensilios caseros: No
- Tienda de muebles o aparatos electrodomésticos: No
- Tienda de materiales de construcción: No
- Venta de gas: Sí

Actividad económica

Actividades económicas

- Agricultura: Sí
- Cría y explotación de animales: Sí
- Corte o siembra de árboles: No
- Pesca o caza de animales: No
- Explotación de minas: No
- Elaboración de artesanías: No
- Comercio: No
- Otra actividad: No
- Principal actividad económica: Agricultura
- Productos de la actividad económica: Maíz
- Principales productos de la actividad económica por sector: Maíz

Agua entubada

- Abastecimiento de agua entubada: Red de tuberías subterráneas
- Disponibilidad de red de agua entubada: Sí
- Fuente de abastecimiento de agua: Manantial

Alumbrado público

- Disponibilidad de alumbrado público: No
- Cobertura del alumbrado público: No hay alumbrado público

Aspectos sociales

Autoridades locales

- Autoridad municipal: Sí
- Comisariado ejidal o de bienes comunales: Sí
- Autoridad indígena: No
- Autoridad tradicional: No
- Policia local: No

Festividades

Festividad: Sí

Daños por fenómenos naturales

Sequía: No

Helada o granizada: No

Inundación por lluvia o desbordamientos: No

Incendio forestal: No

Tembor: No

Ciclón o huracán: No

Uso de lengua indígena

En la escuela: No aplica

En la iglesia: No aplica

En las festividades: No aplica

Para el comercio: No aplica

Entre familiares y vecinos: No aplica

En el hogar: No aplica

Problema socioeconómico principal: Otro tipo de problema

^ Características de la población

Población	Total
De 0 a 14 años	355
De 15 a 29 años	334
De 30 a 59 años	364
De 60 y más años	83
Con discapacidad	0

Fecha de actualización: 2015

^ Equipamiento

Cobertura de calles con recubrimiento: Sin amanzanamiento

Espacios culturales y recreativos

Plaza o Jardín público: No

Cancha deportiva: Sí

Parque con juegos infantiles: No

Biblioteca: No

Casa de la cultura: No

Salón de usos múltiples: No

^ Saneamiento

Disponibilidad de red pública de drenaje: No

Destino del drenaje: No hay red pública de drenaje

Servicio público de limpieza

Limpieza de áreas públicas: No

Recolección de basura domiciliaria: No

Destino de la basura: No hay servicio público de limpieza

^ Servicios

Servicios de salud

Clínica o centro de salud: No

Consultorio o médico particular: No

Partera o comadrona: No

Brigada móvil o caravana de salud: No

Promotor(a) de salud: No

Curandero(a): No

Telecomunicaciones

Teléfono público: No

Internet público: No

Señal de teléfono celular: Sí

Servicio de envío y recepción de dinero: No

Servicio de televisión de paga: No

^ Transporte público a la cabecera municipal

Transporte público: No

Medios de transporte público a la cabecera municipal

Autobús: No hay transporte público foráneo

Micro, combi o taxi colectivo: No hay transporte público foráneo

Camión de redilas o troca: No hay transporte público foráneo

Taxi libre o de sitio: No hay transporte público foráneo

Bicitaxi o mototaxi: No hay transporte público foráneo

Barco, panga o lancha colectiva: No hay transporte público foráneo

Principal medio de transporte público a la cabecera municipal: No hay transporte público foráneo

Frecuencia del transporte: No hay transporte público foráneo

❖ Información cartográfica

Imagen C. 7. Mapas del relieve en Valle de Bravo. Uno proporcionado por Google Maps y el otro por INEGI. La orografía de la localidad es lomerío, es decir, montañas de menor altura que las sierras.

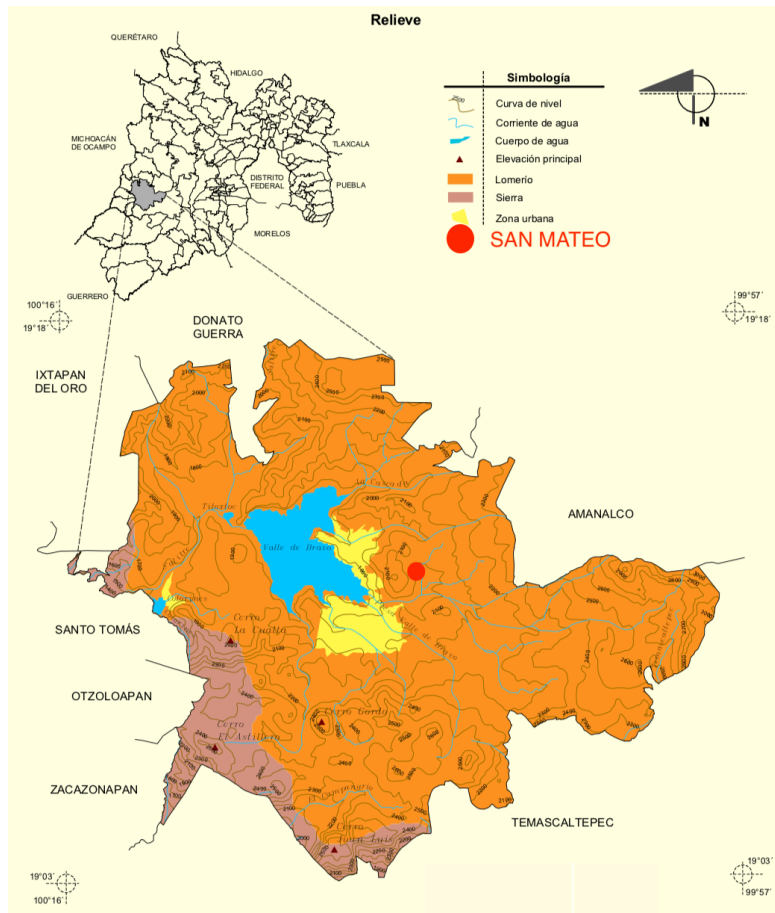
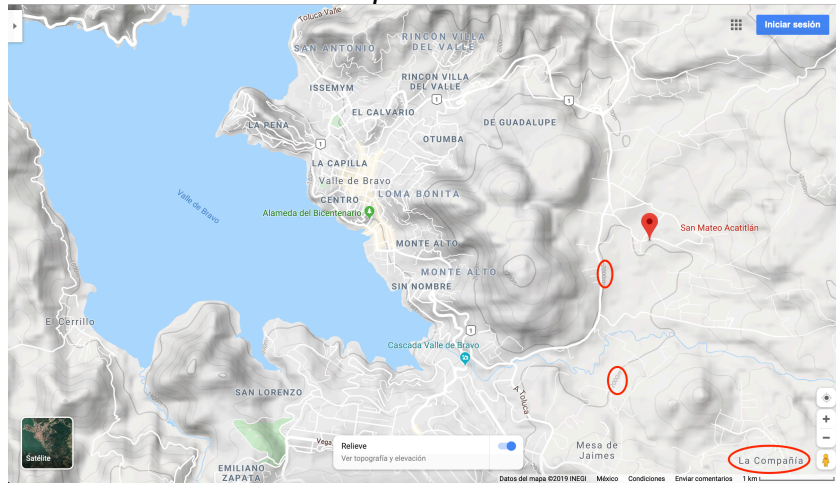


Imagen C. 8. Mapa de localidades e infraestructura para el transporte en Valle de Bravo.

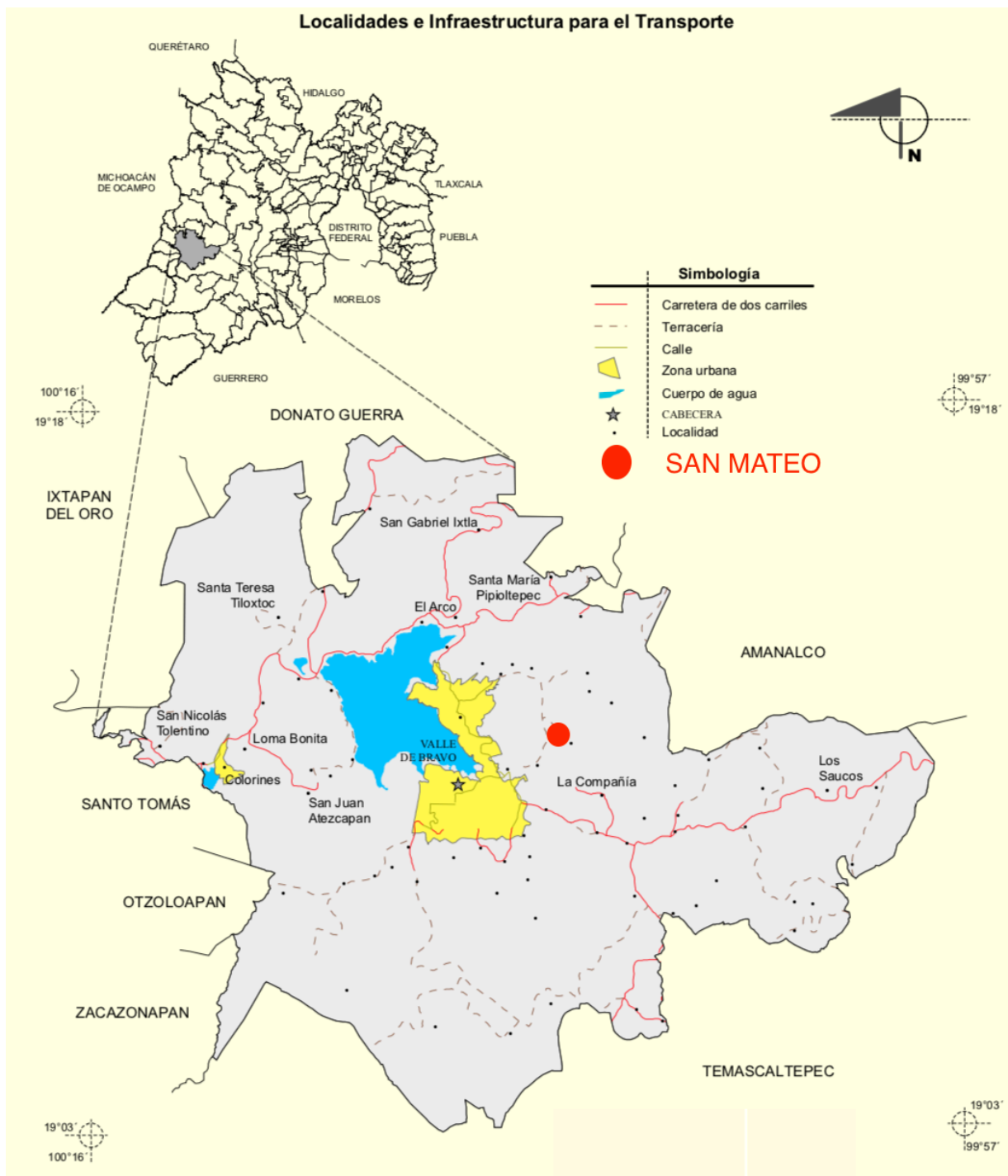
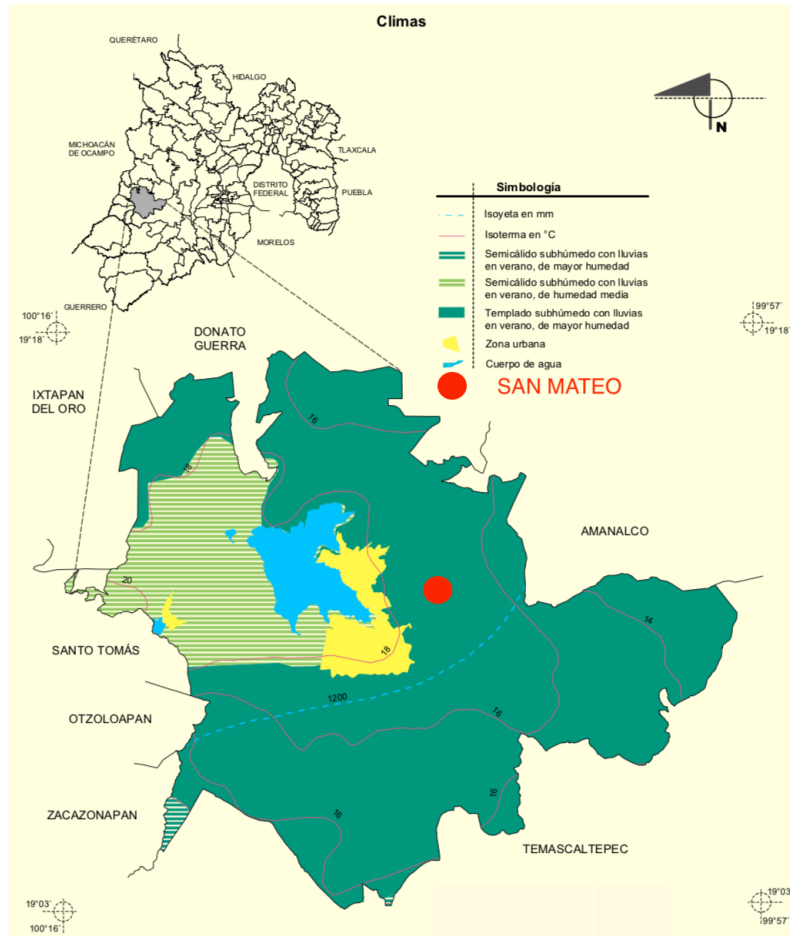


Imagen C. 9. Mapa del Clima en Valle de Bravo. En la localidad, la unidad climática es templado subhúmedo con lluvias en verano.



San Mateo Acatitlán

Localidad (1)

San Mateo Acatitlán
Valle de Bravo, México

Vialidad (2)

Climatología

Precipitación media anual

Temperatura media anual

Unidades climáticas

Cálido

Cálido húmedo

Cálido subhúmedo

Cálido semicálido húmedo

Cálido semicálido subhúmedo

Templado

Templado semicálido húmedo

Templado semicálido subhúmedo

Templado húmedo

Templado subhúmedo

Selección de escalas: 1:1 000 000 | 1:250 000

San Mateo Acatitlán
Localidad
[Ver más información](#)

5 km

Mapa base INEGI

Imagen C. 10. Mapa de la Geología del municipio. Sitio del proyecto: Ígnea extrusiva.

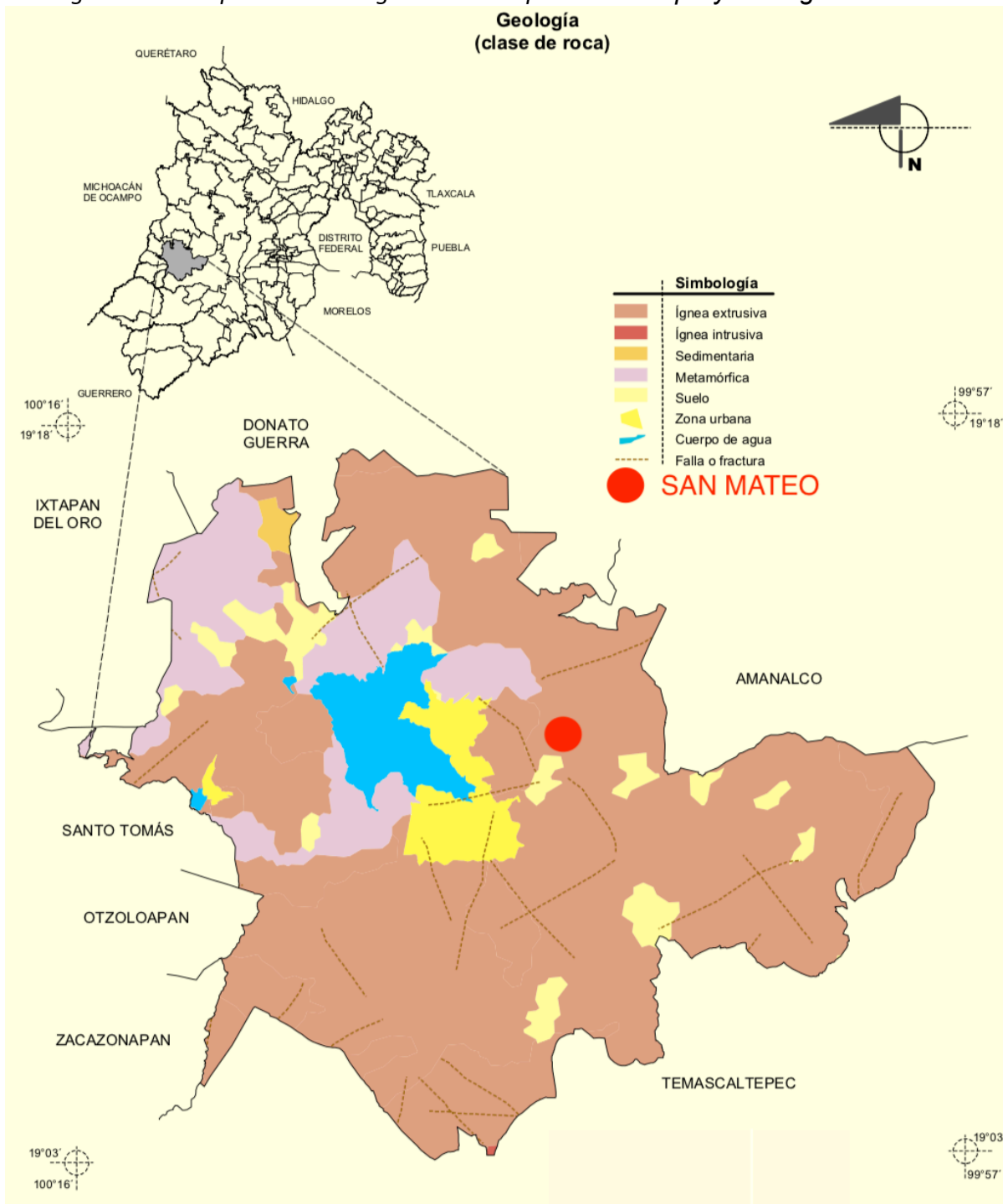


Imagen C. 11. Edafología en el municipio. Tipo de Suelo en San Mateo: Luvisol (35%), Vertisol (65%)

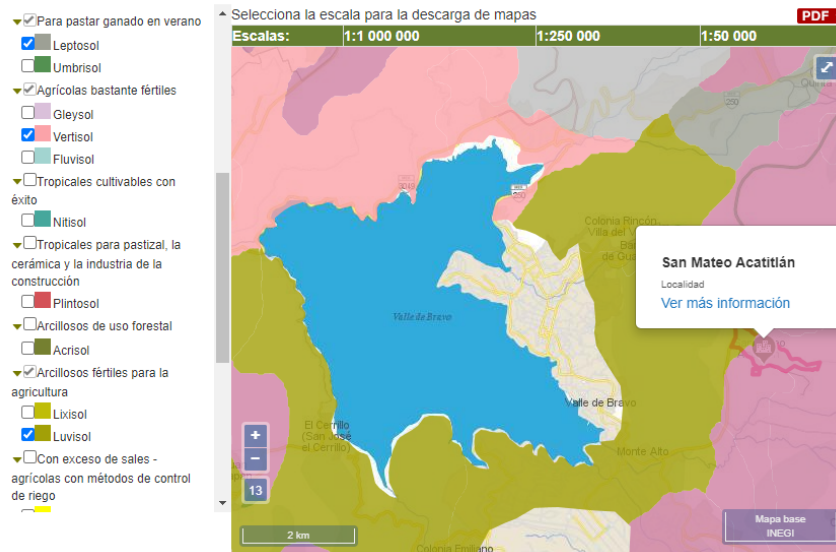
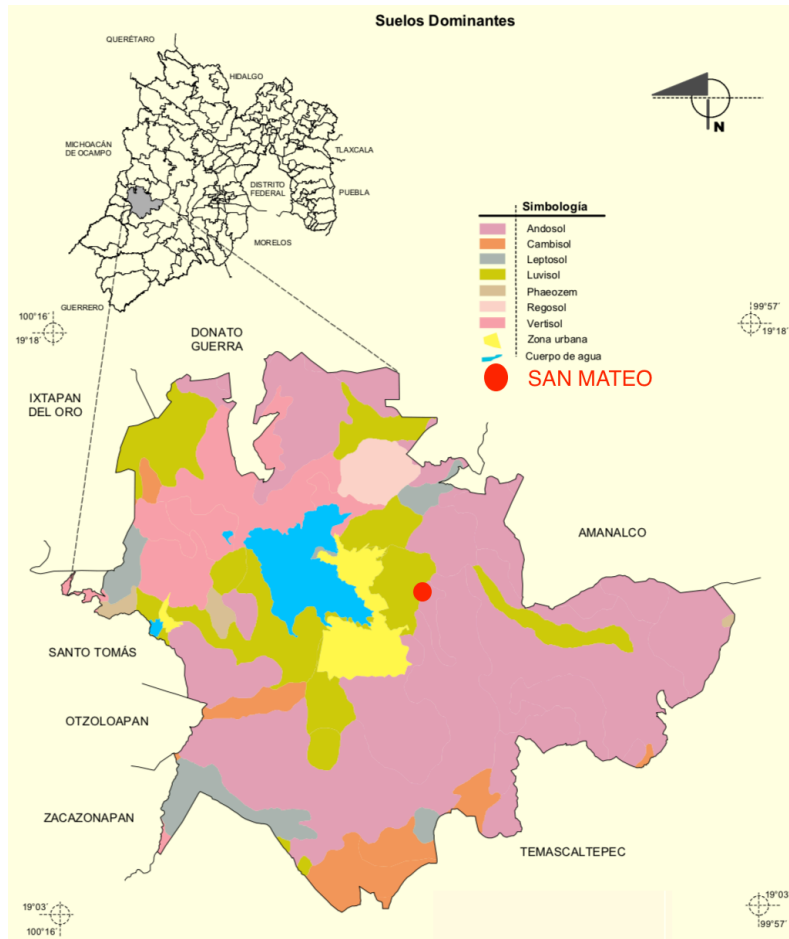
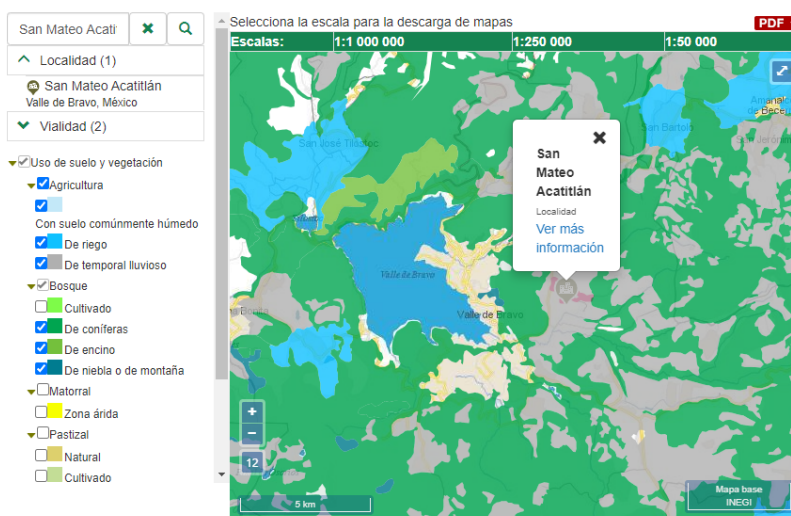
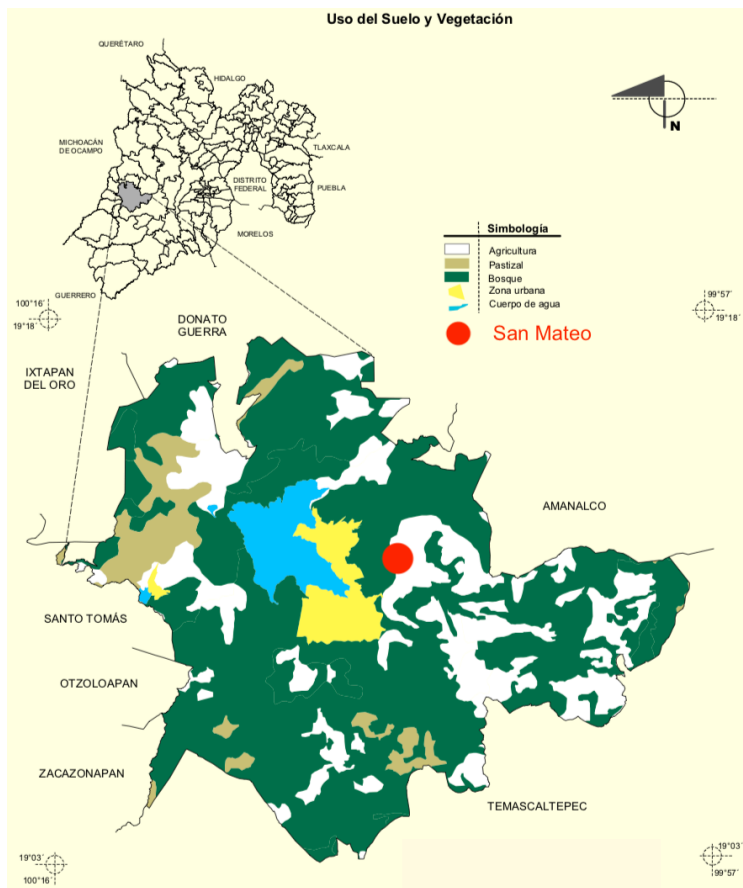


Imagen C. 12. Uso de suelo y vegetación en el municipio. En la figura de abajo se señala que son tierras de temporal (Para que los cultivos cumplan su ciclo vegetativo requieren agua de precipitación). Con suelo comúnmente húmedo.



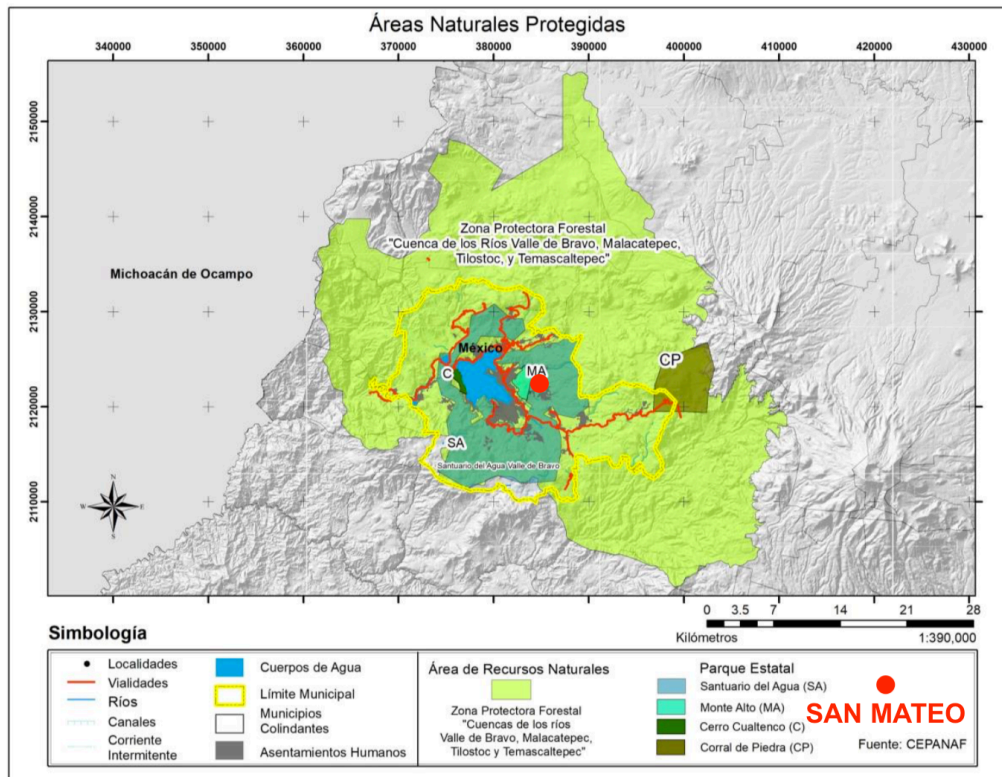
(INEGI, 2009)

❖ Áreas Naturales Protegidas

En el municipio de Valle de Bravo se cuenta con las siguientes Áreas Naturales Protegidas, véase plano:

1. Parque Estatal Cerro Cuatlenco.
2. Santuario del Agua Presa Corral de Piedra.
3. Santuario del Agua Valle de Bravo.
4. Parque Estatal Monte Alto.
5. Área de Protección de los recursos naturales Zona Protectoras forestal de los terrenos constitutivos de las cuencas de los ríos de Valle de Bravo, Malacatepec, Tiloxtoc y Temascaltepec.

Imagen C.13. Áreas naturales protegidas, Valle de Bravo.



Fuente: Elaboración propia con base en información de Áreas Naturales Protegidas, Visor Cartográfico CEPANAF

El Parque Estatal Santuario del Agua cuenta con una superficie de 15 365 hectáreas; comprende zonas forestales, matorral y selvas baja caducifolia, zonas de manantiales, cauces de ríos y arroyos. Entre sus funciones primordiales se encuentran:

- Estabilizar las funciones hidrológicas.
- Proteger los suelos de la zona.
- Conservar los recursos renovables.
- Protección de recursos genéticos.
- Preservación de pies de cría y reservorio poblacional de la diversidad biológica.
- Promoción del turismo.

- Provisión de facilidades recreativas.
- Generación de fuentes de empleo.

Situación actual (2017) del Área protegida:

- Presenta una mezcla de usos del suelo, (forestal-agrícola, forestal- habitacional y agrícola-habitacional), generando un proceso de pérdida de vocación original (no urbanizable).
- La mancha urbana avanza en forma irregular extendiéndose hacia zonas forestales, disminuyendo dichas áreas y dando como resultado la creación de nuevos núcleos urbanos, con predominio del uso mixto agrícola-habitacional.
- La mayoría de los asentamientos humanos irregulares ubicados dentro de dicha área natural protegida se encuentran en su mayoría consolidados.
- Degradación del ecosistema, azolve de cuerpos de agua, disminución de la fertilidad.
- Mercado informal del suelo a través de la lotificación informal de parcelas.

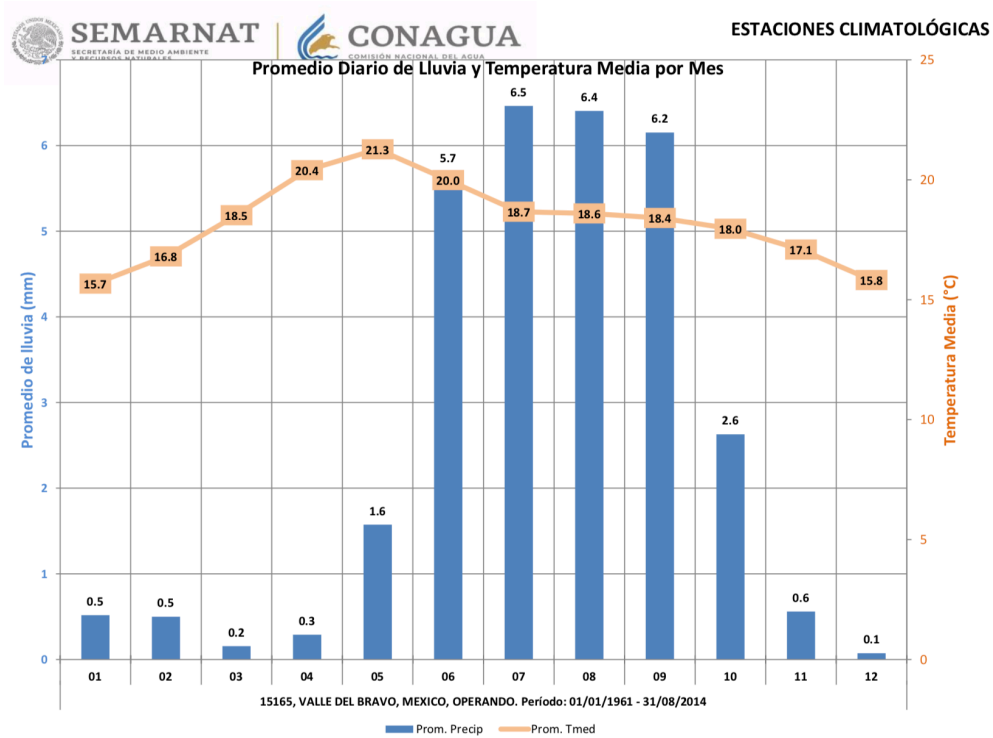
(Bravo G. M., 2020, P. 129-131)

- Reporte climatológico
- Datos climáticos obtenidos de CONAGUA

Imagen C. 14. Datos de la estación. (CONAGUA, 2019)



Imagen C. 15. Temperatura y precipitación. (CONAGUA, Datos de la estación, 15165, 2018)



- Datos climáticos obtenidos del programa NASA
Imagen C. 16. Plataforma donde se obtuvo la información climatológica.

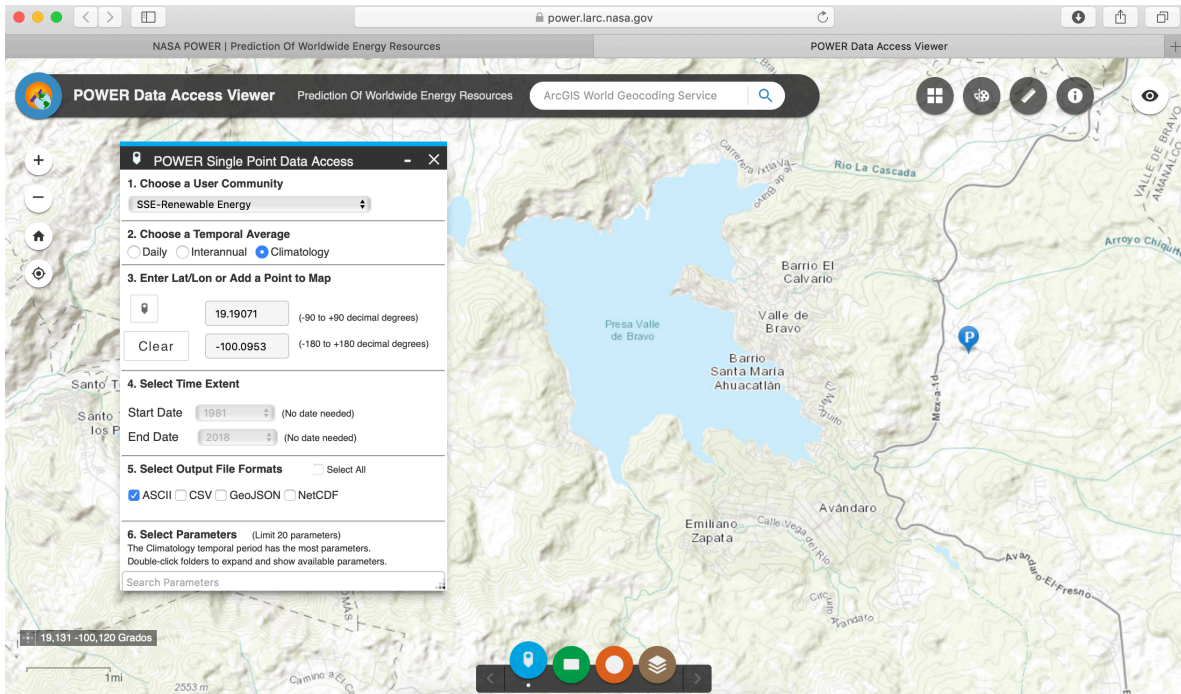


Imagen C. 17. Nubosidad

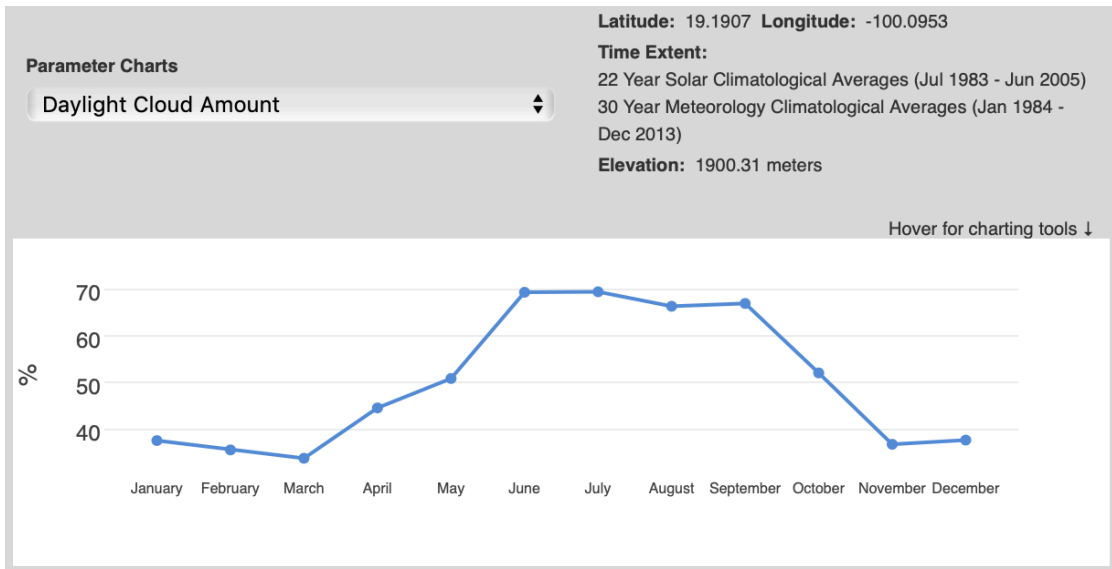


Imagen C. 18. Humedad

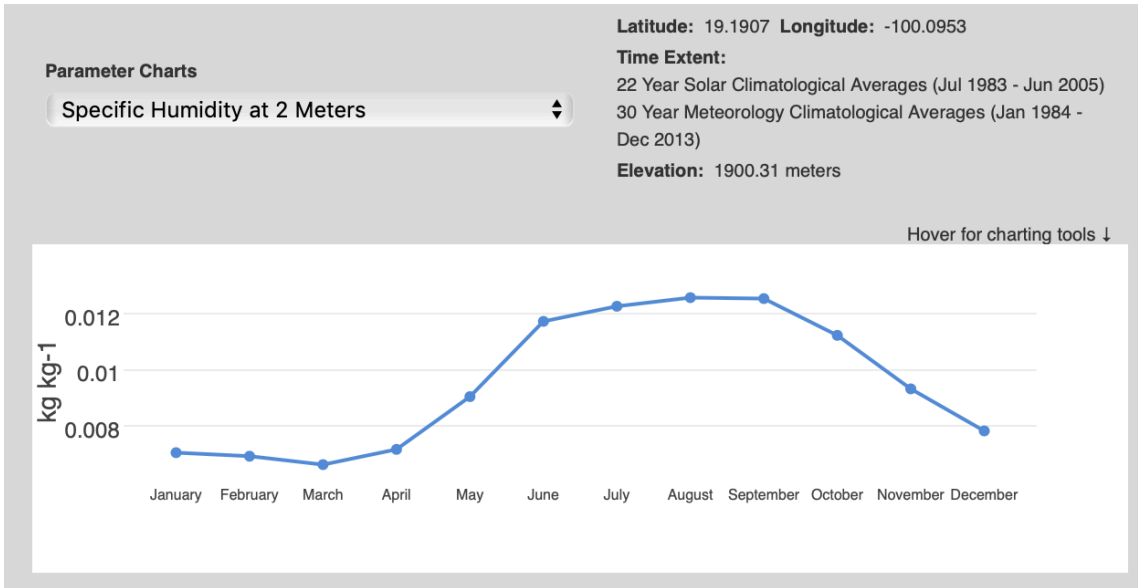


Imagen C. 19. Presión atmosférica.

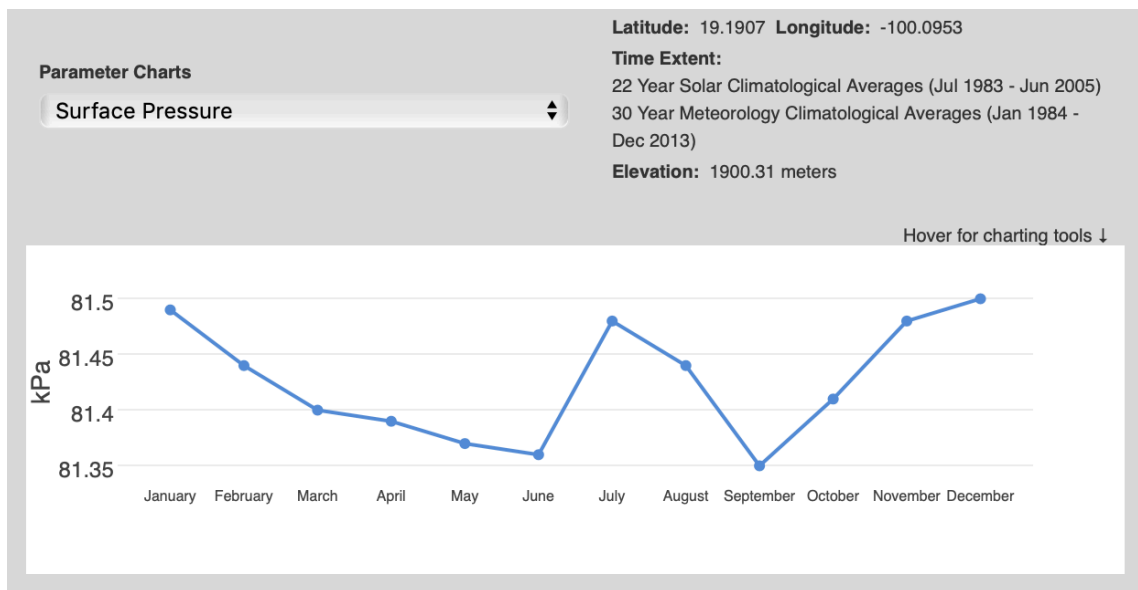
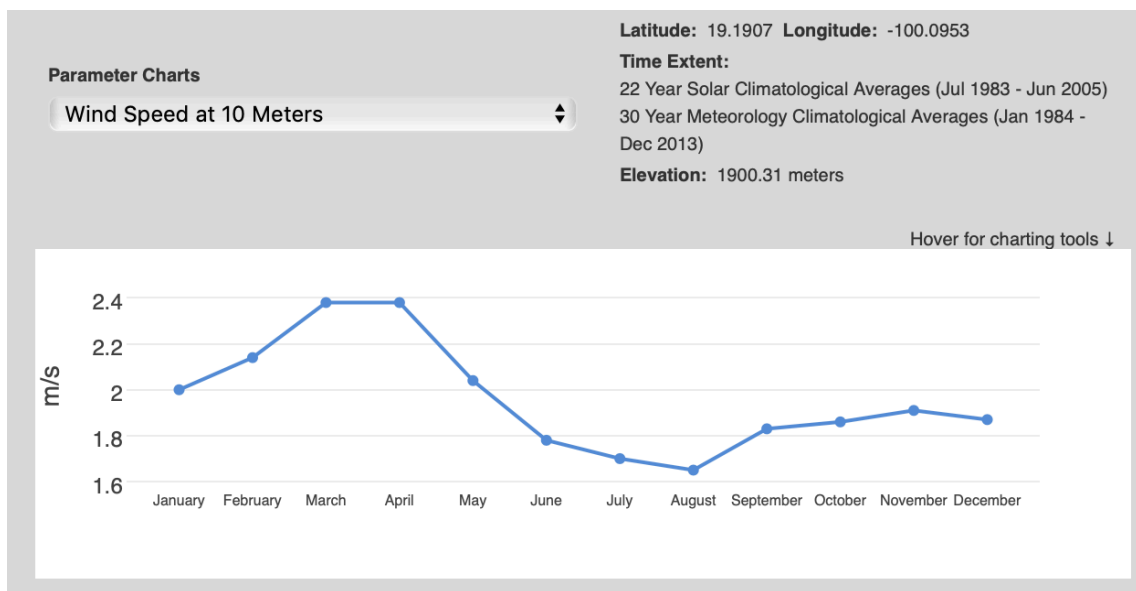


Imagen C. 20. Velocidad del viento.

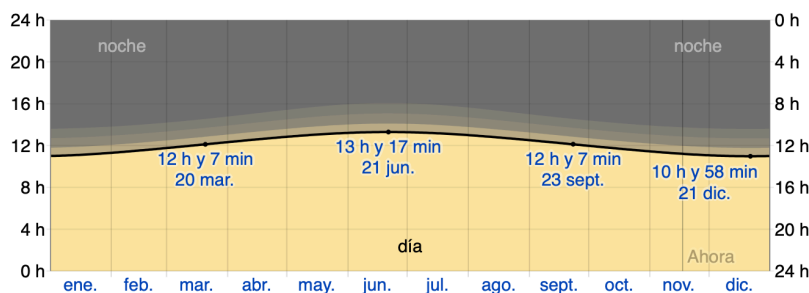


(NASA, 2019)

- Sol

La duración del día en Valle de Bravo varía durante el año. El día más corto es el 21 de Diciembre, con 10 horas y 58 minutos de luz natural; el día más largo es el 21 de Junio, con 13 horas y 17 minutos de luz natural.

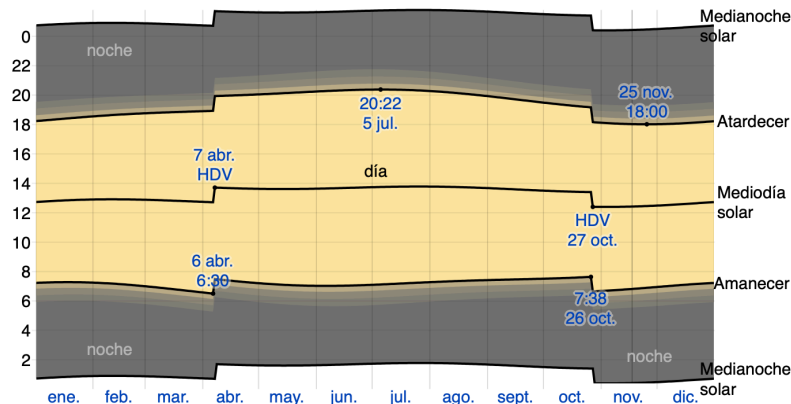
Imagen C. 21. Horas de luz natural y anochecer.



La salida del sol más temprana es a las 6:30 el 6 de Abril, y la salida del sol más tardía es 1 hora y 8 minutos más tarde a las 7:38 el 26 de Octubre. La puesta del sol más temprana es a las 18:00 el 25 de Noviembre, y la puesta del sol más tardía es 2 horas y 22 minutos más tarde a las 20:22 el 5 de julio.

Se observó el horario de verano (HDV) en Valle de Bravo durante el 2019; comenzó en la primavera el 7 de abril, duró 6.6 meses, y se terminó en el otoño del 27 de Octubre.

Imagen C. 22. Salida y puesta del sol con crepúsculo y horario de verano. El día solar durante el año 2019. De abajo hacia arriba, las líneas negras son la medianoche solar anterior, la salida del sol, el mediodía solar, la puesta del sol y la siguiente medianoche solar. La transición del horario de verano se indican con la sigla HDV.



- Energía solar

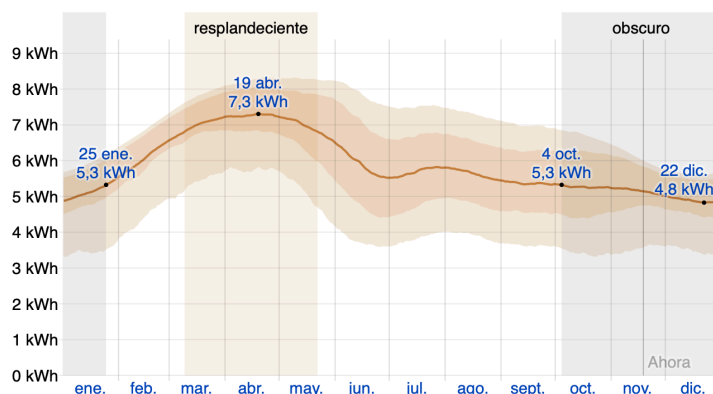
Esta sección trata sobre la energía solar de onda corta incidente diaria total que llega a la superficie de la tierra en una área amplia, tomando en cuenta las variaciones estacionales de la duración del día, la elevación del sol sobre el horizonte y la absorción de las nubes y otros elementos atmosféricos. La radiación de onda corta incluye luz visible y radiación ultravioleta.

La energía solar de onda corta incidente promedio diaria tiene variaciones estacionales leves durante el año.

El período más resplandeciente del año dura 2.4 meses, del 9 de Marzo al 22 de Mayo, con una energía de onda corta incidente diaria promedio por metro cuadrado superior a 6.8 kWh. El día más resplandeciente del año es el 19 de Abril, con un promedio de 7.3 kWh.

El periodo más oscuro del año dura 3.6 meses, del 4 de Octubre al 25 de Enero, con una energía de onda corta incidente diaria promedio por metro cuadrado de menos de 5.3 kWh. El día más oscuro del año es el 22 de Diciembre, con un promedio de 4.8 kWh.

Imagen C. 23. Energía solar de onda corta incidente diaria promedio.



(Clima promedio en Valle de Bravo)

1.3 Datos técnicos del proyecto

El proyecto, elaborado y ejecutado por “Cooperativa de Trabajo Coenergía”, con giro en la electricidad-electrónica; consiste en el suministro e instalación de un sistema fotovoltaico con capacidad de 190.08 kWp (Wp: Watt pico, es la potencia máxima de una planta solar), 576 módulos de 330 watts, en un rancho de Valle de Bravo, empleando 3 inversores (dos inversores de 60 kW y uno de 40 kW), interconectado a la red de CFE. El proyecto fotovoltaico tiene un área de 1 700 m², dicho proyecto se colocó en una superficie de 5 319.9 m² que antes se usaba como corral para caballos. Cabe destacar que cuando hablamos de sistema FV nos referimos principalmente a los módulos (páneles), inversores, cableado, estructura, tablero, transformador.

La instalación consiste en fijar de manera correcta los módulos a la estructura. Cuando quedan fijos, se procede a interconectar los módulos en serie formando arreglos (arreglo: circuito conformado por varias ramas de módulos fotovoltaicos), cada inversor tiene doce arreglos y cada módulo es protegido con un cable de puesta a tierra con la finalidad de proteger a personas por sobre-descargas y los equipos conectados a éstos.

Imagen C. 24. Vista aérea del sistema.



Imagen C. 25. Página web del Rancho. Aproximadamente el recinto cuenta con un área de 20 hectáreas ($200\ 000\ m^2=0.2\ km^2$), fundado en 1999.

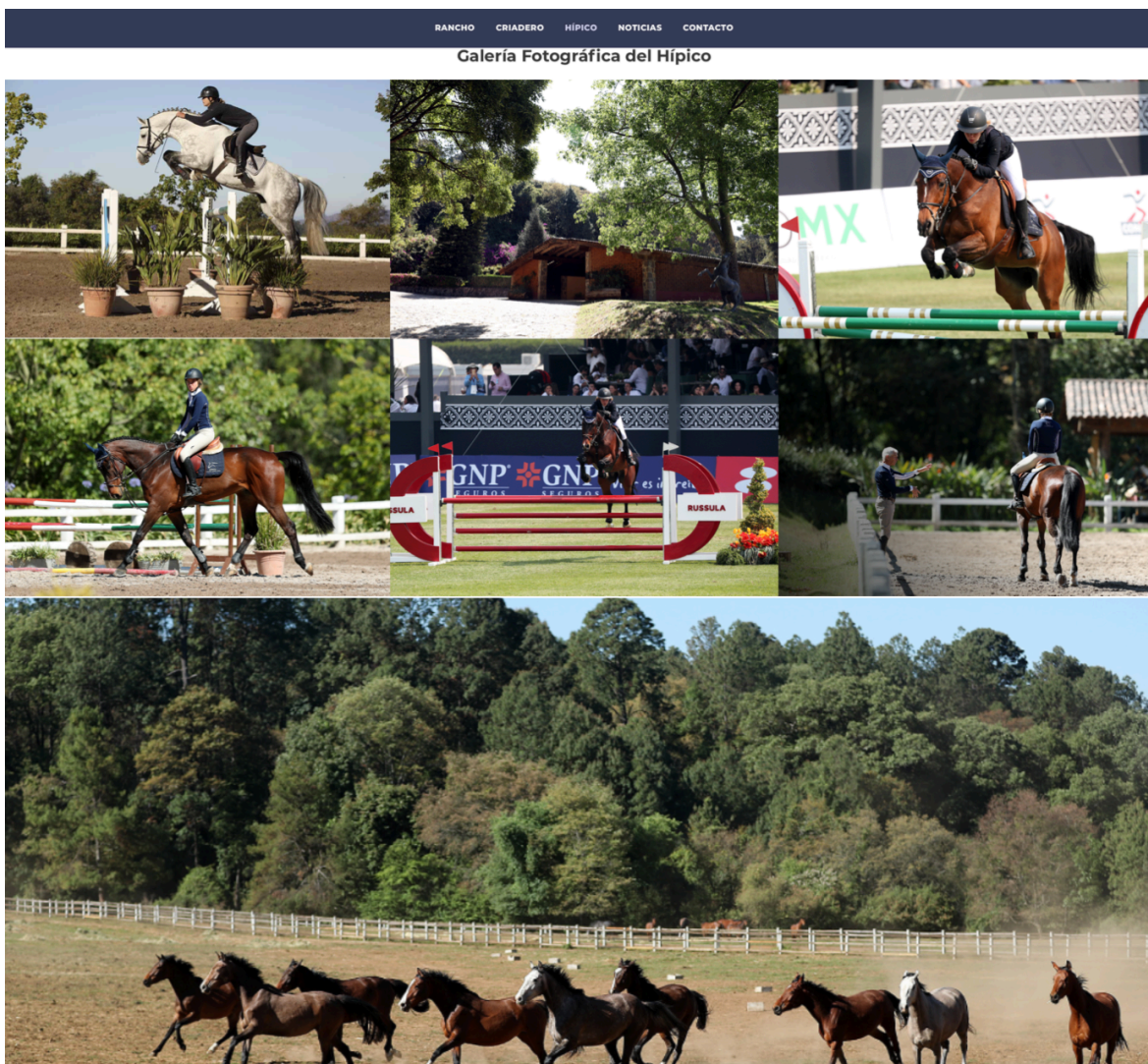
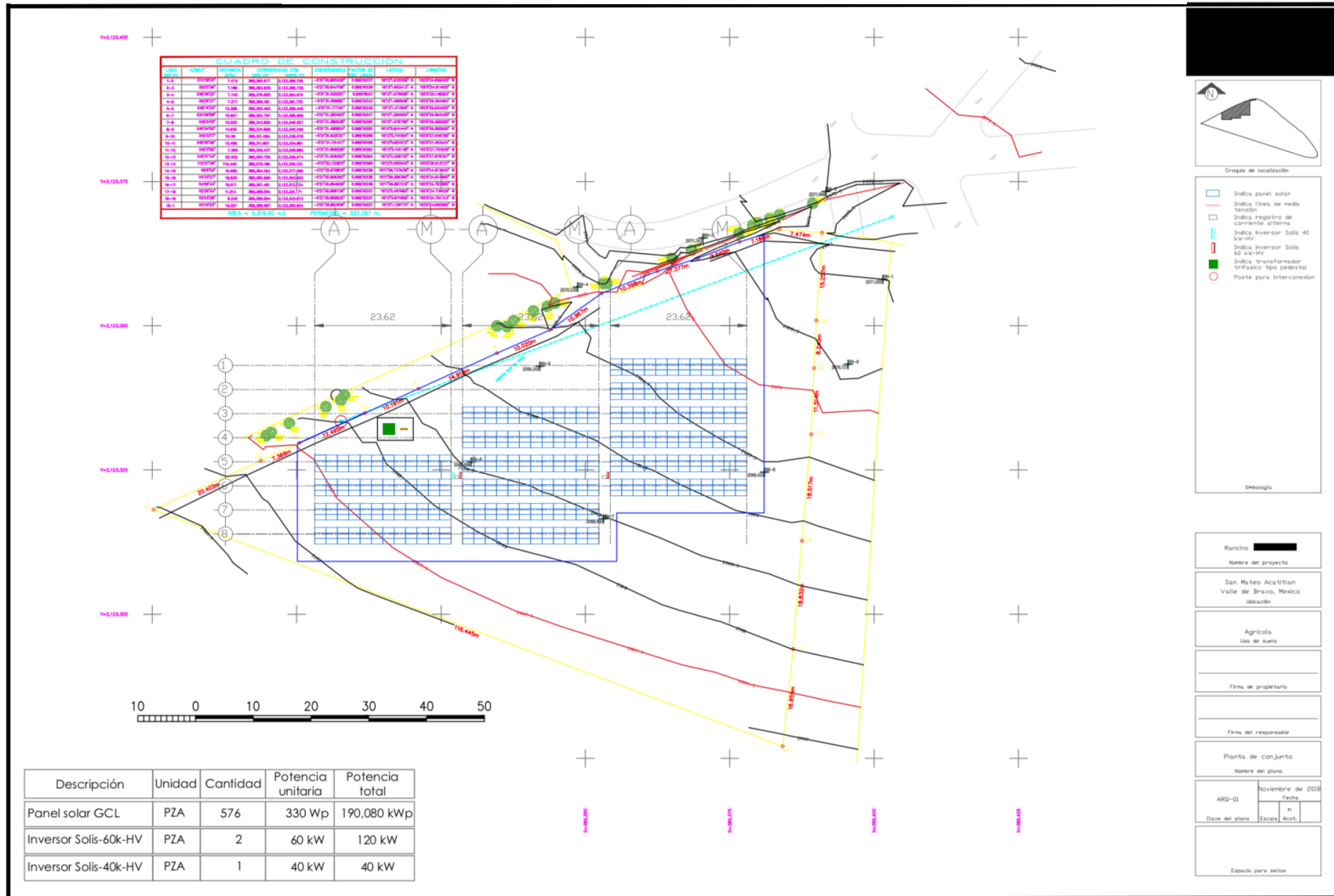
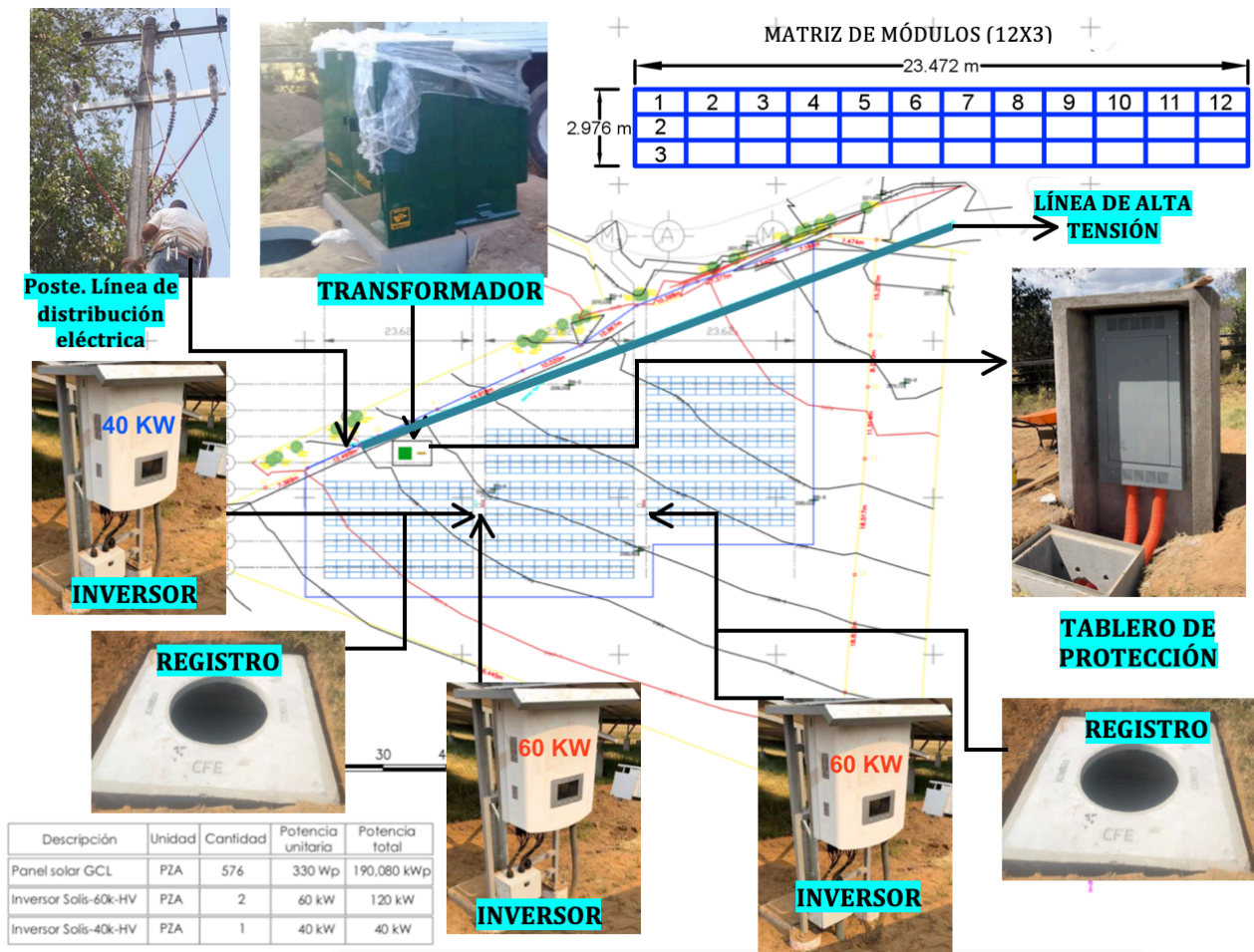


Imagen C. 26. Plano del proyecto.



Vista en planta de la instalación. Escala 1:625. Hecho por "Coenergía".

Imagen C. 27. Plano con detalles.



Cada matriz de celdas solares (12x3) requerirá 13 bases de concreto reforzado como cimentación.

Tabla C. 4. Calendarización de actividades hecha por la empresa "Coenergía". Las partidas de trazo y obra civil con las adecuaciones en ejes para estructura fueron ejecutadas por 3 oficiales y 3 ayudantes de la localidad. El resto de deberes fue realizado por la empresa (excepto trabajos de MT), la obra fotovoltaica y la obra eléctrica la hicieron 6 electricistas contratados por Coenergía; las actividades de campo fueron supervisadas por 2 ingenieros de dicha compañía.

Programa de obra Rancho				
Id	Nombre de tarea	Duración	Comienzo	Fin
1	Rancho [REDACTED]	102 días	lun 10/12/18	lun 06/05/19
2	Trazo	8 días	lun 17/12/18	vie 28/12/18
3	Levantamiento topografico	1 día	lun 17/12/18	lun 17/12/18
4	Trazo de ejes en campo	3 días	mié 26/12/18	vie 28/12/18
5	Proyecto	10 días	lun 10/12/18	vie 21/12/18
6	Elaboración de programa del proyecto	1 sem	lun 10/12/18	vie 14/12/18
7	Adecuaciones en ejes para estructura	4 días	mar 18/12/18	vie 21/12/18
8	Obra civil	35 días	mar 08/01/19	lun 25/02/19
9	Fabricación y colado de cimentación (3 Of, 3 Ay)	5 sem.	mar 08/01/19	lun 11/02/19
10	Excavaciones para canalizaciones y registros	2 sem.	mar 12/02/19	lun 25/02/19
11	Obra fotovoltaica	30 días	lun 04/02/19	vie 15/03/19
12	Instalación de estructura metálica	3 sem.	lun 04/02/19	vie 22/02/19
13	Instalación de módulo solares	2 sem.	lun 25/02/19	vie 08/03/19
14	Instalación de inversores	1 sem	lun 11/03/19	vie 15/03/19
15	Obra Eléctrica	24 días	mar 26/02/19	vie 29/03/19
16	Instalación de canalización y cableado	3 sem.	mar 26/02/19	lun 18/03/19
17	Colocación de registros	1 sem	mar 26/02/19	lun 04/03/19
18	Colocación de tableros y cableado	1 sem	mar 19/03/19	lun 25/03/19
19	Obra en MT	15 días	lun 11/03/19	vie 29/03/19
20	Obra por terceros en media tension	3 sem.	lun 11/03/19	vie 29/03/19
21	Tramite de interconexión	89 días	mié 02/01/19	lun 06/05/19
22	Tramite en CFE Suministro Básico	83 días	mié 02/01/19	vie 26/04/19
23	Verificación de instalación eléctrica (UVIE)	1 sem	mar 26/03/19	lun 01/04/19
24	Unidad de inspección (CRE)	5 días	mar 02/04/19	lun 08/04/19
25	Generación de contrato CFE Suministro Básico	4 sem.	mar 09/04/19	lun 06/05/19
26	Entrega de instalacion.	1 día	vie 29/03/19	vie 29/03/19
27	Entrega de contratos de interconexión y puesta en marcd	1 día?	mar 07/05/19	mar 07/05/19

3 oficiales y 3 ayudantes de la localidad.

6 electricistas de "Coenergía"

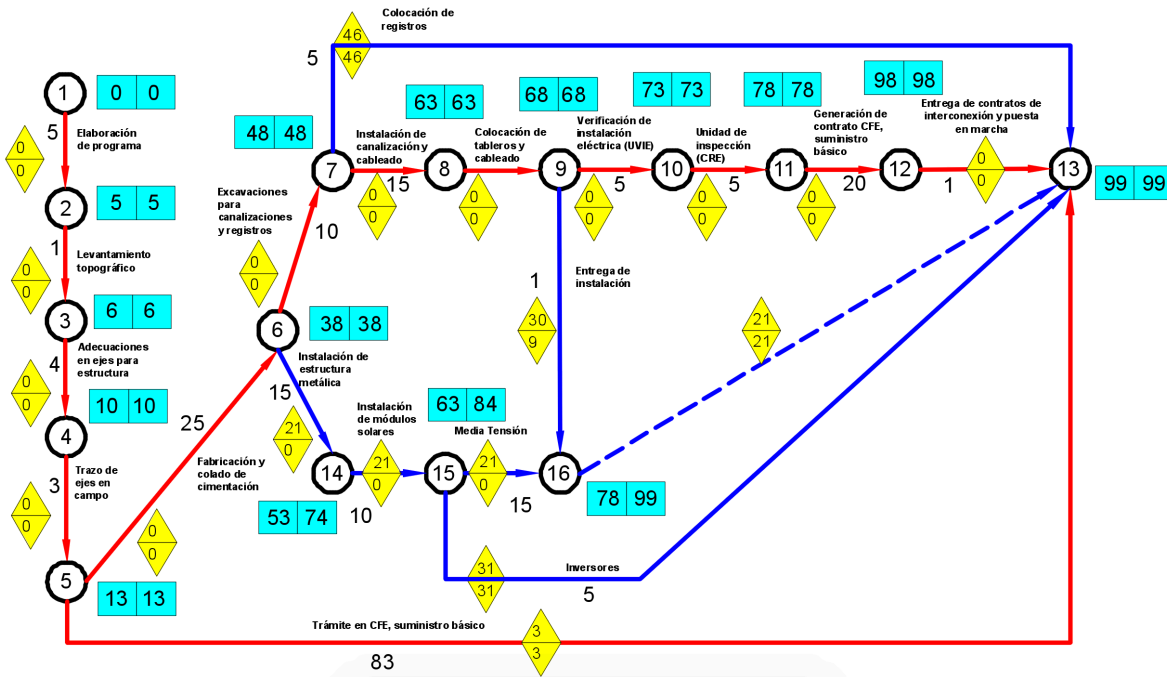
Imagen C. 28. Programa elaborado por el alumno

CONCEPTO	DICIEMBRE, 2018							ENERO, 2019							FEBRERO, 2019							MARZO, 2019							ABRIL, 2019							MAYO																
	SEMANA 1		SEMANA 2		SEMANA 3		SEMANA 4		SEMANA 5		SEMANA 6		SEMANA 7		SEMANA 8		SEMANA 9		SEMANA 10		SEMANA 11		SEMANA 12		SEMANA 13		SEMANA 14		SEMANA 15		SEMANA 16		SEMANA 17		SEMANA 18		SEMANA 19		SEMANA 20		SEMANA 21											
	TIEMPO (DÍAS)	L	M	J	V	L	M	J	V	L	M	J	V	L	M	J	V	L	M	J	V	L	M	J	V	L	M	J	V	L	M	J	V	L	M	J	V	L	M	J	V	L	M	J	V	L	M	J	V	L	M	J
INSTALACIÓN FOTOVOLTAICA Y OPERACIÓN	103																																																			
TRAZO	8																																																			
Levantamiento topográfico	1																																																			
Trazo de ejes en campo	3																																																			
PROYECTO	10																																																			
Elaboración de programa del proyecto	4																																																			
Adecuaciones en ejes para estructuras	4																																																			
OBRA CIVIL	35																																																			
Fabricación y colado de cimentación	25																																																			
Excavaciones para canalizaciones y registros	10																																																			
OBRA FOTOVOLTAICA	30																																																			
Instalación de estructura metálica	15																																																			
Instalación de módulos solares	10																																																			
Instalación de inversores	5																																																			
OBRA ELÉCTRICA	24																																																			
Instalación de canalización y cableado	15																																																			
Colocación de registros	5																																																			
Colocación de tablero y cableado	5																																																			
Obra por terceros en media tensión	15																																																			
TRÁMITE DE INTERCONEXIÓN	89																																																			
Trámite en CFE Suministro básico	83																																																			
Verificación de instalación eléctrica (LIVIE)	5																																																			
Unidad de Inspección (CIE)	5																																																			
Generación de contrato CFE Suministro Básico	20																																																			
ENTREGA DE INSTALACIÓN	1																																																			
ENTREGA DE CONTRATOS DE INTERCONEXIÓN Y PUESTA EN MARCHA	1																																																			

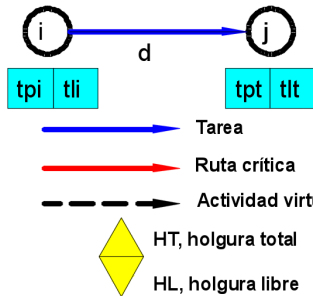
- Actividades hechas por mano de obra del Rancho: 3 oficiales y 3 ayudantes para el trazo, las adecuaciones a los ejes y la obra civil.
- Actividades hechas por la empresa: 6 electricistas para la parte fotovoltaica y eléctrica.
- Actividad hecha por terceros.
- Dias inhábiles
- Duración del proyecto
- Duración de partida
- Duración de concepto de obra.

*EN TODO MOMENTO HUBO 2 INGENIEROS DE CAMPO SUPERVISANDO LAS TAREAS.

Imagen C. 29. Ruta crítica en Autocad, elaborado por el alumno.



NOMENCLATURA



d, duración
 tpi, tiempo más temprano que puede iniciarse una actividad.
 tli, tiempo más tarde que puede iniciarse una actividad.
 tpt, tiempo más temprano que puede terminarse una actividad.
 tlt, tiempo más tarde que puede terminarse una actividad.

Nota: El programa de obra (imagen de la página anterior) solo proporciona la duración y las fechas de inicio y fin de cada concepto. Pero no señala el conjunto de actividades que conforma una seriación (una cadena ó ramal), es decir, la actividad “y” depende de que la actividad “x” haya concluido y la actividad “z” depende de la finalización de “y”. Estrictamente, la ruta crítica debió de haber terminado en 103 días, pero debido a la complejidad del programa de obra, a causa de la seriación, finalizó la ruta en 99 días, como solo varía por 4 días se pasará por alta dicha discrepancia.

Tabla C. 5. Cuadro de holguras. Nota: El grado crítico se determinó por H_T .

Mano de obra	LETRA	CONCEPTO	Nodo	Duración								Grado crítico	
				(días)	t _{pi}	t _{pt}	t _{li}	t _{lt}	HT	HL	Hint		Hind
EMPRESA	A	Elaboración de programa del proyecto	1,2	5	0	5	0	5	0	0	0	0	1
RANCHO	B	Levantamiento topográfico	2,3	1	5	6	5	6	0	0	0	0	1
EMPRESA	C	Adecuaciones en ejes para estructuras	3,4	4	6	10	6	10	0	0	0	0	1
RANCHO	D	Trazo de ejes en campo	4,5	3	10	13	10	13	0	0	0	0	1
RANCHO	E	Fabricación y colado de cimentación	5,6	25	13	38	13	38	0	0	0	0	1
RANCHO	F	Excavaciones para canalizaciones y registros	6,7	10	38	48	38	48	0	0	0	0	1
EMPRESA	G	Instalación de canalización y cableado	7,8	15	48	63	48	63	0	0	0	0	1
EMPRESA	H	Colocación de tablero y cableado	8,9	5	63	68	63	68	0	0	0	0	1
EMPRESA	I	Verificación de instalación eléctrica (UVIE)	9,10	5	68	73	68	73	0	0	0	0	1
EMPRESA	J	Unidad de inspección (CRE)	10,11	5	73	78	73	78	0	0	0	0	1
EMPRESA	K	Generación de contrato CFE Suministro Básico	11,12	20	78	98	78	98	0	0	0	0	1
EMPRESA	L	Entrega de contratos de interconexión y puesta en marcha	12,13	1	98	99	98	99	0	0	0	0	1
EMPRESA	M	Colocación de registros	7,13	5	48	99	48	99	46	46	0	46	5
EMPRESA	N	Entrega de instalación	9,16	1	68	78	68	99	30	9	21	9	4
EMPRESA	O	Instalación de estructura metálica	6,14	15	38	53	38	74	21	0	21	0	3
EMPRESA	P	Instalación de módulos solares	14,15	10	53	63	74	84	21	0	21	-21	3
TERCEROS	Q	Obra por terceros en media tensión	15,16	15	63	78	84	99	21	0	21	-21	3
EMPRESA	R	Actividad virtual	16,13	0	78	99	99	99	21	21	0	0	3
EMPRESA	S	Instalación de inversores	15,13	5	63	99	84	99	31	31	0	10	4
EMPRESA	T	Trámite en CFE Suministro básico	5,13	83	13	99	13	99	3	3	0	3	2

La holgura es la libertad que se tiene en la duración del tiempo sin que nos afecte.

La holgura total es el máximo tiempo que se puede retrasar una actividad, sin afectar la duración total de un proyecto. En otras palabras, es el máximo tiempo que puede retrasarse una actividad.

La holgura libre es la parte de la holgura total que una actividad puede consumir sin retrasar el proyecto, y sin impedir que alguna actividad subsecuente se inicie en sus "t_{pi}".

La holgura de interferencia es cuando una actividad se retrasa, este retraso no prolongará la fecha de terminación del proyecto, aunque si afectará a alguna actividad subsecuente en su tiempo de iniciación. Es decir, interferirá en dicha actividad.

La holgura independiente es el tiempo en exceso a la duración de una actividad, que puede consumirse sin retardar la terminación del proyecto, ni la iniciación de la actividad subsecuente.

(Holguras. Definiciones impartidas por Ing. Jorge Terrazas Y De Allende.)

A continuación se presentan las fórmulas para estimar las holguras:

Holgura total: $H_T = t_{lt} - (t_{pi} + d)$

Holgura libre: $H_L = t_{pt} - t_{pi} - d$

Holgura de interferencia: $H_{int} = H_T - H_L$

Holgura independiente: $H_{ind} = t_{pt} - t_{li} - d$, cabe señalar, cuando se presenta un resultado con signo negativo (-), se le debe dar "seguimiento especial" a la actividad, podemos decir que es "casi crítica".

Imagen C. 31. Programa de Obra complementado.

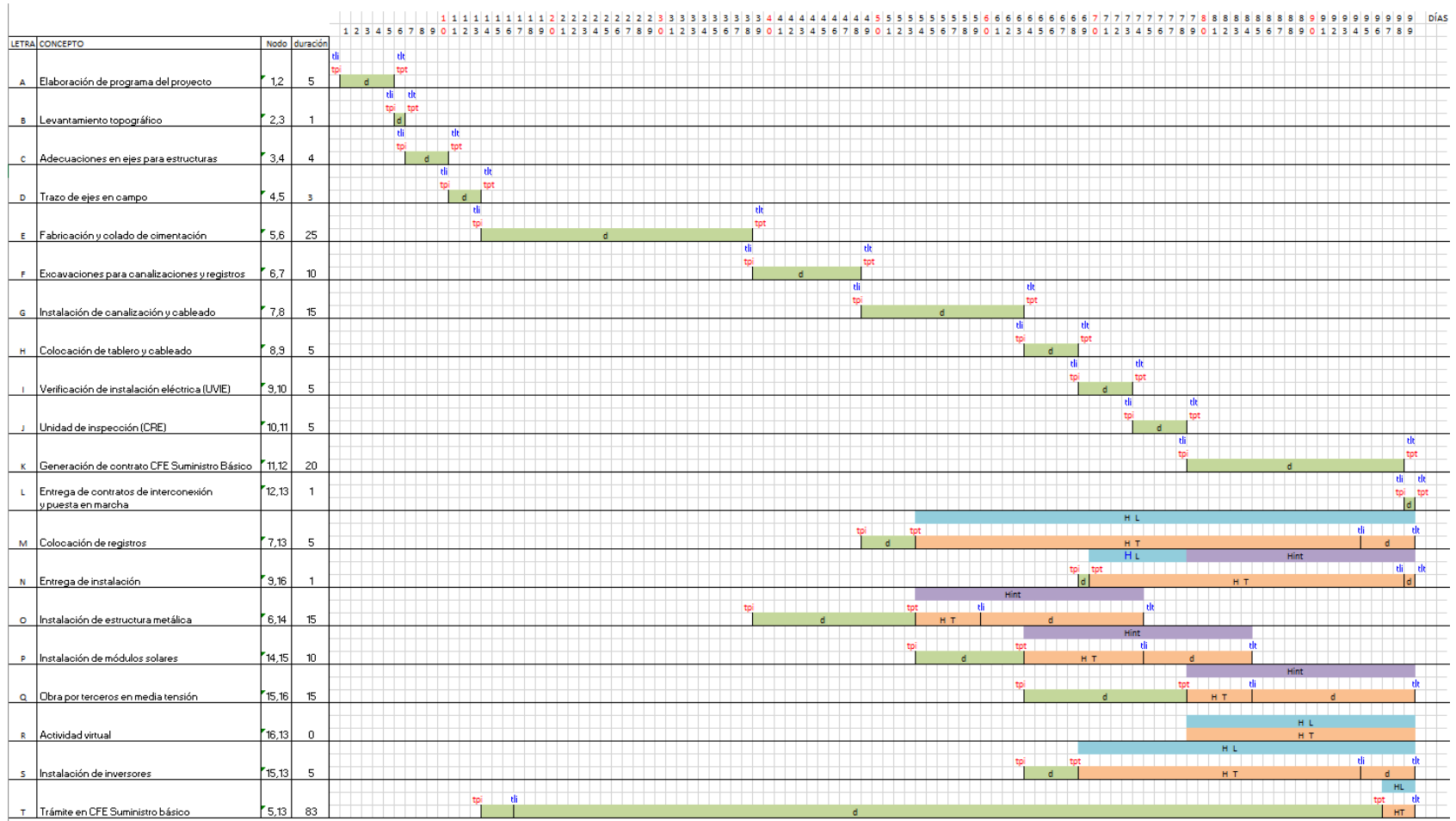


Tabla C. 6. Resumen técnico.

Potencia del sistema (Wp)	190 080
Número de módulos	576
Número de inversores	3
Energía generada anualmente, sin proyecto (kWh)	286 831
Ahorro de energía (%)	100

Tabla C. 7. Información básica del módulo o panel.

Tecnología	Policristalina
Número de celdas por panel	72
Ángulo de inclinación de módulos	17.5° con respecto a la horizontal, orientación hacia el Sur.
Potencia (Wp)	330
Garantía (años)	25

Tabla C. 8. Información básica del inversor.

Tecnología	String: Un conjunto de paneles en serie están conectados a un solo punto central (inversor)
Potencia (kW)	Hasta 60
Garantía (años)	20

Tabla C. 9. Datos financieros.

Costo del proyecto, más IVA (USD)	208 822
Tarifa (\$ / kWh)	2.3
Ahorro a 25 años (USD), con 5% de inflación	700 926
TIR (%)	16
Tiempo de recuperación de inversión (años)	Entre 7 y 8
Ahorro promedio mensual (USD)	1 479
Forma de pago	El rancho no solicitó un préstamo crediticio, ellos solventaron todo: Anticipo del 50%, 2 avances del 20% y un finiquito del 10%

Nota: Tipo de cambio para efectos de cálculo: 19.0694 MXP/USD. Presupuesto válido al 13 de Septiembre de 2018. Costo del proyecto, más IVA = \$3 982 110.25; ahorro a 25 años = \$13 366 238.26; ahorro promedio mensual = \$28 203.6426

Imagen C. 32. Gráfica de ahorros acumulados estimados.

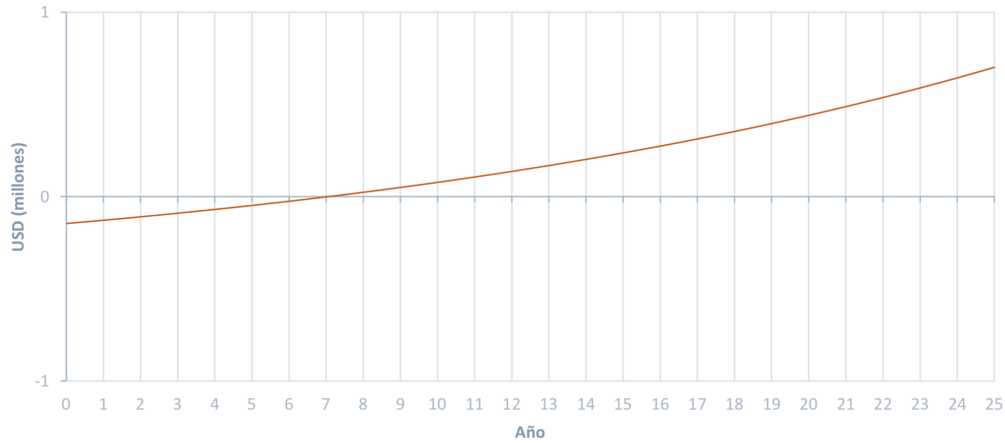
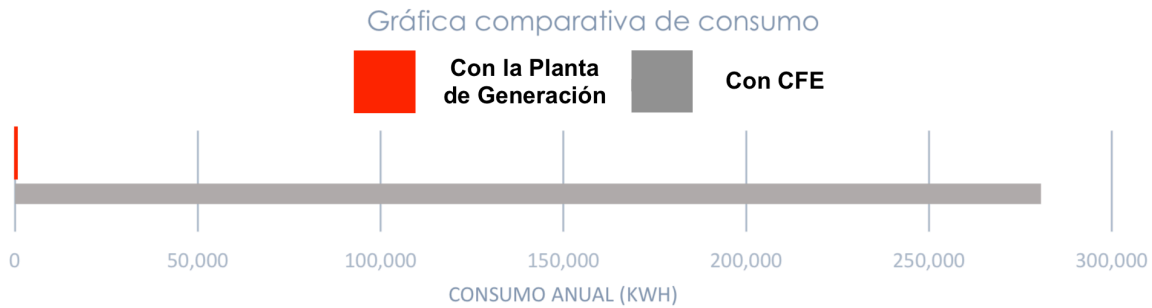


Imagen C. 33. Gráfica comparativa de consumo.



Cálculos basados en datos históricos del cliente

- Especificaciones técnicas
 - Especificaciones del módulo fotovoltaico

Para este caso, se decidió trabajar con el panel solar de 330 Wp, de la marca “GCL”, modelo “P6/72”.

Imagen C. 34. Especificaciones técnicas del módulo

GCL-P6/72
HIGH EFFICIENCY
MULTICRYSTALLINE MODULE
GCL-P6/72 310-330 Watt

330^W
MAXIMUM POWER OUTPUT

17.0 %
MAXIMUM MODULE EFFICIENCY

0~+5^W
POWER OUTPUT GUARANTEE

Trust GCL to Deliver Reliable Performance Over Time

- World-class manufacturer of crystalline silicon photovoltaic modules
- Fully automatic facility and world-class technology
- Rigorous quality control to meet the highest standard:
ISO9001:2008, ISO 14001: 2004 and OHSAS: 18001 2007
- Tested for harsh environments (salt mist, ammonia corrosion and sand blowing test: IEC 61701, IEC 62716, DIN EN 60068-2- 68)
- Long term reliability tests
- 2*100% EL inspection ensuring defect-free modules

LINEAR PERFORMANCE WARRANTY
10 Years Product Warranty 25 Years Linear Power Warranty

100%
97.5%
90%
80.7%

Years 5 10 15 20 25

■ Industry standard ■ GCL SI standard

Additional value from GCL SI's linear warranty

- ✓ Ideal choice for large scale ground installation
- ↻ High conversion efficiency due to top quality wafer and advanced cell technology
- ⊘ PID Selected encapsulating material and stringent production process control ensure product highly PID resistant and snail trails free
- ☂ Passed sand blowing test, salt mist test and ammonia test; flexible for harsh environments
- ↑ Optimized system performance by module level current sorting
- ⚡ Special cell process ensures great performance in low irradiance environment
- 🧼 Additional yield and easy maintenance with high transparent self-cleaning glass

GCL-P6/72

HIGH EFFICIENCY MULTICRYSTALLINE MODULE

ELECTRICAL SPECIFICATION (STC)

TYPE (STC)	GCL-P6/72 310	GCL-P6/72 315	GCL-P6/72 320	GCL-P6/72 325	GCL-P6/72 330
Maximum Power P _{max} (W)	310	315	320	325	330
Maximum Power Voltage V _m (V)	37	37.2	37.4	37.6	37.8
Maximum Power Current I _m (A)	8.38	8.47	8.56	8.64	8.73
Open Circuit Voltage V _{oc} (V)	45.4	45.6	45.8	46	46.2
Short Circuit Current I _{sc} (A)	8.99	9.08	9.17	9.24	9.33
Module Efficiency (%)	16.0	16.2	16.5	16.7	17.0
Power Output Tolerance P _m (W)	0~+5				

Values at Standard Test Conditions STC (Air Mass AM1.5, Irradiance 1000W/m², Cell Temperature 25°C).

ELECTRICAL DATA (NOCT)

Maximum Power P _{max} (W)	224.45	227.14	231.2	234.61	237.71
Maximum Power Voltage V _m (V)	33.6	33.8	34.1	34.3	34.5
Maximum Power Current I _m (A)	6.68	6.72	6.78	6.84	6.89
Open Circuit Voltage V _{oc} (V)	42.2	42.4	42.5	42.7	42.9
Short Circuit Current I _{sc} (A)	7.19	7.30	7.38	7.46	7.58

NOCT: Irradiance at 800W/m², Ambient Temperature 20°C, Wind Speed 1m/s.

MECHANICAL DATA

Solar Cells	Poly 156.75×156.75mm (6 inches)
Cell Orientation	72 Cells (6×12)
Module Dimensions	1956×992×35mm (77 × 39.05 × 1.38 inches)
Weight	22.2 kg
Glass	High transparency solar glass 3.2mm (0.13 inches)
Backsheet	White
Frame	Silver, anodized aluminium alloy
J-Box	IP68 Rated
Cables	4.0mm ² (0.006 inches ²), 1200mm (47.2 inches)
Connector	Original MC4 or Compatible
Wind Load/ Snow Load	2400Pa/6000Pa*

*For more details please check the installation manual of GCLSI

TEMPERATURE RATINGS

Nominal Operating Cell Temperature (NOCT)	45 ± 2°C
Temperature Coefficient of P _{max}	-0.41%/°C
Temperature Coefficient of V _{oc}	-0.32%/°C
Temperature Coefficient of I _{sc}	+0.055%/°C

MAXIMUM RATINGS

Operational Temperature	-40~+85°C
Maximum System Voltage	1000V DC (IEC)
Max Series Fuse Rating	15A

WARRANTY

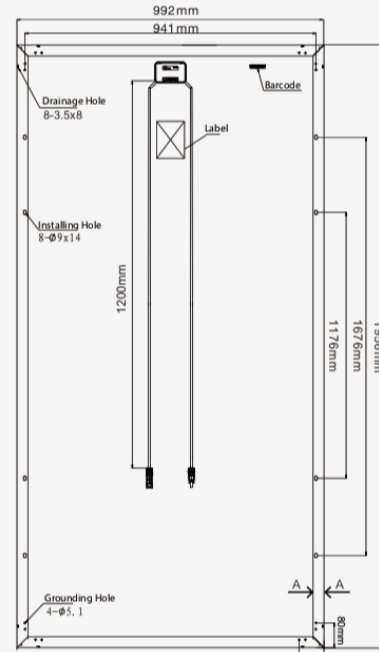
10 years Product Workmanship Warranty
25 years Linear Power Warranty

(Please refer to GCL standard warranty for details)

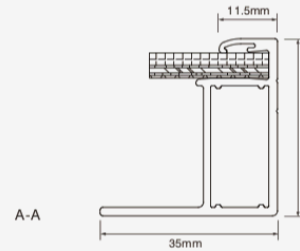
PACKAGING CONFIGURATION

Modules per box: 30 pieces
Modules per 40'HD container: 720 pieces

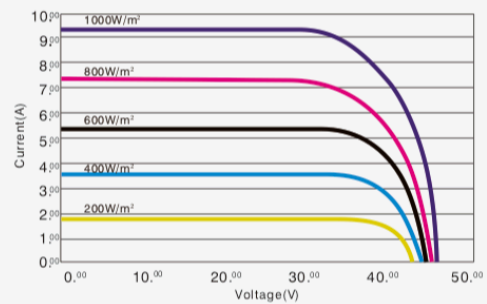
MODULE DIMENSION



Back View



I-V CURVES OF MODULE(330W)



Excellent performance under weak light conditions: at an irradiance intensity of 200W/m² W/m(AM 1.5, 25°C), 96.5% or higher of the STC efficiency (1000 W/m²) is achieved

(GCL, 2016)

➤ Especificaciones del inversor

Imagen C. 35. Ficha técnica del inversor trifásico de la empresa "Ginglong Solis" de la serie 60k-HV

 solis

Solis-60K-HV

Inversores Solis trifásicos



Características:

- ▶ Salida trifásica
- ▶ Eficiencia máxima 99%, eficiencia de la UE 98.72%
- ▶ Algoritmo MPPT de alta precisión y alta velocidad
- ▶ Cuatro MPPT, la corriente nominal del MPPT es 28.5A, compatible con el módulo de alta potencia
- ▶ Diseño compacto y ligero para una instalación fácil de dos personas
- ▶ IP65, visualmente agradable para el ambiente doméstico
- ▶ THDi<3%, baja distorsión armónica
- ▶ Anti-resonancia, un único transformador puede conectar 6M+ en paralelo
- ▶ Excelente solución de monitoreo paralocales comerciales



Modelo:
480V Solis-50K-HV Solis-60K-HV

Modelo	Solis-60K-HV
Entrada (CC)	
Potencia máxima de entrada CC (kW)	72
Tensión de entrada CC (V)	1100
Voltaje DC nominal(V)	720
Tensión de salida (V)	200
Rango de tensión MPPT (V)	200-1000
Corriente máxima de entrada(A/B/C/D)	28.5*4
Max. Corriente de cortocircuito para cada MPPT	44.5A+44.5A+44.5A+44.5A
Número de MPPT / String por MPPT input	4/12
Salida (CA)	
Potencia nominal de salida (kW)	60
Potencia máx de salida aparente (kVA)	66
Tensión nominal de la red(V)	480, 3L/PE
Frecuencia nominal de la red (Hz)	60
Corriente nominal de salida de red (A)	72.2
Corriente de salida (A)	80
Factor de potencia (la potencia de salida nominal)	0.8 Adiantado ... 0.8 Atrasado
THDi (la potencia de salida nominal)	<3%
Eficiencia	
Eficiencia máxima	99.0%
Eficiencia EU	98.72%
Eficiencia MPPT	>99.9%
Protección	
Protección contra inversión de polaridad CC	Sí
Monitoreo de la resistencia de aislamiento	Sí
Detección de corriente residual	Sí
Protección de sobretensión	Sí
protección de islanding	Sí
Interruptor de CC integrado	Opciona
Datos generales	
Dimensiones (mm)	630W*700H*357D
Peso (kg)	63
Topología	Sin Transformador
Consumo propio (noche)	<1W (noche)
Rango de temperatura ambiente de funcionamiento	-25~60°C
Humedad relativa	0~100%
Protección IP	IP65
Emisión de ruidos (típico)	<60 dBA
Concepto de refrigeración	Ventilador redundante inteligente
Altitud máxima de funcionamiento	4000m
Estándar de conexión de red	EN50438, G99, AS4777, VDE0126-1-1, IEC61727, IEEE1547
Estándar de seguridad / EMC	IEC62109-1/-2, AS3100, EN61000-6-2, EN61000-6-4, NB/T 32004,UL1741
Características	
Conexión CC	MC4
Conexión de CA	Conectores de terminales OT
Pantalla	LCD, 2 × 20 Z.
Conexiones de comunicación	Conector RS485 de 4 pines, 2 conectores RJ45, 2 grupos de bloques de terminales
Monitoreo	WiFi o GPRS
Garantía	5 años estándar (extender a 20 años)

(inverter, 2019)

Imagen C. 36. Ficha técnica del inversor trifásico de la empresa "Ginglong Solis" de la serie 40 k-HV.



PV Grid Tie Inverter

Solis Three Phase Inverter

For model Solis-20K, Solis-25K, Solis-30K, Solis-36K-HV, Solis-40K-HV
Installation and Operation Manual



Specification

Model	Solis-40K-HV
The max DC input power	45kW
The max DC input voltage	1000V
Starting-up input voltage	350V
MPPT operation range	200 ~ 800V
Max dc input current	18+18+18+18Adc
Number of MPPT/strings per MPPT	4/8
Rated output power	40kW
Rated grid voltage	480V
The grid voltage range	384 ~ 576Vac(adjustable)
Operation phase	Three phase
Rated grid output current	48.1A
Output power factor	>0.99
Grid current THD	<3%
The dc injection current	<50mA
Rated grid frequency	50/60Hz
Max. Efficiency	98.6%
Protection	DC reverse-polarity; AC short circuit protection; Islanding protection; temperature protection;Lightning protection
Size(mm)	530W*700H*356.5D
Weight	58.2kg
Topology	Transformerless
Internal consumption	<1W(Night)
Operating temperature	-25 ~ 60°C
Ingress protection	IP65
Interface	Rs485 WIFI GPRS(Optional)
Design lifetime	>20years
Operating Range Utility Frequency	47-52 or 57-62Hz
Utility Monitoring	Islanding protection, VA C FA C in accordance with UL 1741, G59/3, AS4777, VDE 0126-1-1, VDE 4105, CEI 0-21, CQC
Operation Surroundings Humidity	0 ~ 95%
EMC	EN61000-6-1:2007 EN61000-6-3:2007

(Solis, 2016)

1.4 Reporte fotográfico de las actividades

Imagen C. 37. Habilitado de acero para las bases de concreto. Se empleó varilla del No. 3 con estribos de 1/4" @ 15 cm y un juego de 4 anclas de 1/2".



Imagen C.38. Colado de las bases.



Imagen C. 39. Colocación y acabado de la estructura metálica a base de montenes.



Imagen C.40. Trazo y excavación de las zanjas para las canalizaciones tanto de corriente directa como de corriente alterna.



Imagen C. 41. Suministración de los registros de concreto prefabricado de diferentes dimensiones. Su descarga se hizo por medio de grúa articulada en el área definida para el proyecto.



Imagen C. 42. Acomodo de los módulos solares.





Imagen C. 43. Canalización, cableado y tubería.



Imagen C. 44. Implementación de inversores. Probablemente se hicieron 2 bases por cada inversor, para un total de 6 bases.



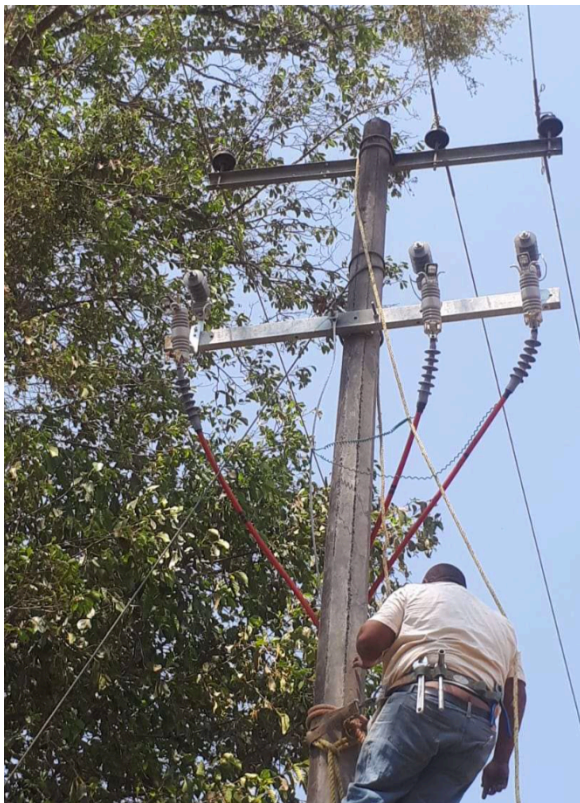
Imagen C. 45. Construcción del nicho que aloja el tablero de protección. Recibirá la corriente generada por los 3 inversores y por medio de la salida e interruptor principal a un voltaje de 480 V alimentará el transformador de 225 KVA (Volts-Amperes). Se añadió una puerta de aluminio.



Imagen C. 46. Conexión e instalación del transformador con capacidad de 225 KVA (kilovoltampario).



Imagen C. 47. Colocación de los accesorios para la vestimenta del poste. Aquí se hizo la conexión a la línea de distribución.



Nota: Este presupuesto incluye:

- Trabajos preliminares, suministro e instalación de paneles, inversores, cableado, canalización, interruptores, estructura de montaje, transformador y línea de media tensión (La tensión también es conocida como voltaje ó diferencia de potencial. El voltaje es el trabajo con el que se desplazan los electrones de un punto hacia otro. Las instalaciones de media tensión poseen un voltaje de 1 a 36 KV).

- Tramites de interconexión

- Soporte técnico durante la vida útil del sistema (25 años).

- Cuando acabe el tiempo de vida de la instalación se le pregunta al cliente si quiere reciclar sus instalaciones, es decir, ocupar los módulos para realizar algún techado o muro divisional en algún área. En caso contrario, si el cliente no quiere reciclar, se cuenta con una empresa que ayudará con el manejo integral de contaminantes, es decir, se hace el proceso de destrucción y disposición de materiales conforme a las normas de la Secretaría del Medio Ambiente y Recursos Naturales.

Todos los datos, números y diseños de este informe, son una opinión mesurada muy cercana a la realidad, para su realización se basó en softwares de diseño, estudios y la propia experiencia de la empresa, sin embargo, para la completa elaboración del proyecto pueden surgir aspectos no tomados en cuenta que harían variar el contenido de este documento.

2. LÍNEA BASE DE ASPECTOS AMBIENTALES

2.1 Deficiencias de los proyectos fotovoltaicos

Los principales impactos ambientales de la energía solar están asociados con:

1. El uso de la tierra/terreno.
2. El uso del agua.
3. Toxicidad causada por la fabricación de celdas solares.
4. Consumo de energía en la fabricación del panel solar y huella de carbono.
5. Contribución al calentamiento global y al efecto invernadero.
6. Manejo de los recursos
7. Manejo de los desechos
8. Impacto visual.

❖ Uso de la tierra/terreno

Las plantas de generación de electricidad fotovoltaica a escalas más grandes generan degradación de los terrenos, pérdida de terreno cultivable, incluso el de la pérdida de hábitat. Turbinas de viento requieren semejantemente grandes áreas, pero hay mayor oportunidad de compartir terreno con otros servicios, como para uso agrícola. Esto puede minimizarse mediante la colocación en un lugar donde la calidad del terreno es muy baja.

La generación de electricidad mediante ESFV requiere la utilización de grandes superficies colectoras y por tanto de una cantidad considerable de materiales para su construcción. Entonces, la extracción, producción y transporte de estos materiales son procesos que suponen un impacto ambiental. En la siguiente tabla se presenta la cantidad de suelo ocupado (en m²) por las instalaciones de diferentes tecnologías energéticas para la producción de 1 Gwh de energía durante 30 años.

Tabla C. 10. Cantidad de suelo ocupado (en m²) por una instalación productora de 1 Gwh de energía durante 30 años para varias tecnologías.

Tecnología	Espacio (m ² /GWh en 30 años)
Carbón	3642
Térmica solar	3561
Fotovoltaica	3237
Eólica	1335
Geotérmica	404

❖ Uso del agua

El consumo de agua necesario para la operatividad de una instalación fotovoltaica resulta ser el más bajo en comparación con cualquier otro tipo de instalación de producción energética. El uso del recurso hídrico se convierte en una cuestión problemática con las plantas termosolares ya que necesitan agua para enfriamiento. Paneles fotovoltaicos aparentemente no utilizan agua para la generación de electricidad. No obstante, el mayor desperdicio de agua se da durante la fabricación y limpieza de la instalación.

Este fluido es necesario para su mantenimiento, para que los sistemas conserven su máximo rendimiento, es requerida para la limpieza de los paneles, cuya cantidad varía grandemente dependiendo de la ubicación del sistema.

Además, como con la mayoría de los procesos de fabricación, el agua es empleada durante la elaboración de paneles fotovoltaicos y otros componentes que un sistema fotovoltaico requiere. La manufactura de paneles y celdas utilizan una gran cantidad de este líquido para diversos fines, que incluyen la refrigeración, los procesos químicos y el control de la contaminación del aire. Los proyectos a escala comercial en un rango de 230 a 550 MW pueden exigir hasta 1.5 millones de litros de agua para controlar el polvo durante la construcción y otros 26 millones de litros al año para el lavado de los paneles en operación.

Imagen C. 48. Limpieza de una instalación fotovoltaica en pequeña escala con pértigas.



Aunque no hay un uso directo de agua, las instalaciones fotovoltaicas de gran escala pueden tener un impacto severo sobre los recursos hídricos en el sitio de instalación. Pueden reducir la tasa de recarga de agua subterránea, disminuir la filtración del aire y de agua pluvial para purificar aguas subterráneas de contaminantes y aumenta la probabilidad de inundaciones. Esto es especialmente probable si la instalación obliga a la eliminación de árboles en una colina inclinada.

Este punto es particularmente importante para nuestro país, que sufre sucesivos episodios de escasez de agua.

Para finalizar, los insectos acuáticos tienden a confundir la superficie de las celdas fotovoltaicas con charcos de agua, lagos, ríos, etc. Dichos insectos son atraídos naturalmente por las celdas solares. Entonces, a la hora que los bichos se dirigen al supuesto “río” para reproducirse, se termina con una infinidad de huevecillos sin oportunidad de desarrollarse y convertirse en adulto. Al efecto donde un organismo prefiere un hábitat con condiciones malas por un hábitat en buenas condiciones se le denomina trampa ecológica.

❖ Toxicidad causada por la fabricación de celdas solares

Para entender con exactitud cuáles son los problemas y cómo deberían abordarse, es útil tener algo de conocimiento sobre la forma en que se fabrican las celdas solares. Mientras se puede generar energía solar usando una gran variedad de tecnologías, la gran mayoría de celdas inician como cuarzo, la forma más común de sílice (dióxido de silicio), el cual se refina a silicio de grado metalúrgico. Ahí está el primer problema: “el cuarzo se extrae de las minas, lo que pone a los mineros en riesgo de uno de los peligros laborales más antiguos de la civilización, la silicosis pulmonar”.

La refinación sucede en grandes hornos que para mantenerlos calientes se requiere de una gran cantidad de energía. Afortunadamente, los niveles de las emisiones resultantes, en su mayoría dióxido de carbono y dióxido de sulfuro, no causan mayor daño a las personas que trabajan en las refinerías de silicio o al ambiente de una forma inmediata.

Sin embargo, en el siguiente paso sería convertir el silicio de grado metalúrgico en polisilicio lo que también libera tetracloruro de silicio (SiCl_4), donde el tetracloruro es un compuesto muy tóxico. La mayoría de los fabricantes terminan reciclando este residuo (el tetracloruro de silicio) para hacer más polisilicio. Capturar el silicio del compuesto de tetracloruro de silicio requiere de menos energía que obtenerlo del silicio puro, así que reciclar este residuo (SiCl_4) puede ahorrar dinero. Pero el equipo de reprocesamiento puede costar decenas de millones de dólares. Por lo tanto, algunas operaciones simplemente han desechado el subproducto. Si se expone al agua, si es que no es vertido adecuadamente, el tetracloruro de silicio libera ácido clorhídrico, y esto acidifica el suelo y emite gases nocivos.

En el futuro, este problema podría desaparecer por completo. Investigadores del Laboratorio Nacional de Energía Renovable en Golden, Colorado, Estados Unidos, están buscando formas de hacer polisilicio con etanol en lugar de químicos a base de cloro, evitando por completo de este modo la creación de tetracloruro de silicio. Sin embargo, la lucha por mantener los fotovoltaicos verdes no termina con la producción de polisilicio.

Todos estos pasos implican el uso de químicos peligrosos. Por ejemplo, los fabricantes dependen del ácido fluorhídrico para limpiar las placas, remover el daño que queda del aserrado y texturizar la superficie para recolectar mejor la luz. El ácido fluorhídrico funciona muy bien para todas estas cosas, pero cuando entra en contacto con una persona sin protección, este líquido altamente corrosivo puede destruir el tejido y descalcificar los huesos. Así que la manipulación de ácido fluorhídrico requiere de extremo cuidado y este se debe desechar de manera adecuada. Pero los accidentes ocurren y son más probables en lugares que tienen experiencia limitada en la fabricación de semiconductores o que tienen normas ambientales laxas.

Esta amenaza al ambiente no tiene porqué continuar. Investigadores en Rohm & Haas Electronic Materials, una filial de Dow Chemical, han identificado algunos sustitutos para el ácido fluorhídrico usado en la fabricación de celdas solares. Un buen candidato es el hidróxido de sodio (NaOH), aunque es en sí un químico cáustico, es más fácil de tratar y desechar que el ácido fluorhídrico y es menos riesgoso para los trabajadores. También, es más fácil tratar el agua residual que contiene NaOH .

Imagen C. 49. Drenaje ácido: agua residual que sale de una planta operada por Solar Holding Co. En el 2011, el ácido fluorhídrico usado por la compañía para la fabricación de paneles solares contaminó el agua del río y mató ciento de peces y docenas de cerdos.

[China firm apologizes for toxic waste after protest (2011); <https://www.reuters.com/article/us-china-pollution-protest/china-firm-apologizes-for-toxic-waste-after-protest-idUSTRE78I13S20110919>]



Aunque más del 90 por ciento de los paneles solares que se fabrican hoy en día comienzan con polisilicio, hay un enfoque más reciente: la tecnología de celdas solares de capa delgada. Probablemente, las variedades de capa delgada crecerán en el mercado en la próxima década, ya que pueden ser tan eficientes como los módulos con tecnología de silicio e incluso más económicas de fabricar, ya que utilizan menos energía y materiales. Son flexibles, lo que permite que se adapten a múltiples superficies. Producen menos residuos y evitan por completo la fusión, extracción y cortes complicados utilizados para hacer celdas tradicionales. Sin embargo, tienen la desventaja de degradarse más rápido, por ello los fabricantes ofrecen una garantía menor (10 años).

Pasar a las celdas solares de capa delgada elimina muchos de los peligros ambientales y de seguridad de la fabricación, pues no hay necesidad de ciertos químicos problemáticos: ni ácido fluorhídrico o clorhídrico. Pero eso no significa que automáticamente se pueda poner el sello verde en una celda solar de capa delgada. Las tecnologías de capa delgada dominantes de hoy son a base de telurio de cadmio.

El cadmio es un metal pesado que es a la vez carcinogénico y genotóxico, lo que significa que puede causar mutaciones heredables. Hay poca información acerca de la exposición a los trabajadores involucrados con el cadmio en las etapas tempranas del

ciclo de vida del metal, desde las minas de zinc, en donde se origina gran parte de cadmio, hasta el proceso de fundición que purifica el cadmio y lo convierte en materiales semiconductores.

La empresa “Avancis y Solar Frontier”, está utilizando sulfuro de zinc, un material relativamente benigno, en lugar de cadmio. Por otro lado, los investigadores de la Universidad de Bristol y la Universidad de Bath, en Inglaterra; la Universidad de California, Berkeley; y muchos otros laboratorios académicos y del gobierno están tratando de desarrollar celdas de capa delgada que no requieran elementos tóxicos como el cadmio o elementos raros como el telurio.

❖ Consumo de energía en la fabricación del panel solar y huella de carbono

En la producción del panel solar se generan residuos, como partículas de NO_x , SO_2 , CO_2 , esto se debe a que la energía utilizada en la fabricación del panel solar tiene su origen en la mezcla de fuentes energéticas convencionales del país de fabricación. Sin embargo, podemos afirmar que la emisión de estas sustancias debida a la fabricación de paneles solares es reducida, en comparación con la producción de electricidad por fuentes convencionales.

El consumo de energía primaria para la fabricación de paneles fotovoltaicos ha sido una de las más graves preocupaciones de los investigadores durante décadas. Hay estudios que indican que el consumo de energía necesario para la producción de un m^2 de módulos de silicio policristalino puede ser tan bajo como 667 KW h o tan alto como 2 115 KW h. Del mismo modo, el consumo de energía reportado por monocristalinos de silicio está entre 1 470 KW h y 4 580 KW h / m^2 . Los paneles a base de celdas de capa delgada consumen mucho menos energía que los módulos de silicio policristalino, requiriendo generalmente una cuarta parte de energía, sin embargo, esto implica mayores métodos de fabricación y procesamiento de silicio.

Producir celdas solares requiere de mucha energía. Afortunadamente, debido a que las celdas generan electricidad, estas compensan la inversión original de energía con su uso; la mayoría lo hace después de tan solo dos años de funcionamiento y algunas compañías informan tiempos de retorno tan cortos como seis meses.

Los analistas también juzgan el impacto de la energía utilizada en la fabricación de un panel solar por la cantidad de carbono generada en la producción de tal panel: un número que puede variar ampliamente. Para ello, le damos a la energía un valor de Intensidad de Carbono, generalmente representado como kilogramos de CO_2 emitidos por KW h generado. La alta intensidad de carbono de la energía utilizada y la de la energía ahorrada se anulan entre sí, y el tiempo necesario para contrarrestar las

emisiones de gases de efecto invernadero durante la fabricación sería el mismo que el tiempo de retorno de energía.

Por supuesto, si creamos paneles solares con electricidad de bajo carbono (por ejemplo, en una fábrica alimentada con energía solar) el tiempo de amortización de gases de efecto invernadero será menor que el tiempo de amortización de energía. Así que tal vez algún día, la alimentación para la fabricación de paneles fotovoltaicos con energía eólica, solar y geotérmica terminará con las preocupaciones de la huella de carbono de celdas y paneles.

Los avances industriales en la manufacturación de paneles solares se dirigen en el sentido de reducir pérdidas de material al cortar las obleas de silicio para la fabricación de células solares. Este ahorro de material supone, además de un beneficio económico, disminuir la emisión de contaminantes generados por la producción de la energía necesaria para fabricar las obleas.

❖ Contribución al calentamiento global y al efecto invernadero

Sin duda, hay casi cero emisiones de calentamiento global durante la operación de los sistemas fotovoltaicos. Sin embargo, las emisiones se generan a través de casi cada otra etapa del ciclo de vida fotovoltaico. Algunas de estas etapas incluyen la fabricación de los paneles fotovoltaicos y otras partes asociadas, su transporte, la instalación y procedimientos de alteración del sitio, procesos de mantenimiento, incluso el reciclaje y desmantelamiento de las instalaciones de reintegro.

También hay que considerar que impactar los rayos del sol en las celdas fotovoltaicas, el porcentaje que es utilizado para la generación de electricidad es solamente el 14 % del 100 %, entonces lo restante se regresa a la atmósfera y la dañan, contribuyendo al efecto invernadero. Estos rayos además de dañar la capa atmosférica, una vez que entran ya no salen de ella, y se quedan dentro de la atmósfera.

❖ Manejo de los recursos

La fabricación de un panel solar requiere también la utilización de materiales como aluminio (para los marcos), vidrio (como encapsulante), acero (para estructuras) etc, siendo estos componentes comunes en la industria convencional.

Aparte de que la producción de los paneles fotovoltaicos actuales requiere un proceso intensivo de energía, también se emplean grandes cantidades de materiales a granel. Cantidades muy grandes de minerales comunes son necesarios para la construcción de dichos paneles, tales como hierro, cobre y aluminio. Minerales de cobre y aluminio no son utilizados por estaciones termoeléctricas, o se utilizan en cantidades insignificantes.

El hierro se maneja en cantidades relativamente grandes para todas las estaciones de energía convencional pero todavía se estiman que los sistemas fotovoltaicos requieren cifras mucho mayores por kWh producido, frente a todas las formas tradicionales de energía.

❖ Manejo de los desechos

El proceso de creación de paneles fotovoltaicos y sus componentes asociados (por ejemplo, inversores) contiene un número de materiales peligrosos. Si no se manejan y desechan correctamente, estos materiales podrían plantear serias amenazas ambientales o de salud pública. Sin embargo, los fabricantes tienen un gran incentivo financiero para asegurar que estos materiales altamente valiosos y raros sean reciclados en un lugar adecuado.

Como ya se mencionó, los paneles solares necesitan de una sustancia llamada polisilicio. Para fabricar una tonelada de polisilicio, se producen cuatro toneladas de desechos líquidos. Si bien es cierto, en las grandes industrias certificadas, un derrame de estas sustancias solo ocurre bajo situaciones accidentales; en las industrias pequeñas que no cuentan con certificación, la manera en la que se deshacen de las sustancias tóxicas no está basada en alguna norma oficial, por lo que el interés por el cuidado del medio ambiente es nulo. Se insiste, que el impacto a la salud pública de accidentes por derrame de líquidos en la producción de celdas solares es igual de impactante en comparación de las acciones causadas por falta de ética profesional.

Los materiales que conforman las celdas no son biodegradables, por lo tanto, de no tomarse medidas adecuadas, dentro de aproximadamente 25 años de vida útil, todo se convertirá en basura contaminante. Algunas industrias fotovoltaicas han establecido un programa de recolección y reciclaje de paneles solares en Europa. Pero aún queda mucho por hacer; no todos los consumidores tienen acceso a un programa de devolución gratuito, y de hecho muchos consumidores pueden hasta no ser conscientes de la necesidad de deshacer los paneles de una manera responsable.

❖ Impacto visual

Otro importante efecto ambiental es el impacto visual que pueden tener los sistemas fotovoltaicos en edificios y zonas. La intrusión visual de una instalación fotovoltaica integrada en edificios puede ser muy alta, pero también puede ser abordada con relativa facilidad. Se pueden introducir los paneles fotovoltaicos como elementos arquitectónicos, complementando el aspecto del edificio en lugar de degradarlo. No es necesario que el arquitecto oculte los paneles y componentes totalmente. El color de los paneles fotovoltaicos se utiliza con frecuencia para simular la apariencia de tejas de cerámica o

vidrio típico. Además, los paneles de película delgada podrían sustituir fácilmente los espejos y superficies de vidrio de grandes edificios.

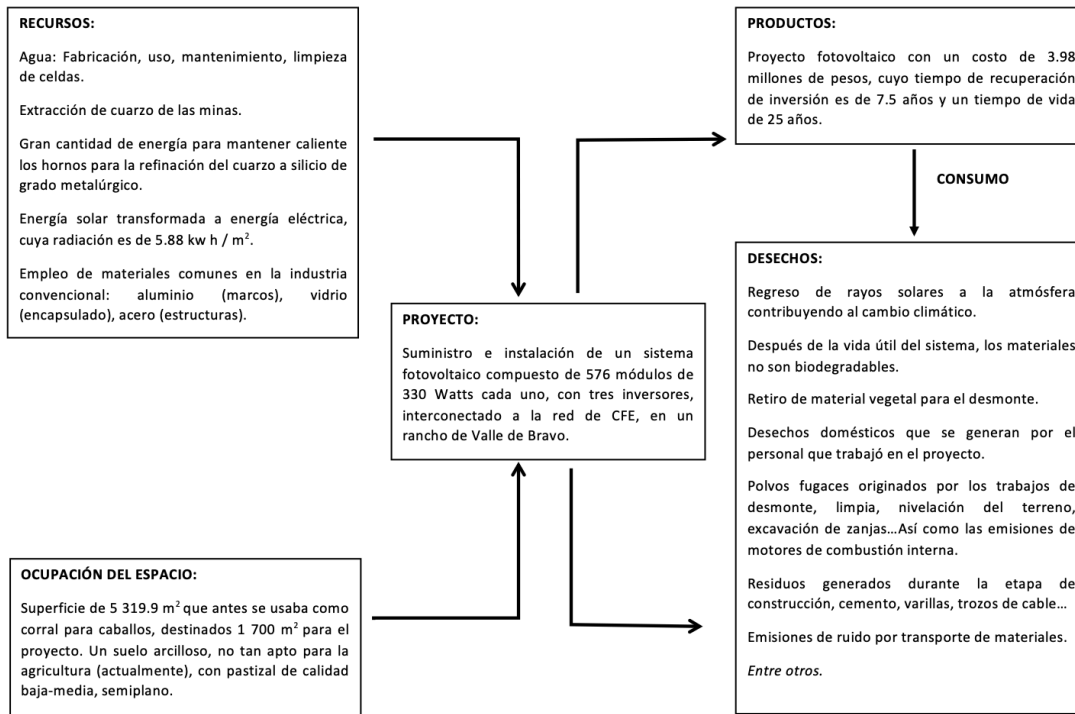
Imagen C. 50. Centro de Genómica e Investigación Oncológica (GENyO) en la Universidad de Granada, España. Fachada fotovoltaica diseñada por la empresa Onyx Solar. Genera 32 MWh/año.



2.2 Esquema del proceso productivo para el sistema fotovoltaico

A partir de lo anterior, más los datos del proyecto, se procede a desarrollar el esquema de dicho proceso constructivo.

Imagen C. 51. Proceso productivo.



(acción, 2007)
(Ecosiglos, 2020)

2.3 Árbol de acciones

Tabla C. 11. Árbol de acciones del proyecto a estudiar.

FASE	LABOR	Letra	ACCIÓN	
Construcción	Trazo y nivelación del terreno.	A	Limpieza del terreno, basura ó restos que pudiera haber para dejar el terreno despejado.	
		B	Levantamiento topográfico.	
		C	Desmante o remoción de cubierta vegetal, tocones, maleza, broza.	
		D	Retirada de tierra por medios manuales.	
		E	Trazo de ejes en el campo con cal y uso del hilo reventón.	
		F	Generación de desechos domésticos.	
	Obra Civil		G	Fabricación y colado de cimentación.
			H	Instalación y acabado de la estructura metálica.
			I	Excavaciones para canalizaciones de corriente directa y alterna.
			J	Suministración de los registros de concreto prefabricado por medio de grúa.
			K	Emisión de polvo.
			L	Emisión de ruido.
			M	Construcción del nicho que alojará el tablero de protección.
			N	Derrames accidentales de hidrocarburos en el suelo ó de material impregnado de hidrocarburos como estopas, papel, cartón.
			O	Generación de desechos domésticos.
			P	Transporte del equipo
	Obra eléctrica		Q	Instalación de módulos solares.
			R	Instalación de inversores.
			S	Colocación de la tubería con su respectivo cableado.
T			Colocación del tablero de protección.	
U			Instalación del transformador.	
V			Obra por terceros a media tensión.	
Explotación- Restauración	Funcionamiento de la instalación	W	Conexión a la línea de distribución.	
		X	Ocupación del suelo por las instalaciones.	
		Y	Uso de agua para la limpieza de celdas y/u otros componentes.	
	Mantenimiento de las instalaciones	Z	Uso de aceites lubricantes para el mantenimiento anual.	
		AA	Mantenimiento preventivo y correctivo.	
		AB	Desmantelamiento de la obra civil.	
Abandono	Retiro de las instalaciones	AC	Desmantelamiento de la obra eléctrica.	
	Restitución del terreno a las condiciones preoperacionales.	AD	Reposición del suelo vegetal.	
		AE	Limpieza del terreno.	
		AF	Acciones para normalizar terreno conforme a nuevas necesidades.	

2.4 Vinculación con los ordenamientos jurídicos aplicables en materia ambiental

❖ Plan de Desarrollo del Estado de México, 2017-2023

Como resultado de las consultas públicas, los insumos provistos por las diferentes dependencias, además de las opiniones y propuestas de especialistas nacionales e internacionales en la materia y de la sociedad, se integró el PDEM 2017-2023 que propone impulsar y consolidar la acción de gobierno a través de cuatro pilares y tres ejes transversales. Entre ellos, mencionaremos el tercer pilar, Pilar Territorial: Estado de México Ordenado, Sustentable y Resiliente.

El manejo sustentable del territorio y sus recursos naturales sólo puede lograrse con la participación decidida de la ciudadanía, así como de los diferentes órdenes de gobierno, a través de cuatro vertientes. La primera vertiente requiere transitar aceleradamente a un

sistema de generación de energías limpias y no contaminantes, como las basadas en tecnologías eólica y solar. La segunda vertiente vela por acciones encaminadas a la mitigación y adaptación al cambio climático, como mejorar la calidad del aire, reducir la huella de carbono, lograr el manejo sustentable de los residuos sólidos y ampliar significativamente la cobertura para el tratamiento de aguas residuales. La tercera vertiente se relaciona con la sustentabilidad de los ecosistemas y la preservación de la biodiversidad a través de la atención y regulación de las reservas y las áreas naturales protegidas. La cuarta vertiente responde a los retos que representan los asentamientos humanos y la concentración espacial de actividad productiva. Esta última vertiente es de especial atención, ya que el tamaño de la población urbana del Estado de México representa un enorme reto para lograr un sistema de producción y consumo de bienes y servicios que sea sustentable.

Enfocándonos en la primera vertiente, de acuerdo con la Dirección General de Electrificación de la Secretaría de Obra Pública, de 2011 a 2017, la cobertura estatal de este servicio pasó de 92 al 96.7 por ciento, proceso en el que participó el Gobierno del Estado de México con la construcción de 276 obras de energía eléctrica. Éstas involucraron 1 598 redes eléctricas en 89 municipios, que dotaron de energía a 89 295 viviendas y beneficiaron directamente a 411 672 habitantes.

Sin embargo, la dinámica poblacional del estado ha rebasado la planeación territorial y la suficiencia de recursos para atender las nuevas demandas, impidiendo un desarrollo equitativo, incluyente y sostenible. Ello es particularmente grave en los municipios con mayor pobreza que se ubican en zonas montañosas y de difícil acceso, lo que encarece la construcción de infraestructura y servicios públicos.

Atender ese reto requiere de una estrecha colaboración entre los industriales, comercios y desarrolladores habitacionales, para que, en coordinación con las autoridades estatales, municipales y federales determinen una orientación y dirección precisa de las áreas geográficas donde se requiere del suministro eléctrico. Asimismo, habrá que trabajar con las grandes ciudades, las cuales concentran el consumo de energía eléctrica en la entidad; la Zona Metropolitana del Valle de Toluca, por ejemplo, consume 2 200 kw/hr per cápita, lo cual es 16 por ciento superior a lo que consume la ciudad de Guadalajara y el Valle de México.


En el Estado de México; se han llevado a cabo acciones orientadas a la eficiencia energética y a la aplicación de energías renovables, en cumplimiento a la premisa de una activa participación de las autoridades locales y la sociedad en general para alcanzar esas metas. En este sentido, se ha dado cumplimiento a la Estrategia Nacional para diversificar las fuentes de energía, transitando de energías fósiles a limpias y renovables, así como a la Ley para el Aprovechamiento de las Energías Renovables, el

Financiamiento de la Transición Energética y a la Ley General de Cambio Climático, las cuales señalan que un 35 por ciento de la electricidad debe generarse mediante energías limpias con fuentes renovables.

A pesar de los avances alcanzados hasta el momento, se requiere continuar y fortalecer los esfuerzos que tanto el gobierno como los particulares están llevando a cabo en este importante proceso de transición energética en beneficio de la población mexiquense. Para ello, las estrategias y líneas de acción en esta materia se enmarcan en los Objetivos para el Desarrollo Sostenible de la Agenda 2030 adoptado por la ONU; en particular, garantizar el acceso universal a servicios energéticos asequibles, fiables y modernos en el contexto de un incremento de la proporción en el uso de energías renovables, la eficiencia energética y la ampliación de la infraestructura, así como la modernización tecnológica del sistema energético del Estado de México.

(Estado de México, 2018, p. 157-160)

Tabla C. 12. Estrategias y líneas de acción en la vertiente de energías limpias.

	OBJETIVO: GARANTIZAR EL ACCESO A UNA ENERGÍA ASEQUIBLE Y NO CONTAMINANTE.
	1. ESTRATEGIA: Incrementar el suministro de energía eléctrica y promover el desarrollo de energías limpias en los hogares mexiquenses.
	Líneas de Acción <ul style="list-style-type: none"> • Gestionar ante la Comisión Federal de Electricidad y con proveedores privados proyectos específicos de electrificación en el estado. • Promover el uso de energías limpias en edificios gubernamentales, así como construcciones actuales y nuevas.
	2. ESTRATEGIA: Difundir el ahorro de energía en la población.
	Líneas de Acción <ul style="list-style-type: none"> • Impulsar programas de difusión sobre los mecanismos de ahorro de energía en los hogares. • Ampliar el programa de sustitución de luminarias en los municipios del estado. • Colaborar con las instituciones a cargo de normativas para promover la eficiencia energética de edificios públicos y comerciales en las ciudades. • Promover ciudades compactas que sean menos intensivas en el consumo de energía, en particular de combustibles fósiles.

❖ **Plan de Desarrollo Municipal de Valle de Bravo, 2016-2018**

Para lograr el aprovechamiento de sus recursos ambientales, territoriales y humanos, este municipio requiere la atención de su problemática socioeconómica desde una perspectiva integral, que armonice las aspiraciones de quienes conforman la sociedad local, con la premisa del uso racional de sus recursos naturales y la protección de la calidad ambiental de su entorno. En plena congruencia con las políticas de desarrollo económico a nivel nacional y estatal, en el municipio de Valle de Bravo los objetivos, estrategias y líneas de acción correspondientes están orientadas al aprovechamiento de los recursos endógenos bajo principios indeclinables de sustentabilidad.

En el apartado 3.2.1.1.4, correspondiente al tema de servicios públicos, se hace mención del servicio de electrificación y alumbrado público. El servicio de energía eléctrica en el municipio de Valle de Bravo cuenta con una cobertura de 98.3%, presentando un rezago estimado del 1.7% a causa de la dispersión de las viviendas en zonas rurales. Actualmente se cuenta con un total de 6 439 luminarias, de éstas 4 780 son de vapor de sodio, 323 utilizan foco ahorrador incandescente, 805 foco incandescente, 34 mixtas, 12 de mercurio, 245 lámparas de LED y 240 de aditivo metálico. Estas luminarias se ubican principalmente en la Cabecera municipal, Avándaro y Colorines. La prestación de este servicio resulta fundamental para incrementar la percepción de seguridad en el municipio. En este subtema, la problemática identificada consiste en la necesidad de dar mantenimiento constante a las luminarias, reparar el cableado en varios tramos y reparar o dar mantenimiento a los postes que se encuentran en mal estado y de ampliar la red hacia las zonas periféricas de la Cabecera municipal y en general, a todas las localidades del municipio.

El objetivo del PDMVB es incrementar la cobertura y calidad de los servicios públicos para satisfacer las necesidades básicas de la población de Valle de Bravo, entre esos servicios públicos se ubica la electrificación y alumbrado público. Para ello, se debe ampliar y mantener la red del servicio de alumbrado público para mejorar las condiciones de seguridad pública y convivencia, así como realizar obras de electrificación rural en las comunidades que carecen del servicio.

Tabla C. 13. Viviendas particulares habitadas y ocupantes según disponibilidad de servicios públicos 2000-2015, energía eléctrica.

Disponibilidad de servicios públicos	2000		2010		2015	
	Viviendas	Ocupantes	Viviendas	Ocupantes	Viviendas	Ocupantes
Energía eléctrica						
Disponen	10,162	47,184	14,417	59,535	17,463	64,590
No disponen	636	3,077	321	1,298	277	1,025
No especificado	47	232	38	145	23	85

Fuente: IGECEM, Dirección de Estadística elaborado con información de INEGI, Censo General de Población y Vivienda, 2000, Censo de Población y Vivienda, 2010, Encuesta Intercensal, 2015.

También, cabe destacar el apartado 3.2.1.1.10 con el tema: Conservación del medio ambiente, donde se plantea el objetivo de incrementar la protección y preservación del medio ambiente a través de la inspección, vigilancia y monitoreo de los recursos naturales del municipio y el fomento de la participación ciudadana y la promoción de la educación ambiental. Cuya estrategia consiste en actualizar e instrumentar la normatividad aplicable, reforzando su aplicación con la intervención de las instancias estatales y federales e involucrando a la población local en la vigilancia.

(Ayuntamiento de Valle de Bravo, p. 94)

❖ Leyes

- La Ley General del Equilibrio Ecológico y la Protección al Ambiente (LGEEPA) constituye en este caso el principal instrumento legal para evaluar el impacto ambiental de la actividad del proyecto y en su caso por cambio de uso de suelo requerido. Los capítulos de la LGEEPA que tienen injerencia incluyen: Evaluación del Impacto Ambiental, Aprovechamiento Sustentable del Suelo y sus Recursos, Prevención y Control de la Contaminación del Suelo, Prevención y Control de la Contaminación a la Atmósfera.
- La Ley General de Desarrollo Forestal Sustentable. Que aplica en caso de realizar desmontes o requerir cambios de uso de suelo en terrenos forestales.
- Ley General de Cambio Climático. Ley federal que tiene disposiciones para estabilizar las concentraciones en la atmósfera. Tiene por objeto a que México contribuya a lo previsto por el artículo 2o. de la Convención Marco de las Naciones Unidas sobre el Cambio Climático. (UNIÓN, 2012)
- Ley de Cambio Climático del Estado de México. El Gobierno del Estado de México estima necesario que su sistema jurídico cuente con una ley especial en materia de emisiones de gases de efecto invernadero y cambio climático, no solo en atención a los mandatos legales contenidos en la Ley General de Cambio Climático sino también como herramienta para proteger la diversidad biológica que alberga el territorio estatal y sobre todo, como estrategia para garantizar la seguridad de los mexicanos ante sus efectos adversos. (México G. d., 2013)

❖ Reglamentos

Los siguientes Reglamentos son aplicables a este proyecto:

- Reglamento de la LGEEPA en Materia de Evaluación de Impacto Ambiental, en relación con lo establecido para el cambio de uso de suelo de terrenos forestales y el desarrollo del proyecto conformidad con el artículo 5 incisos k y O, respectivamente: *“Artículo 5o.- Quienes pretendan llevar a cabo alguna de las siguientes obras o actividades, requerirán previamente la autorización de la Secretaría en materia de impacto ambiental:*

Inciso k) Industria eléctrica:

I. Construcción de plantas nucleoelectricas, hidroelectricas, carboelectricas, geotermoelectricas, eoloelectricas o termoelctricas, convencionales, de ciclo combinado o de unidad turbogás, con excepción de las plantas de generación con una capacidad menor o igual a medio MW, utilizadas para respaldo en residencias, oficinas y unidades habitacionales.

II. Construcción de estaciones o subestaciones eléctricas de potencia o distribución.

III. Obras de transmisión y subtransmisión eléctrica.

IV. Plantas de cogeneración y autoabastecimiento de energía eléctrica mayores a 3 MW.

Las obras a que se refieren las fracciones II a III anteriores no requerirán autorización en materia de impacto ambiental cuando pretendan ubicarse en áreas urbanas, suburbanas, de equipamiento urbano o de servicios, rurales, agropecuarias, industriales o turísticas.

Inciso o) Cambios de uso del suelo de áreas forestales, así como en selvas y zonas áridas:

I. Cambio de uso del suelo para actividades agropecuarias, acuícolas, de desarrollo inmobiliario, de infraestructura urbana, de vías generales de comunicación o para el establecimiento de instalaciones comerciales, industriales o de servicios en predios con vegetación forestal, con excepción de la construcción de vivienda unifamiliar y del establecimiento de instalaciones comerciales o de servicios en predios menores a 1 000 metros cuadrados, cuando su construcción no implique el derribo de arbolado en una superficie mayor a 500 m², o la eliminación o fragmentación del hábitat de ejemplares de flora o fauna sujetos a un régimen de protección especial de conformidad con las normas oficiales mexicanas y otros instrumentos jurídicos aplicables.

II. Cambio de uso del suelo de áreas forestales a cualquier otro uso, con excepción de las actividades agropecuarias de autoconsumo familiar, que se realicen en predios con pendientes inferiores al cinco por ciento, cuando no impliquen la agregación ni el desmonte de más del veinte por ciento de la superficie total y ésta no rebase 2 hectáreas en zonas templadas y 5 en zonas áridas.”

- Reglamento de la LGEEPA en Materia de Prevención y Control de la Contaminación de la Atmósfera, que establece las disposiciones y trámites necesarios para el control de las emisiones contaminantes al aire ambiente, para el desarrollo de un proyecto en la parte operativa.
- Reglamento de la Ley General para la Prevención y Gestión Integral de los Residuos. Habla del manejo adecuado de los mismos mediante políticas y sobre el apoyo de prestadores de servicio debidamente autorizados por la SEMARNAT, garantizando el buen almacenamiento temporal en el sitio de generación. Es decir, su manejo interno y externo adecuado.

❖ Normas Oficiales Mexicanas

Tabla C. 14. Normas Oficiales Mexicanas aplicables al proyecto.

En materia de...	Norma Oficial Mexicana	Vinculación simple con el proyecto
Residuos peligrosos, urbanos y manejo especial	NOM-052-SEMARNAT. Establece las características, el procedimiento de identificación, clasificación y los listados de los residuos peligrosos.	Prevención para el buen manejo de residuos durante la etapa de construcción y abandono.
Desechos gaseosos (emisiones)	<p>NOM-041-SEMARNAT. Establece los límites máximos permisibles de emisión de gases contaminantes provenientes del escape de los vehículos automotores en circulación que usan gasolina como combustible.</p> <p>NOM-042-SEMARNAT. Establece los límites máximos permisibles de emisión de hidrocarburos no quemados, monóxido de carbono, óxidos de nitrógeno y partículas suspendidas provenientes del escape de vehículos automotores nuevos en planta, así como de hidrocarburos evaporativos provenientes del sistema de combustible que usan gasolina, gas licuado de petróleo, gas natural y diesel de los mismos, con peso bruto vehicular que no exceda los 3 856 kilogramos.</p>	Se verificará que las grúas que transporten los equipos cumplan con la norma.
Flora y fauna	NOM-059-SEMARNAT-2010. Identificación de las especies o poblaciones de flora y fauna silvestres en riesgo en la República Mexicana, mediante la integración de las listas correspondientes, así como establecer los criterios de inclusión, exclusión o cambio de categoría de riesgo para las especies o poblaciones.	Rancho con caballos, insectos de agua en los paneles solares y posibles especies invasoras.
Suelo	NOM-138-SEMARNAT-2005. Límites máximos de hidrocarburos en suelos y las especificaciones para su caracterización y remediación.	Posibles derrames de algún hidrocarburo de grúa para descargar los componentes solares.

Aire	NOM-041-SEMARNAT-1993. Establece los límites máximos permisibles de emisión de contaminantes provenientes del escape de los vehículos automotores en circulación que usan gasolina como combustible.	Emisiones de gases de combustión causados por grúa.
	NOM-085-STPS-1994. Determinación de polvos en el ambiente laboral.	Polvo originado de los trabajos en la etapa de construcción, énfasis en excavación de zanjas.
Ruido	NOM-081-SEMARNAT-1994. Establece los límites máximos permisibles de emisión de ruido de las fuentes fijas y su método de medición.	Emisiones de ruido por transporte de materiales.
Energía	NOM-114-SEMARNAT-1998. Establece las especificaciones de protección ambiental para la Planeación, Diseño, Construcción, Operación y Mantenimiento de las líneas de transmisión y de Subtransmisión Eléctrica que se pretendan ubicar en áreas urbanas, Suburbanas, Rurales, Agropecuarias, Industriales, de Equipamiento Urbano ó de Servicios y Turísticas.	Se deberá cumplir las especificaciones por parte de la empresa.
Agua	NOM-127-SSA-1994. Establece los límites permisibles de calidad y los tratamientos de potabilización del agua para su uso y consumo humano, que deben cumplir los sistemas de abastecimiento públicos y privados o cualquier persona física o moral que la distribuya, en todo el territorio nacional.	Se requiere este fluido para labores de limpieza, colado de cimentación, satisfacer las necesidades biológicas de los trabajadores.

(Fisterra Energy Santa María 1, 2013, p. 53-59)

(Cámara de Diputados del H. Congreso de la Unión, 2014, p. 3, 7, 8)

3. IDENTIFICACIÓN DE IMPACTOS AMBIENTALES

3.1 Árbol de factores ambientales ó inventario del proyecto fotovoltaico

❖ Clima

En este apartado, no debe entenderse que se presentará una modificación general del clima, sino más bien, un cambio en el microclima o clima local.

Es cierto que la nubosidad y la temperatura afectan al trabajo de una placa solar, aclarando que no afectan ni en la medida que nos imaginamos, ni de la forma que a menudo damos por sentada.

Un panel solar si produce electricidad en un día nublado. Las nubes afectan a la radiación de tres formas distintas: la reflejan, la absorben y la difuminan, pero en ningún caso impiden que gran parte de esa radiación alcance la tierra.

Los paneles tienen una temperatura óptima de funcionamiento de entorno a 25°C. Por encima de esa temperatura, el rendimiento se reduce ligeramente. No se trata de un gran desplome en la producción, pero resulta curioso que, en contra de lo que solemos pensar, “mucho sol” tampoco sea lo ideal para producir energía solar.

Por supuesto, ni la temperatura es constante a lo largo de todo el día en las regiones calurosas, ni tampoco la nubosidad tiene por qué ser completa en las zonas húmedas. El caso es que las condiciones perfectas son muy raras en cualquier parte, pero por suerte tampoco hacen falta para que una instalación fotovoltaica nos resulte rentable.

La exposición a la intemperie va deteriorando poco a poco los paneles solares (igual que cualquier otro elemento exterior) y dicho deterioro acaba afectando a su rendimiento. Por suerte, el desgaste y el descenso en el rendimiento son muy lentos; tanto que se considera que la vida útil de un panel solar es de 25 años. Si los fabricantes están tan seguros de que sus productos van a seguir funcionando tan bien y tanto tiempo, es porque una célula fotovoltaica es un elemento capaz de resistir casi de todo.

Uno de los escenarios peores que solemos imaginar para un panel solar, una fuerte granizada, sin embargo, no tiene en realidad ninguna consecuencia sobre él. Los fabricantes verifican, con pruebas mecánicas, que sus paneles serán capaces de resistir granizadas del peor tipo y, salvo que estuviéramos ante un fenómeno extraordinariamente violento, un poco de hielo caído del cielo no tendrá mayores secuelas.

La lluvia, lejos de tener efectos negativos, es muy beneficiosa para una instalación solar (térmica o fotovoltaica), porque limpia la superficie de los paneles de polvo y suciedad,

algo que puede disminuir su rendimiento. Además, las tormentas ocasionales de verano tienen el efecto de bajar la temperatura del panel, por lo que su producción suele aumentar justo después. La única precaución que hay que tener en lo que concierne a la lluvia es la de evitar encharcamientos que podrían ocasionar corrosiones.

El fenómeno meteorológico más peligroso para una instalación solar, especialmente para las situadas en tierra o en cubiertas planas, es el viento, ya que afloja los elementos de fijación. La solución pasa simplemente por tenerlo en cuenta a la hora de hacer el montaje.

Como se ve, muchas cosas que damos por ciertas en lo que a energía fotovoltaica se refiere son falsas: un día despejado y muy caluroso no tiene por qué ser el más idóneo, mientras que un poco de nubosidad puede venir bien ¡y un chaparrón ocasional es una buena forma de mantenimiento!

(Re_Magazine, 2020)

❖ Geomorfología

Trabajan mejor los sistemas fotovoltaicos cerca de las montañas, ya que a mayor altura, mayor irradiación solar.

Un reciente estudio, publicado en la revista PNAS, asegura que la instalación de paneles fotovoltaicos en territorios de alta montaña con nieve permite incrementar la producción de electricidad en invierno y así hacer frente mejor al aumento de la demanda en los meses fríos. Los autores indican que algunos de los factores que favorecen la generación de la energía solar en la montaña son la mayor exposición a la irradiación solar con respecto a las zonas de baja altitud y el fenómeno de reflexión de los rayos en la nieve. Algunas características de las zonas de alta montaña permiten aprovechar mejor la energía solar en los meses invernales, continúan los investigadores responsables de este artículo científico, procedentes de la *École Polytechnique Fédérale de Lausana* y del *Institute for Snow and Avalanche Research de Davos* (Suiza).

Los autores subrayan que para aprovechar esos factores es clave estudiar correctamente la inclinación de los paneles fotovoltaicos. Eso implica que se instalen en posición más vertical de lo habitual, especifican. La conclusión a la que llegan es que la combinación de todos estos aspectos hace que en las regiones de mayor altitud se puede llegar a generar la misma cantidad de energía solar anual que en las de baja altitud, pero con mayor productividad en invierno.

“La energía fotovoltaica es una fuente clave para la producción futura de electricidad”, asegura Annelen Kahl, coautora del estudio. “Por eso es importante no solo producirla de manera más eficiente, sino también en el momento adecuado”, agrega.

La investigadora cuenta que está estudiando junto a otros compañeros el valor de mercado de la electricidad producida en la montaña con los paneles solares. De momento, los resultados obtenidos no son definitivos, pero sí prometedores, afirma. *“Creemos que el precio tenderá a bajar, por la mayor producción en los momentos de mayor demanda”,* no obstante, hay que considerar el costo de la instalación (que aumenta si no se puede contar con infraestructuras previas) y la capacidad de la red eléctrica con la que se podría conectar.

En definitiva, Kahl cree que su estudio evidencia cómo *“desde un punto de vista físico, los recursos son mejores en la montaña”,* pero que hay que hacer más estudios para averiguar la viabilidad de esta perspectiva.

(país, 2019)

❖ Suelo

El suelo del sitio se clasifica o se identifica como arcilloso. Al mezclarse con el agua, es un material blando, altamente compresible, con muy baja resistencia al esfuerzo cortante, plástico (modificar su forma, moldeable, acepta deformaciones sin romperse hasta cierto punto), su estructura posee relaciones de vacío (proporción entre el volumen de vacíos y el volumen de sólidos, es decir, el volumen de huecos) relativamente grandes y a pesar de ello son materiales impermeables. Suele endurecerse al secarse provocando grietas. Es un suelo cohesivo (la adherencia entre partículas es fuerte). (CONSTANTINO, 2013, P. 17).

La arcilla sufre cambios de volumen según el contenido de humedad, se expande con el agua y se contrae al secarse, ocasionando movimientos en cimentaciones. La susceptibilidad de una cimentación a la fractura, como resultado de los movimientos debidos a la retención hídrica, depende de la profundidad de desplante y el método constructivo.

Entrando ya en materia ambiental y en aspectos particulares del sitio, tres temas son de interés:

1. Cambio de uso de suelo

La superficie donde se encuentra el proyecto se empleaba con fines ganaderos, establo para caballos, y se dispondrá de ahora en adelante para la generación de energía a nivel turístico a pequeña escala.

2. Contaminación por vertidos

Siempre existe la posibilidad de que se presente un derrame accidental de combustibles producto del funcionamiento de la maquinaria, aceites hidráulicos, aceites lubricantes, grasas, productos solventes para limpieza, pintura, o algún derivado de hidrocarburo.

3. Contaminación por residuos

Los posibles impactos que se esperan si se realiza una mala gestión de desechos sólidos son los siguientes:

- a) Contaminación al suelo por tirar desechos sólidos domésticos (alimentos, papeles, botellas, cajas...) y de construcción (varilla, cemento, metal...) directamente sobre el mismo.
- b) Generación de malos olores, proliferación de fauna nociva ó plagas vectores de enfermedades.
- c) Muchos Residuos Sólidos Urbanos generan líquidos durante su proceso de descomposición, los cuales se conocen con el nombre de lixiviados. Ya sea que se trate de lixiviados de origen orgánico o no, su composición y cantidad suele representar un riesgo de contaminación para el suelo y los cuerpos de agua adyacentes, tanto superficiales como subterráneos, y pueden provocar problemas de toxicidad, eutrofización y acidificación, por lo que evitar su flujo superficial e infiltración es de suma importancia
- d) Impacto visual.

❖ Agua

La fuente de abastecimiento de la zona es un manantial. Los acuíferos se forman en rocas con capacidad para almacenar agua de precipitación, ceden caudales significativos hacia zonas de descarga natural (manantiales) o hacia captaciones artificiales (pozos). Los acuíferos se ubican en rocas porosas y permeables (Tarbuck & Lutgens, 2005, P. 487). Para el caso de estudio, el acuífero es de tipo libre, con condiciones locales de semiconfinamiento. (CONAGUA, Actualización de la disponibilidad media anual de agua en acuífero Villa Victoria-Valle de Bravo, 2018, P. 11). Los manantiales sin un origen obvio (para este texto se manejarán como aguas subterráneas) generalmente, tienen las siguientes características:

- I. Alto contenido de CO₂
- II. Bajo contenido de O₂
- III. El agua con déficit de oxígeno y alto contenido CO₂ favorece la disolución del hierro y magnesio, así como de otros componentes.

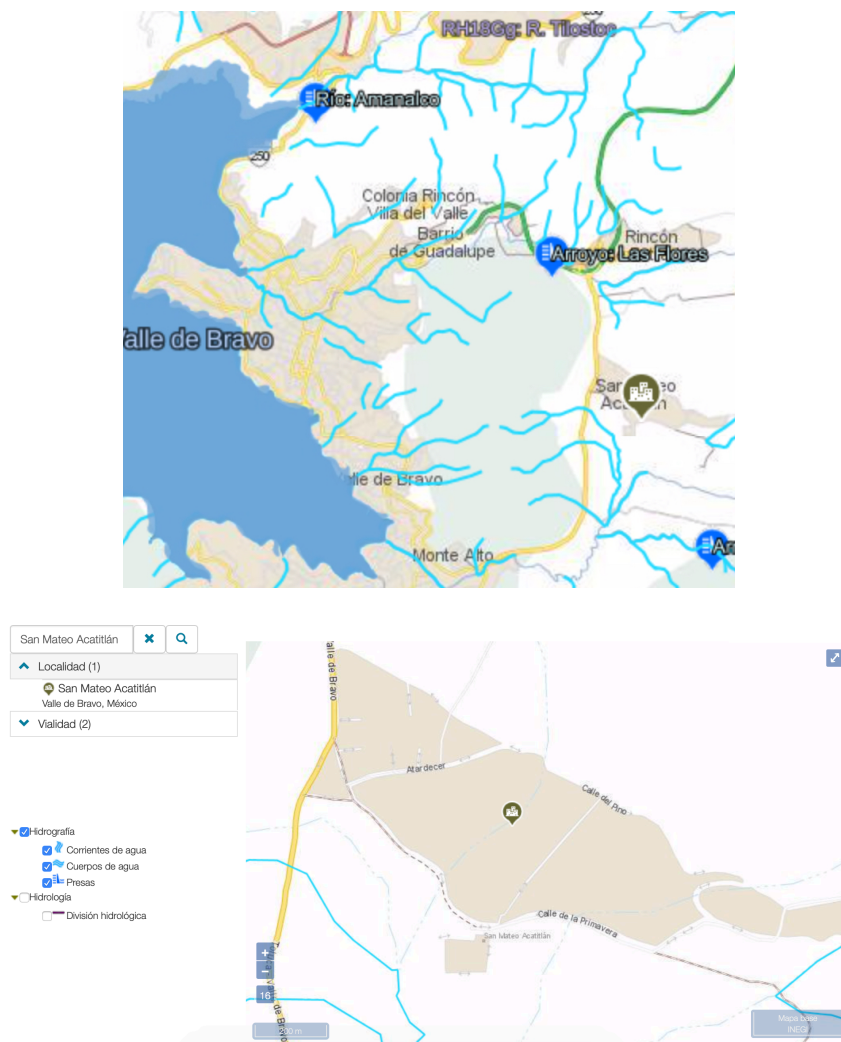
- IV. Alto contenido de sulfuro de hidrógeno (H_2S , también conocido como ácido sulfhídrico) en aguas profundas, provocando un olor desagradable.
- V. El H_2S está asociado a la descomposición de materia orgánica y a la reducción de sulfatos.
- VI. La calidad en ocasiones depende de las características sanitarias de los pobladores. Las condiciones sanitarias en la vecindad de la fuente son importantes, particularmente donde existen pozos negros, lixiviados y desagües pluviales.
- VII. Clara, fría e incolora.
- VIII. Parte del agua de lluvia se infiltra, dando lugar a estas fuentes de abastecimiento. Al contacto con el suelo, absorben sustancias orgánicas e inorgánicas.
- IX. Las sales causantes de alcalinidad y dureza, se disuelven fácilmente con el agua saturada de bióxido de carbono. Durante este proceso, se remueve el oxígeno disuelto en el agua filtrada.
- X. La calidad bacteriológica es aceptable, siempre y cuando no haya fuentes contaminantes. Las bacterias del suelo son filtradas.

Tema: Fuentes de abastecimiento. Materia “Tratamiento de Agua para Consumo Humano”, impartida por Ing. Martín Jiménez Vázquez.

Se tiene la pérdida de suelos filtrantes o permeables por la ocupación selladora de las obras y un tipo de suelo arcilloso, que se traduce en una disminución de volumen de agua subterránea, modificando el nivel freático de alguna manera. Además de producir la disminución regional de los niveles de agua subterránea, afecta el abasto humano y a las actividades agropecuarias del sitio, puede elevar los costos de extracción del líquido, ocasiona hundimientos del terreno. El respectivo acuífero está debajo de arcillas con baja conductividad hidráulica, o capacidad del terreno para conducir agua, es decir, es capaz de almacenar agua, pero no de conducirla de forma vertical.

Con estos cilindros de concreto reforzado, podría existir una ligera perturbación en los escurrimientos que alimentan a 3 corrientes de agua, de longitud importante para la localidad.

Imagen C. 52. Hidrografía del sitio (corrientes de agua), por INEGI. En este mapa se destaca el río Amanalco (el principal por los alrededores) y la presa Valle de Bravo.



Se considera que, durante las labores de trazo y nivelación del terreno, se tendrá un bajo impacto o incidencia sobre los escurrimientos locales causados por la lluvia, esto significa que no se considerarán a fondo los efectos en la calidad y cantidad de dichos escurrimientos.

Pero, en las demás labores, entre los posibles impactos vinculados a estas tres corrientes de agua, están la variación de los escurrimientos por la afectación de las rutas del flujo superficial o subterráneo del agua debido a las siguientes acciones:

- 1) Colado de la cimentación.
- 2) Contaminación por usos antrópicos.
- 3) Derrames de lubricantes para el mantenimiento del proyecto fotovoltaico y derrames de combustibles debido a la transportación de los materiales.

Para la operación del proyecto se requerirá del abastecimiento de agua para el colado de la cimentación, así como agua potable para consumo de quienes vayan a prestar sus servicios, aseo del equipo fotovoltaico para un mejor rendimiento, al igual que la generación de agua residual debido al servicio sanitario.

Por último, los desechos a base de petróleo, metales pesados, polvo, que pueden ser accidentalmente derramados o deliberadamente aplicados en los trabajos de campo, tienen un efecto adverso indirecto sobre la calidad del agua y directo sobre los usos potable y agrícola, los cuales están estrechamente vinculados con la flora y la fauna, y como último eslabón de la cadena alimenticia, con el hombre.

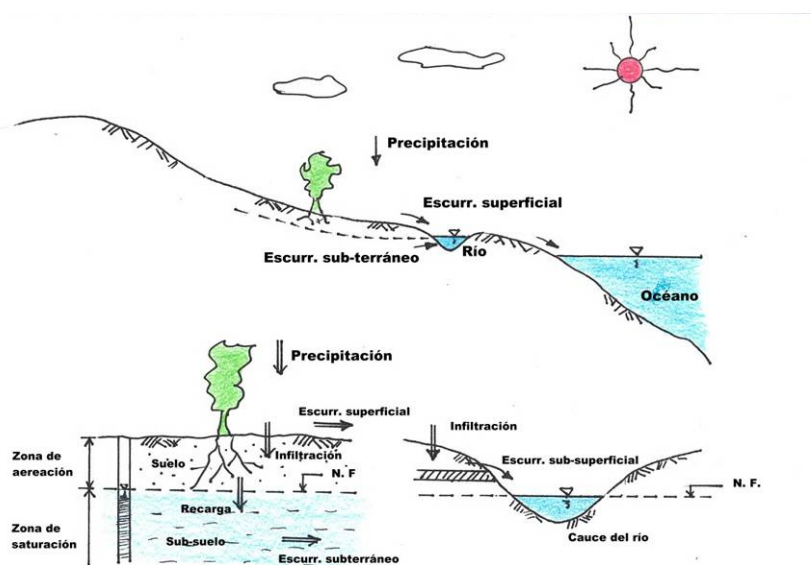
Cabe destacar que estos daños hacia el agua no solamente afectarían a la finca, sino también a la localidad.

Nota: Es importante saber la diferencia entre escurrimiento e infiltración.

Escurrimiento: Agua proveniente de la precipitación que circula sobre o bajo la superficie terrestre y que llega a una corriente para finalmente ser drenada hasta la salida de la cuenca. El agua proveniente de la precipitación que llega hasta la superficie terrestre - una vez que ha sido interceptada y evaporada- sigue diversos caminos hasta llegar a la salida de la cuenca. Conviene dividir estos caminos en tres clases: escurrimiento superficial, escurrimiento subsuperficial y escurrimiento subterráneo.

Infiltración: Proceso mediante el cual el agua precipitada penetra en los estratos del suelo y tiende a moverse hacia el manto freático.

Imagen C. 53. Proceso del escurrimiento e infiltración. Fuente: Clase de Hidrología, impartida por Ing. Francisco Castro Juárez.



❖ Aire

Los gases generados por la combustión de maquinaria, equipos, vehículos y los sólidos suspendidos en el aire suscitados en la operación de desmonte y despalme y las excavaciones, entre otros son liberados a la atmósfera, afectando la calidad del aire. La magnitud del impacto está directamente ligada con la frecuencia e intensidad en que son liberados, además de las condiciones de la cuenca atmosférica, como densidad del aire y su capacidad de transporte, energía cinética del fluido. En el proyecto, también se aplican distintos parámetros, en las diferentes etapas, como son: número de fuentes móviles, emisión de contaminantes, capacidad de dispersión de las emisiones, sólidos en suspensión (movimiento de partículas).

- Erosión eólica y polvo

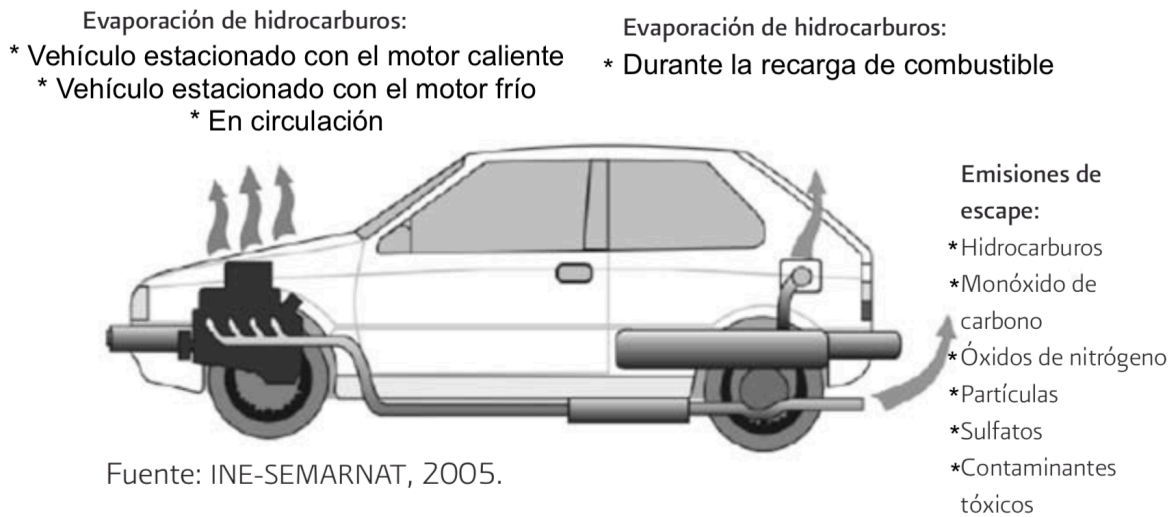
La erosión eólica es el proceso por el cual el viento recoge y transporta el material superficial del suelo y sus partículas, desgastando la superficie del terreno. Este tipo de erosión es quizás más dañina que la hídrica, ya que es de difícil percepción, remueve la capa más fértil del suelo y se convierte en polvo atmosférico. Este tipo de erosión, actúa de manera similar a la hídrica: remoción, transporte y deposición de las partículas de suelo. La resistencia de las partículas del suelo depende de la rugosidad de la superficie. Cuando la rugosidad es alta y la velocidad del viento cerca de la superficie es baja, la erosividad es pequeña. Cuando la superficie es suave, caso de suelos desnudos, la erodabilidad aumenta, incrementándose el riesgo a medida que disminuye el tamaño de partícula como es el limo. (Lupercio, 2018, P. 253, 449)

En materia del proyecto, los suelos al quedar desprovistos de vegetación son más susceptibles a erosionarse por la fuerza del viento. Con el avance de las excavaciones, debido al movimiento de tierras, las partículas quedan suspendidas en el aire y se facilita su movimiento por acción del viento. El transporte de los equipos generará emisiones de polvo. La actividad para el control de polvo que deberán implementarse es el riego periódico de las calles internas y del terreno del establo.

- Emisiones vehiculares

Las emisiones de los vehículos son muy bajas en comparación con las emisiones de una chimenea industrial. Sin embargo, debido a la cantidad de vehículos en circulación, en muchas ciudades representan la fuente principal de contaminación. Los vehículos automotores propulsados por motores de combustión interna producen, en general, tres tipos de emisiones de gases contaminantes: emisiones por el tubo de escape, emisiones evaporativas, así como emisiones de partículas por el desgaste tanto de los frenos como de las llantas.

Imagen C. 54. Proceso de emisión de contaminantes en vehículos automotores.



Comentando únicamente las emisiones por el tubo de escape, las cuales son el producto de la quema del combustible (sea éste gasolina, diesel u otros como gas licuado o biocombustibles) y comprenden a una serie de contaminantes tales como: los hidrocarburos, el monóxido y bióxido de carbono, los óxidos de nitrógeno y las partículas. Además, ciertos contaminantes presentes en el combustible, como el azufre y el plomo, se liberan al ambiente a través del proceso de combustión. Las emisiones por el tubo de escape dependen de las características del vehículo, su tecnología y su sistema de control de emisiones; los vehículos más pesados o más potentes tienden a generar mayores emisiones por kilómetro recorrido. El estado de mantenimiento del vehículo y los factores operativos, la velocidad de circulación, la frecuencia e intensidad de las aceleraciones y las características del combustible (como su contenido de azufre) juegan un papel determinante en las emisiones por el escape.

Tabla C. 15. Impactos en la salud de las emisiones por el tubo de escape.

Contaminante	Características	Proceso de generación	Impactos a la salud
Hidrocarburo (HC)	Existe una gran variedad de hidrocarburos o compuestos orgánicos volátiles (COV).	Resultado de la combustión incompleta.	Los COV son precursores del ozono y algunos de ellos (como el benceno, formaldehído y acetaldehído) son altamente tóxicos para el ser humano.
Monóxido de carbono (CO)	El CO es un gas incoloro e inodoro.	Producto de la combustión incompleta y ocurre cuando el carbono en el combustible se oxida sólo parcialmente.	El CO se adhiere con facilidad a la hemoglobina de la sangre y reduce el flujo de oxígeno en el torrente sanguíneo ocasionando alteraciones en los sistemas nervioso y cardiovascular.
Bióxido de carbono (CO₂)		Se forma por la combustión completa en presencia de oxígeno suficiente para oxidar en su totalidad el carbono de los combustibles	El bióxido de carbono no atenta contra la salud pero es un gas con importante efecto invernadero que atrapa el calor de la tierra y contribuye seriamente al calentamiento global.
Óxido de nitrógeno (NO)	Los óxidos de nitrógeno, al igual que los hidrocarburos, son precursores de ozono. Con la presencia de humedad atmosférica se convierten en ácido nítrico, contribuyendo así a lo que se conoce como lluvia ácida.	Cuando la presión y la temperatura en el motor son altas, los átomos de nitrógeno y oxígeno del aire reaccionan para formar NO, bióxido de nitrógeno (NO ₂) y otros óxidos de nitrógeno.	La exposición aguda al NO ₂ puede incrementar las enfermedades respiratorias, especialmente en niños y personas asmáticas. La exposición crónica a este contaminante puede disminuir las defensas contra infecciones respiratorias.
Bióxido de azufre (SO₂)	El SO ₂ es un gas incoloro de fuerte olor. Con la presencia de humedad atmosférica se convierte en un ácido sulfúrico, otro de los compuestos críticos en la formación de la lluvia ácida.	Se produce debido a la presencia de azufre en el combustible. Específicamente, por la oxidación de azufre del combustible durante la combustión.	Es irritante para los ojos, nariz y garganta, y agrava los síntomas del asma y la bronquitis. La exposición prolongada al bióxido de azufre reduce el funcionamiento pulmonar y causa enfermedades respiratorias.
Partículas PM	Pueden ser partículas sólidas o líquidas suspendidas en el aire. Las partículas pueden ser desde una mezcla compleja de ácidos e hidrocarburos pesados, hasta granos de polvo. Existen las partículas finas, ultra finas y nanopartículas, de menos de 2.5 de diámetro (PM _{2.5}); y las PM ₁₀ de diámetro menor a 10 micrómetros.	Son producto de los procesos de combustión en el motor de los vehículos	Este contaminante es uno de los que tiene mayores impactos en la salud humana; ha sido asociado con un aumento de síntomas de enfermedades respiratorias, reducción de la función pulmonar, agravamiento del asma, y muertes prematuras por afecciones respiratorias y cardiovasculares.

(Climático, P. 26-29)

También hay que considerar los efectos negativos de la pintura en los acabados de la estructura metálica para sostener las celdas, ya que puede afectar especialmente la salud de los trabajadores expuestos a este proceso.

❖ Ruido

Durante la instalación de los equipos, habrá cierto estrépito por los vehículos que transportarán los equipos hacia el sitio del proyecto, afectando de alguna manera a humanos y animales. El suministro de equipos se hizo en un viaje de tres trailers. Un indicador de impacto de esta variable ambiental es la relación no deseada entre los seres vivos con una emanación sonora presentada en una determinada situación.

Tabla C. 16. Algunos sonidos comunes y sus Niveles de Presión Acústica. Para este caso, el máximo NPA ocasionado por una actividad ó fuente será de 92 decibeles. Y para 2 actividades ó fuentes será de 92 decibeles, cada una. (Ing. Alba B. Vázquez González, 1994).

Sonido	NPA dBA
Frontera de audición humana	0.0
Respiración humana	10.0
Conversación normal	60.0
Automóvil a 6 metros	74.0
Crucero transitado	90.0
Podadora y camión recolector de basura	100.0
Motocicleta a 6 metros	110.0
Nivel pico de un grupo de rock	120.0
Aeronave Jet a 60 metros	120.0
Aeronave Jet a 6 metros	140.0
Perforadora neumática a 1 metro	108.0
Bulldozer a 15 metros	94.0
Motoescropa y camión pesado a 15 metros	93.0
Camión de volteo y mezcladora de concreto a 15 metros	76.0
Vibrador de concreto a 15 metros	64.0

Tabla C. 17. Límites máximos permisibles de emisión de ruido de las fuentes fijas, de acuerdo a la NOM-081-SEMARNAT-1994. Los caballos solo podrán estar expuestos a 65 dB.

ZONA	HORARIO	LÍMITE MÁXIMO PERMISIBLE dB (A)
Residencial1 (exteriores)	6:00 a 22:00	55
	22:00 a 6:00	50
Industriales y comerciales	6:00 a 22:00	68
	22:00 a 6:00	65
Escuelas (áreas exteriores de juego)	Durante el juego	55
Ceremonias, festivales y eventos de entretenimiento.	4 horas	100

- Procedimiento para calcular cual será la distancia para mantener en calma a los caballos, si hay una fuente o dos fuentes sonoras simultáneas.

Nivel sonoro a cierta distancia para una sola fuente:

$$NPA_2 = NPA_1 - 20 \log \frac{D_2}{D_1}$$

$$NPA_2(d = 5 \text{ m}) = 92 \text{ dBA}$$

$$NPA_2(d = 10 \text{ m}) = 92 - 20 \log \frac{10 \text{ m}}{5 \text{ m}} = 85.9794 \text{ dBA}$$

$$NPA_2(d = 15 \text{ m}) = 85.9794 - 20 \log \frac{15 \text{ m}}{10 \text{ m}} = 82.4575 \text{ dBA}$$

$$NPA_2(d = 20 \text{ m}) = 82.4575 - 20 \log \frac{20 \text{ m}}{15 \text{ m}} = 79.9587 \text{ dBA}$$

Nivel sonoro a cierta distancia para dos sonidos combinados:

$$NPA_{combinada} = 10 \log \left(10^{\frac{NPA_{fuente 1}}{10}} + 10^{\frac{NPA_{fuente 2}}{10}} \right)$$

Suponiendo que NPA_1
 $= NPA_2$, por ejemplo 2 grúas llegan al mismo tiempo al sitio

$$NPA_{combinada} = 10 \log \left[2 \left(10^{\frac{NPA_{fuente}}{10}} \right) \right]$$

$$NPA_{combinada}(NPA_{fuente} = 92 \text{ dB}, d = 5 \text{ m}) = 10 \log \left[2 \left(10^{\frac{92}{10}} \right) \right] = 95.0102 \text{ dB}$$

$$NPA_{combinada}(NPA_{fuente} = 85.98 \text{ dB}, d = 10 \text{ m})$$

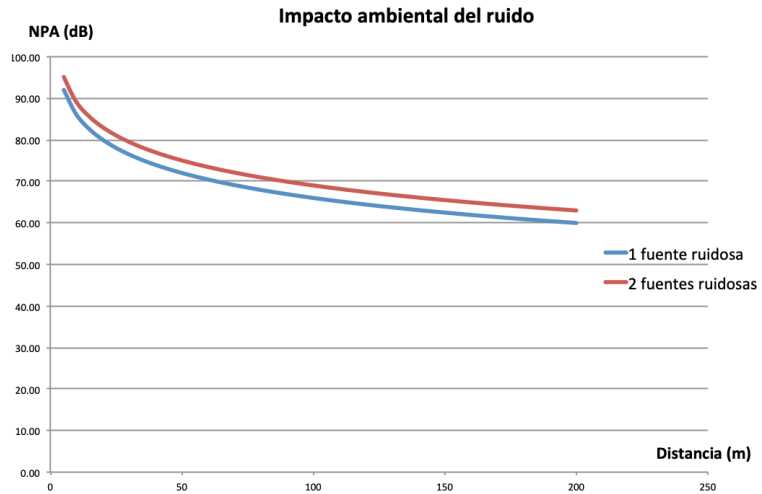
$$= 10 \log \left[2 \left(10^{\frac{85.9794}{10}} \right) \right] = 88.9896 \text{ dB}$$

$$NPA_{combinada}(NPA_{fuente} = 82.4575 \text{ dB}, d = 15 \text{ m})$$

$$= 10 \log \left[2 \left(10^{\frac{82.4575}{10}} \right) \right] = 85.4677 \text{ dB}$$

Imagen C. 55. Gráficas de Nivel Sonoro para determinadas distancias.

NIVEL DE PRESIÓN ACÚSTICA RECIBIDO EN CIERTA POSICIÓN		
	1 sola fuente	combinación de fuentes
DISTANCIA (m)	NPA (dB)	NPA (dB)
5	92.00	95.01
10	85.98	88.99
15	82.46	85.47
20	79.96	82.97
25	78.02	81.03
30	76.44	79.45
35	75.10	78.11
40	73.94	76.95
45	72.92	75.93
50	72.00	75.01
55	71.17	74.18
60	70.42	73.43
65	69.72	72.73
70	69.08	72.09
75	68.48	71.49
80	67.92	70.93
85	67.39	70.40
90	66.89	69.90
95	66.42	69.44
100	65.98	68.99
105	65.56	68.57
110	65.15	68.16
115	64.77	67.78
120	64.40	67.41
125	64.04	67.05
130	63.70	66.71
135	63.37	66.38
140	63.06	66.07
145	62.75	65.76
150	62.46	65.47
155	62.17	65.18
160	61.90	64.91
165	61.63	64.64
170	61.37	64.38
175	61.12	64.13
180	60.87	63.88
185	60.64	63.65
190	60.40	63.41
195	60.18	63.19
200	59.96	62.97



(Laboratorio de Ingeniería Sanitaria y Ambiental, 2018, P.26-28)

A grandes rasgos, cuando se hagan actividades con 92 dB, los caballos serán separados a una distancia de 110 m a partir de la fuente, y cuando existan ocasiones con presencia de 2 fuentes escandalosas, serán separados a 150 m. Ésto, con la finalidad de no originarles estrés, nerviosismo, tensión, querer huir. Dichos quehaceres tendrán un horario de 4 horas, con la intención de no causar molestias a los corceles, turistas, lugareños. También puede haber otras actividades donde sucedan niveles de ruido con mayor concentración, como desmote y despalme, entre otros.

❖ Vegetación

Para el desarrollo del proyecto será necesario el corte de la vegetación existente. La pérdida de vegetación en este caso es un impacto moderado ya que el rancho cuenta con escasa vegetación la cual es prácticamente pastizal. Con el propósito de cumplir las actividades, es vital la remoción de vegetación para la instalación de los equipos de generación eléctrica.

❖ Fauna

Hay la posibilidad de la desaparición de comunidades enteras de insectos acuáticos. Los insectos acuáticos, como la efímera, confunden la superficie negra, lisa y brillante de los

paneles solares con la de una laguna o un gran charco de agua. Tras divisar el "falso lago", los insectos se dirigen allí para reproducirse y depositar sus huevos, y por no hallarse en el medio adecuado, terminan pereciendo.

La pérdida potencial de los insectos acuáticos es grave, porque estos constituyen el primer peldaño en la cadena alimenticia acuática. Si disminuye la población de insectos acuáticos, las poblaciones de peces y otros organismos que viven en el agua sufrirán las consecuencias.

Hay que considerar las especies que podrían invadir el rancho, si cruzan la cerca de madera, que divide el rancho del exterior.

(BBC Mundo, 2010)

❖ Sector primario

Recordando que el rancho se especializa en la crianza de caballos deportivos de alto rendimiento y con el dinero ahorrado en energía eléctrica, a partir del octavo año, se podrán tomar acciones para mejorar el criadero, acciones como la contratación de cuidadores mejor calificados (puede también ser personal de la misma localidad, dando si oportunidad de empleo a los habitantes). Otro ejemplo sería comprar más alimentos nutritivos para equinos. Con estas medidas citadas se tendrían potros con mayores virtudes. El factor a medir sería "calidad del ganado".

❖ Sector terciario

El rancho también se enfoca a entrenar jinetes. Con el dinero ahorrado, existe la posibilidad de mejorar las instalaciones deportivas, haciendo que atletas del extranjero asistan al rancho, elevando el nivel de prestigio del recinto. El factor a medir sería "calidad del servicio".

❖ Calidad de vida para los habitantes de la localidad

Como el rancho juega un papel importante en el poblado, la situación de la localidad está de la mano con la finca.

Recortando gastos de energía eléctrica, luego de 8 años, la finca podrá perfeccionar sus caballos y sus instalaciones deportivas, atrayendo más público, generando más ingresos para ambos bandos, con lo cual se implementarían los cimientos para desarrollar un servicio eléctrico a base de energía solar en la localidad de San Mateo Acatitlán, contribuyendo con los programas estatales y municipales para el incremento de fuentes alternativas de producción energética, ayudando en tres rubros para sus habitantes: ingresos, salud y bienestar, oportunidades. Esto implica una disminución en la migración

rural a zonas urbanas, ayudaría a la creación de sistemas de salud y sistemas de alumbrado, se fomentan las actividades secundarias/terciarias sin depender tanto de la actividad agropecuaria, se impulsan las telecomunicaciones en la zona, y citando nuevamente, una disminución de fuentes de energía generadoras de impactos.

En resumen, al consolidarse un proyecto, como el expuesto, de una instalación solar fotovoltaica, ofrece ,en el mediano y largo plazo, mejores condiciones del aprovechamiento energético aunado a que se contribuye a mejorar los ingresos de la comunidad y de esta propiedad privada.

Una vez mencionado cada elemento con sus respectivos factores ambientales, se procederá a entablar el respectivo árbol de acciones, haciendo la clasificación en niveles, tomando en cuenta un criterio ingenieril, sintetizando la información relevante.

Tabla C. 18. Árbol de factores o inventario ambiental para el proyecto fotovoltaico.

ÁRBOL DE FACTORES					
SISTEMA	MEDIO	ELEMENTO	Número	FACTOR	
Biofísico	Físico	Clima	1	Temperatura	
			2	Precipitaciones	
			3	Nubosidad	
			4	Viento	
			5	Irradiación solar	
			Geomorfología	6	Altitud
		Suelo	7	Cambio de uso de suelo	
			8	Contaminación por vertidos	
			9	Contaminación por residuos	
		Agua	10	Infiltración	
			11	Desperdicio de agua	
		Aire	12	Calidad del aire	
		Ruido	13	Niveles de percepción	
	Biótico	Vegetación	14	Remoción y afectación de pastizales	
			15	Movimiento de tierras	
		Fauna	16	Número de especies involucradas	
Socio-económico-cultural	Económico	Sector primario	17	Calidad del ganado	
		Sector terciario	18	Calidad del servicio	
	Demografía	Calidad de vida	19	Ingresos	
			20	Salud y bienestar	
			21	Oportunidades	

3.2 Ponderación de los factores ambientales

Para este estudio de impacto ambiental se implementará el método de ponderación de factores, desarrollando únicamente la matriz de Leopold. Teniendo los elementos ambientales, se les asignará sus respectivos pesos, en las tres unidades, UI (Unidades de Importancia), porcentaje y de manera adimensional, según un criterio ingenieril.

❖ Justificación de los valores

Como se deben satisfacer las necesidades de las sociedades ó algún grupo de personas mediante proyectos, sin descuidar y sin destruir el medio ambiente en sus diferentes niveles, se decidió que ambos sistemas tengan la misma calificación.

Una de las características que más influyen en el rendimiento de las instalaciones solares es el clima. En la superficie terrestre, no todos los lugares reciben la misma cantidad de energía. Debido a la inclinación de la Tierra respecto al Sol, los trópicos son la zona del planeta que mayor radiación recibe. Para determinar con exactitud la cantidad de energía que podremos aprovechar en un lugar concreto, debemos tener en cuenta también otros aspectos como las estaciones, la hora del día y las condiciones atmosféricas. En días nublados, la intensidad de la radiación disminuye de alguna manera. También, hay que contemplar el elemento agua, ya que nuestro país sufre estrés hídrico.

El “estrés hídrico” es el porcentaje de agua con el que una población, ciudad o país cuenta anualmente. Mientras más cerca esté una región de consumir el agua de la que dispone para un año, antes de ese período, mayor será su nivel de estrés hídrico. El Estado de México es el quinto estado del país con mayor estrés hídrico. Esto hay que considerarlo al momento de limpiar la instalación solar con agua de las impurezas, para no perder el rendimiento original del equipo.

Estos factores, clima y agua, por las razones ya citadas, tendrán un alto valor. (Cointra), (Televisa, 2019)

En relación al suelo, no se le otorgará un peso riguroso, si bien en los suelos en general hay muchas interacciones de formas diferentes con el agua, el clima y la biota que habita en una región, dando como resultado una capa superficial muy importante para la vida y genera muchos beneficios para los seres vivos, su función principal, en este caso, es sostener los componentes de una planta fotovoltaica para un rancho turístico (Laboratorio de Ingeniería Sanitaria y Ambiental, 2018, P.4).

La altitud afecta el clima y como se le dió una alta calificación al segundo, se dictaminó en no darle mucha importancia a la altitud que está en relación a la geomorfología, por eso se le da una nota baja. Tampoco se le otorgará tanta relevancia al aire y al ruido, tradicionalmente, los pueblos están a salvo de estos tipos de contaminación, y más protegidos están cuando se labora en espacios al aire libre.

Para el Medio Biótico, la vegetación que hay afuera del rancho no sería dañada por la instalación fotovoltaica, y la vegetación que se encuentra adentro del rancho no tiene mucho valor, debido a que es pastizal no en buen estado. En cuanto a fauna, se debe enfatizar en su cuidado, debido a que son tres especies a atender, caballos deportivos,

insectos de agua y animales que pueden invadir probablemente el predio ya que la finca se ubica dentro de un bosque separado por una simple cerca. Leyendo la NOM-059-SEMARNAT-2010, se distingue la situación de las especies explicadas en el apartado de “Medio Físico del Valle de Bravo”:

Tabla C. 19. Tabla de asignación de las especies animales y vegetales.

	Especie	Nombre Científico	Distribución	Categoría de riesgo	Semáforo
1	Ardilla	<i>Sciuridae</i>	Endémica	Protección especial	Yellow
2	Zopilote	<i>Cathartidae</i>	No endémica	En Peligro de extinción	Red
3	Águila	<i>Accipitridae</i>	No endémica	Protección especial	Yellow
4	Gavilán	<i>Accipiter nisus</i>	No endémica	Protección especial	Yellow
5	Gavilancillo	-	No se encontró en la NOM		Blue
6	Tlacuache	<i>Didelphidae</i>	No endémica	Amenazada	Orange
7	Armadillo	<i>Dasypodidae</i>	No endémica	En Peligro de extinción	Red
8	Coyote	<i>Canis Latrans</i>	No se encontró en la NOM		Blue
9	Venado	<i>Odocoileus</i>	Protección especial		Yellow
10	Gato montés	<i>Felis Silvestris</i>	No se encontró en la NOM		Blue
11	Víbora de cascabel	<i>Crotalus</i>	S/ información	Amenazada	Orange
12	Culebra de agua	<i>Natrix Maura</i>	S/ información	Amenazada	Orange
13	Tuzas	<i>Geomyidae</i>	Endémica	Amenazada	Orange
14	Gorrión	<i>Emberizidae</i>	Endémica	Protección especial	Yellow
15	Primaveras	<i>Turdus Migratorius</i>	No se encontró en la NOM		Blue
16	Pájaro carpintero	<i>Picidae</i>	No endémica	Protección especial	Yellow
17	Correcaminos	<i>Geococcyx</i>	No se encontró en la NOM		Blue
18	Cezontle	<i>Mimus Polyglottos</i>	Protección especial		Yellow
19	Rana	<i>Craugastoridae</i>	Endémica	Protección especial	Yellow
20	Sapo	<i>Bufoinidae</i>	Endémica	Amenazada	Orange

Yellow	Protección especial =	8	40
Orange	Amenazada =	5	25
Red	En peligro de extinción =	2	10
Blue	No se encontró en la NOM =	5	25
	Total =	20	100

	Especie	Nombre Científico	Distribución	Categoría de riesgo	Semáforo
1	Pino	<i>Pinus</i>	No Endémica	En Peligro de extinción	Red
2	Encino	<i>Quercus</i>	No se encontró en la NOM		Blue
3	Oyamel	<i>Abies religiosa</i>	Endémica	En Peligro de extinción	Red
4	Fresno	<i>Fraxinus</i>	No se encontró en la NOM		Blue
5	Ocote	<i>Pinus montezumae</i>	No se encontró en la NOM		Blue

Yellow	Protección especial =	0	0
Orange	Amenazada =	0	0
Red	En peligro de extinción =	2	40
Blue	No se encontró en la NOM =	3	60
	Total =	5	100

Esto quiere decir que hay una probabilidad considerable de encontrar adentro de las instalaciones fotovoltaicas animales como tlacuaches, víboras de cascabel, culebras de agua, tuzas y sapos (animales considerados como plaga), donde seguramente no se verían afectados sus nidos o madrigueras, sin embargo, en las tres diferentes fases (construcción, explotación-restauración, abandono) los trabajadores pueden sufrir alguna especie de mordedura, involucrando su integridad y salud.

También hay que pensar en los equinos, que son la fuente de ingresos del rancho, les puede afectar el ruido de las obras, asustándolos o alterar su comportamiento. Y como

ya se habló, el tema de los insectos de agua y la confusión con los cuerpos de agua que las celdas puedan causar. (Naturales).

Para el medio-socio-económico-cultural, el proyecto involucra al rancho directamente pero no explícitamente a los habitantes de la localidad de San Mateo Acatitlán, los pros-contras para los lugareños se verán a la luz a mediano (entre uno a cinco años) y largo plazo (más de cinco años). Por eso se deliberó en repartir la puntuación en partes iguales para el medio económico y demográfico

Así quedaría la puntuación de cada uno de los elementos:

Tabla C. 20. Tabla de pesos de los elementos ambientales.

(UI)	(%)	decimal	(UI)	(%)	decimal	(UI)	(%)	decimal	(UI)	(%)	decimal
SISTEMA			MEDIO			ELEMENTO AMBIENTAL			FACTOR		
500	50	0.5	300	30	0.3	100	10	0.1	20	2	0.02
Biofísico			Físico			Clima			Temperatura		
									2		
									Precipitaciones		
									20		
									Nubosidad		
									20		
									Viento		
									20		
									Irradiación solar		
									20		
						Geomorfología			Altitud		
						10			10		
						1			1		
						0.01			0.01		
						Suelo			Cambio de uso de suelo		
						20			2		
						2			0.2		
									Contaminación por vertidos		
									9		
									0.9		
									Contaminación por residuos		
									9		
									0.9		
									0.009		
									0.009		
						Agua			Infiltración		
						100			30		
						10			3		
						0.1			0.03		
									Desperdicio de agua		
									70		
									7		
									0.07		
						Aire			Calidad del aire		
						20			20		
						2			2		
						0.02			0.02		
						Ruido			Niveles de percepción		
						50			50		
						5			5		
						0.05			0.05		
			Biótico			Vegetación			Remoción de pastizales		
			200			30			15		
			20			3			1.5		
			0.2			0.03			0.015		
									Movimiento de tierras		
									15		
									1.5		
									0.015		
						Fauna			Número de especies involucradas		
						170			170		
						17			17		
						0.17			0.17		
Socio-económico-cultural:			Económico			Sector primario			Calidad del ganado		
500	50	0.5	250	25	0.25	125	12.5	0.125	125	12.5	0.125
						Sector terciario			Calidad del servicio		
						125			125		
						12.5			12.5		
						0.125			0.125		
			Demografía			Calidad de vida			Ingresos		
			250			250			90		
			25			25			9		
			0.25			0.25			0.09		
									Salud y bienestar		
									80		
									8		
									0.08		
									Oportunidades		
									80		
									8		
									0.08		
TOTAL:			1000			1000			1000		
			100			100			100		
			1			1			1		

Los tres factores con mayor peso (en orden ascendente a descendente) de acuerdo a la tabla de ponderación son:

1. Número de especies involucradas.
2. Calidad del ganado y calidad del servicio.
3. Ingresos a mediano y largo a plazo para los habitantes de la localidad.

3.3 Matriz de Leopold para la identificación de impactos del proyecto fotovoltaico

Nota: Para interpretar la matriz, se leerá de la siguiente manera: “La acción a afectará al elemento ambiental b”. Suponiendo: La limpieza del terreno afectará a la temperatura por ciertas “razones”. Las celdas marcadas con una “x” dan a entender que no hay compatibilidad entre una acción con un elemento.

Imagen C. 56. Identificación de impactos por método de matriz de cruces

		CONSTRUCCIÓN																EXPLOTACIÓN-RESTAURACIÓN						ABANDONO										
		Trazo y nivelación del terreno						Obra Civil										Funcionamiento de la instalación			Mantenimiento de instalaciones			Retiro de instalaciones		Restitución del terreno a las condiciones originales								
		A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L	M	N	O	P	Q	R	S	T	U	V	W	X	Y	Z	AA	AB	AC	AD	AE	AF	
CLIMA	Temperatura	1	x	x	-1	x	x	-2	-2	x	x	x	-1	x	x	-2	-2	x	5	x	x	x	x	x	x	-3	-5	x	x	2	3	1	x	2
	Precipitaciones	2	x	x	-1	x	x	-1	-1	x	x	x	-1	x	x	-1	-1	x	2	x	x	x	x	x	x	-1	3	x	x	1	1	1	x	1
	Nubosidad	3	x	x	-1	x	x	-1	-1	x	x	x	-1	x	x	-1	-1	x	2	x	x	x	x	x	x	-1	-2	x	x	1	1	1	x	1
	Viento	4	x	x	-1	-1	x	x	-1	-2	-2	-2	-2	-2	x	-2	x	-3	2	x	x	x	x	-2	-1	-1	x	x	1	1	1	1	x	1
	Irradiación solar	5	2	x	-2	-2	x	-2	-2	4	3	3	3	3	x	-3	x	-3	3	-2	x	x	2	2	2	2	x	-2	-1	2	x	x	2	2
SUELO	Altitud	6	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x
	Cambio de uso de suelo	7	x	x	-2	-2	x	-2	-2	-1	-1	x	x	x	-1	-2	-2	x	-2	-1	-1	-1	-1	x	x	-4	-1	-2	x	2	2	2	2	3
	Contaminación por vertidos	8	2	x	-2	-2	x	-2	-2	x	-1	-1	-1	x	-1	-3	-2	x	x	x	x	x	x	x	x	-2	-2	x	x	x	x	2	2	2
	Contaminación por residuos	9	2	x	-2	-2	x	-3	-3	-3	x	x	x	x	-1	-3	-4	x	-2	-2	-2	-2	-2	x	x	x	x	x	x	x	x	x	2	2
AGUA	Infiltración	10	1	x	-2	3	x	-1	-2	3	2	x	x	-1	x	-3	-2	x	x	2	2	2	2	x	x	-2	-1	-2	x	1	1	2	2	1
	Desperdicio de agua	11	-1	x	-1	-1	x	-2	-3	3	2	-2	-1	-2	x	-2	3	-3	-5	-1	-2	-1	-3	x	x	-3	-4	-2	-3	4	1	1	1	-3
BIÓTICO	Calidad del aire	12	x	x	-1	-1	x	x	-1	-1	-1	-1	-1	-1	x	-1	2	-1	2	x	x	2	2	x	x	-1	x	x	x	1	1	1	x	1
	Niveles de percepción	13	x	x	x	x	x	x	-2	-3	x	-1	x	-2	-1	x	-4	-2	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	-2	-2	x	x	-2	
	Pastizales	14	2	1	-2	-2	x	-2	-2	x	-2	-2	-2	x	-2	-2	-2	-2	-2	-2	-2	-2	-2	x	x	-3	-2	-1	x	2	2	3	2	2
ECONÓMICO	Movimiento de tierras...	15	2	1	-2	-2	x	-2	-2	x	-2	-2	-2	x	-2	-2	-2	-2	-2	-2	-2	-2	-2	x	x	-3	-2	-1	x	2	2	3	2	2
	Especies involucrada	16	2	x	-1	-1	x	-2	x	x	-2	x	x	-2	x	x	-2	x	-2	x	x	x	x	-3	-3	-4	-3	x	x	2	2	1	2	2
DEMOGRAFÍA	Calidad del ganado	17	4	x	-4	x	x	-4	x	-4	x	x	-4	-4	x	-4	-4	x	x	x	x	x	x	x	-4	-4	x	-2	2	2	2	4	2	3
	Calidad del servicio	18	2	x	x	-2	-1	-2	-2	x	-2	x	-3	-3	x	-3	-3	1	1	1	1	1	1	1	1	1	-3	x	2	-2	-2	x	2	2
	Ingresos	19	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	2	2	2	2	2	2	2	2	2	-2	-2	x	x	x	x	x	x
CALIDAD DE VIDA	Salud y bienestar	20	1	x	x	x	x	-1	-1	-1	x	-2	-1	x	-2	-1	-1	-2	-2	-2	-2	-2	-2	-2	-2	-2	x	x	x	x	x	1	1	2
	Oportunidades	21	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	x	x	x	x

Tabla C. 21. Tabla resumen por elementos.

ANÁLISIS POR FACTOR, ELEMENTO, MEDIO Y SISTEMA						
SISTEMA	MEDIO	ELEMENTO	Número	FACTOR	PUNTUACIÓN	
Biofísico	Físico: -592	Clima -114	1	Temperatura	-35	
			2	Precipitaciones	5	
			3	Nubosidad	-14	
			4	Viento	-64	
			5	Irradiación solar	-6	
		Geomorfología: 0	6	Altitud	0	
			Suelo -139	7	Cambio de uso de suelo	-30
		8		Contaminación por vertidos	-35	
		9		Contaminación por residuos	-74	
		Agua -171	10	Infiltración	-28	
			11	Desperdicio de agua	-143	
		Aire: -13	12	Calidad del aire	-13	
		Ruido: -43	13	Niveles de percepción	-43	
		Biótico -112	Vegetación -60	14	Remoción y afectación de pastizales	-30
				15	Movimiento de tierras	-30
			Fauna: -52	16	Número de especies involucradas	-52
Socio-económico-cultural -134	Económico -120	Sector primario: -63	17	Calidad del ganado	-63	
		Sector terciario: -57	18	Calidad del servicio	-57	
	Demografía -14	Calidad de vida: -14	19	Ingresos	24	
			20	Salud y bienestar	-73	
			21	Oportunidades	35	

Tabla C. 22. Tabla resumen por acciones.

ANÁLISIS POR ACCIÓN, LABOR Y FASE					
FASE	LABOR	Letra	ACCIÓN	PUNTAJE	
Construcción -706	Trazo y nivelación del terreno. -102	A	Limpieza del terreno, basura ó restos que pudiera haber para dejar el terreno despejado.	50	
		B	Levantamiento topográfico.	2	
		C	Desmonte o remoción de cubierta vegetal, tocones, maleza, broza.	-42	
		D	Retirada de tierra por medios manuales.	-35	
		E	Trazo de ejes en el campo con cal y uso del hilo reventón.	-1	
		F	Generación de desechos domésticos.	-76	
	Obra Civil -539		G	Fabricación y colado de cimentación.	-82
			H	Instalación y acabado de la estructura metálica.	-49
			I	Excavaciones para canalizaciones de corriente directa y alterna.	-24
			J	Suministración de los registros de concreto prefabricado por medio de grúa.	-21
			K	Emisión de polvo.	-61
			L	Emisión de ruido.	-44
			M	Construcción del nicho que alojará el tablero de protección.	-10
			N	Derrames accidentales de hidrocarburos en el suelo ó de material impregnado de hidrocarburos como estopas, papel, cartón.	-107
			O	Generación de desechos domésticos.	-84
			P	Transporte del equipo	-57
	Obra eléctrica -65		Q	Instalación de módulos solares.	-7
			R	Instalación de inversores.	-17
			S	Colocación de la tubería con su respectivo cableado.	-15
T			Colocación del tablero de protección.	-13	
U			Instalación del transformador.	-13	
Explotación-Restauración -205	Funcionamiento de la instalación -94	V	Obra por terceros a media tensión.	-17	
		W	Conexión a la línea de distribución.	-8	
	Mantenimiento de las instalaciones -111	X	Ocupación del suelo por las instalaciones.	-69	
		Y	Uso de agua para la limpieza de celdas y/u otros componentes.	-82	
Abandono 185	Retiro de las instalaciones: 47	Z	Uso de aceites lubricantes para el mantenimiento anual.	-21	
		AA	Mantenimiento preventivo y correctivo.	-8	
	Restitución del terreno a las condiciones preoperacionales: 138	AB	Desmantelamiento de la obra civil.	22	
		AC	Desmantelamiento de la obra eléctrica.	25	
		AD	Reposición del suelo vegetal.	41	
AE	Limpieza del terreno.	36			
AF	Acciones para normalizar el terreno conforme a nuevas necesidades	61			

Revisando a “grosso modo” las tablas resumen, los tres factores más “significativos” por el proyecto solar (en orden ascendente a descendente) son:

1. Desperdicio de agua (Número 11).
 2. Contaminación por residuos en la fase de construcción (Número 9).
 3. Salud y bienestar para los habitantes de la localidad a largo plazo (Número 20).
- Las tres acciones más reveladoras dentro del proyecto (en orden ascendente a descendente) son:

1. Derrames accidentales de hidrocarburos en el suelo ó de material impregnado de hidrocarburos como estopas, papel, cartón (Letra N).
2. Generación de desechos domésticos en labores de obra civil (Letra O).
3. Fabricación y colado de cimentación, y uso de agua para la limpieza de celdas solares y otros componentes (Letra G, Letra Y).

El elemento ambiental “más golpeado” es el agua y la labor donde hay más problemas es en obra civil, según las tablas de la página anterior.

❖ Cribado de impactos

Tabla C. 23. Matriz de Leopold para las acciones y factores más significativos.

FACTOR/ACCIÓN	Obra Civil			Mantenimiento de instalaciones
	G) Colado de Cimentación	N) Derrames en suelo de Hidrocarburos ó material impregnado	O) Desechos domésticos en obra civil	Y) Uso de agua para limpiar celdas y/u otros componentes
9) Contaminación por residuos (suelo)	-12 IMPACTO 1	-9 IMPACTO 2	-16 IMPACTO 1	Incompatible
11) Desperdicio de agua (Agua)	-9 IMPACTO 3	-6	-4	-20 IMPACTO 4
20) Salud y bienestar a largo plazo (Calidad de vida)	-2	-4	-2	6 IMPACTO 5



Impactos seleccionados y que a lo largo del texto se indagarán debido a su puntaje.

En base a la última matriz, se hará un cribado de impactos, deshaciéndonos de los impactos con menor valor (absoluto), ya que no todos merecen un análisis cuidadoso debido a que su puntuación es baja.

Los impactos que se estudiarán en el siguiente apartado son los siguientes:

Impactos causados por los residuos (suelo):

- 1) *Desechos domésticos y de construcción sólidos a causa de la fabricación y colado de la cimentación [En este caso podemos unir 2 impactos, en uno, acción G) y O)].*

- 2) *Polución por vertidos a base de hidrocarburos y residuos de material impregnado de hidrocarburos como estopas, papel, cartón..., en etapa de Obra Civil (Para un mejor análisis, además de estudiar los hidrocarburos en estado líquido, se está incluyendo los hidrocarburos en estado sólido y sus derivados).*

Impactos causados por desperdicio de agua:

- 3) *Uso de agua para fabricación, colado y curado de cimentación.*
 4) *Desperdicio de agua para la limpieza de celdas solares para fines de mantenimiento [Llama más la atención, la suciedad en las placas solares que en el resto del equipo].*

Impactos causados en la salud y bienestar para los habitantes de la localidad a largo plazo:

- 5) *Trabajos de mantenimiento del proyecto fotovoltaico, en base a otro recurso natural, como es el agua, con el objetivo de fomentar los programas de energía alterna en un futuro.*

4. EVALUACIÓN DEL IMPACTO AMBIENTAL

De la tabla B.14, Se procederá al cálculo de importancia de los impactos de forma cualitativa empleando la siguiente fórmula y puntuación:

$$I_m = \pm (A + E + I_n + P + R_v + R_c + P_r + M_o + E_f)$$

SIGNO		ACUMULACIÓN (A)	
Impacto beneficioso	+	Simple	1
Impacto perjudicial	-	Acumulativo	3
		Sinérgico	6
EXTENSIÓN (E) Área de influencia		INTENSIDAD (I _n) Grado de destrucción	
Puntual	1	Baja	1
Parcial	2	Media	4
Extenso	4	Alta	4
Total	6	Muy alta	6
Crítica	+4	Total	10
PERSISTENCIA (P) Permanencia del efecto		REVERSIBILIDAD (R _v) Medios naturales	
Fúgaz	1	Corto plazo	1
Temporal	2	Medio plazo	2
Permanente	4	Largo plazo	3
		Irreversible	4
RECUPERABILIDAD (R _c) Medios humanos		PERIODICIDAD (P _r)	
Recuperable de manera inmediata	1	Aperiódico o discontinuo	1
Recuperable a medio plazo	2	Periódico	2
Mitigable	4	Continuo	4
Recuperable a largo plazo	6		
Irrecuperable	8		
MOMENTO (M _o) Plazo de manifestación		EFECTO (E _f)	
Largo plazo	1	Directo	3
Medio plazo	2	Indirecto secundario	2
Inmediato	4	Indirecto terciario	1
Crítico	+4		

El valor máximo que podemos hallar es 47 y el valor mínimo esperado es 9.

1) Impacto: Desechos domésticos y de construcción sólidos

Fase: Construcción, Labor: Obra Civil

Acción: Fabricación y colado de la cimentación con los trabajadores del rancho.

Elemento: Suelo

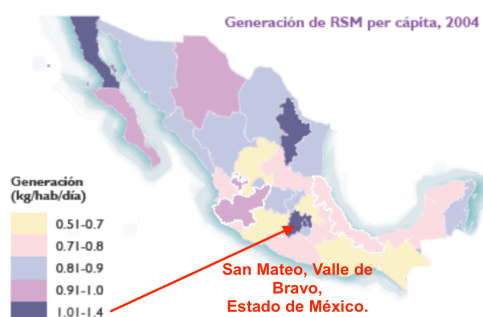
Factor: Contaminación por residuos

Peso del factor: 0.009

Descripción del impacto:

El armado y el colado para la cimentación duró 5 semanas, según el programa de actividades, del 8 de Enero del 2019 al 11 de Febrero del 2019. Para este concepto de obra fueron empleados 3 oficiales albañil y 3 ayudantes, probablemente 1 trabajador cortaba la varilla, 2 trabajadores mezclaban los materiales (cemento, agua, grava, arena), 2 personas cargaban la mezcla en carretillas y otro vaciaba la mezcla en la cimbra con una cubeta y pala. Suponiendo que cada trabajador al día generó 1.4 kg de desechos sólidos domésticos, (orgánicos e inorgánicos, como cáscaras de fruta, papeles, trapos, ropa usada, botellas con agua...) durante todo el proceso de colado se llegaría a 210 kg de desechos por concepto de obra.

Imagen C. 57. Generación de residuos sólidos municipales per cápita. (CONAPO, 2005).



Residuos domésticos durante el armado y colado

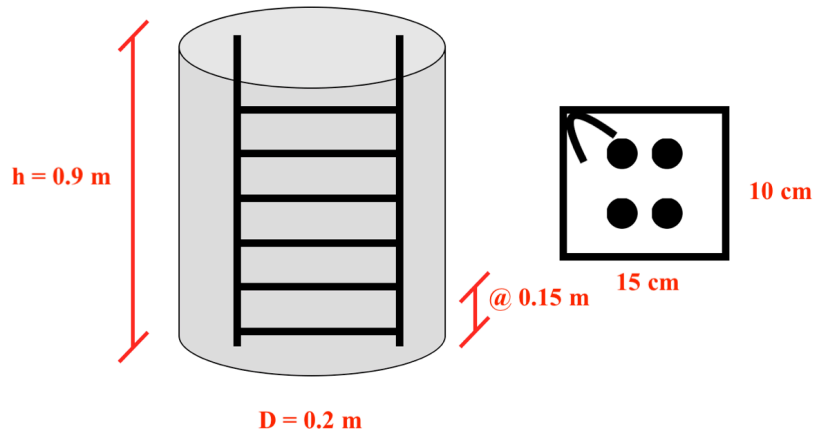
$$\begin{aligned} &= \frac{1.4 \text{ kg}}{\text{trabajador.día}} \times 6 \text{ trabajadores} \times \frac{5 \text{ días}}{\text{semana}} \times 5 \text{ semanas} \\ &= 210 \text{ kg de desechos domésticos} \end{aligned}$$

- Excedente de concreto

Probablemente para efectos prácticos, en el colado se utilizó una resistencia, $f'c = 200 \text{ kg/cm}^2$, esto es 1 bulto de cemento de 50 kg (2 botes), 4 botes de grava, 5 botes de arena, de 1 bote a 2 botes de agua. *Nota: (botes con capacidad total de 19 L, pero no se ocupa todo el bote, dejándolo en 18 L). La grava debe tener un TMA de $\frac{3}{4}$ ", 19 mm.*

El diámetro de la cimentación es de 20 cm, los cilindros de concreto tienen una altura promedio de 90 cm. Son 208 bases.

Imagen C. 58. Bosquejo de cimentación.



$$\begin{aligned} \text{Volumen de concreto para un \u00fanico cilindro} &= A_{\text{c\u00edrculo}} \times h = \frac{\pi D^2}{4} \times h \\ &= \frac{\pi (0.2 \text{ m})^2}{4} \times 0.9 \text{ m} = 0.0282 \text{ m}^3 \end{aligned}$$

$$\text{Volumen de concreto para 208 bases} = 0.0282 \text{ m}^3 \times 208 \text{ bases} = 5.8656 \frac{\text{m}^3}{\text{concepto}}$$

Nota: Para efectos de c\u00e1lculo no se considerar\u00e1n las bases de los inversores.

Imagen C. 59. Costo Directo del material para 1 m3 de concreto. Cantidades y Precios Unitarios sugeridos de la asignatura “Presupuestaci\u00f3n de Obras”, impartida por M.I. CARLOS NARCIA MORALES

An\u00e1lisis de Precios Unitarios

Unidad: M3

Concepto:
B\u00e1sico de concreto, f'c = 200 kg/cm²

Materiales	Unidad	Cantidad	P.U (\$)	Importe (\$)
Cemento	ton	0.3698	2300	850.54
Arena	m ³	0.5321	180	95.778
Grava	m ³	0.6452	200	129.04
Agua	m ³	0.2424	50	12.12
Subtotal Materiales				1,087.478

Tabla C. 24. Cantidad necesaria de material para realizar las 208 bases.

MATERIAL	UNIDAD	CANTIDAD PARA 1 M3 EFECTIVO DE CONCRETO	CANTIDAD PARA 5.8656 M3 EFECTIVA DE CONCRETO	% DE DESPERDICIO	CANTIDAD DESPERDICIA DA	TOTAL DE MATERIAL
Concreto	m3	1	5.8656	5	0.2933	6.1589
Cemento	ton	0.3698	2.1691	5	0.1085	2.2776
Arena	m3	0.5321	3.1211	16	0.4994	3.6205
Grava	m3	0.6452	3.7845	16	0.6055	4.3900
Agua	m3	0.2424	1.4218	0	0.0000	1.4218

Tabla C. 25. Sobrante para los materiales de construcción.

	CANTIDAD DESPERDICIA DA
MATERIAL	[L/concepto de obra]
Concreto	293.28
Cemento	78.088
Arena	499.3737
Grava	605.5176
Agua	0

Nota: En todos los materiales, salvo el cemento, la cantidades desperdiciadas están en m³, se pasan a L. En el caso del cemento, sabemos que a 2 botes de 18 L cada uno le caben 1 bulto de 50 kg. Es decir:

$$\text{Desperdicio de cemento} = (0.1085 \text{ t} \times 36 \text{ L}) / 0.05 \text{ t} = 78.12 \text{ L}$$

Para cuantificar el armado de la cimentación, son 4 varillas del No. 3 (3/8") con estribos de 1/4" @ 15 cm y un juego de 4 anclas de 1/2".

- Peso del acero longitudinal para los cilindros de cimentación

Si la longitud de una barra del No. 3 (3/8") es 0.85 m y el peso del acero es 0.559 kg/m:

$$\text{Acero para un solo cilindro de cimentación} = 0.85 \text{ m} \times 4 \text{ vars} = 3.4 \text{ mL} / \text{base}$$

$$\text{Cantidad total de acero longitudinal} = 3.4 \text{ mL} \times 208 \text{ bases} = 707.2 \text{ mL}$$

$$\text{Peso total del acero longitudinal} = 707.2 \text{ m} \times 0.559 \text{ kg/m} = 395.3248 \text{ kg}$$

$$\text{Desperdicio o sobrante}_{7\%} = 0.07 \times 707.2 \text{ mL} = 49.504 \text{ mL de acero del No. 3}$$

$$\text{Desperdicio o sobrante}_{7\%} = 0.07 \times 395.3248 \text{ kg} = 27.6727 \text{ kg de acero del No. 3}$$

- Peso de estribos para los cilindros de cimentación

Suponiendo que E 15x10, y el peso para el acero del número 2 (1/4") es de 0.248 kg/m:

$$\begin{aligned} \text{Longitud de un estribo con la sección citada, incluyendo 2 cm de gancho} &= 2(15) + 2(10) \\ &+ 2 = 52 \text{ cm} = 0.52 \text{ mL} \end{aligned}$$

Longitud para 6 estribos = $0.52 \text{ m} \times 6 = 3.12 \text{ m}$ / base
Cuantificación de estribos para 208 bases = 648.96 mL

Peso total de estribos = $648.96 \text{ m} \times 0.248 \text{ kg/m} = 160.942 \text{ kg}$

Desperdicio o sobrante_{7%} = $0.07 \times 648.96 \text{ mL} = 45.4272 \text{ mL}$ de acero $\frac{1}{4}$ "
Desperdicio o sobrante_{7%} = $0.07 \times 160.942 \text{ kg} = 11.2659 \text{ kg}$ de acero $\frac{1}{4}$ "

- Peso del traslape

Si la longitud de una barra del No. 4 ($\frac{1}{2}$ ") es 0.35 m y el peso del acero es 0.993 kg/m, con 4 ganchos de 0.02 m c/ uno:

Traslape para un solo cilindro de cimentación = $(0.35+0.08) \text{ m} \times 4 \text{ vars} = 1.72 \text{ mL}$ / base

Cantidad total de traslape = $1.72 \text{ mL} \times 208 \text{ bases} = 357.76 \text{ mL}$

Peso total del traslape = $357.76 \text{ m} \times 0.993 \text{ kg/m} = 355.2556 \text{ kg}$

Desperdicio o sobrante_{8%} = $0.08 \times 357.76 \text{ mL} = 28.6208 \text{ mL}$ de acero $\frac{1}{2}$ "
Desperdicio o sobrante_{8%} = $0.08 \times 355.2556 = 28.4204 \text{ kg}$ de acero $\frac{1}{2}$ "

Desperdicio total de acero = $27.6727 + 11.2659 + 28.4204 = 67.359 \text{ kg/concepto de obra}$

Nota: Los porcentajes de desperdicio para los materiales de construcción son de tablas proporcionadas por BIMSA, Marzo 2005.

- Sonotubo de cartón para cimbra

La altura comercial de un tubo de cartón es de 3 m y hay de muchos diámetros. Para este caso, el diámetro es de 20 cm.

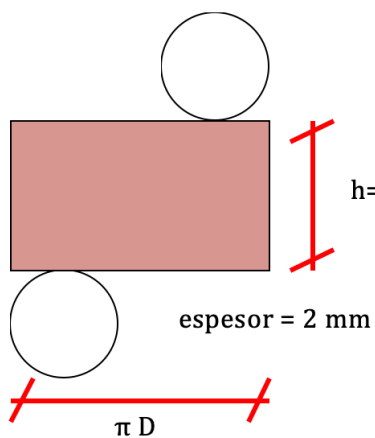
Imagen C. 60. Cuantificación del sonotubo.

$$\text{Número de cilindros de concreto por tubo} = \left(\frac{3 \text{ m}}{1 \text{ sonotubo}} \right) \left(\frac{1 \text{ cilindro}}{0.9 \text{ m}} \right) = 3.3333$$

≈ 3 cilindros de concreto

$$\text{Sonotubos a comprar} = 208 \text{ cilindros} \left(\frac{1 \text{ sonotubo}}{3 \text{ cilindros}} \right) = 69.3333 \approx 70 \text{ tubos}$$

$$\text{ML de sonotubo} = 70 \text{ sonotubos} \left(\frac{3 \text{ m}}{1 \text{ sonotubo}} \right) = 210 \text{ ML}$$



$$V_{\text{sonotubo}} = A_b e = (\pi D h) e = (\pi \times 0.2 \text{ m} \times 210 \text{ m}) (0.002 \text{ m}) = 0.2638 \text{ m}^3$$

$$\text{Peso}_{\text{sonotubo}} = 0.2638 \text{ m}^3 (80 \text{ kg/m}^3) = 21.104 \text{ kg}$$

Tabla C. 26. Recapitulación de los residuos "sólidos" para el concepto de armado y fabricación de cimentación (208 bases) en un tiempo de 25 días.

Desecho	Cantidad
Residuos sólidos urbanos	210 kg
Sobrante de concreto	293.28 L
Sobrante de cemento	78.088 L
Sobrante de arena	499.3737 L
Sobrante de grava	605.5176 L
Sobrante de acero de refuerzo	67.359 kg
Sonotubo para la cimbra	21.104 kg

El tema para este rubro es como canalizar dicha volumetría. Las características de cada contaminante y su concentración no son tan drásticas, si bien no habría daños considerables al recurso suelo por los sobrantes, habría una ocupación innecesaria de espacio, estorbando y en el peor de los casos, el riesgo de que una persona se pueda caer. De no aplicar las medidas de prevención y actuación para el manejo de residuos y de haber condiciones de almacenaje inadecuadas, existiría una degradación estética del recurso, recordando que estamos en un rancho turístico. Por acción del viento, agua, algún animal, los residuos pueden ser desplazados a otras propiedades, carreteras, bosques vírgenes que rodean el predio, provocando daños más significativos.

Por lo tanto, no habría una disminución de la calidad del suelo, cambios en la dinámica erosión-sedimentación, degradación del suelo, debido a una falta recolección de desechos, al menos en un corto plazo.

Signo: -

Acumulación: Los desechos no tienen mucha volumetría y su composición química no es peligrosa a corto plazo. El suelo no es rico en nutrientes, ni es apto para la agricultura (Simple).

Extensión: A la larga, si no se aplican las metodologías correctas, se pueden desplazar los desechos a zonas más frágiles y con mayor valor ambiental gracias al viento, agua, algún animal (Parcial).

Intensidad: (Media).

Persistencia: Si no se ignora la situación y si el consumo de los materiales es solo el necesario, no habría mayores problemas (Temporal).

Reversibilidad: La naturaleza tardaría miles de años en desaparecer los residuos si se dejan botados, ya que los materiales de construcción no son biodegradables (Irreversible).

Recuperabilidad: Una recolección al final de la semana laboral sería lo ideal (Recuperable de inmediato).

Periodicidad: Por lo general, los colados son en la mañana para que fragüe adecuadamente el concreto, por lo tanto, la generación de desperdicio sería de 7 am a 11:30 pm (Periódico).

Momento: Desde el primer día de la construcción de la cimentación, habría generación de contaminantes (Inmediato).

Efecto: (Indirecto secundario).

Tabla C. 27. Valores asignados para el impacto de Desechos domésticos y de construcción sólidos en fabricación y colado de cimentación.

Contaminación del suelo por residuos en la preparación de las bases			
SIGNO			-
ACUMULACIÓN	A	Simple	3
EXTENSIÓN	E	Parcial	2
INTENSIDAD	In	Media	4
PERSISTENCIA	P	Temporal	4
REVERSIBILIDAD	Rv	Irreversible	4
RECUPERABILIDAD	Rc	Recuperable de inmediato	1
PERIODICIDAD	Pr	Periódico	2
MOMENTO	Mo	Medio plazo	2
EFEECTO	Ef	Indirecto secundario	2
TOTAL			-24

2) Impacto: Polución a causa de hidrocarburos

Fase: Construcción, Labor: Obra Civil

Acción: Todo lo relacionado a Obra Civil

Elemento: Suelo

Factor: Contaminación por vertidos y residuos.

Peso del factor: 0.018 (por vertido vale 0.009 y por residuo 0.009)

Descripción del impacto:

Los hidrocarburos, que no son otra cosa que los compuestos del carbono más simples por estar constituidos únicamente por carbono e hidrógeno; obviamente, dentro de esta condición existen muchas formas moleculares y diversas características físico-químicas. Sin embargo, todas comparten la particularidad de ser lentamente biodegradables de ahí que su impacto sea tan negativo al medio ambiente cuando hay derrames en suelos. Ha sido importante la cantidad de derrames de hidrocarburos en los distintos modos de transporte, trayendo consigo grandes impactos negativos al medio, principalmente al suelo; debido a la industrialización y a la necesidad masiva de hidrocarburos y de mas sustancias químicas, cada vez existe mayor número de derrames, por ellos nuestro medio ambiente tiene cada vez mayor necesidad de remediar sitios contaminados.

Además, los derrames de hidrocarburos no sólo representan peligro para el suelo, sino también para el aire, agua y principalmente a quienes están en contacto directo con estos tres elementos tan indispensables para nosotros. Los hidrocarburos tienen el poder de causar daños sumamente graves en humanos, como puede ser algún tipo de cáncer, por ejemplo. De ahí la necesidad de emitir información para influir en la minimización de los derrames de hidrocarburos.

El suelo constituye un recurso natural que desempeña diversas funciones, entre las que destacan su papel como medio filtrante durante la recarga de acuíferos y de protección a los mismos; también están integrados al escenario donde ocurren los ciclos biogeoquímicos, hidrológicos y de la cadena alimenticia, además de ser el espacio en el cual se realizan actividades agrícolas, ganaderas, y áreas verdes de generación de oxígeno. Constituye la capa superficial de la corteza terrestre, cuya profundidad es variable. Está compuesto por partículas minerales, organismos vivos, materia orgánica, agua y sales. La mayoría de los componentes provienen de la meteorización de rocas, descomposición de restos vegetales, y la acción de microorganismos descomponedores. El suelo constituye uno de los recursos naturales más importantes; sin él, la vida vegetal en la superficie terrea no existiría y, en consecuencia, no se producirían alimentos para la vida animal ni para el individuo. (Transporte, MEDIDAS DE MITIGACIÓN PARA USO DE SUELOS CONTAMINADOS POR DERRAMES DE HIDROCARBUROS EN INFRAESTRUCTURA DE TRANSPORTE TERRESTRE, 2004, P. VI, VII, 3)

Para las labores de obra civil, se debe tener en cuenta que el transporte de materias primas y elementos necesarios para llevar a cabo la obra, tendrá que realizarse con vehículos. Durante las operaciones de transporte (carga, descarga y recorrido), siempre existe la posibilidad de que ya sea por fallas mecánicas, por las condiciones de los caminos, o por error humano, de que exista derrame de algún producto, como el de combustibles (gasolinas, diésel, gasóleo). También hay que tener en cuenta que en el mantenimiento preventivo/correctivo de la maquinaria podrían producirse vertidos de aceites.

Se realizó la recopilación de información estadística generada por la PROFEPA (Procuraduría Federal de Protección al Ambiente), en términos de derrames de sustancias peligrosas y en especial de hidrocarburos en los diferentes modos de transporte.

Tabla C. 28. Número de emergencias ambientales por Estados asociadas con el transporte terrestre de materiales peligrosos.

Estados con mayor número de emergencias ambientales durante el transporte terrestre de materiales peligrosos durante el Periodo (1993-2001)

Hidalgo	29
San Luis Potosí	25
México	24
Oaxaca	18
Guanajuato	13
Michoacán	12
Puebla	12
Tlaxcala	12
Veracruz	12
Tamaulipas	11
Nuevo León	11
Sonora	11
ZMCM	10
Jalisco	9
Querétaro	8
Morelos	7

FUENTE: Procuraduría Federal de Protección al Ambiente (PROFEPA) 2003.

Tabla C. 29. Daños a la población por emergencias ambientales reportadas a PROFEPA (durante el periodo 1998-2002)

Estado	Afectados				
	D	L	I	E	TOTAL
Veracruz	62	449	147	10667	11325
Guanajuato	62	391	171	10420	11044
México	38	154	274	5592	6058
Jalisco	0	19	243	5648	5910
Nuevo León	2	14	452	2905	3373
Morelos	1	0	6	3000	3007
Baja California	3	3	35	2910	2951
Chihuahua	0	0	242	2665	2907
Distrito Federal	7	60	49	2190	2306
Coahuila	17	18	253	1456	1744
Sinaloa	1	40	155	1004	1200
Aguascalientes	0	2	80	1090	1172
Michoacán	7	28	5	850	890
Tamaulipas	9	11	0	850	870
Oaxaca	9	21	317	350	697
Hidalgo	17	26	17	548	608
Sonora	2	16	9	470	497
Colima	1	1	8	400	410
Puebla	2	1	14	258	275
Campeche	4	10	0	236	250

Defunciones (D)

Lesionados (L)

Intoxicados (I)

Evacuados (E)

FUENTE: Procuraduría Federal de Protección al Ambiente (PROFEPA) 2003.

Imagen C. 61. Número, localización y tipo de emergencia ambiental, reportadas a PROFEPA (1993-2002). Con sus respectivas gráficas. La fuga o derrame de sustancias ocupa un alto porcentaje, y principalmente ocurrió en vías terrestres.

Año	Número de eventos	Localización				Tipo							
		Terrestre		Marítima		Fuga o derrame		Explosión		Fuego		Otro	
		No	%	No	%	No	%	No	%	No	%	No	%
1993	157	154	98,1	3	1,9	141	89,8	9	5,7	3	1,9	4	2,5
1994	416	389	93,5	27	6,5	359	86,3	21	5,0	28	6,7	8	1,9
1995	547	540	98,7	7	1,3	428	78,2	35	6,4	53	9,7	31	5,7
1996	587	578	98,5	9	1,5	460	78,4	34	5,8	70	11,9	23	3,9
1997	632	574	90,8	58	9,2	541	85,6	49	7,8	26	4,1	16	2,5
1998	538	483	89,8	55	10,2	467	86,8	18	3,3	39	7,2	14	2,6
1999	469	426	90,8	43	9,2	446	95,1	7	1,5	16	3,4	0	0,0
2000	470	437	93,0	33	7,0	441	93,8	10	2,1	16	3,4	3	0,6
2001	565	530	93,8	35	6,2	517	91,5	17	3,0	19	3,4	12	2,1
2002	470	436	92,8	34	7,2	419	89,1	16	3,4	27	5,7	8	1,7
TOTAL:	4851	4547	93,7	304	6,3	4219	87,0	216	4,5	297	6,1	119	2,5

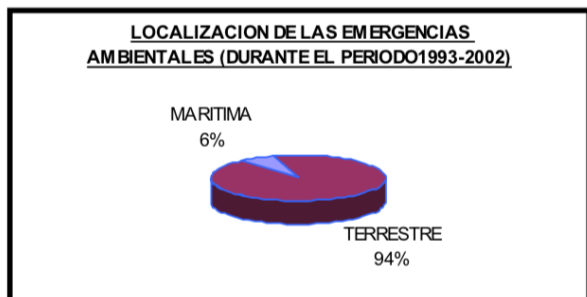
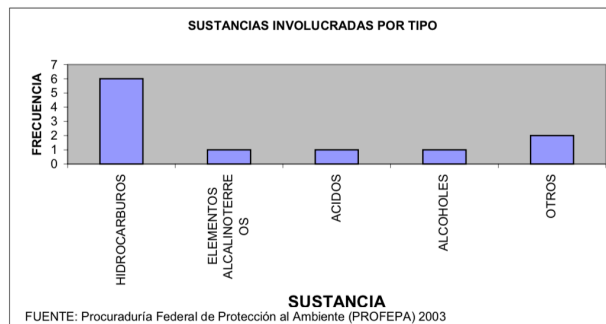


Imagen C. 62. Principales sustancias involucradas en las emergencias ambientales. Los hidrocarburos son las sustancias que con mayor frecuencia están involucradas en emergencias ambientales.

Sustancias involucradas por tipo		
Sustancia	Frecuencia	Porcentaje
Hidrocarburos	6	55
Elementos alcalinotérreos	1	9
Ácidos	1	9
Alcoholes	1	9
Otros	2	18

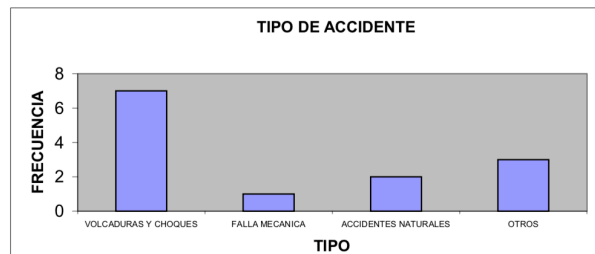
FUENTE: Procuraduría Federal de Protección al Ambiente (PROFEPA) 2003.



FUENTE: Procuraduría Federal de Protección al Ambiente (PROFEPA) 2003

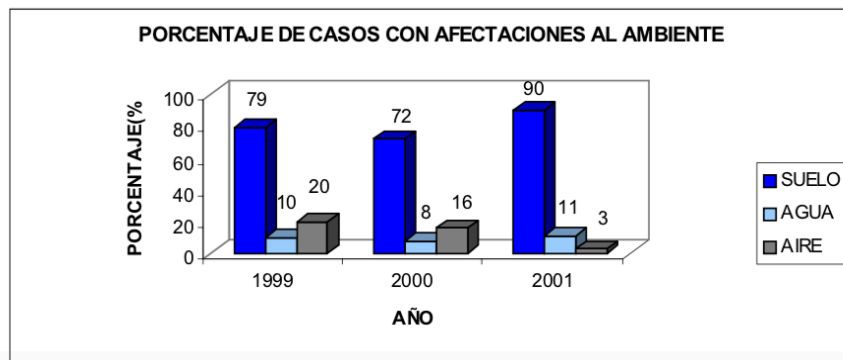
Imagen C. 63. Emergencias ambientales por tipo de accidente. Las volcaduras y choques son el tipo de accidente que ocurre con mayor frecuencia durante el transporte terrestre de sustancias peligrosas.

Tipo de accidente		
Accidente	Frecuencia	Porcentaje (%)
Volcaduras y choques	7	54
Falla mecánica	1	8
Accidentes naturales	2	15
Otros	3	23



A continuación se muestra de forma gráfica las afectaciones al ambiente debido a emergencias ambientales en el período 1999-2001.

Imagen C. 64. Porcentaje de casos con afectaciones al ambiente.




Sintetizando, las emergencias ambientales vehiculares terrestres en el Estado de México son causadas principalmente por fallas humanas representadas por volcaduras y choques derramando como sustancia principal algún hidrocarburo en el suelo, generando como resultado la evacuación de personas cercanas al accidente. Es por ello que se debe tener en cuenta que es algo real, y que en la actualidad grandes porciones de suelo están siendo afectadas por hidrocarburos y demás sustancias peligrosas.

(Transporte, MEDIDAS DE MITIGACIÓN PARA USO DE SUELOS CONTAMINADOS POR DERRAMES DE HIDROCARBUROS EN INFRAESTRUCTURA DE TRANSPORTE TERRESTRE, 2004, P. 21-36).

Se mojará la cimbra, hecha de tubo de cartón, con gasolina como desmoldante para concreto. Se quitarán materiales de sus respectivos empaques (plástico, derivado del petróleo), y se utilizarán disolventes de pintura para los acabados de la estructura metálica.

En la acción H “Instalación y acabado de la estructura metálica”, en la parte de pintura, se requirió una capa base de *primer* de la marca “COMEX” y una pintura de esmalte grado marino de la marca “Nervion”, empleando un galón (3.78 L) cada uno. El peligro más preocupante para el elemento suelo, es el riesgo por incendio, causado por dejar el recipiente (o algún vertido) mal colocado y estar expuesto a altas temperaturas o por fumar.

Imagen C. 65. Datos de seguridad del "primer" y del esmalte. (COMEX, P.2). (Nervion, P. 1).

Nombre del producto	PIMEX WASH PRIMER
SECCIÓN 2: Identificación de los peligros	
Porcentaje de la mezcla consistente de ingrediente(s) de toxicidad desconocida: 16.4% (Oral), 59.5% (Cutánea), 16.4% (Por inhalación)	
Elementos de señalización del SGA	
Pictogramas de peligro	: 
Palabra de advertencia	: Peligro
Indicaciones de peligro	: H225 - Líquido y vapores muy inflamables. H303 - Puede ser nocivo en caso de ingestión. H318 - Provoca lesiones oculares graves. H315 - Provoca irritación cutánea. H361 - Susceptible de dañar al feto. H351 - Susceptible de provocar cáncer. H336 - Puede provocar somnolencia o vértigo. H373 - Puede provocar daños en los órganos tras exposiciones prolongadas o repetidas.

II. IDENTIFICACIÓN DE LOS PELIGROS

CLASIFICACIÓN DE PELIGO DEL PRODUCTO:

Líquido inflamable (categoría 3), H226
Toxicidad aguda por vía cutánea (Categoría 5), H313
Toxicidad aguda por ingestión (Categoría 4), H302
Toxicidad aguda por inhalación (Categoría 5), H333
Toxicidad sistémica específica de órganos diana tras exposición única (efecto narcótico) (Categoría 3), H336
Irritación cutánea (Categoría 2), H315
Irritación ocular (Categoría 2B), H320

PICTOGRAMAS:



Palabra de Advertencia: ATENCIÓN

Indicaciones de Peligro:

H226 - Líquidos y vapores inflamables.
H302 - Nocivo en caso de ingestión.
H313 - Puede ser nocivo en contacto con la piel.
H315 - Provoca irritación cutánea.
H320 - Provoca irritación ocular.
H333 - Puede ser nocivo si se inhala.
H335 - Puede irritar las vías respiratorias.
H336 - Puede provocar somnolencia o vértigo.

Todo derrame de hidrocarburos o derivados debió ser limpiado, colectando los líquidos, excavando y removiendo todo el suelo contaminado. Todos los residuos adheridos con hidrocarburos como estopas, filtros, papel, etc., serán dispuestos adecuadamente en contenedores tapados hasta su disposición final o tratamiento.

Los efectos ecológicos de los vertidos de hidrocarburos son muy variables. Estas variaciones dependen de diversos factores, tales como la composición química del producto vertido, cantidad del contaminante, el tipo de sedimento afectado, uso de suelo, cuerpos de agua, característica hidro-geológicas, topografía, la época del año y su relación con los ciclos reproductivos y/o migratorios de las especies afectadas, entre otros. Además, hay que tener en cuenta que los ecosistemas son sistemas complejos con numerosos elementos interactuando, creando dinámicas no lineales difíciles de predecir. (ecológica)

Si bien no se generarán charcos inmensos y grandes volúmenes de sólidos impregnados con algún hidrocarburo, como son muchas variables a considerar, no predecibles, tal y como dice el párrafo anterior, todas las características del impacto tendrán una calificación media.

Signo: -

Acumulación: (Acumulativo).

Extensión: (Extenso).

Intensidad: (Media).

Persistencia: (Temporal).

Reversibilidad: (Medio plazo).

Recuperabilidad: (Recuperable a medio plazo).

Periodicidad: (Periódico).

Momento: (Medio plazo).

Efecto: (Indirecto secundario).

Tabla C. 30. Valores asignados por la contaminación de hidrocarburos.

Polución a causa de los hidrocarburos líquidos y sólidos			
SIGNO			-
ACUMULACIÓN	A	Acumulativo	3
EXTENSIÓN	E	Extenso	4
INTENSIDAD	In	Media	4
PERSISTENCIA	P	Temporal	2
REVERSIBILIDAD	Rv	Medio plazo	2
RECUPERABILIDAD	Rc	Recuperable a medio plazo	2
PERIODICIDAD	Pr	Periódico	2
MOMENTO	Mo	Medio plazo	2
EFFECTO	Ef	Indirecto secundario	2
TOTAL			-23

3) Impacto: Uso de agua

Fase: Construcción, Labor: Obra Civil

Acción: Colado y curado de cimentación

Elemento: Agua

Factor: Cantidad desperdiciada de agua

Peso del factor: 0.07

Descripción del impacto:

El agua es el componente del concreto que entra en contacto con el cemento generando el proceso de hidratación, que desencadena una serie de reacciones que terminan entregando al material sus propiedades físicas y mecánicas, su uso se convierte en el parámetro principal para el eficiente desempeño del concreto en la aplicación. El agua se requiere tanto en la fabricación de la mezcla como en el curado. Cabe destacar que el fluido debe ser potable.

Agua de mezclado: Cantidad de agua que requiere el concreto por unidad de volumen para que se hidraten las partículas del cemento y para proporcionar las condiciones de manejabilidad adecuada que permitan la aplicación y el acabado del mismo en el lugar de la colocación en el estado fresco.

Agua en el curado: Es la cantidad de agua adicional que requiere el concreto una vez endurecido a fin de que alcance los niveles de resistencia para los cuales fue diseñado. Debido al proceso continuo de hidratación del cemento, el concreto aumenta su capacidad de carga con la edad. Este proceso de hidratación puede ser más o menos efectivo, según sean las condiciones de intercambio de agua con el ambiente, después del colado. Por lo tanto, el aumento de capacidad de carga del concreto depende de las condiciones de curado a través del tiempo (Cuevas, 2017, P. 34). Este proceso adicional es muy importante en vista de que, una vez colocado, el concreto pierde agua por diversas situaciones como: altas temperaturas por estar expuesto al sol o por el calor reinante en los alrededores, alta absorción donde se encuentra colocado el concreto, fuertes vientos que incrementan la velocidad de evaporación. Aunque en la actualidad existen productos que minimizan la pérdida superficial del agua, en el caso de que no sean utilizados se requiere adicionársela periódicamente a los elementos construidos para que alcancen el desempeño deseado.

Si no se proporciona la cantidad de agua ideal al elemento estructural pueden existir grietas de fraguado, es decir, causadas por el proceso de endurecimiento y pérdida de plasticidad en el concreto.

El agua en el concreto es fundamental porque al relacionarla con la cantidad de cemento contenido en la mezcla (relación agua/cemento), es la que determina la resistencia del mismo y en condiciones normales su durabilidad. Concretos con altos contenidos de agua (relaciones agua/cemento por encima de 0.5) pueden proporcionar resistencias bajas y ser susceptibles de ser atacados fácilmente por los agentes externos. Por el contrario, relaciones agua/cemento bajas (menores de 0.45) contribuyen de forma significativa a la resistencia de los elementos, tanto a la compresión y mejor desempeño de la estructura, como al ataque de agentes que se encuentran en el medio ambiente, y en consecuencia a la durabilidad.

Por ello, es fundamental el control de adición de agua a la mezcla durante su preparación o colocación, ya que al alterar la condición inicial del líquido (aumentar la relación agua/cemento para conseguir mayor facilidad en la acomodación y el acabado), puede afectar de forma apreciable el desempeño de este, consiguiéndose menores resistencias a la compresión o desgastes prematuros de los elementos construidos. (360)

La cantidad de agua necesaria para el colado de toda la cimentación (las 208 bases), sin considerar el proceso de curado es de 1.4218 m³.

Signo: -

Acumulación: Si bien 1.4218 m³ de agua no es un gran desperdicio en comparación con otros proyectos relacionados al uso del recurso hídrico, una vez que sequen las bases de concreto, afectarían los depósitos de agua subterránea que rodean el rancho por acción sellante. (Efecto simple).

Extensión: La fuente abastece al rancho y a la localidad (Parcial).

Intensidad: Esos 1.4218 m³ no se podrían reusar en otra actividad, riego de cultivo, aseo personal...(Baja).

Persistencia: Con medidas de cuidado de agua, aireadores de agua, constante revisión del sistema de agua que abastece al rancho, entre otras, se pueden disminuir los efectos (Temporal).

Reversibilidad: (Irreversible).

Recuperabilidad: (Recuperable de manera inmediata).

Periodicidad: Para este concepto de obra, el recurso hídrico se necesita por 5 semanas y en ese tiempo podría ocurrir una fuga de agua en la red entubada subterránea (Discontinuo).

Momento: Para notar la falta de recarga de aquella agua subterránea por la acción impermeabilizante del concreto, se prevé que ocurra en un año (Medio plazo).

Efecto: (Indirecto terciario).

Tabla C. 31. Utilización del agua para colado de cimentación

Explotación del recurso hídrico para curado y fraguado de cimentación			
SIGNO			-
ACUMULACIÓN	A	Efecto simple	1
EXTENSIÓN	E	Parcial	2
INTENSIDAD	In	Baja	1
PERSISTENCIA	P	Temporal	2
REVERSIBILIDAD	Rv	Irreversible	4
RECUPERABILIDAD	Rc	Recuperable inmediato	1
PERIODICIDAD	Pr	Discontinuo	1
MOMENTO	Mo	Medio plazo	2
EFFECTO	Ef	Indirecto terciario	1
TOTAL			-15

4) Impacto: Desperdicio de agua

Fase: Explotación-Restauración, Labor: Mantenimiento de las instalaciones

Acción: Limpieza de las celdas solares

Elemento: Agua

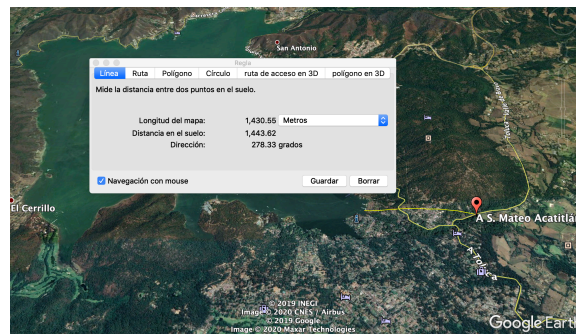
Factor: Cantidad desperdiciada de agua

Peso del factor: 0.07

Descripción del impacto:

Tanto el poblado como el rancho tienen un manantial como fuente de abastecimiento, que no es una fuente tan robusta como el que suministra a una zona urbana. El cuerpo de agua con proporciones considerables más cercano es la presa del Valle de Bravo (fuente superficial), a una distancia de más de un kilómetro, donde sería difícil instalar una tubería con esa longitud en medio del bosque con recursos exclusivos de la localidad.

Imagen C. 66. Longitud del rancho a la presa Valle de México.



Como ya se afirmó, para un óptimo funcionamiento de los módulos solares se solicitan 26 millones de litros al año para el aseo de los paneles quitando el polvo en etapa de operación, en instalaciones de 230 a 550 MW. Para el caso de estudio, dejando un promedio de 390 MW, la cantidad de agua anual pretendida es:

$$\begin{aligned} \text{Vol. anual de agua para quitar polvo en etapa de operación} \\ = \frac{0.19 \text{ MW} \times (26 \times 10^6) \text{ l}}{390 \text{ MW}} \left(\frac{1 \text{ m}^3}{1\,000 \text{ l}} \right) = 12.67 \text{ m}^3/\text{año} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Vol. total durante el tiempo de vida de los módulos} &= 12.67 \frac{\text{m}^3}{\text{año}} \times 25 \text{ años} \\ &= 316.75 \text{ m}^3/\text{garantía} \end{aligned}$$

Si se afecta este cuerpo acuático, se vería involucrado el ciclo hidrológico, alterando el microclima, debido a las perturbaciones de esta fuente subterránea. Si se llegará a rebasar la extracción con respecto a la recarga los efectos negativos ocasionados serían: abatimientos, intrusión salina, afectación a descargas naturales concesionadas o comprometidas, deterioro de la calidad del agua, hundimiento y agrietamiento del

terreno. Los cambios en los niveles de las aguas subterráneas pueden tener efectos significativos en hábitats críticos como la vegetación ribereña y en la vida silvestre que de ellos dependen, desaparición de cuerpos de agua superficiales, desecación en áreas lacustres. (Denisse Flores e Isui Aguilar, 2012). (UNAM, 2015). Utilizando el agua para los fines ya comentados, se descompensa el recurso hídrico para los caballos y el agua necesaria en otros servicios, recordando que es un “rancho turístico”.

La suciedad y los desechos tienen un impacto negativo en la eficiencia de los paneles solares, ya que interfieren en la captación de luz solar. Limpiar un panel es semejante a la cancelería de una casa, una manguera sin presión, un poco de jabón, esponjas. Hay una gran variedad de elementos que pueden ensuciar los paneles, desde el polvo y la tierra, las hojas de los árboles, polen, excremento de las aves. Los paneles que se limpian una a dos veces al año producen entre un 3.5 y un 5.1 % más de electricidad que los que se dejan sin limpiar. En las zonas donde la precipitación es limitada durante varios meses seguidos, la acumulación de suciedad es mucho mayor. Los módulos solares que se instalan cerca de fuentes de contaminación, como autopistas, fábricas y aeropuertos, deben limpiarse con mayor frecuencia, se recomienda realizarlo de manera trimestral. El mejor momento para efectuar la limpieza de los paneles es a primera hora o al final del día, o hacerlo en una época del año en la que el sol no sea muy fuerte. Hay que tener en cuenta que los módulos fotovoltaicos pueden estar extremadamente calientes cuando el sol incide en ellos, incluso es mejor elegir un día frío y nublado para la limpieza de las placas solares, no solo para protección de las quemaduras; sino que si se intenta limpiar los paneles solares cuando hace mucho calor, el agua jabonosa que se está colocando sobre los paneles se evaporará rápidamente y puede dejar residuos o manchas a los paneles, afectando su efectividad. (ABTEC, 2019) (Generatutluz, 2020).

Signo: -

Acumulación: Cada determinado tiempo se requerirá limpiar las celdas, por lo tanto, a cada lapso de tiempo habría que requerir agua (Acumulativo).

Extensión: El manantial involucrado suministra a un sector poblacional específico y reducido (Parcial).

Intensidad: Perturbar el agua subterránea de una zona en concreto regularmente trae muchas consecuencias, sin embargo, en este caso particular, hay poca pérdida de Nivel Freático anualmente debido al acto de quitar impurezas en los paneles (Baja).

Persistencia: Por 25 años recurrir del agua, si no se toman medidas por acciones humanas, no desaparecería el efecto (Permanente).

Reversibilidad: En las lluvias de Junio a Septiembre (la máxima lámina de lluvia mensual es en Julio, de 6.5 mm al día), la naturaleza no tendría la capacidad suficiente de compensar los niveles del manantial durante el tiempo de vida del sistema fotovoltaico (Irreversible).

Recuperabilidad: Se puede optar por soluciones, por ejemplo, comprar un purificador para limpiar aguas grises, entre otros. (Recuperable de inmediato).

Periodicidad: Asear las celdas cada 3 meses, al inicio ó al final del día. (Periódico).

Momento: En un año existe poca pérdida de agua de este cuerpo subterráneo. Se prevé que dentro de 25 años pese la falta de agua y su respectivo costo (Largo plazo).

Efecto: Las consecuencias de la sobreexplotación podrán evidenciarse notoriamente dentro de un cuarto de siglo, y si bien son muchos impactos, no hay una relación directa entre ellos (Indirecto secundario).

Tabla C. 32. Valores asignados para el impacto de consumo de agua para lavado de celdas.

CONSUMO DE AGUA PARA LIMPIEZA DE CELDAS			
SIGNO			-
ACUMULACIÓN	A	Acumulativo	3
EXTENSIÓN	E	Parcial	2
INTENSIDAD	In	Baja	1
PERSISTENCIA	P	Permanente	4
REVERSIBILIDAD	Rv	Irreversible	4
RECUPERABILIDAD	Rc	Recuperable de inmediato	1
PERIODICIDAD	Pr	Periódico	2
MOMENTO	Mo	Largo plazo	1
EFFECTO	Ef	Indirecto secundario	2
TOTAL			-20

5) Impacto: Trabajos de mantenimiento del proyecto fotovoltaico en base a otro recurso natural, como es el agua.

Fase: Construcción, Labor: Obra Civil

Acción: Utilización de bombas hidráulicas a base de energía solar.

Elemento: Calidad de vida

Factor: Salud y bienestar

Peso del factor: 0.08

Con las celdas solares instaladas en el rancho y para su óptimo rendimiento a lo largo de su vida útil, se necesitarán cantidades “importantes” de agua donde se verán afectadas las fuentes principales que abastecen al predio. Por lo tanto, se tendrían que buscar

fuentes alternas de abastecimiento, como buscar agua a mayores profundidades, para ello, aprovechar los paneles no solamente para saciar el servicio eléctrico sino complementarlas con un sistema de bombeo para lavarlas.

La energía solar es una probable respuesta para ir eliminando el uso de sistemas de generación eléctrica por medio de fuentes combustibles que solo aportan contaminación a nuestro planeta, sin embargo, hay muchas aplicaciones en las que todavía quedan ciertas dudas. Primero debemos explicar qué en este apartado se trata de hablar de bombas hidráulicas que hoy día trabajan con energía eléctrica generada por diesel o sea consumo de combustible fósil, esta solución no siempre es la más indicada pues su alto costo, sin contar el costo del combustible en sí mismo, hacen que tener un sistema como éste en lugares remotos sea algo completamente prohibitivo.

Aquí es donde los paneles solares y la energía fotovoltaica entran en juego. Para empezar, debemos mencionar su bajo costo de implementación y de operación, además de que al no ocupar hidrocarburos ni materiales similares para operar son menos proclives a fallas y por las mismas razones tienen necesidad de muy poco mantenimiento. Lógicamente, y aunque antes se había afirmado, estos sistemas tienen un mínimo impacto ambiental pues no generan gases tóxicos producto de su operación y para funcionar requieren de una fuente de energía 100% renovable como lo es nuestro astro rey, el sol. Los sistemas modernos que emplean energía solar cuentan con dispositivos de control electrónico capaces de ofrecer datos en tiempo real sobre niveles de los tanques de almacenamiento, la velocidad de bombeo y los niveles de agua de los pozos. Esto permite tomar decisiones sobre su regulación de forma remota.

Otra de las ventajas es que según sea la necesidad, esto es, la cantidad de agua que se requiera impulsar o extraer, los equipos podrán ponerse en marcha siempre y cuando se tomen en cuenta factores como la irradiación solar de la locación, la carga piezométrica a vencer y del empleo que se le dará al agua (En este caso para el aseo del propio equipo). Asimismo, debe establecerse un plan adecuado de gestión hídrica. El saber para que se aprovechará el bombeo de agua por energía solar es crítico, así se puede determinar que tipo de sistema o sistemas se requiere implementar, su tamaño, capacidad y otras características ya de índole más técnico, permitiendo crear una solución integral.

(isolar)

(ONU, 2018)

Signo: Las celdas solares cumplirían con 2 funciones, por lo tanto (limpieza para si mismas y producción eléctrica), sería un impacto beneficioso (+).

Acumulación: Una vez que el sistema de bombeo cumpla sus objetivos, esta herramienta se puede utilizar para hidratar al ganado, entre otros servicios, contribuyendo al desarrollo del rancho y a generar ingresos, fomentando el uso de energías alternativas comenzando por la localidad, y conforme pase el tiempo, si se presentan resultados favorables, se pondrá en práctica estas acciones en todo el municipio (Sinérgico).

Extensión: En un inicio, estas máquinas solo trabajarán para extraer el agua debajo de un área de 5 319.9 m² dando servicio únicamente a un recinto (Puntual).

Intensidad: Contabilizando y controlando la extracción del líquido, el agua subterránea no se vería afectada (Baja).

Persistencia: La extracción de agua, para mantener las placas libres de impurezas, durará el tiempo de vida de las mismas celdas (Permanente).

Reversibilidad: El agua de lluvia no podría ayudar a recargar los mantos acuíferos, los cuales alimentan al manantial, debido a la instalación de la cimentación de concreto, por lo tanto, será más complicado sacar agua, lo que implica trabajar a mayor profundidad (Medio plazo).

Recuperabilidad: El sistema de bombeo solar se puede complementar con otros métodos de ahorro de agua, como el de captación de lluvias, tratamiento del recurso residual para su reutilización, recarga artificial de acuíferos... (Mitigable).

Periodicidad: El bombeo de agua se requeriría cada 3 meses para la debida limpieza del proyecto solar. El bombeo se ejecutará únicamente ante la presencia de un clima soleado (Periódico).

Momento: Se notarán los efectos del bombeo solar fotovoltaico en un año (Mediano plazo).

Efecto: Se aplica lo explicado en la parte de “Acumulación” (Indirecto secundario).

Tabla C. 33. Valores asignados para el impacto de trabajos de mantenimiento empleando bombeo solar del mismo sistema fotovoltaico.

Bombeo solar			
SIGNO			+
ACUMULACIÓN	A	Sinérgico	6
EXTENSIÓN	E	Puntual	1
INTENSIDAD	In	Baja	1
PERSISTENCIA	P	Permanente	4
REVERSIBILIDAD	Rv	Medio plazo	2
RECUPERABILIDAD	Rc	Mitigable	4
PERIODICIDAD	Pr	Periódico	2
MOMENTO	Mo	Medio plazo	2
EFFECTO	Ef	Indirecto secundario	2
TOTAL			24

Con las puntuaciones adquiridas se normalizarán los valores:

$$\text{Fórmula normalizada: } I_N = \pm \frac{|Im| - \text{Mínimo}}{\text{Máximo} - \text{Mínimo}}$$

Normalización de los impactos:

- 1) *Desechos domésticos y de construcción sólidos a causa de la fabricación y colado de la cimentación.*

$$I_N = -\frac{|24| - 9}{47 - 9} = -0.3947$$

- 2) *Polución por vertidos a base de hidrocarburos y residuos de material impregnado de hidrocarburos como estopas, papel, cartón..., en etapa de Obra Civil.*

$$I_N = -\frac{|23| - 9}{47 - 9} = -0.3684$$

- 3) *Uso de agua para fabricación, colado y curado de cimentación.*

$$I_N = -\frac{|15| - 9}{47 - 9} = -0.1578$$

- 4) *Desperdicio de agua para la limpieza de celdas y/u otros componentes.*

$$I_N = -\frac{|20| - 9}{47 - 9} = -0.2894$$

- 5) *Trabajos de mantenimiento del proyecto fotovoltaico, en base a otro recurso natural, como es el agua, con el objetivo de fomentar las bombas solares.*

$$I_N = +\frac{|24| - 9}{47 - 9} = +0.3947$$

Se calculará el valor del impacto final, teniendo el peso del factor, la valoración cualitativa y suponiendo una magnitud igual a 1, esto es:

Índice del impacto = Peso del factor x Valoración cualitativa x Magnitud

Índice del impacto = Peso del factor x Valoración cualitativa

Índice para cada uno de los impactos:

- 1) *Desechos domésticos y de construcción sólidos a causa de la fabricación y colado de la cimentación.*

$$\text{Índice} = (0.009)(-0.3947) = -0.0035$$

2) *Polución por vertidos a base de hidrocarburos y residuos de material impregnado de hidrocarburos como estopas, papel, cartón..., en etapa de Obra Civil.*

$$\text{Índice} = (0.018)(-0.3684) = -0.0063$$

3) *Uso de agua para fabricación, colado y curado de cimentación.*

$$\text{Índice} = (0.07)(-0.1578) = -0.011$$

4) *Desperdicio de agua para la limpieza de celdas y/u otros componentes.*

$$\text{Índice} = (0.07)(-0.2894) = -0.0202$$

5) *Trabajos de mantenimiento del proyecto fotovoltaico, en base a otro recurso natural, como es el agua, con el objetivo de fomentar las bombas solares.*

$$\text{Índice} = (0.08)(0.3947) = 0.0315$$

Tabla C. 34. Cuadro resumen de índice final de impactos.

IMPACTO	VALORACIÓN CUALITATIVA	FÓRMULA NORMALIZADA	PESO DEL FACTOR	ÍNDICE DEL IMPACTO
Contaminación del suelo por residuos ocasionados en el colado	-24	-0.3947	0.009	-0.0036
Polución a causa de los hidrocarburos líquidos y sólidos	-23	-0.3684	0.018	-0.0066
Explotación del recurso hídrico para curado y fraguado de cimentación	-15	-0.1579	0.07	-0.0111
Consumo de agua para limpieza de celdas	-20	-0.2895	0.07	-0.0203
Bombeo solar	24	0.3947	0.08	0.0316

Por lo tanto, el impacto de mayor significado (en valor absoluto) es el aprovechamiento de las celdas solares para bombeo hidráulico, con el fin de obtención de agua para quitar impurezas.

❖ ESTIMACIÓN DE LA PROBABILIDAD

Durante la evaluación de los impactos ambientales, se debe asignar a cada uno de los escenarios una probabilidad de ocurrencia de acuerdo a los valores de una escala. En base a diversas fuentes de información como pueden ser los registros de las propias industrias o bien datos históricos es posible adjudicar una puntuación según la frecuencia de que un impacto ambiental se materialice.

Tabla C. 35. Formato de rangos de estimación probabilística, general, para todo tipo de obras.
(Aplica para Impactos positivos o negativos).

VALORES	PROBABILIDAD DEL ACCIDENTE, FRACASO Y/O ADVERSIDAD	
1	Muy probable	< una vez a la semana
0.8	Altamente probable	> una vez a la semana y < una vez al mes
0.6	Probable	> una vez al mes y < una vez al año
0.4	Posible	> una vez al año y < una vez c/ 5 años
0.2	Poco posible	> una vez c/ 5 años

Tabla C. 36. Semáforo desarrollado, examinando dos variables independientes.

		ÍNDICE DEL IMPACTO				
		0.0316	-0.0036	-0.0066	-0.0111	-0.0203
PROBABILIDAD	0.2				IMPACTO 3	
	0.4	IMPACTO 5	IMPACTO 1			
	0.6			IMPACTO 2		
	0.8					IMPACTO 4
	1					

Tabla C. 37. Semáforo simple, únicamente examinando el riesgo, jerarquizando los impactos ambientales.

PUNTAJE	COLOR	JERARQUIZACIÓN DE DAÑOS
-16.24	Desperdicio de agua en la limpieza de las celdas solares con el fin de alargar su vida útil y mejorando su productividad. (Factor: Cantidad de agua desperdiciada)	CRÍTICO
-3.96	Polución de vertidos y residuos a base de hidrocarburos en Obra Civil. (suelo).	MAYOR
-2.22	Uso de agua para el colado y curado de cimentación (Elemento afectado: agua) (Factor: Cantidad de agua desperdiciada)	MODERADO
-1.44	Desechos domésticos y de construcción sólidos, debido al armado y colado de cimentación. (suelo).	LEVE
12.64	Sistema de bombeo para aseo de las celdas solares. (Elemento: Calidad de vida) (Factor: Salud y bienestar)	MINÚSCULO Ó EFECTO POSITIVO

NOTA: CÁLCULO DE LA INTERPRETACIÓN MATEMÁTICA:

$Puntaje = Índice del impacto \times Probabilidad \times 1000$

Tabla C. 38. Simplificación de la evaluación.

Impacto	Causas	Efectos	Probabilidad	Índice o importancia del impacto	Puntaje	RIESGO
Desechos domésticos y de construcción sólidos, debido al armado y colado de cimentación. (suelo).	<ul style="list-style-type: none"> * Un almacenamiento inadecuado de residuos. * Uso de recipientes de capacidad inadecuada (muy grandes o muy pequeños). * No se separan los componentes (residuos orgánicos e inorgánicos). * Falta de concientización de los trabajadores del rancho. 	<ul style="list-style-type: none"> * Aumento en el tiempo de recolección. * Se provoquen lastimaduras al personal del servicio de recolección. * Se afecte la salud de la población al proliferar fauna nociva como insectos y roedores. * Impacto visual y generación de malos olores. * Ocupación innecesaria del espacio, estorbo. * Lixiviados. 	0.4	-0.0036	-1.44	Alto
Polución de vertidos y residuos a base de hidrocarburos en Obra Civil. (suelo).	<ul style="list-style-type: none"> * Derrames de hidrocarburos en los distintos modos de transporte gracias a fallas humanas, como volcaduras y choques. * Derrames de pintura para darle acabado a la estructura metálica. * No colocar en su debido contenedor material/residuo impregnado con algún hidrocarburo o derivado 	<ul style="list-style-type: none"> * Modificación de las propiedades fisicoquímicas y bioprocesos del suelo: <ul style="list-style-type: none"> > Acidificación-desbasificación > Alteración de la comunidad bacteriológica del lugar. > Cambios en el pH y salinidad. > Toxicidad. > Compactación. > Pérdida de nutrientes. > Reducción de la retención de la humedad, lo que provoca un encostramiento superficial, por tanto, aumenta el escurrimiento. * Estos efectos tienen dos consecuencias generales: <ul style="list-style-type: none"> > A corto plazo: disminución de la producción y aumento de los gastos de explotación (cada vez, el suelo necesita mayor cantidad de abonos y cada vez produce menos). > A largo plazo: infertilidad total, abandono, desertización del territorio. * Incendios de pequeña, mediana, gran escala. 	0.6	-0.0066	-3.96	Alto
Uso de agua para el colado y curado de cimentación (Elemento afectado: agua) (Factor: Cantidad de agua desperdiciada)	<ul style="list-style-type: none"> * Grietas en la cimentación por fraguado, ya sea en el proceso de mezclado o curado. * Uso de agua tratada para el colado de la mezcla. * Impedimento de la circulación del agua para la recarga de acuíferos por la acción selladora de los cilindros de concreto. 	<ul style="list-style-type: none"> * Reduce la resistencia del concreto, daños en el refuerzo, desprendimiento del recubrimiento. * Deterioro de la estructura por efectos químicos: Contaminación por cloruros, reacción álcali-silice, ataque de sulfatos y ácidos, corrosión en el acero de refuerzo. * Alteración a las respuestas o salidas del sistema acuífero, niveles piezométricos, tasas de descarga, y condiciones de la calidad del agua. * Afectación en los escurrimientos superficiales, hábitats acuáticos y otras condiciones medioambientales. 	0.2	-0.0111	-2.22	Alto
Desperdicio de agua en la limpieza de las celdas solares con el fin de alargar su vida útil y mejorando su productividad. (Elemento afectado: agua) (Factor: Cantidad de agua desperdiciada)	<ul style="list-style-type: none"> * Explotación del agua subterránea para limpiar las placas solares. * Mala técnica en el lavado de las placas solares, dando como resultado manchas de jabón, rallar el vidrio, emplear útiles de limpieza inadecuados, no hacerlo con cuidado. 	<ul style="list-style-type: none"> * Alteración a las respuestas o salidas del sistema acuífero, niveles piezométricos, tasas de descarga, y condiciones de la calidad del agua. * Afectación en los escurrimientos superficiales, hábitats acuáticos y otras condiciones medioambientales. * Grietas en estructuras (cimentación de módulos u otras instalaciones del Rancho) por asentamientos o hundimientos diferenciales en el terreno. * Producir menos electricidad. * Al trabajar con agua y electricidad se puede generar un accidente si no hay precaución. Por eso, usar los aislantes de protección necesarios. 	0.8	-0.0203	-16.24	Muy Alto
Sistema de bombeo para aseo de las celdas solares. (Elemento: Calidad de vida) (Factor: Salud y bienestar)	<ul style="list-style-type: none"> * Reducción de gastos eléctricos. * Optimización del equipo fotovoltaico. 	<ul style="list-style-type: none"> * Desarrollo en comunidades rurales, apartados o remotos, donde no hay suministro de energía eléctrica convencional. * Fomento de la tecnología fotovoltaica en el municipio y en el sector agropecuario. 	0.4	0.0316	12.64	Bajo

5. MEDIDAS DE PREVENCIÓN, MITIGACIÓN Y COMPENSACIÓN DE IMPACTOS

Identificados y evaluados los impactos durante las distintas etapas, corresponde ahora considerar la propuesta de medidas preventivas y de mitigación, con las cuales se disminuyan o eliminen los efectos derivados de la actividad contemplada. Se han elaborado una serie de medidas dependiendo del medio afectado y las causas que lo originan, en algunos casos estas medidas son preventivas aunque en otros casos serán paliativas, están destinadas a minimizar los aspectos negativos o compensar las carencias inducidas por las acciones de este proyecto. El fin de este apartado es

describir las medidas adecuadas para atenuar o suprimir los efectos ambientales negativos del proyecto. (C.V, P. 186) (VALENCIA, 2017, P. 68).

1) Impacto: Desechos domésticos y de construcción sólidos

Fase: Construcción, Labor: Obra Civil

Acción: Fabricación y colado de la cimentación con los trabajadores del rancho.

Elemento: Suelo

Factor: Contaminación por residuos

Ante el riesgo de producción de residuos que pueden afectar el suelo, lo ideal hubiera sido:

a) Instalar diferentes contenedores de plástico para almacenar de manera temporal, separando los diferentes tipos de residuos, con su respectiva tapa y letreros (rótulos) que indiquen su contenido, para su debida recolección.

Tabla C. 39. Características de los recipientes utilizados para el almacenamiento. (SEDESOL, Manual técnico sobre generación, recolección y transferencia de residuos sólidos municipales, 2005. P. 35).

TIPO DE RECIPIENTE	VENTAJAS	DESVENTAJAS
CAJA DE CARTON	<ul style="list-style-type: none"> Economica Poco peso 	<ul style="list-style-type: none"> Facil de deteriorarse, se destruye facilmente por la humedad de los residuos sólidos. Dificil manejo. Fácil acceso a fauna nociva. Inflamable
CAJA DE MADERA	<ul style="list-style-type: none"> Economica Estructura mas o menos solida 	<ul style="list-style-type: none"> Fácil de deteriorarse Provoca accidentes al personal de recolección. Fácilidad para que los residuos se dispersen. Dificil manejo. Fácil acceso a fauna nociva Inflamable Volumen inadecuado
BOTE DE LAMINA	<ul style="list-style-type: none"> Fácil manejo Mantiene condiciones sanitarias Estructura sólida Dificil acceso a fauna nociva 	<ul style="list-style-type: none"> Con el uso se deterioran. Provacan cortaduras cuando están deteriorados, Fácil de oxidarse
BOTE DE PLASTICO CON TAPA	<ul style="list-style-type: none"> Fácil manejo Mantiene condiciones sanitarias, disminuye el ruido, son de peso ligero Dificil acceso a fauna nociva 	<ul style="list-style-type: none"> Estructura no muy sólida
BOLSA DE PAPEL	<ul style="list-style-type: none"> Económica Poco peso Reduce el tiempo de recolección 	<ul style="list-style-type: none"> Se rompe facilmente Se perfora con facilidad por materiales punzocortantes contenidos en los residuos. Se destruye facilmente por la humedad de los residuos. Inflamable. Fácil acceso a fauna nociva.
BOLSA DE PLASTICO	<ul style="list-style-type: none"> Economica,- fácil manejo.- disminuye el tiempo de recolección. Mantiene condiciones sanitarias.- tiene un peso ligero.-disminuye el ruido. 	<ul style="list-style-type: none"> Se perfora con facilidad por materiales punzocortantes. Inflamable. Volumen inadecuado. Fácil acceso a la fauna nociva. Retarda el proceso de descomposición de los residuos en los rellenos.

b) Contar con un servicio particular de recolección de basura, debido a la falta de uno en la localidad. Usar dicho servicio al menos una vez a la semana laboral para su disposición final. El sistema de recolección debe ser el método de acera, donde

simultáneamente al recorrido del camión por su ruta, los “peones” de la cuadrilla van recogiendo los residuos, previamente colocados por los residentes, en el frente de su inmueble. Este método debe tener un horario y una frecuencia cumplida, y los residentes deben estar informados de ello, para sacar los botes con residuos en el momento adecuado, evitando la fauna nociva y el derrame de residuos cuando se colocan con demasiada anticipación. (SEDESOL, MANUAL TÉCNICO SOBRE GENERACIÓN, RECOLECCIÓN Y TRANSFERENCIA DE RESIDUOS SÓLIDOS MUNICIPALES., 2005, p. 73).

c) Dimensionamiento de los contenedores de residuos sólidos domésticos y residuos sólidos de manejo especial:

$$C_T = G * P$$

$$C_R = \frac{\text{Composición \%} * C_T}{100\%}$$

$$F_r = \frac{5}{\text{días de recolección de los residuos}}$$

$$V = \frac{C_R}{\gamma} * F_r$$

Nomenclatura:

C_T : consumo total, [kg/día].

G : tasa de generación, [kg/trabajador/día].

P : población, [trabajadores].

C_R : consumo por diferente tipo de residuo, [kg/día].

F_r : factor de recolección (cuantas veces se recolecta la basura a la semana laboral) [día].

V : volumen del depósito para residuos sólidos, [m³].

γ : peso volumétrico del residuo, [kg/m³].

$$C_T = 1.4 \frac{\text{kg}}{\text{trabajador día}} * 6 \text{ trabajadores} = 8.4 \frac{\text{kg}}{\text{d}}$$

$$F_r = \frac{5}{\text{días de recolección de los residuos}} = \frac{5}{1} = 5 \text{ d}$$

Imagen C. 67. Composición de los RSU en México, 2012. (SEMARNAT, 2013, P. 438).

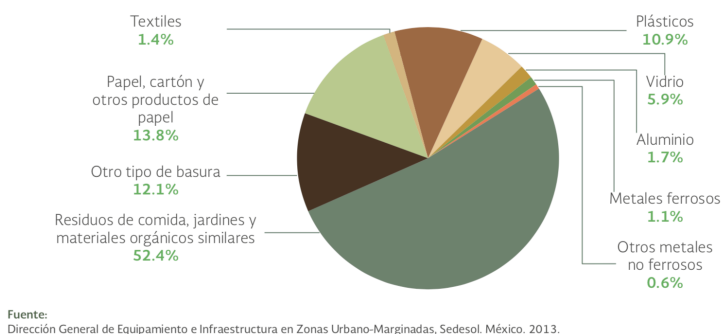


Tabla C. 40. Capacidad de los contenedores de cada uno de los residuos sólidos domésticos, ya sea para satisfacer las necesidades básicas de los trabajadores (hora de comida) ó para los residuos relacionados al proceso constructivo.

RESIDUOS SÓLIDOS DOMÉSTICOS GENERADOS EN ARMADO Y COLADO DE CIMENTACIÓN (3 OFICIALES Y 3 AYUDANTES)							
Residuo	Composición [%]	PV [kg/m ³]	Cr [kg/d]	V. contenedor [m ³]	V. contenedor [L]	V. contenedor comercial [L]	
Orgánico: comida, jardines, materia orgánica	52.4	200	4.4016	0.1100	110.04	120	
Orgánico: madera*	1.5	240	0.126	0.0026	2.63	20	
Inorgánico	Metal	3.4	320	0.2856	0.0045	4.46	20
	Plástico	10.9	65	0.9156	0.0704	70.43	120
	Vidrio	5.9	200	0.4956	0.0124	12.39	20
	Papel/cartón	13.8	80	1.1592	0.0725	72.45	120
	Otros	12.1	110	1.0164	0.0462	46.20	50
	100		8.4				
			210 kg/25 días				

*Cambio de textil a madera.

Tabla C. 41. Capacidad de los contenedores de cada uno de los residuos de manejo especial o de construcción.

RESIDUOS SÓLIDOS DE OBRA, ELABORACIÓN DE CIMENTACIÓN				
RESIDUO	Desperdicio [L/concepto]	Desperdicio [L/día]	V. contenedor [L]	V. contenedor comercial [L]
CONCRETO	293.28	11.7312	58.656	120
CEMENTO	78.09	3.12	15.62	20
ARENA	499.37	19.97	99.87	120
GRAVA	605.52	24.22	121.10	120
ACERO	67.359 kg/colado bases	2.6943 kg/día		120*
SONOTUBO	21.104 kg/colado bases	0.8441 kg/día		120*

* Determinación del volumen del contenedor por experiencia

2) Impacto: Polución a causa de hidrocarburos
Fase: Construcción, Labor: Obra Civil
Acción: Todo lo relacionado a Obra Civil
Elemento: Suelo
Factor: Contaminación por vertidos y residuos

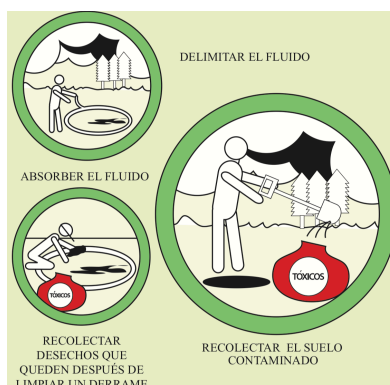
Ante la probabilidad de derrames accidentales de grasa, aceites e hidrocarburos, se tuvieron que incorporar estas medidas:

d) Respecto a la exposición de derrame de algún hidrocarburo por la operación de maquinaria: Los vehículos automotores estuvieron obligados a cumplir con un programa de mantenimiento periódico (de preferencia afuera de las instalaciones del rancho, en talleres mecánicos especializados), establecer restricciones de velocidad de los transportes, vigilar que el personal operador de las unidades realice su trabajo en óptimas condiciones, y de ser posible, mejorar las principales áreas de tránsito vehicular (como hacer caminos empedrados, entre otros). Por último, que la empresa encargada del transporte instale elementos de seguridad para prevenir la avería en los sistemas de combustión de los vehículos.

e) Cuando un derrame ha sucedido sobre campo abierto y el fluido estuvo en contacto directo con el suelo, inmediatamente delimitar con arena o aserrín el área afectada a fin de no expandir la contaminación y limpiar con material absorbente (cojines absorbentes, hojas y rollos absorbentes, paños). Debido a la velocidad de filtrado del fluido, es necesario que se extraiga el suelo contaminado en una funda y se disponga en un recipiente para tóxicos, sin mezclarlos (en caso de presentar derrames con diferentes sustancias), colocándolos en botes de plástico diferentes, respectivamente etiquetados con su nomenclatura y cerrarlos. (Ecuador, P. 8, 9, 21, 26, 27)

Una vez que se extrajo el pedazo de suelo, utilizar un método de biorremediación, que es el uso de microorganismos naturales (enzimas, levaduras, hongos, o bacterias) para descomponer o degradar sustancias peligrosas en otras menos tóxicas o que no sean tóxicas. En este caso aplicar composta, una solución no agresiva para la naturaleza, de bajo costo y efectiva para limpiar suelos. (Transporte, MEDIDAS DE MITIGACIÓN PARA USO DE SUELOS CONTAMINADOS POR DERRAMES DE HIDROCARBUROS EN INFRAESTRUCTURA DE TRANSPORTE TERRESTRE, 2004, P.46-47)

Imagen C. 68. Proceso en caso de derrame.



f) Cada depósito nombrado anteriormente deberá contar con las condiciones técnicas adecuadas como son: Estar asentados sobre una superficie de concreto, o en caso de estar en suelo natural, tener un plástico o geomembrana que separe al suelo natural del tanque de residuo.

Imagen C. 69. Implementación de geomembrana para suelos al descubierto o pisos con revestimiento fracturado.



g) En caso de que el almacenamiento sea en tanques de 55 galones (208 L) o superior, deberán poseer barreras de contención en caso de derrames.

h) Para la manipulación de la pintura, leer la etiqueta y comprender las medidas de seguridad antes del uso. Mantener alejado del calor, chispas, llamas al descubierto, herramientas que produzcan chispas, superficies calientes y otras fuentes de ignición. En caso de incendio, manejar polvo químico seco, dióxido de carbono, espuma. Si se deja de usar el material unos minutos, mantener el recipiente cerrado herméticamente. Cuando acabe la jornada laboral, almacenar en un lugar ventilado.

3) Impacto: Uso de agua

Fase: Construcción, Labor: Obra Civil

Acción: Fabricación, colado y curado de cimentación

Elemento: Agua

Factor: Cantidad desperdiciada de agua

i) Debido a la baja permeabilidad del suelo, por su composición arcillosa, aunado a la acción selladora de la cimentación, aplicar cal a la superficie, añadiendo materia orgánica en forma de composta, colocando la cal y la composta únicamente alrededor de los cilindros de concreto, una vez al año. También viene bien mezclar con grava, arena u otros elementos que ayuden a aumentar su permeabilidad, incrementando la velocidad de infiltración del flujo, con el fin de impedir charcos en el piso. Esto con el fin de plantear una mejora frente al hinchamiento y contracción del terreno a causa de una excesiva retención superficial de agua. (Probelte).

j) Con el fin de evitar el agrietamiento por fraguado del concreto, aplicar ciertas sustancias, llamadas aditivos o adicionantes, que mejoran o modifican las propiedades del concreto. En este caso, se sugiere un aditivo plastificante ó reductor de agua. La dosis típica de un plastificante varía de 200 ml a 450 ml por cada 100 kg de material

cementante. Los plastificantes pueden reducir el requisito de agua de una mezcla de concreto para una trabajabilidad dada, como regla práctica, en aproximadamente 10%. Comprar 2 sacos de aditivo en polvo, "Graltex", 20 kilogramos cada uno, utilizarlo al 1 % sobre el peso del cemento. (Cuevas, 2017, P. 31) (COMERCIALIZADORA)

Recordando que la orden es de 2 277.6 kg de cemento para toda la cimentación:

$$\text{Cantidad de aditivo total} = 2\,277.6 \text{ kg} \times 0.01 = 22.776 \frac{\text{kg}}{\text{concepto de obra}}$$

$$\text{Número de sacos para toda la cimentación} = 22.776 \text{ kg} \left(\frac{1 \text{ bolsa}}{20 \text{ kg}} \right) = 1.1388$$

$$\approx 2 \frac{\text{bolsas}}{\text{concepto de obra}}$$

$$\text{Cantidad de aditivo por base} = \frac{22.776 \text{ kg}}{208 \text{ bases}} = 0.1095 \text{ kg} = 109.5 \text{ g/base}$$

Imagen C. 70. Aditivo para concreto.



El concreto tiene propiedades intrínsecas que lo hacen ideal para la mayor parte de los proyectos de construcción, sin embargo en algunas obras existen exigencias que obligan a contar con características que el concreto no tiene por si solo o en otros casos es necesario ampliarlas o mejorar las que ya tiene, como por ejemplo la resistencia, aceleradores o reductores de la reacción química del cemento con el agua, su fluidez en estado plástico, su cohesividad, impermeabilidad, tiempos de toma de resistencia o fraguado e incluso su color, esas características se pueden modificar y adaptar a cada proyecto gracias a ese material que es diferente a los componentes básicos del concreto y los identificamos como aditivos. Cabe aclarar, que muchos aditivos proporcionan

combinaciones de tales propiedades. (Laboratorio de Materiales, 2017, P. 12) (Imcyc, 2006, P. 33-38)

4) Impacto: Desperdicio de agua

Fase: Explotación-Restauración, **Labor:** Mantenimiento de las instalaciones

Acción: Limpieza de las celdas solares

Elemento: Agua

Factor: Cantidad desperdiciada de agua

Como este recurso hídrico no se puede reutilizar después del colado ni después de lavar el equipo solar, deberá cumplir al máximo sus propósitos. Para ello deberá contar con una calidad adecuada, lo cual se va a prever con la participación de servicio de agua purificada para consumo humano.

k) Debido a las condiciones que presenta la fuente de abastecimiento (*Apartado 5.3 Identificación de impactos ambientales, sección agua*), se sugiere uno de estos 2 trenes de tratamiento. Frecuentemente el producto puede obtenerse empleando más de un método de tratamiento; sin embargo, aunque los resultados de varios procesos son agua potable, existe variación en los recursos económicos que cada uno de ellos conlleva.

Cabe aclarar, que este tratamiento no debe de ser únicamente para hacer la mezcla para la cimentación ó el aseo del equipo solar, sino para cualquier actividad que requiere agua potable y/o consumo humano tanto en la finca como para el poblado:

Imagen C. 71. Opción 1 de tren de tratamiento para el manantial.



Imagen C. 72. Opción 2 de tren de tratamiento para el manantial.



Definiciones:

Filtración: Remoción de partículas suspendidas en el agua, haciéndola fluir a través de un medio filtrante de porosidad adecuada.

Desinfección: Destrucción de organismos patógenos por medio de la aplicación de productos químicos o procesos físicos. La desinfección es el tren de tratamiento más simple. En general, se efectúa la desinfección aplicando solución de cloro o en su defecto gas cloro.

Sedimentación: Proceso físico que consiste en la separación de las partículas suspendidas en el agua, por efecto gravitacional.

El proceso de filtración lenta y desinfección se recomienda para pequeñas poblaciones, con valores bajos de turbiedad y color en todas las épocas, como lo que usualmente sucede en un lago o en aguas subterráneas. Para su consideración se recomiendan los valores máximos siguientes: 50 UTN de turbiedad y 30 unidades de color.

El proceso de sedimentación simple, filtración lenta y desinfección, se recomienda usarlo en aguas contaminadas, y con características de las partículas causantes de turbiedad y color, que hagan necesaria y posible su reducción por sedimentación simple, es decir: $80 < (\text{turbiedad} + \text{color}) < 100$

Sabemos que el agua subterránea es de mejor calidad que la superficial, y entre menos contaminada, menos basto será el tren. En la localidad no hay actividad industrial, pero la fuente de contaminación proviene del sector agropecuario y no hay red de drenaje público, por lo tanto, puede haber presencia de bacterias coliformes, que son inofensivos, pero si se detectan, quiere decir que hay microorganismos patógenos que causan enfermedades.

Como solo hay contaminación biológica y características físicas-organolépticas (color, olor, sabor y turbiedad) tolerables y no existen constituyentes químicos en el manantial debido a la falta de industria en San Mateo, se propone uno de estos tratamientos para la potabilización del agua, que son sencillos.

l) Estos tienen que ser los parámetros que debe abarcar un agua con características idóneas no solamente para el colado de concreto o la limpieza de los módulos fotovoltaicos, sino para toda persona que desee consumirla en la localidad, después de haber sido manipulada en la planta de tratamiento:

Tabla C. 42. Contenido de organismos resultantes de una muestra simple de agua.

CARACTERISTICA	LIMITE PERMISIBLE
Organismos coliformes totales	Ausencia o no detectables
<i>E. coli</i> o coliformes fecales u organismos termotolerantes	Ausencia o no detectables

Tabla C. 43. Características físicas y organolépticas.

CARACTERISTICA	LIMITE PERMISIBLE
Color	20 unidades de color verdadero en la escala de platino-cobalto
Olor y sabor	Agradable (se aceptarán aquellos que sean tolerables para la mayoría de los consumidores, siempre que no sean resultado de condiciones objetables desde el punto de vista biológico o químico).
Turbiedad	5 unidades de turbiedad nefelométricas (UTN) o su equivalente en otro método

Nota: Estos parámetros son los mínimos que se tienen que hacer, sino se disponen con los recursos necesarios para estudios más profundos. Además, debido a las características de la fuente a tratar no se anexarán los límites permisibles de características químicas.

5) Impacto: Trabajos de mantenimiento del proyecto fotovoltaico en base a otro recurso natural, como es el agua.

Fase: Construcción, **Labor:** Obra Civil

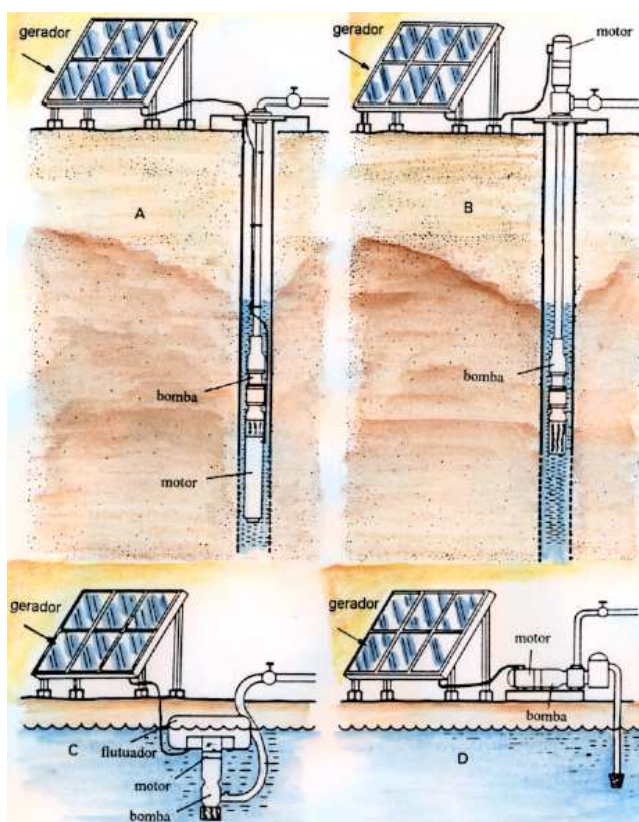
Acción: Utilización de bombas hidráulicas a base de energía solar.

Elemento: Calidad de vida

Factor: Salud y bienestar

Una instalación de bombeo fotovoltaico está compuesta principalmente por los módulos FV, un motor/bomba, un pozo, un sistema de tuberías y un depósito de acumulación. Se pueden definir varias configuraciones de un sistema de bombeo fotovoltaico: sumergible, flotante, con bomba centrífuga o de desplazamiento positivo, con motor de corriente continua o de corriente alterna, etc. La configuración más habitual es un sistema motobomba sumergible instalada en un pozo de sondeo. Para este trabajo, no se hará la propuesta del pozo ya que no se dispone de información relacionada a los parámetros hidráulicos del acuífero, como porosidad del material, rendimiento específico, coeficiente de permeabilidad, coeficiente de transmisibilidad, coeficiente de almacenaje, ni espeso saturado.

Imagen C. 73. Configuraciones posibles de sistemas de bombeo.



Las bombas sumergibles suelen utilizarse en pozos profundos de pequeño diámetro y normalmente están directamente al motor. Las bombas flotantes disponen de un flotador que permite su instalación en ríos, lagos o pozos de gran diámetro flotando en la superficie del agua. En general, las bombas flotantes proporcionan mucho caudal, pero a poca altura manométrica. Las bombas de superficie se instalan a nivel del suelo facilitando su mantenimiento. No obstante, la profundidad de succión no debe exceder de los 8 metros.

El subsistema motor-bomba está formado por un motor que acciona una bomba de agua. Un motor es una máquina que transforma energía eléctrica en energía mecánica. Dependiendo del tipo de alimentación eléctrica, los motores pueden clasificarse básicamente en: motores de corriente continua (DC) o motores de corriente alterna (AC). Un motor eléctrico hace girar, a alta velocidad, un sistema de paletas, las que, al rotar dentro de una cavidad cerrada, “expulsan el agua” hacia la salida.

Las bombas pueden ser centrífugas o de desplazamiento positivo. Las bombas centrífugas son útiles cuando hay que bombear agua a poca altura y proporcionan generalmente mayor caudal que las bombas de desplazamiento positivo, y por ello se utilizan para extraer agua de ríos, arroyos o lagos. Las bombas de desplazamiento positivo, en las que se incluyen las bombas de pistón, bombas de diafragma y de cavidad progresiva o helicoidales, son adecuadas para bombear pequeños caudales de pozos muy profundos.

Cuando nos disponemos a dimensionar un sistema de bombeo fotovoltaico, necesitamos el caudal a bombear así como los datos relativos a la altura de bombeo. A continuación, se comparan las curvas características de las diferentes marcas y modelos con el propósito de seleccionar una potencia a instalarse y el rendimiento. Es evidente que dependiendo de estos parámetros y de las condiciones de viabilidad, optaremos por una tecnología de bombeo.

La marca SQFlex suministra agua basado en fuentes de energía renovables. Existen 2 sistemas de bombeo SQflex, en primer lugar, las sumergibles de tipo centrífugo, que son bombas apropiadas para generar un gran caudal, pero a pequeñas alturas de elevación, aproximadamente (9 m-28 m) y (68-272 l/m). Por otro lado, las bombas con rotor helicoidal son adecuadas para las cargas de 90 a 120 metros de altura, pero produciendo caudales menores que las centrífugas aproximadamente 8-42 l/min. (Baldán, 2011, P. 10, 12, 19, 22, 23, 37, 45)

Para este caso, en particular, se seleccionará una bomba de rotor helicoidal sumergible marca GRUNDFOS, modelo SQF 1.2-3. Una vez elegida la instalación, el ahorro vendrá del consumo que tengan estas bombas alternativas (KWh de electricidad).

Se mencionó con anterioridad, se solicita un volumen de agua subterránea $V = 12.672 \text{ m}^3/\text{año}$ para quitar las impurezas de los módulos. Este concepto se ejecutará 4 veces al año, es decir, un bombeo por trimestre.

$$V_{anual} = 12.672 \frac{m^3}{año}$$

$$V_{trimestral} = \frac{V_{anual}}{4} = 3.168 \frac{m^3}{día}$$

$$V_{trimestral} = \left(3.168 \frac{m^3}{día} \right) \left(\frac{1 día}{24 h} \right) = 0.132 \frac{m^3}{h}$$

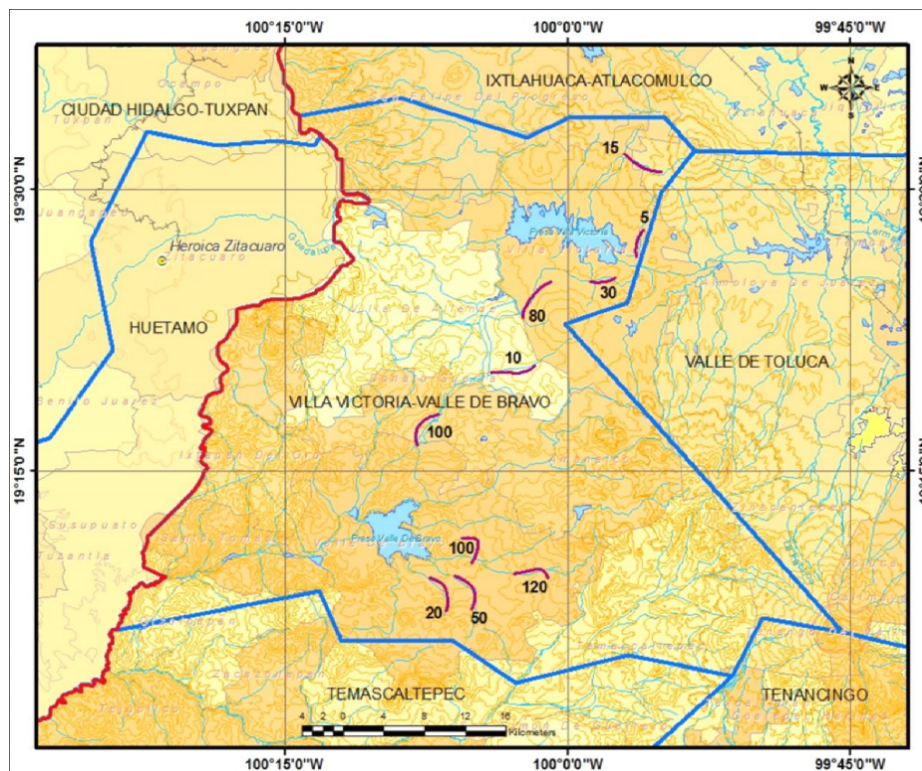
Sin embargo, la bomba no puede funcionar un día entero, esto con la intención de no generar ruido, se propone aumentar el volumen trimestral para que la bomba opere una jornada de 8 horas y no todo el día.

$$Q_{jornada\ de\ 8\ horas} = \left(0.132 \frac{m^3}{h} \right) \left(\frac{24 h}{8 h} \right) = 0.396 \frac{m^3}{h}$$

Verificando que se conserva el volumen anual:

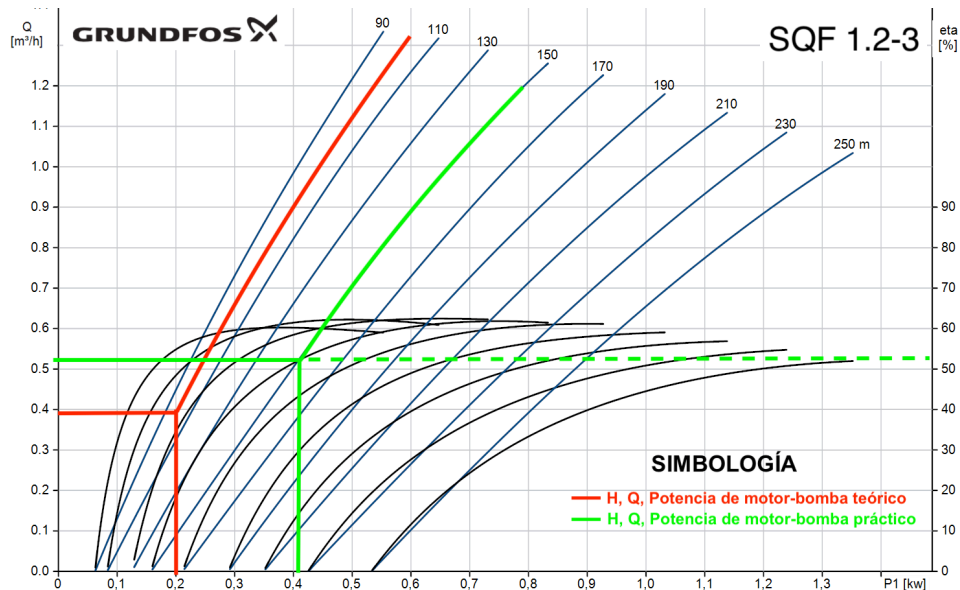
$$\begin{aligned} V_{anual} &= (Q_{jor})(Horas\ que\ componen\ una\ jornada)(número\ de\ jornadas) \\ &= 0.396 \frac{m^3}{h} \times 8 \frac{h}{jor} \times 4 \frac{jor}{año} = 12.672 \frac{m^3}{año} \end{aligned}$$

Imagen C. 74. Profundidad a Nivel estático hidráulico de la zona Villa Victoria-Valle de Bravo. El acuífero tiene un NAF de 100 m. (CONAGUA, Actualización de la disponibilidad media anual de agua en acuífero Villa Victoria-Valle de Bravo, 2018, p.11-12)



Con la necesidad de sacar un $Q = 3.168 \text{ m}^3/\text{día}$ (que es lo mismo a $Q_{\text{jornada 8 hrs.}} = 0.396 \text{ m}^3/\text{h}$) a una carga de $H_B=100 \text{ m}$, se procederá a seleccionar la potencia de entrada del motor con la ayuda del siguiente gráfico:

Imagen C. 75. Régimen característico del motor-bomba. (SQFlex, 2019).



Aplicando la siguiente fórmula para el rendimiento del motor-bomba solo para $P_1 > 0.3 \text{ KW}$ y sustituyendo los valores de acuerdo con la gráfica:

$$\mu_{mb} = \frac{Q H_B g}{P_1 \times 3600}$$

$$\mu_{mb \text{ teórico}} = \frac{\left(0.396 \frac{\text{m}^3}{\text{h}}\right)(100 \text{ m}) g}{0.2 \text{ KW} \times 3600} = 0.5395 = 53.95 \%$$

$$\mu_{mb \text{ práctico}} = \frac{\left(0.52 \frac{\text{m}^3}{\text{h}}\right)(150 \text{ m}) g}{0.41 \text{ KW} \times 3600} = 0.5184 = 51.84 \%$$

En la parte roja no hay cruce entre H y Q con alguna curva de rendimiento. Se modificarán los datos, tomando en cuenta que la potencia de entrada del motor afecta los costos y estar seguro en la profundidad del agua subterránea, considerando la discrepancia de la fórmula anterior y la gráfica para la parte teórica.

El costo total de bombeo será el producto de la energía consumida por el precio de la misma, es decir:

$$\text{Energía} = \text{Potencia} \times \text{tiempo}$$

$$\text{Costo}_{\text{energía}} = P_{\text{entrada}} \times t \times \frac{\$}{\text{KW h}}$$

P_{entrada} = Potencia eléctrica para el conjunto motor-bomba, [KW].

t = tiempo de funcionamiento del conjunto en horas.
 \$ / KWh = tarifa del KWh de electricidad.

$$Costo_{trimestral} = 0.42 \text{ KW} \times \frac{8 \text{ h}}{\text{jornada}} \times \frac{\$2.3}{\text{KW h}} = \$7.728/\text{jornada}$$

$$Costo \text{ anual} = \frac{\$7.728}{\text{jornada}} \times \frac{4 \text{ jornadas}}{\text{año}} = \$30.912/\text{año}$$

$$Costo_{garantía \text{ de } 25 \text{ años}} = \$772.8$$

Imagen C. 76. Bomba sumergible helicoidal, marca Grundfos, modelo SQF 1.2-3. Con sus respectivas dimensiones [mm, a menos que se indique lo contrario].

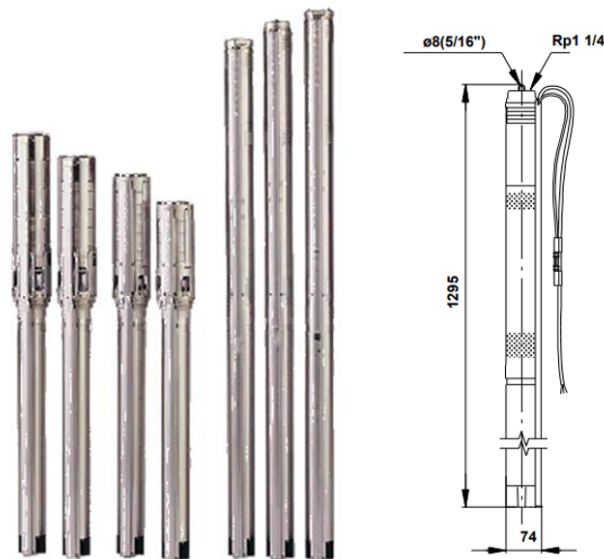


Tabla C. 44. Velocidades permisibles por material en tuberías (m/s). Tema: Líneas de conducción por gravedad, bombeo y redes de distribución. Materia “Abastecimiento de Agua Potable y Alcantarillado”, impartida por Ing. Martín Jiménez Vázquez.

Material del tubo	Velocidad máxima	Velocidad mínima
PEAD	5	0.3
PVC	5	0.3
Acero revestido	5	0.3
Acero no revestido	5	0.3
Fibrocemento	5	0.3
Fo. Fo.	5	0.3
Fo. Go.	5	0.3

A continuación, se dirán las razones para haber elegido el PVC como material en la tubería:

Tabla C. 45. Propiedades de los tubos PVC. (Valdez, UNAM. Facultad de Ingeniería, Primera Edición, 1990, p. 110)

Ventajas	Desventajas
<ol style="list-style-type: none"> 1. Resistencia a la corrosión y al ataque químico de ácidos, hidróxidos y soluciones salinas. 2. Instalación rápida, fácil y económica. 3. Menor pérdida por fricción en comparación con las tuberías de fibro-cemento, concreto y acero. 4. Por su ligereza, el almacenamiento y transporte de la tubería se facilita notablemente. 	<ol style="list-style-type: none"> 1. Las propiedades mecánicas de las tuberías de PVC se afectan si quedan expuestas a los rayos solares por un periodo de tiempo prolongado. 2. Requiere mano de obra especializada para su unión en el proceso de cementado. 3. Propensos a la formación de grietas.

Usando el $Q_{\text{jornada 8 hrs práctico}} = 0.52 \text{ m}^3/\text{h} = 1.4444 \times 10^{-4} \text{ m}^3/\text{s}$

$$Q = vA$$


$$A = \frac{Q}{v}$$

$$\frac{\pi D^2}{4} = \frac{Q}{v}$$

$$D_{\text{tubería interior teórico}} = \sqrt{\frac{4}{\pi} \frac{Q}{v}} = \sqrt{\frac{4}{\pi} \left(\frac{1.4444 \times 10^{-4} \text{ m}^3/\text{s}}{0.3 \text{ m/s}} \right)} = 0.0247 \text{ m}$$

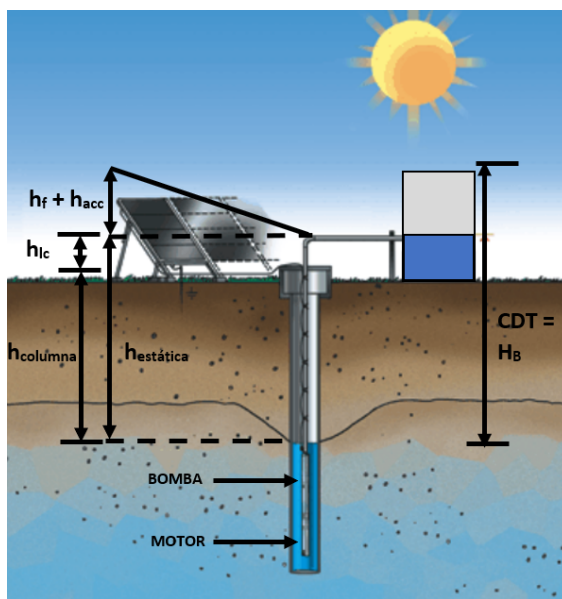
$$D_{\text{tubería interior teórico}} = 2.47 \text{ cm} = 0.9724 \text{ in}$$

Tabla C. 46. Diámetros para tubería hidráulica de PVC. Se optará por diámetro comercial de una pulgada.



Diámetro Nominal	Diámetro Exterior			Cédula	Diámetro Interior		Espesor		Peso	
	puig.	puig.	mm.		puig.	mm.	puig.	mm.	Lbs/Pie	Kg/Mt
1/2"	0.840	21.30	40	0.609	15.50	0.109	2.80	0.157	0.230	
	0.840	21.30	80	0.528	13.40	0.147	3.70	0.225	0.330	
3/4"	1.050	26.70	40	0.810	20.60	0.113	2.90	0.210	0.310	
	1.050	26.70	80	0.724	18.40	0.154	3.90	0.302	0.450	
1"	1.315	33.40	40	1.033	26.20	0.133	3.40	0.310	0.460	
	1.315	33.40	80	0.936	23.80	0.179	4.50	0.449	0.670	
1-1/4"	1.660	42.20	40	1.363	34.60	0.140	3.60	0.420	0.620	
	1.660	42.20	80	1.255	31.90	0.191	4.90	0.612	0.910	
1-1/2"	1.900	48.30	40	1.593	40.50	0.145	3.70	0.504	0.750	
	1.900	48.30	80	1.476	37.50	0.200	5.10	0.754	1.120	
2"	2.375	60.30	40	2.049	52.00	0.154	3.90	0.676	1.000	
	2.375	60.30	80	1.913	48.60	0.218	5.50	1.043	1.550	
2-1/2"	2.875	73.00	40	2.445	62.10	0.203	5.20	1.070	1.590	
	2.875	73.00	80	2.290	58.20	0.276	7.00	1.562	2.320	
3"	3.500	88.90	40	3.042	77.30	0.216	5.50	1.410	2.100	
	3.500	88.90	80	2.864	72.70	0.300	7.60	2.130	3.160	
4"	4.500	114.30	40	3.998	101.50	0.237	6.00	2.000	2.970	
	4.500	114.30	80	3.786	96.20	0.337	8.60	3.113	4.630	
6"	6.625	168.30	40	6.031	153.20	0.280	7.10	3.520	5.230	
	6.625	168.30	80	5.709	145.00	0.432	11.00	5.947	8.840	
8"	8.625	219.10	40	7.942	201.70	0.322	8.20	5.390	8.010	
	8.625	219.10	80	7.565	192.20	0.500	12.70	8.849	13.500	
10"	10.750	273.10	40	9.976	253.40	0.365	9.30	7.550	11.220	
	10.750	273.10	80	9.493	241.10	0.593	15.10	13.188	19.600	
12"	12.750	323.90	40	11.889	302.00	0.406	10.30	10.010	14.870	
	12.750	323.90	80	11.294	286.90	0.687	17.40	18.134	26.940	
14"	14.000	355.60	40	13.126	333.40	0.437	11.10	11.801	17.530	
	14.000	355.60	80	12.500	317.80	0.700	19.00	21.400	31.500	
16"	16.000	406.40	40	15.000	381.00	0.500	12.70	15.431	22.930	
	16.000	406.40	80	14.250	361.80	0.750	19.00	23.500	34.500	

Imagen C. 77. Conducción a bombeo cuando la descarga es ahogada.



Nomenclatura:

CDT (Carga dinámica total): Carga hidráulica a vencer por la bomba (H_B), [m].

h_f : pérdidas por fricción, [m].

h_{acc} : pérdidas por accesorios, [m].

h_{lc} : altura de la línea de conducción, [m].

$h_{columna}$: altura de la columna, [m].

$h_{estática}$: carga de la columna y de la línea de conducción. Distancia desde el nivel del espejo de agua hasta el borde del depósito, [m].

$$CDT = H_B = h_{estática} + h_f + h_{acc}$$

Para el cálculo de las pérdidas de energía por fricción:

$$h_f = \frac{1}{2g} \left(f_1 \frac{L_1}{D_1} v_1^2 + f_2 \frac{L_2}{D_2} v_2^2 + f_3 \frac{L_3}{D_3} v_3^2 \dots \right)$$

Como la línea de conducción es homogénea en todo su tramo:

$$h_f = \frac{1}{2g} f \frac{L}{D} v^2$$

Recapitulando: $H_{\text{estática}}=148.5$ m; una tubería con longitud total de 150 m (148.5 m de columna y 1.5 m de línea de conducción); $D_{\text{tubería interior comercial}}= 23.8$ mm; $v_{\text{min}} = 0.3$ m/s

Teniendo como datos: rugosidad del pvc para un tubo nuevo: $\epsilon_{\text{PVC}} = 0.0015$ mm; viscosidad cinemática: $\nu_{\text{H}_2\text{O}} = 1.1 \times 10^{-6}$ m²/s

$$\frac{\epsilon}{D} = \frac{0.0015 \text{ mm}}{23.8 \text{ mm}} = 6.3025 \times 10^{-5}$$

$$\text{Número de Reynolds: } Re = \frac{vD}{\nu} = \frac{0.3 \times 0.0238}{1.1 \times 10^{-6}} = 6\,490.909$$

Empleando la fórmula de Colebrook-White para obtener el coeficiente de fricción, f:

$$\frac{1}{\sqrt{f}} + 2 \log \left(\frac{\epsilon/D}{3.71} + \frac{2.51}{Re \sqrt{f}} \right) = 0$$

$$\frac{1}{\sqrt{f}} + 2 \log \left(\frac{6.3025 \times 10^{-5}}{3.71} + \frac{2.51}{6\,490.909 \sqrt{f}} \right) = 0$$

$$f = 0.0348$$

Sustituyendo:

$$h_f = \frac{1}{2g} (0.0348) \frac{150}{0.0238} (0.3)^2$$

$$h_f = 1.006 \text{ m}$$

Para el cálculo de las pérdidas de energía por accesorios:

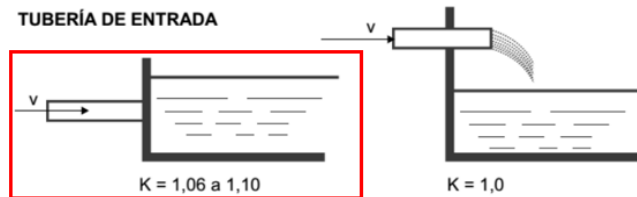
$$h_{acc} = \frac{1}{2g} (k_1 v_1^2 + k_2 v_2^2 + k_3 v_3^2 \dots)$$

Simplificando:

$$h_{acc} = \frac{v^2}{2g} (k_1 + k_2 + k_3 \dots)$$

Imagen C. 78. Selección de coeficientes para pérdidas secundarias o conexiones.

PIEZAS QUE PRODUCEN PÉRDIDA	K
Ampliación gradual	0,30
Entrada	2,75
Compuerta abierta	2,50
Medidor de caudal	2,50
Codo de 90°	0,90
Codo de 45°	0,75
Cribo	0,40
Curva de 90°	0,40
Curva de 45°	0,20
Curva de 22,5°	0,10
Entrada normal en un canal	0,50
Entrada extendida	1,00
Pequeña derivación	0,03
Empalme	0,40
Medidor tipo Venturi	2,50
Reducción gradual	0,15
Válvula de globo en ángulo abierta	5,00
Válvula de corte abierta	0,20
Válvula de globo abierta	10,0
Tee, con pasada directa	0,60
Tee, con pasada lateral	1,30
Tee, con salida lateral	1,30
Tee, con salida bilateral	1,80
Válvula de pié	1,75
Válvula de retención	2,50
Velocidad	1,00



Para la entrada al tanque de almacenamiento se utilizará el coeficiente de mayor de valor.

Sustituyendo:

$$h_{acc} = \frac{0.3^2}{2g} (k_{empalme} + k_{codo} + k_{entrada})$$

$$h_{acc} = \frac{0.3^2}{2g} (0.4 + 0.9 + 1.1)$$

$$h_{acc} = 0.011 \text{ m}$$

$$H_B = 148.5 \text{ m} + 1.006 \text{ m} + 0.011 \text{ m} = 149.517 \text{ m}$$

$$H_B \approx 150 \text{ m}$$

Para diseñar el depósito de almacenamiento que guardará el agua subterránea, mediante bombeo, con el fin de asear el sistema, se optará por una geometría cilíndrica con tapa. Se debe emplear la cantidad mínima de material en la elaboración del envase.

El área de la superficie total del recipiente será mínima, para un volumen general, cuando la razón de la altura al diámetro de la base es igual a uno:

$$V_{cilindro} = \text{Área}_{base} * y_{tirante\ máximo\ del\ agua} = \frac{\pi D^2}{4} * y_{tirante\ máximo}$$

$$\text{como, } y_{tirante\ máximo\ del\ agua} = D_{cilindro}$$

$$V_{cilindro} = \frac{\pi D^2}{4} * D = \frac{\pi D^3}{4}$$

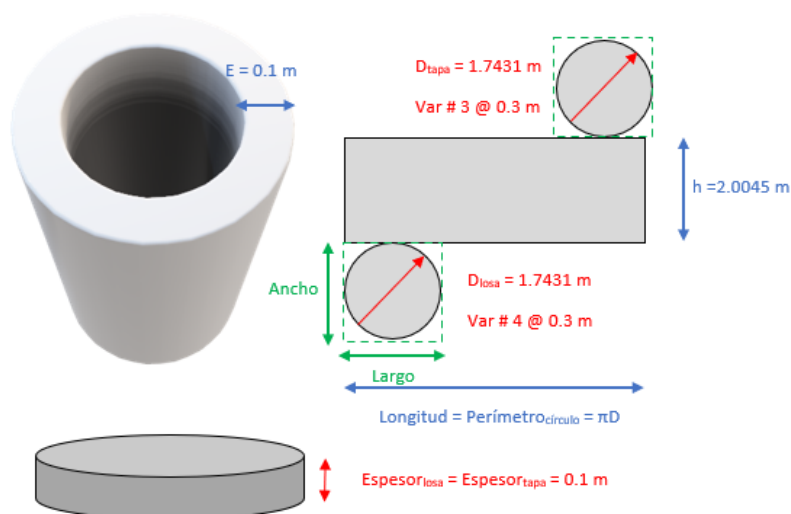
$$D = \sqrt[3]{\frac{4V}{\pi}}$$

$$D = \sqrt[3]{\frac{4(4.16\ m^3)}{\pi}} = 1.7431$$

$$D_{tanque} = y_{tirante\ máximo\ del\ agua} = 1.7431\ m$$

$$h_{tanque} = y_{tirante\ máximo\ del\ agua} * \text{factor}_{15\%} = 2.0045\ m$$

Imagen C. 79. Modelo en 3d, área y losa del depósito, con su dimensionamiento.



PRECIOS UNITARIOS:

- 1 pza. de 12 m de varilla del número 4: \$135/12 m
- 1 pza. de 12 m de varilla del número 3: \$75.5/12 m
- 1 m³ de concreto: \$ 1 087.478/m³

Costo del material de losa con varillas del número 4

$$V_{\text{concreto losa}} = A_{\text{losa}} e_{\text{losa}} \text{ desperdicio}_{5\%} = 2.3863 \text{ m}^2 \times 0.1 \text{ m} \times 1.05 = 0.2505 \text{ m}^3$$

$$\text{Costo}_{\text{concreto losa}} = 0.2505 \text{ m}^3 \times \frac{\$ 1\,087.478}{\text{m}^3} = \$272.4801$$

Suponiendo que la losa y la tapa son cuadradas, para calcular la cuantificación de varilla, cada uno de doble emparrillado:

$$\text{Longitud}_{\text{varillas losa}} = 2 \left[\left(\frac{\text{ancho}}{0.3} + 1 \right) \text{largo} + \left(\frac{\text{largo}}{0.3} + 1 \right) \text{ancho} \right]$$

$$D_{\text{losa}} = \text{largo} = \text{ancho}$$

$$\text{Longitud}_{\text{varillas losa}} = 2 \left[\left(\frac{D}{0.3} + 1 \right) D + \left(\frac{D}{0.3} + 1 \right) D \right]$$

$$\text{Longitud}_{\text{varillas losa}} = 4D \left(\frac{D}{0.3} + 1 \right)$$

$$\text{Longitud}_{\text{varillas losa}} = 4(1.7431) \left(\frac{1.7431}{0.3} + 1 \right) = 47.4842 \text{ m}$$

$$\text{Costo}_{\text{armado losa}} = \text{PU} \times \text{longitud} = \frac{\$135}{12 \text{ m}} \times 47.4842 \text{ m} = \$534.1991$$

$$\text{Costo}_{\text{losa}} = \text{Costo}_{\text{concreto}} + \text{Costo}_{\text{armado}} = \$272.4801 + \$534.1991$$

$$\text{Costo del material}_{\text{losa}} = \$806.6792$$

Costo del material de la tapa con varillas del número 3

Mismas características que tiene la losa, solo varía el precio unitario del refuerzo debido al diámetro de las varillas. Es decir, el costo del concreto y la cantidad de metros de varilla se mantiene igual:

$$\begin{aligned} \text{Costo del material}_{\text{tapa}} &= \text{Costo}_{\text{concreto tapa}} + (\text{PU} \times \text{longitud})_{\text{armado}} \\ &= \$272.4801 + \left(\frac{\$75.5}{12} \times 47.4842 \text{ m} \right) \end{aligned}$$

$$\text{Costo del material}_{\text{tapa}} = \$571.2348$$

Nota. El costo del armado de la losa y la tapa moderadamente se eleva porque se calcularon como si fueran cuadradas y no circulares. Esta desviación se compensa al no

incluir cimbra, desmoldante, alambón para los amarres, porcentaje desperdicio de varilla.

Costo del material de la sección rectangular

Dicha sección no lleva acero de refuerzo.

$$V_{concreto\ pared} = A_{pared} e_{pared} desperdicio_{5\%} = (\pi D x h) m^2 x 0.1 m x 1.05$$

$$= (\pi x 1.7431 x 2.0045) m^2 x 0.1 m x 1.05 = 1.1525 m^3$$

$$Costo\ del\ material_{concreto\ pared} = 1.1525 m^3 x \frac{\$ 1\ 087.478}{m^3} = \$1\ 253.3951$$

Impermeabilizante

Imagen C. 80. Características de impermeabilizante. Fuente: Home Depot.



SIKA SKU#560121 MODELO:134379

IMPERMEABILIZANTE ACRÍLICO Y AISLANTE ROJO 5 AÑOS 19 L

★★★★★ 4.6 (8) Califica este producto

\$1,255⁰⁰

Precios y disponibilidad válidos en tienda en línea Coopa del Hueso, Ciudad de México, sujetos a cambio sin previo aviso.

Impermeabilizante Acril Techo rojo Sika, recubrimiento con base en resinas acrílicas de excelente resistencia al intemperismo y microesferas que mejoran la capacidad de aislamiento térmico. Con durabilidad de 5 años y rendimiento de 1.3 a 1.5 L/m².

Calcula cuántas unidades necesitas para tu proyecto

Largo Ancho Calcular

$$Superficie_{total} = Superficie_{dentro} + Superficie_{afuera}$$

$$Superficie_{dentro} = Losa + tapa + pared$$

$$Superficie_{dentro} = 2(2.3863) + 10.9768 = 15.7494 m^2$$

$$Superficie_{afuera} = Losa + pared$$

$$Superficie_{afuera} = 2.3863 + 10.9768 = 13.3631 m^2$$

$$Superficie_{total} = 29.1125 m^2$$

Para fines de cálculo, el desperdicio de pintura equivaldrá a pintar los espesores de la losa, tapa, pared.

$$\begin{aligned} \text{Volumen}_{\text{impermeabilizante}} &= \text{Rendimiento} \times \text{Superficie} \times \text{desperdicio}_{10\%} \\ &= 1.4 \frac{\text{l}}{\text{m}^2} \times 29.1125 \text{ m}^2 \times 1.1 = 44.8332 \text{ l} = 2.35 \text{ botes} \approx 3 \text{ botes} \end{aligned}$$

$$\text{Costo}_{\text{impermeabilizante}} = \frac{\$1\,255}{\text{bote}} \times 3 \text{ botes} = \$3\,765$$

Costo total del material para el tanque superficial

$$\text{Costo depósito}_{\text{total}} = \text{Losa} + \text{tapa} + \text{pared} + \text{impermeabilizante}$$

$$\text{Costo depósito}_{\text{total}} = \$806.6792 + \$571.2348 + \$1\,253.3951 + \$3\,765$$

$$\text{Costo depósito}_{\text{total de material}} = \$6\,396.3091$$

Nota: No se tomará en cuenta el tubo de PVC para la ventilación, de entrada, salida de agua, ni la cubierta de yute arriba de la losa.

Aparte de concreto el tanque de almacenamiento, se puede poner uno prefabricado:

Imagen C. 81. Ficha técnica de una cisterna hecha de polietileno. Se propone adquirir una cisterna con capacidad de 5 m³.



Cisterna Garantía de por vida

Especificaciones técnicas

- Material fabricado con PEAD (polietileno lineal de alta densidad) de color azul por fuera y blanco por dentro.
- Capacidades desde 1 200 L hasta 10 000 L.

Capacidades

Cisternas Garantía de por vida				
Capacidad (L)	Diámetro (m)	Altura con tapa (m)	Diámetro con tapa (m)	Abastecimiento (personas)
1 200*	1.40	0.93	0.45	5
2 800	1.86	1.18	0.60	10
5 000	2.38	1.33	0.60	15
10 000	2.38	2.43	0.60	35

*1200 L incluye: Válvula de Llenado de 19.05 mm (3/4") con Reducción a 12.7 mm (1/2"), Flotador No. 7 y Bomba Centrífuga 1/2 HP.

Nota: considere en la altura de la Cisterna una tolerancia de + 5 cm.



Accesorios que equipan a una Cisterna Garantía de por vida

- Válvula de Llenado tipo Sin Fin.
- Flotador No. 7
- Electronivel.
- Tubería interna Tuboplus.
- Pichancha.
- Válvula de Esfera.
- Filtro Jumbo.
- Bomba Centrífuga 1/2 HP.



1



2



3



4



5



6



7



8



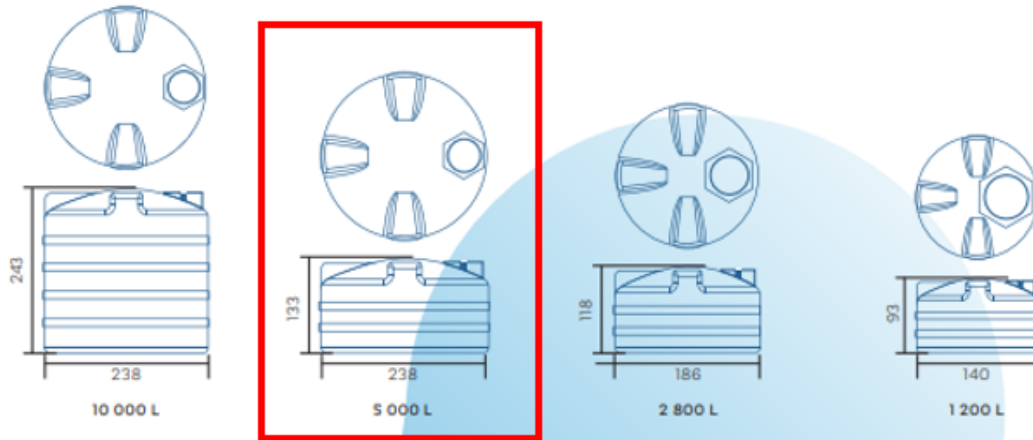
5 Años de garantía Rotoplas en Accesorios

1 Año de garantía Rotoplas en Electronivel

2 Años de garantía Rotoplas en Bomba

3 Años de garantía Rotoplas en Filtro

Unidades: cm



Beneficios

- Cuentan con Garantía de por vida (aplica solo para Cisternas azules), sin fisuras ni filtraciones.
- Equipadas con los mejores accesorios que aseguran su funcionamiento y calidad del agua.
- El Filtro **Hydro-Net®** retiene tierra y sedimentos, brindando agua limpia y transparente.
- Cuentan con una exclusiva capa antibacterial con tecnología **Expel®** inhibe la reproducción de bacterias, manteniendo el agua más limpia.
- Su tapa **click** con cierre perfecto evita que entren contaminantes al agua.
- Todos los accesorios incluidos están garantizados por cinco años y cero fugas. La Bomba cuenta con 2 años de garantía.
- Las Cisternas Garantía de por vida, están fabricadas en cumplimiento con la NOM NMX-C374-ONNCC-2012.

Consumidor final

- La línea de Cisternas puede instalarse al exterior, gracias a su exclusiva capa uv, la cual impide el paso de los rayos del sol.
- Garantía de por vida, sin fisuras ni filtraciones.
- Amplia entrada con tapa de 60 cm que permite un acceso más fácil al interior facilitando su lavado y mantenimiento.
- Su innovadora tecnología **Expel®** inhibe la reproducción de bacterias.
- El Filtro **Hydro-Net®** retiene sedimentos y asegura la calidad del agua.
- Todos los Accesorios incluidos están garantizados por 5 años.

Instalador

- Fáciles de instalar (menor profundidad de excavación), no se necesitan herramientas especializadas.
- Preparadas para ser instaladas al exterior gracias a su capa uv.
- Amplia entrada con tapa de 60 cm que permite un acceso más fácil al interior facilitando su lavado y mantenimiento.
- Completamente equipadas con accesorios Cero Fugas
- Flexibles y resistentes.
- Son ligera, lo que facilita su manejo.

Rotoplas otorga, a través de su red de distribuidores autorizados, Garantía de por vida en contra de cualquier defecto proveniente de los materiales y mano de obra de la Cisterna Rotoplas, siempre que no haya sido sujeto a su mal uso, negligencia o instalación inadecuada hecha por terceros.



Cualquier modificación física al diseño del producto o uso diferente al especificado invalida el respaldo de la garantía brindada por Rotoplas.

rotoplas.com

Rotoplas

RotoplasMexico

800 506 3000

Imagen C. 82. Costo de cisterna. Home Depot.



ROTOPLAS SKU#124818 MODELO:510155
CISTERNA 5000 L NM EQUIPADA
 ★★★★★ 4.5 (17) Califica este producto
\$15,299⁰⁰
 Precios y disponibilidad válidos en tienda en línea Coapa del Hueso, Ciudad de México, sujetos a cambio sin previo aviso.
 Incluye válvula de esfera. Filtro jumbo. Bomba centrífuga 1/2 hp. Válvula de llenado. Flotador número 7. Electro nivel. Tubería interna tubo plus. Pichanca. Tapa click de 60 cm. 5000 lts..

- + [Agregar al carrito](#)

[Información del producto](#) ▾ [Opiniones de clientes](#) ▾

Tabla C. 47. Información acerca de las cisternas. (PROYECTOS, 2016).

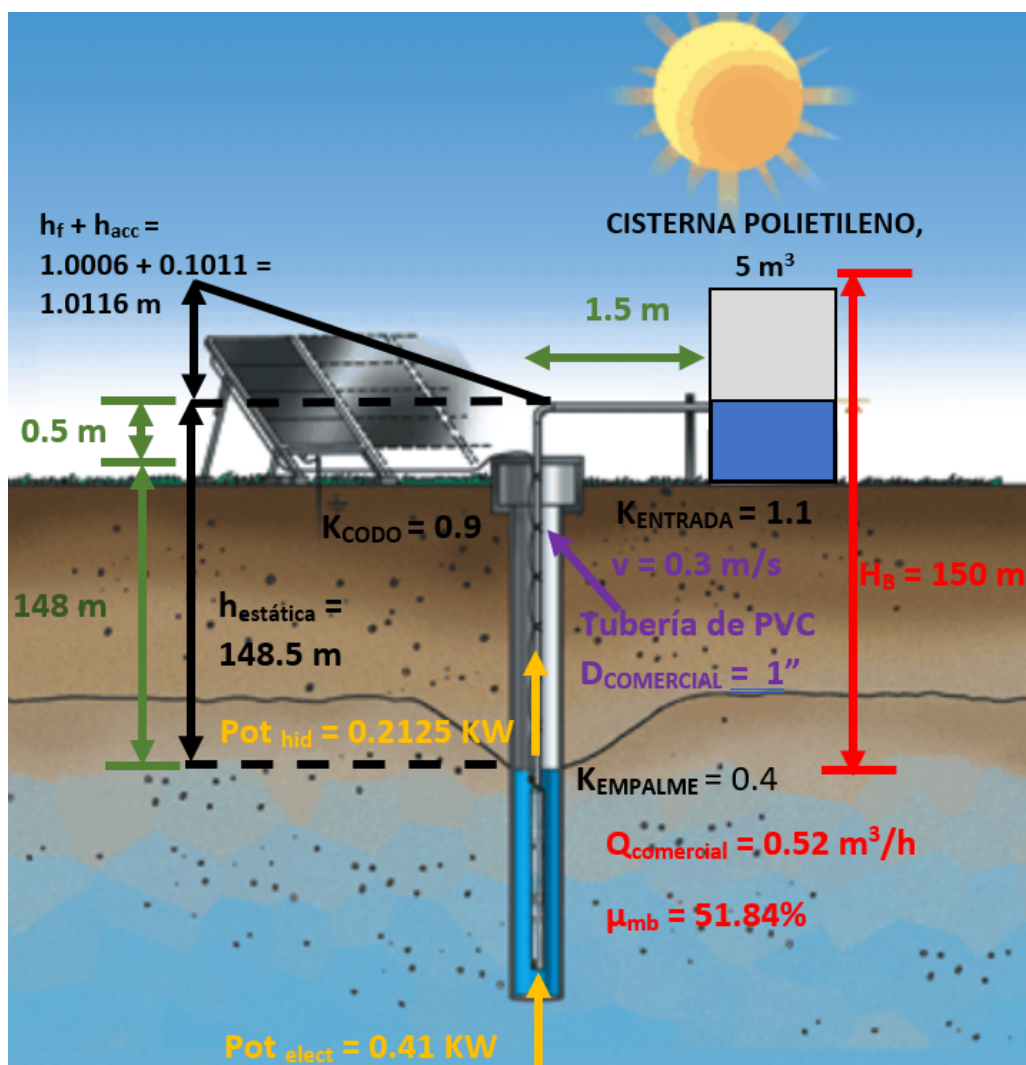
Cisterna prefabricada de plástico (polietileno)	
Ventajas	Desventajas
<p>I. Evita posibles filtraciones ya que el polietileno tiene excelente comportamiento mecánico, sin embargo, una cisterna de concreto puede sufrir grietas.</p> <p>II. En general las paredes interiores de las cisternas cuentan con tecnología antibacterial, que evita que el agua se contamine.</p> <p>III. Su instalación es muy práctica y sencilla, evitando tiempos de obra, no requiere de mano de obra muy especializada como en las cisternas de cemento. Se venden en el mercado totalmente equipadas para una instalación óptima.</p> <p>IV. Se obtiene seguridad de almacenamiento de agua, limpia y en buen estado por mucho tiempo, gracias a su material de fabricación que en general es polietileno de grado alimenticio y su tapa hermética.</p> <p>V. Reubicable al tener alta flexibilidad.</p> <p>VI. Venta de cisternas con garantía incluso de vida.</p> <p>VII. Se pueden interconectar para obtener más almacenamiento.</p>	<p>VIII. Costo directo elevado.</p> <p>IX. El acceso para la limpieza de la cisterna bombeo pudiera ser más difícil.</p>

Si bien hay una diferencia de 2.4 veces en costos directos de material, $C_{\text{concreto reforzado}} = \$6\ 400$ y $C_{\text{prefabricado}} = \$15\ 300$, es más rentable comprar una cisterna prefabricada por las ventajas que posee con respecto a una construida *in situ*.

Sintetizando esta recomendación:

m) Para el ahorro de agua en la limpieza del sistema fotovoltaico se plantea la siguiente estructura: Una tubería de PVC con diámetro de una pulgada, tanque prefabricado de $5\ \text{m}^3$, piezas especiales y el sistema de bombeo de la marca *Grundfos*, modelo *SQF 1.2-3*, con la finalidad de transportar un flujo volumétrico de $4.16\ \text{m}^3$ por jornada laboral, desde una sola fuente de abastecimiento, garantizando condiciones adecuadas de calidad y cantidad, empleándolo de manera trimestral. El costo de la energía consumida es $\$7.73$, por cada vez que se use el bombeo.

Imagen C. 83. Esquema del sistema de bombeo.



n) Debido a la extracción del agua subterránea por bombeo para la limpieza del equipo fotovoltaico y la reducción de infiltración y escurrimiento gracias a la cimentación, el rancho tendrá que manejar sustentable e integralmente los recursos hídricos de los que dispone. Esto es, conservación y reuso del agua, un bombeo controlado, aplicar las técnicas y medidas que optimicen su utilización, como modernizar redes para evitar fugas, instalación de equipamientos sanitarios de bajo consumo (grifos, duchas, cisternas), pasando por el desarrollo educativo y concientización de los empleados de la finca y los turistas, reutilización de aguas residuales.

El recurso hídrico deberá usarse de forma prudente y racional, acomodando los hábitos de consumo tanto cotidianos como productivos, aplicando los conceptos de ahorro, eficiencia y conservación. (Universidad Autónoma del Estado de México, 2008).

6. ANÁLISIS DE ESCENARIOS

En esta sección se hará un pronóstico para visualizar los posibles escenarios futuros de la zona de influencia y sistema ambiental del proyecto, considerando en primer término al escenario sin proyecto, seguido de otro escenario con proyecto y finalmente, uno que incluya al proyecto con sus medidas de mitigación. Con base en esto se llevará a cabo un análisis de las características de los impactos sobre los principales elementos ó componentes socioambientales relacionados con el proyecto que se está comparando. (SEMARNAT, Guía para la presentación de la manifestación de impacto ambiental del sector Vías Generales de Comunicación, 2014).

Tabla C. 48. Pronóstico para el escenario en cuanto al elemento suelo.

ELEMENTO	Sin Proyecto	Con proyecto y sin medidas de mitigación ambiental	Con proyecto y con medidas de mitigación ambiental
SUELO	<p>* El suelo del establo se mantendría intacto, sin embargo, los 5 319.9 m2 no poseen mucho valor estético ni ecológico, ya que por mucho tiempo ha estado bajo la actividad ganadera.</p> <p>* Con/Sin proyecto, el ecosistema de la localidad seguiría teniendo los mismos problemas, citados en el apartado de "Áreas naturales protegidas", a corto y mediano plazo.</p>	<p>* Impacto visual, alteración estética del terreno.</p> <p>* Posible caída de algún trabajador por un residuo sólido, mal colocado u olvidado.</p> <p>* Posibilidad de que una persona se resbale gracias a un derrame de vertido.</p> <p>* Tendencia a atraer fauna dañina ó portadora de alguna enfermedad.</p> <p>* Utilización del suelo como vertedero de desechos sólidos y líquidos en el establo.</p> <p>* Ligeros desequilibrios en los ciclos de nutrientes y acidificación del suelo.</p> <p>* Presencia en el suelo de un químico/ sustancia ajena ó que si está presente pero en una concentración más alta. No necesariamente causaría un daño.</p> <p>* Contaminación del terreno a causa de actividades involuntarias ó accidentales.</p> <p>* Contaminación por productos petroleros.</p> <p>* Polución puntual, es decir, fácil de identificar, rastrear y analizar. Causada por un evento específico dentro de un área particular.</p> <p>* La aplicación de estiércol sin tratar puede generar contaminación con metales pesados, generando cambios en el tamaño, composición y actividad microbiana.</p>	<p>* Regulaciones sobre la contaminación del suelo y limitación de la acumulación de agentes contaminantes.</p> <p>* Protección del predio, prevención de la contaminación y soluciones concretas.</p> <p>* Garantizar al 100% la integridad del elemento, personas y otros componentes ambientales, tanto para la propiedad como al poblado.</p> <p>* Practicidad para los trabajadores en el momento de ejecutar las actividades necesarias para la correcta ejecución de la obra.</p> <p>* Con estas medidas de mitigación, el suelo no mejoraría su calidad pero si la empeoraría si no se aplican.</p>

(FAO, 2019, P. 1-4, 53)

Tabla C. 49. Pronóstico para el escenario en cuanto al elemento agua.

ELEMENTO	Sin Proyecto	Con proyecto y sin medidas de mitigación ambiental	Con proyecto y con medidas de mitigación ambiental
AGUA	<p>* Si no hay proyecto, no existirían las bases de concreto y por lo tanto no se necesitarían 3.5 m3 de agua potable para el fraguado.</p>	<p>* Si no se usa apropiadamente el agua en el momento de hacer la mezcla, es decir una mala relación agua/cemento, habrá un agrietamiento al azar en el concreto, generando debilitamiento estructural, dejando el refuerzo expuesto al aire y a la humedad. Sin emplear aditivos, no se asegura que el concreto alcance al máximo sus propiedades.</p>	<p>* El uso de aditivos químicos y de agua potable, para las bases de concreto, mejorará su resistencia mecánica, durabilidad, trabajabilidad, soportando las condiciones del clima y la acción del suelo, compensando las propiedades pobres de los agregados, reduciendo el costo de agua y materiales.</p>
	<p>* Sin proyecto, no habría alteraciones en los escurrimientos locales, filtraciones, manantiales, microclima. Sin embargo se seguiría apostando por las energías tradicionales para la generación de energía eléctrica.</p>	<p>* Sin un plan de gestión hídrica, se gastaría mucha agua en una única tarea, es decir solo se emplearía en el aseo de las placas solares.</p>	<p>* Se podrán limpiar las celdas sin sobreexplotar el recurso hídrico, no contribuyendo a la pérdida del agua subterránea ni a los asentamientos diferenciales. Con esto, se optimizará su funcionamiento, y se cubrirá la demanda eléctrica de la finca. Siempre y cuando se maneje el sistema de bombeo fotovoltaico con responsabilidad, exista una cultura del agua, colocación de agregados gruesos al terreno.</p>

(Eduardo de J. Vidaud Quintana).

Tabla C. 50. Pronóstico para la calidad de vida.

ELEMENTO	Sin Proyecto	Con proyecto y sin medidas de mitigación ambiental	Con proyecto y con medidas de mitigación ambiental
CALIDAD DE VIDA	<p>*La localidad rural seguirá en situación de marginación, en corto y mediano plazo.</p> <p>* Se mantendría la situación de pobreza y carencia social (rezago educativo, acceso a servicios de salud, acceso a la seguridad social, calidad y espacios de la vivienda, servicios básicos en la vivienda y acceso a la alimentación).</p>	<p>* A pesar de transformar la energía solar en eléctrica, no se aprovecharían al máximo los recursos renovables para cumplir las demandas energéticas ni se cuidaría el ambiente al 100%, si no se complementa con un bombeo SF.</p> <p>* Se perdería la oportunidad de estudiar, fomentar y consolidar proyectos fotovoltaicos que no sean únicamente para proveer electricidad a una casa/edificio. Es decir, otras aplicaciones y en otras circunstancias.</p> <p>* Se desaprovecharía la oportunidad de poner a prueba un sistema de bombeo SFV, en condiciones reales y adversas.</p>	<p>* Ingresos garantizados para la propiedad, a partir del octavo año.</p> <p>* Economizar costos de electricidad y agua, a largo plazo, en el rancho.</p> <p>* Una mejor disponibilidad, acceso y mejor servicio de electricidad y agua en el rancho y en la locación, pensando a futuro.</p> <p>* Promover la incorporación y uso de energía alternativas/renovables a partir del bombeo solar fotovoltaico en el sector agropecuario.</p> <p>* A futuro, se podrán crear más sistemas de bombeo para cumplir más actividades dentro del rancho.</p> <p>* En 5 años, habrá más oportunidades laborales, creación y fortalecimiento de capacidades, más negocios, para la comunidad.</p> <p>* Incremento en el costo de vida debido al aumento en la demanda de bienes y servicios.</p>

(Bravo G. M., 2020, P.138-139).
(X-ELIO, P. 9 y 147)

CONCLUSIONES

En base a los objetivos específicos y general, de la primera sección, se procederá a las siguientes resoluciones:

Objetivos particulares

- Determinar las acciones del proyecto que puedan causar efectos ambientales, en las fases de construcción y equipamiento, tanto positivas como negativas, describiendo los elementos y procesos del mismo en términos medioambientales.**

De acuerdo al árbol de acciones debemos tener más cuidado en la fase de construcción, en especial con las acciones relacionadas a la Obra Civil, ya que en esta labor es en donde van existir mayor número de tareas, ejecutando con el mayor cuidado posible las acciones negativas que así lo permitan.

Imagen D. 1. Porcentaje de acciones en labores y en fases.

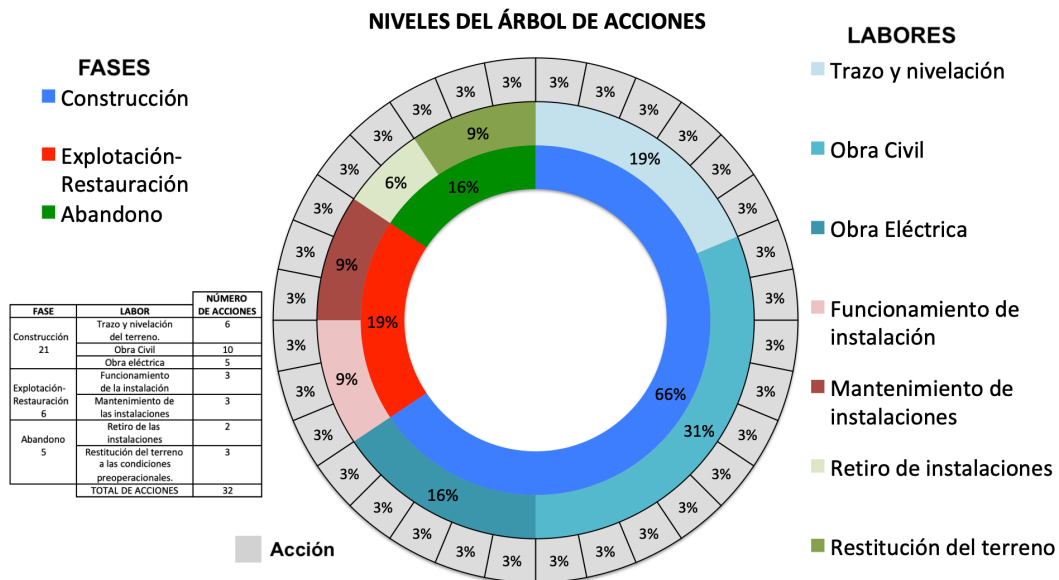


Tabla D. 1. Porcentajes de obra y porcentaje de acciones buenas/malas para el entorno natural

ACCIONES	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L	M	N	O	P	Q	R	S	T	U	V	W	X	Y	Z	AA	AB	AC	AD	AE	AF
LABORES	2	4	2	8	5	2	1	1	2	2	3	6	3	3	6	2	2	3	6	13	25	16	6	3	3	6	6	2	3	10		
	6%	13%	6%	25%	16%	6%	3%	3%	6%	6%	9%	16%	9%	9%	18%	6%	6%	9%	18%	38%	38%	16%	9%	9%	18%	18%	6%	16%	31%			
FASES	ACCIONES BUENAS EN CONSTRUCCIÓN: 9									ACCIONES MALAS EN CONSTRUCCIÓN: 12									3	3	5											
	28 %									38 %									9%	9%	16%											
	CONSTRUCCIÓN: 66%												EXPLORACIÓN-RESTAURACIÓN: 18%						ABANDONO: 16%													
TOTAL	ACCIONES BUENAS: 17															ACCIONES MALAS: 15																
	53 %															47 %																

SIMBOLOGÍA:
■ ACTO BENÉFICO ■ ACTO DAÑINO

La explicación en términos medioambientales se describe a lo largo del escrito.

2) Mencionar los materiales a utilizar, suelo a ocupar, y otros recursos naturales cuya eliminación o afectación se considere necesaria para la ejecución del proyecto.

Tabla D. 2. Recursos a requerir en la unidad generadora fotovoltaica, para proyecto sin medidas de mitigación.

ETAPA	RECURSO NATURAL Ó MATERIAL A NECESITAR	FUNCIÓN	DAÑOS, AFECTACIONES, ELIMINACIÓN
FABRICACIÓN	AGUA	* Refrigeración y procesos químicos de los componentes fotovoltaicos.	* Desperdicio del recurso hídrico.
	CUARZO	* Material base con el que se fabrican los cristales policristalinos.	* Enfermedades respiratorias al momento de extraerse en las minas. * Para transformarlo a polisilicio, se producen desechos líquidos que normalmente no se deshacen acertadamente.
	HIDROCARBUROS	* Para hacer funcionar los hornos de refinación.	* Emisión de gases de efecto invernadero (NOx, SO2, CO2). * Contribución al calentamiento global.
	CLORO	* Transformar el silicio de grado metalúrgico a polisilicio.	* Liberación SiCl4, mal vertido en el agua, acidifica el suelo y emite gases nocivos.
	ÁCIDO FLUORHÍDRICO	* Limpiar placas, remover daño del aserrado, texturizar la superficie para recolectar mejor la luz.	* Líquido altamente corrosivo que puede destruir el tejido y descalcificar los huesos, si no se toman las medidas de seguridad correspondientes.
	MATERIALES A GRANEL	* Aluminio: Marcos. * Vidrio: Encapsulante. * Acero: Estructura.	* Componentes comunes en la industria convencional.
TRANSPORTE	HIDROCARBUROS	* Gasolina: Hacer funcionar los vehículos que transportarán los materiales que se requerirán a lo largo del proyecto.	* Emisiones de gases de efecto invernadero liberadas en el escape de las grúas.
		* Aceites: Lubricar las partes mecánicas del motor para evitar su desgaste por fricción.	* Derrames de vertidos, ocasionando accidentes de trabajo, alteraciones al suelo y a los cuerpos de agua
PREPARACIÓN DEL SITIO	SUELO	* Emparejar el terreno con el mismo material del suelo. * Elaboración de las zanjas para poner cables y tuberías.	* Contribuir a la erosión. * Eliminar parte de la cubierta vegetal.
	CAL	* Trazo de ejes.	* Ninguna afectación.
INSTALACIÓN CILINDROS DE CONCRETO REFORZADO	AGUA	* Elemento parte del concreto de la cimentación. El agua en una mezcla cumple dos funciones: la hidratación del cemento y hace manejable la mezcla.	* Desperdicio, no se podrá reutilizar el recurso hídrico.
	ARENA,ROCA CALIZA,HIERRO,YESO	*Materia prima del cemento	* Impactos menores, si no se desechan debidamente los sobrantes, a corto tiempo. Explotación de bancos de material * Impactos importantes, si no se desechan debidamente los sobrantes, a largo plazo.
	AGREGADOS PÉTREOS	* Incrementan la resistencia del concreto	
	METAL	* Materia prima para el acero de refuerzo, el propósito del refuerzo es para que la cimentación trabaje a tensión.	
ESTRUCTURA	MADERA	* Ubicar y alinear las bases mediante estacas.	
	METAL	* Tornillería: mantener unida la estructura. * Montenes: Encargados de transmitir las cargas a la cimentación.	* Aflojados los tornillos, la estructura se puede caer ó colapsar, ya sea por acción sísmica, viento ó no aguantar su propio peso. * Riesgo a oxidarse por acción de la naturaleza.
	HIDROCARBUROS	* Acabado a la estructura: pintura. * Protección de la superficie ante la acción del clima.	* Mal aplicado provocaría alteraciones en los elementos (aire, tierra, agua) y ocasionar explosiones/incendios.
	SUELO	* Albergar ó alojar la instalación.	* Generación de basura, si no se desecha propiamente. * El terreno puede llegar a ser un vertedero.
FUNCIONAMIENTO	SOL	* Fuente principal de energía.	* Al impactar la radiación solar con las celdas fotovoltaicas, ésta regresa a la atmósfera, dañándola.
MANTENIMIENTO	VIENTO	* Enfriar los componentes eléctricos.	* Posibilidad de derribar la estructura metálica.
	AGUA	* Quitar la suciedad ó limpiar impurezas de las celdas solares.	* Desperdicio, imposibilidad de reutilizarse. * Contribuir a la reducción de los acuíferos.
ABANDONO	MATERIALES A GRANEL	* Aluminio: Marcos. * Vidrio: Encapsulante. * Acero: Estructura.	* Ninguna anomalía en su reciclaje.

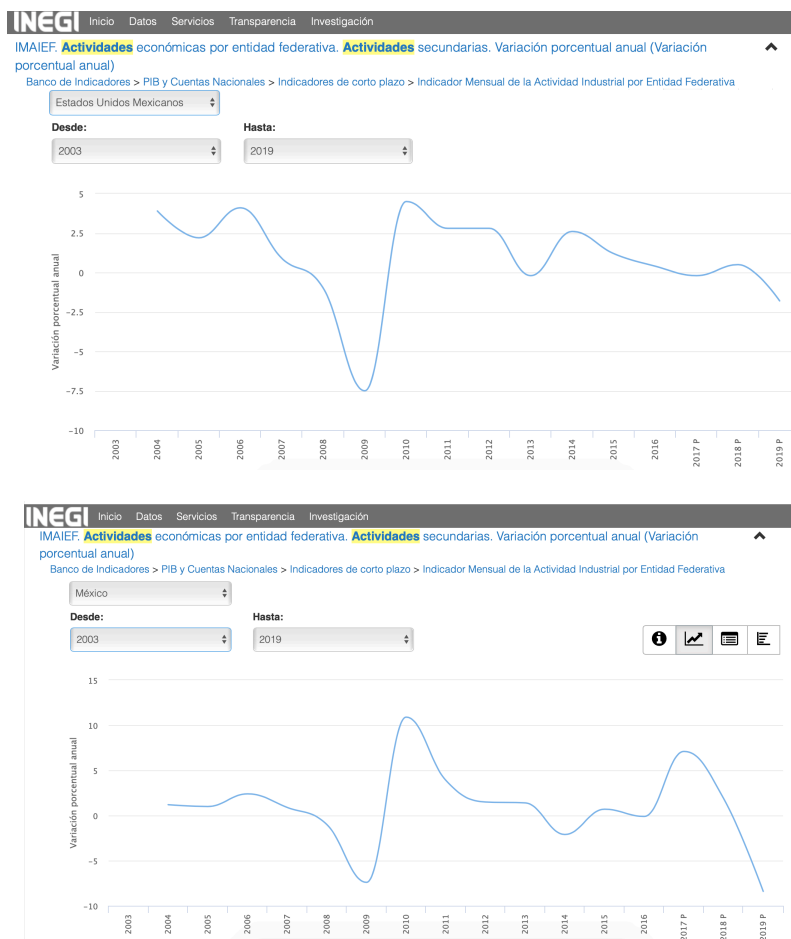
La polémica se encuentra en la parte de fabricación, en los otros procesos no hay mucha relevancia, todavía hay trabajo que hacer en el tema manufacturero.

3) Determinar el nivel de satisfacción de necesidades energéticas para una población específica, comprometiendo la calidad ambiental para una escala regional.

En 1938, para satisfacer las necesidades eléctricas que requería el sector industrial en la Ciudad de México y Toluca, y para desarrollar una región marginal y aislada como lo era Valle de Bravo, CFE creó el sistema hidroeléctrico “Miguel Alemán”. La presa Valle de Bravo forma parte de esta construcción, junto con otras 5 presas. Antes de esta construcción, los lugareños vivían del autoconsumo, pero el Estado decidió apropiarse de los recursos naturales, es decir, tierra, bosque y agua, para poder ejecutar el proyecto, y a cambio se darían nuevos terrenos ó arreglos económicos a los nativos. Sin embargo, la ayuda no apareció o les cedían tierras infértiles, lo que generó movimientos migratorios y con la llegada de trabajadores para la realización de las obras, se hizo un nuevo núcleo social. A esta nueva población, se debe considerar la gente que se quedó en el sitio, pero pasó a una situación de pobreza extrema, ya que no podían explotar lo que les proporcionara la naturaleza, debido a la protección de la misma ejercida por el gobierno.

En lugar de hacer progresar la zona, que era el propósito original, solo se benefició el mercado industrial y más adelante el mercado turístico (Esta nueva actividad económica se consolidó en 1980). Posteriormente, CFE ya no estaba usando el citado sistema, ya no trabajó con el recurso hídrico para la generación de electricidad, ahora lo emplea CONAGUA para atender la creciente demanda de agua de la CDMX y su zona conurbada, el cual fue puesto en marcha en 1982. Curiosamente, en la actualidad, a pesar de los esfuerzos del pasado para alcanzar esta modernización, en Edomex, no llega ni crece la industria por falta de electricidad, lo cual impide la construcción de nuevas fábricas y puntos de desarrollo. En el 2019, el Estado de México exhibió el desplome más pronunciado en su actividad fabril, con 9.3% anual, siendo el peor resultado desde el 2009.

Imagen D. 2. Actividad industrial en México y en EdoMex a través del tiempo. Podemos notar que a partir del 2010, han disminuido su producción fabril lentamente.



Si bien existe una cobertura eléctrica casi total, aún hay indicios considerables en el municipio, con una población mayoritariamente rural, sería deseable que el 1.7% de las viviendas accedieran al servicio a través de celdas solares, estas podrían ser proporcionadas por fundaciones de asistencia privada y programas sociales que el mismo Gobierno de la identidad mexiquense diseñe e implemente. Será necesario incrementar la eficiencia energética en los procesos industriales, comerciales, de servicios y el uso de maquinaria, electrodomésticos y dispositivos ahorradores de energía que le permitan al municipio disminuir su intensidad energética, además de continuar con la ampliación y modernización del sistema eléctrico del Estado.

4) Comparar los costos o beneficios de un proyecto con tecnología solar sobre los factores ambientales, sin perder de vista la sostenibilidad social.

Tabla D. 3. Catálogo de conceptos.

PRESUPUESTO PARA MITIGACIÓN DE IMPACTOS, PARA UN AÑO DE FUNCIONAMIENTO Y MANTENIMIENTO.							
IMPACTO	ELEMENTO	FACTOR	CONCEPTO	UNIDAD	CANTIDAD	PU (\$)	IMPORTE (\$)
Desechos domésticos y de construcción sólidos, debido al armado y colado de cimentación.	SUELO	CONTAMINACIÓN POR RESIDUOS	BOTES DE PLÁSTICO				
			20 L	pza	4	47.92	191.68
			50 L	pza	1	116.18	116.18
			120 L	pza	8	182.67	1461.36
		COSTO (\$)					1,769.22
Polución de vertidos y residuos a base de hidrocarburos en Obra Civil.	SUELO	CONTAMINACIÓN POR VERTIDOS	KIT PARA DERRAMES, MARCA "UNLINE": *10 láminas absorbentes de 15x19" *2 cordones absorbentes *par de guantes *1 bolsa de desechos	kit	5	1100	5500
			BOTE DE PLÁSTICO, 120 L	pza	3	182.67	548.01
			PALA "TRUPER" CUADRADA	pza	2	225	450
			ROLLO MEDIANO ABSORBENTE UNIVERSAL	caja	1	2,640	2,640
			BOLSA DE COMPOSTA "SUSTRATO", 30 L	bolsa	5	126	630
			COSTO (\$)				
		CONTAMINACIÓN POR RESIDUOS	EXTINTOR DE POLVO QUÍMICO SECO CON CAPACIDAD DE 6 KG	equipo	2	979	1,958
		COSTO (\$)					1,958
Uso de agua para el colado y curado de cimentación	AGUA	CANTIDAD DE AGUA DESPERDICIADA	BOLSA DE COMPOSTA "SUSTRATO", 30 L. APLICARLO UNA VEZ AL AÑO	bolsas/año	50	126	6,300
			BOLSA CON CALHIDRA, DE 25 KG.. APLICARLO UNA VEZ AL AÑO.	bolsas/año	60	25	1,500
			ADITIVO REDUCTOR DE AGUA, "GRALEX", 20 KG. LA BOLSA.	bolsa	2	311.45	622.9
			COSTO (\$)				
Desperdicio de agua en la limpieza de las celdas solares con el fin de alargar su vida útil y mejorando su productividad.	AGUA	CANTIDAD DE AGUA DESPERDICIADA	KIT LIMPIADOR DE PANELES SOLARES	kit	1	9,450	9,450
			COSTO (\$)				
Sistema de bombeo para aseo de las celdas solares.	CALIDAD DE VIDA	SALUD Y BIENESTAR	SISTEMA DE BOMBEO, 1 año de operación: *BOMBA *CISTERNA PREFABRICADA, "ROTOPLAS" *ENERGÍA PARA EL SISTEMA POR UN AÑO	equipo	1	45,983.47	45,983.47
				pieza	1	1,530	1,530
				suministro	1	30.912	30.912
			COSTO (\$)				
						IMPORTE TOTAL	78,912.51

*NOTA: LOS MATERIALES Y/O CONCEPTOS QUE SE CONSIDERAN POR UN SOLO AÑO SON: COMPOSTA Y CAL (IMPACTO 3) Y ENERGÍA. SE DEBERÁN DE INVERTIR ANUALMENTE, POR 25 AÑOS

Lo más barato es comprar los contenedores de plástico y la medida más cara es la limpieza de los paneles debido al costo de la bomba.

5) Definir y evaluar los factores ambientales de los diversos elementos ambientales para una instalación solar.

Tabla D. 4. Análisis de los elementos ambientales.

COMPONENTE AMBIENTAL	SIN PROYECTO	CON PROYECTO Y SIN MEDIDAS DE MITIGACIÓN AMBIENTAL	CON PROYECTO Y CON MEDIDAS DE MITIGACIÓN AMBIENTAL
Clima	* No habría una política municipal sólida en materia de cambio climático. No se empezarían a tomar acciones para enfrentar este fenómeno en congruencia con el Plan de Desarrollo Estatal.	* Aprovechar la radiación solar de la zona para la producción de energía solar (5.88 kW h / m ²) * Mitigar los gases de efecto invernadero que son la principal causa del cambio climático, con el fin de reducir la vulnerabilidad de la población y los ecosistemas. * La temperatura máxima promedio del poblado es de 21.3 °C, por lo tanto, esto no afecta el rendimiento de las placas solares. Para que exista un funcionamiento máximo, el entorno debe estar a 25° C. * Si no se ejecuta un plan de vigilancia ambiental del agua, es decir, desperdicio de agua para la limpieza del equipo fotovoltaico, se alteraría el microclima hidrológico, alterando el microclima ó clima local. (Con proyecto y sin medidas) * El desmonte produciría daños a la poca actividad vegetal del establo, debido a la fuerte irradiación solar en Abril-Junio (C/P, S/M).	
Geomorfología	* Más espacio para las actividades ganaderas.	* Ocupación excesiva de espacio por la planta generadora de energía fotovoltaica.	
Suelo	* No habría cambio de uso de suelo. * Suelo libre de instalaciones. * Con o sin proyecto, adentro del corral, no crecería especies de flora que se encuentren bajo algún estatus dentro de la NOM-059-SEMARNAT-2010.	* Erosión hídrica y eólica * Generación de residuos y vertidos en el piso.	* Rociado o riego con agua por las áreas donde se de mayor circulación de vehículos y personas, para disminuir las partículas del suelo suspendidas en el aire. * Para evitar la contaminación del suelo por derrames accidentales, se realizarán actividades de mantenimiento y reparaciones de los vehículos, de preferencia afuera del área de trabajo. * Clasificación de residuos sólidos, depositarlos en contenedores de plástico.
Agua	* Se mantendrían ilesos los escurrimientos, la conductividad hidráulica, el nivel freático y las propiedades fisicoquímicas del agua subterránea. * No se tendría que recurrir al recurso hidráulico para llevar a cabo la instalación ni mantenimiento del proyecto fotovoltaico.	* El suelo desprovisto de la baja calidad de su vegetación, ocasionará un aumento en la velocidad de los escurrimientos al presentarse una lluvia, la cual acarreará partículas sueltas presentes hacia tres corrientes naturales, variando su turbidez en una mínima cantidad para dichas corrientes.	* Construcción de obras de drenaje: canales ó canaletas para no alterar los patrones de escurrimiento naturales. * Limitar las actividades de remoción de vegetación para que el líquido sea absorbido por la tierra y no secar las fuentes de agua subterránea.
Aire	* Seguirá habiendo erosión eólica debido a una vegetación de segunda-tercera calidad del corral. * Garantizar la calidad del aire y la salud respiratoria de los seres vivos que habitan en la localidad, debido a la falta de industria en la zona.	* Con los moderados vientos de Marzo y Abril (2.4 m/s), se observarán polvos cuando se llegue a los conceptos de obra fotovoltaica y obra eléctrica. * Se originará polvo por el movimiento de vehículos, depositándose en las celdas fotovoltaicas e inversores. * Bajar la pulcritud puntual del aire, gracias a las emisiones provenientes del escape de los vehículos.	* Detener las actividades en los momentos de mayor velocidad del viento ó ráfagas que incrementen la pérdida de partículas del suelo. * Todo vehículo y maquinaria será sometido a programas de mantenimiento preventivo y de control de emisiones, revisión y limpieza de los caminos de acceso y áreas de maniobra. * Prohibirle el paso a personas ajenas a la obra, en especial a grupos vulnerables (niños, tercera edad, embarazadas y/o con antecedentes respiratorios). Mantener lo más alejado al ganado de la obra.
Ruido	* Los niveles sonoros se mantendrían entre 65 a 75 db, debido a que la carretera Toluca-Valle de Bravo pasa a un lado de la localidad.	* Aumento de la cantidad de ruido ambiental por la maquinaria y herramientas de construcción, sobretodo en las labores de Obra Civil y Retiro de Instalaciones, de manera necesaria, pudiendo alcanzar hasta los 95 dB. * Alteración en el comportamiento de los corceles sino se mantienen a una distancia adecuada de la fuente(s) generadora(s) de estruendo.	* Para minimizar estas emisiones, se empleará maquinaria y vehículos en condiciones óptimas de operación, a baja velocidad. * Dar a los trabajadores protectores auditivos y estar expuestos al ruido el menor tiempo posible, en caso de ser necesario. * Establecimiento y respeto de un horario de trabajo, de 8:00-18:00, a excepción de los colados, iniciando a las 7:00, para no molestar a las personas en sus actividades diarias ni al ganado.
Vegetación	* Permanencia de mala hierba en el corral, distribuida en forma irregular por falta de mantenimiento, y pastoreo.	* En las labores de trazo y nivelación del terreno, se realizará, a la par, la remoción del suelo vegetal donde se eliminen todas las plantas que estorben. Sin embargo, la vegetación del establo carece de importancia en términos de estructura, composición y diversidad.	* Una vez que se concluyan las obras, en cada estación del año, empezará a crecer vegetación de temporada, ésta se puede quitar con trabajos de jardinería. De preferencia, no quemar maleza o pasto, ni usar herbicidas o productos químicos. Solo podar.
Fauna	* Probabilidad de que existan nidos de insectos y madrigueras de roedores en el predio. * Probabilidad de que un animal silvestre invada el predio.	* Riesgo de que una grúa atropelle a un roedor: ardilla, tlacuache, tuza. * Riesgo de que algún trabajador sufra la mordedura de algún reptil: vibora de cascabel, culebra de agua. * Heces de pájaro en el suelo y en la instalación fotovoltaica.	* Quitar y colocar una nueva cerca de madera, encima una malla de acero electrosoldada, con un diámetro de abertura de 4 mm, con el fin de reforzar la seguridad tanto de animales, ganado y personas. * Mantener limpio el área de trabajo constantemente. Asear, dar mantenimiento y no descuidar ni un solo momento el terreno (Incluso en la etapa de operación de la planta). * Manejar las grúas con precaución y cautela para evitar arrollar a animales pequeños. * Comprar botiquín de primeros auxilios y tener a la mano los números de emergencia, en caso de mordedura.
Sector primario Sector terciario	* No habría oportunidad de expandir y mejorar el negocio, ni mucho menos aumentar los ingresos, si se siguen cubriendo los mismos costos de energía eléctrica.	Con el dinero ahorrado en energía eléctrica, después de 8 años, se puede pensar en las siguientes alternativas: * Diversificar el giro, no solamente criar potros deportivos, sino para exhibición ó eoturismo. Hay criaderos que se dedican al cuidado de caballos machos para reproducción ó hembras para ser madres, a través de cuatro líneas: venta de animales, monta directa, inseminación artificial ó transferencia de embriones. * Comprar terrenos aledaños, para incrementar el área del inmueble. Esto con el fin de que los caballos puedan moverse y correr mejor. También para sembrar sus propios alimentos. * Construir pesebreras acondicionadas y amplias. * Contratar más personal calificado: veterinarios, cuidadores, montadores para competencias, herreros. * Exportar a otros Estados de la República. * Mejorar los servicios de agua y luz. * Comprar utensilios y herramientas para sus cuidados. * Publicidad.	
Calidad de vida	* Las condiciones socioeconómicas no mejorarán para los lugareños. Seguirían en las mismas condiciones de marginación. No habría progreso en servicios, transporte, telecomunicaciones...	Únicamente con las instalaciones fotovoltaicas básicas, sin complementar con otros cuidados ecológicos, solo se beneficiaría un pequeño ente sin beneficios de mucha trascendencia. No se está buscando la máxima eficiencia energética, ni optimizando recursos.	Si se pone en marcha el sistema de extracción de agua, los beneficios serían los siguientes, tanto del rancho y la comunidad, y en un futuro el municipio y el Estado de México: * Rancho: Mayores ingresos al reducir gastos eléctricos. * Comunidad: Mejor cobertura eléctrica e incentivar su desarrollo. * Municipio: Cumplir los intentos de ordenamiento a favor del servicio de electrificación/alumbrado público y ecología. (Apartado 3.2.1.1.4 y 3.2.1.1.10 del PDMVB) * Estado de México: Dar un paso adelante en el cumplimiento del tercer pilar, primera vertiente del Plan de Desarrollo del Estado de México "Transición a energías limpias y no contaminantes".

Como toda actividad humana, siempre habrá repercusiones en los indicadores del medio. Sin embargo, incluso siendo rigurosos ante una microárea de estudio, esta orden

de trabajo es una obra con impacto ambiental bajo por las minúsculas afectaciones que tendrá el sistema biofísico. Quizás, los componentes ambientales más “golpeados” en un escenario pesimista serían el suelo y el agua. El proceso constructivo de este proyecto es un ejemplo para materializarlo en otras localidades rurales del municipio, ya que favorece la producción de energía eléctrica a partir de fuentes renovables y también toma en consideración el sistema socio-económico-cultural, siempre y cuando se actúe con profesionalismo.

6) Identificar aquellos impactos ambientales que puedan ser prevenidos, mitigarlos o compensarlos para la protección y conservación del medio ambiente.

Después de tener la matriz de Leopold, plantear el cribado, y establecer los impactos ambientales más polémicos con su evaluación, se procede a describir las precauciones necesarias.

Tabla D. 5. Clasificación de medidas.

IMPACTO	MEDIDAS PREVENTIVAS	MEDIDAS DE MITIGACIÓN	MEDIDAS DE COMPENSACIÓN
Desechos domésticos y de construcción sólidos, debido al armado y colado de cimentación. (suelo).	<p>Contar con botes de plástico para almacenar la basura con tapa, separándola.</p> <p>Tener cestos de basura con capacidad de: 20 L: Madera, metal, vidrio, cemento. 50 L: otros 120 L: Orgánico, plástico, papel/cartón, concreto, arena, grava, acero, sonotubo.</p>	Contratar un servicio de recolección de basura, respetando los convenios acordados, tanto el beneficiario como el proveedor del servicio.	
Polución de vertidos y residuos a base de hidrocarburos en Obra Civil. (suelo).	<p>Para los vertidos ocasionados por los vehículos automotores, se debe dar el seguimiento, vigilancia y atención a la infraestructura automovilística. Contar con conductores con el conocimiento, experiencia y destreza en su área.</p> <p>Comprar extintores.</p> <p>La pintura deberá mantenerse apartada de las altas temperaturas.</p> <p>Barreras de contención para depósitos mayores a 208 L, y geomembranas, si es el caso.</p>	Manchas de hidrocarburos: cercar el área afectada con arena/aserrín, aplicar un utensilio absorbente, quitar el suelo alterado y agregar composta.	
Uso de agua para el colado y curado de cimentación (Elemento afectado: agua) (Factor: Cantidad de agua desperdiciada)	Implementación de aditivos para modificar las propiedades del concreto.		Mejoramiento del terreno con cal, utilizando algún suelo grueso o composta, evitando el agrietamiento o fisuras por los asentamientos.
Desperdicio de agua en la limpieza de las celdas solares con el fin de alargar su vida útil y mejorando su productividad. (Elemento afectado: agua) (Factor: Cantidad de agua desperdiciada)		<p>Realizar actividades de tratamiento de agua, ejecutando un tren de tratamiento primario, como mínimo.</p> <p>Revisar los límites permisibles del agua: "Límites permisibles de características microbiológicas" y "Límites permisibles de características físicas y organolépticas", para su debida calidad.</p>	
Sistema de bombeo para aseo de las celdas solares. (Elemento: Calidad de vida) (Factor: Salud y bienestar)	Tener una cultura de ahorro del agua y toma de conciencia del agua en el Rancho.		Emplear un sistema de conducción por bombeo, de la marca Grundfos, modelo SQF 1.2-3.
TOTAL DE MEDIDAS	8	4	2
TOTAL DE MEDIDAS [%]	57	29	14

La mayoría de las disposiciones son de carácter preventivo.

7) Resumir los tipos, cantidades y composición de los residuos, vertidos, emisiones o cualquier otro elemento derivado de la actuación, tanto sean de tipo temporal durante la realización de la obra, o permanentes cuando ya esté realizada y en operación.

Tabla D. 6. Desechos generados en cada una de las labores.

LABOR	ACCIÓN	DESECHO/BASURA	CANTIDAD	ESTADO	CLASIFICACIÓN	RECICLABLE Ó NO RECICLABLE	DISPOSICIÓN FINAL	
Trazo y nivelación del terreno	Limpeza del terreno	Heces de caballo	1-10 kg	Semisólido orgánico	No peligroso	Reciclable	Composta para un uso posterior en áreas verdes	
	Desmote y despalme	Materia vegetal	5 m3	Sólido orgánico		No reciclable	Bote de basura	
	Retirada de tierra	Tierra y piedras	1 m3	Sólido inorgánico		Reciclable	Leña, aserrín	
	Trazo del terreno	Hilo reventón	Desconocida la cantidad	Sólido inorgánico		No reciclable	Reciclable	
Obra Civil	Fabricación y colado de cimentación para las celdas	Estacas de madera	0.2 m3	Sólido orgánico	Residuos de manejo especial	Es difícil su reciclaje	Infreciclaje: recuperación de materiales con un uso más limitado.	
		Sobranante de Concreto	0.2933 m3	Sólidos inorgánicos				
		Sobranante de Cemento	108.5 kg					
		Sobranante de Arena	0.4994 m3					
		Sobranante de Grava	0.6055 m3					
		Sobranante de Acero	67.359 kg					
		Tiras de sonotubo para cimbra	21.104 kg					
	Estructura metálica	Vertido de desmoldante		6 L	Líquido inorgánico	Inflamable	No reciclable	En el suelo
		Tornillería		5 g	Sólido inorgánico	Peligroso	No reciclable	En el suelo, abandonados
		Vertido de Pintura accidental: "Primer" Esmalte		37.8 mL	COV: Compuesto Orgánico Volatil (xileno, tolueno, fenoles, formaldehídos)	Inflamable	No reciclable	Con medidas: Se limpian Sin medidas: Subsuelo y acuífero
		Emisiones de pintura		0.01 mg/m3		Toxicidad ligera	No reciclable	Atmósfera
	Excavaciones para canalizaciones de CD y CA	Materiales absorbentes impregnados con aceites, pinturas, combustibles		5 kg	90% Sólido 10% Líquido	Residuos de manejo especial	No reciclable	Contenedor de basura
		Tierra y piedras		7 m3	Sólido inorgánico	No peligroso	Reciclable	Rellenar espacios
	Suministro de registros por medio de grúas	Ruido		máximo 95 dB por 4 horas	Sonido que causa molestia auditiva	Molesto	No reciclable	Atmósfera y sistema auditivo
Polvo			0.025 mm	Partículas de tierra que se levantan con el aire	Molesto: retención en nariz y garganta	No reciclable	Atmósfera y sistema respiratorio	
Emisiones provenientes del escape: CO + CO2 Hidrocarburos			Límite permisible máximo: 13-16.5 % vol. Límite permisible máximo: 100 hppm	Gases de efecto invernadero	Si se llegan a esos niveles, los gases pueden ser tóxicos para grupos vulnerables.	No reciclable	Atmósfera y sistema respiratorio	
Obra eléctrica	Instalación de módulos solares, inversores, cableado, tablero de protección y transformador.	Cajas de cartón para módulos	27.6 m3	Sólido inorgánico	No peligroso	Reciclable	Infreciclaje	
		empleado (plástico)	600 g					
		Restos de cable	2 kg					
		Pedazos de cinta de aislar	30 cm	Sólido inorgánico	No peligroso	No Reciclable	En el suelo abandonado, ó en un contenedor de basura.	
embalaje de cinta de aislar	1 pza							
Funcionamiento	En estas dos labores solo se llevarán a cabo actividades como limpieza de los módulos fotovoltaicos, inspección visual y ajuste de las conexiones eléctricas, etc.							
Mantenimiento								
Retiro de instalaciones	En esta labor del proyecto se llevarán a cabo las actividades de desmantelamiento y retiro de la infraestructura, limpieza del sitio, entre otros. Motivo por el que será el periodo de tiempo en el que se genere la mayor cantidad de residuos. Estaremos quitando 12.7872 toneladas de paneles solares.							
Restitución del terreno	En esta labor es imposible deducir la cuantificación de desechos, ya que estos trabajos se llevarán a cabo dentro de 25 años y se actuará dependiendo de las necesidades del cliente y del entorno ambiental y social.							
Fase de construcción: Mínimo habrá 8 personas en el sitio de proyecto, y máximo 14 trabajadores.	Consumo mínimo: L/día	Consumo máximo: L/día		Aguas residuales negras	No peligroso	Difícil su reutilización	No hay red pública de drenaje	
	Agua para lavarse las manos: 4 L/día/persona	32 L / día	56 L / día					
	Consumo de agua para un nuevo retrete: 6 L/día/persona	48 L / día	84 L / día					

Hay que tener mayor cuidado en la generación, manejo y disposición de desechos sólidos, líquidos y emisiones, en la labor de Obra Civil, ya que es en donde existen más acciones, mayor volumetría y variedad de basura. También hay que tener prioridad cuando saquemos los módulos fotovoltaicos de sus empaques de cartón. Los desechos predominantes son sólidos inorgánicos no reciclables. Todo esto, sin contar la hora de comida del personal.

Objetivo específico

Realizar la evaluación costo/beneficio y ambiental de todos los proyectos fotovoltaicos en las etapas de construcción y equipamiento, a “grosso modo”.

El sitio de proyecto tiene potencial para la producción de energía eléctrica, está libre de sombras y cuenta con una perfecta orientación hacia el sur. En las etapas de construcción y equipamiento no hay riesgos, es decir, no hay afectaciones en el recurso suelo, agua, vegetación, fauna, etc., y deja cuestiones benéficas sociales. Además, esta orden de trabajo no produce emisiones a la atmósfera que contribuyen al efecto invernadero por la quema de combustibles, no produce ruido y es una solución para reducir costos de energía con CFE pensando en futuro.

En general, en el ciclo de vida de las plantas solares, no hay daños en las fases de construcción y uso, pero existe polémica en las fases de elaboración del producto y fin de vida. En efecto, son uno de los mejores métodos actuales de generación de energía eléctrica, complementado con otras alternativas renovables, pero para ello, se necesita hacer una serie de mejoras, las cuales son el uso de materiales peligrosos y las emisiones de calentamiento global en la parte manufacturera. No se cuestionan los beneficios de las plantas fotovoltaicas, sin embargo, se requieren clientes con gran capacidad de endeudamiento. Además los tiempos de retorno de la inversión son considerables.

Los proyectos fotovoltaicos son solo recomendables cuando se consumen cantidades “monstruosas” de electricidad y para entes económicos con poder de endeudamiento.

En instalaciones fotovoltaicas si hay aplicaciones relacionadas a la Ingeniería Civil, por lo tanto, dicha carrera debe enfocarse más en este rubro, para formar más profesionales que puedan satisfacer la demanda energética.

BIBLIOGRAFÍA

Bibliografía para marco teórico y marco metodológico

- ambiental, C. p. (Octubre de 2011). *Emisiones atmosféricas de las centrales eléctricas en América del Norte*. From <http://biblioteca.semarnat.gob.mx/janium/Documentos/Ciga/Libros2011/CD001603.pdf>
- AUTREN. (2010). *Identificación y selección de oportunidades de negocios con energía fotovoltaica en México*. Retrieved 15 de Mayo de 2018 from https://www.gob.mx/cms/uploads/attachment/file/58849/INSUMOS_DE_ENERG_A_RENOVABLE_FOTOVOLTAICA_Y_SU_PROYECCION_AL_2020_SEC.pdf
- Boletín UNAM. (26 de Abril de 2013). *EL USO DE CELDAS SOLARES PUEDE GENERAR UN CAMBIO HACIA LA INNOVACIÓN SOCIAL*. Retrieved 28 de Marzo de 2018 from http://www.dgcs.unam.mx/boletin/bdboletin/2013_260.html
- Brainly. (14 de Junio de 2016). *Uso beneficios y desventajas de la energía geotermica y de biomasa*. Retrieved 1 de Octubre de 2018 from <https://brainly.lat/tarea/3268939>
- Cámara de diputados. (1 de Septiembre de 2017). *Sexto informe de gobierno 2017-2018*. Retrieved 7 de Abril de 2018 from <http://gaceta.diputados.gob.mx/Gaceta/64/2018/sep/Energia-20180904.pdf>
- Calentadores Calorex . (22 de Noviembre de 2018). *TODO SOBRE LOS PANELES SOLARES*. Retrieved 22 de Diciembre de 2018 from <https://panelessolaresfotovoltaicos.org/paneles-solares-para-casas/tamano-del-panel-solar-para-colocar-en-el-techo/>
- CEMAER. (n.d.). *Energía Solar en México*. Retrieved 28 de Marzo de 2018 from <http://www.cemaer.org/energia-solar-en-mexico/>
- LEY DE TRANSICIÓN ENERGÉTICA. (24 de Diciembre de 2015). Retrieved 15 de Diciembre de 2018 from <http://www.diputados.gob.mx/LeyesBiblio/pdf/LTE.pdf>
- Ciencia UNAM. (9 de Octubre de 2014). *Energía Solar*. Retrieved 5 de Abril de 2020 from http://ciencia.unam.mx/leer/395/Energia_solar
- Conacyt. (12 de Abril de 2016). *Cálculo la energía que consume México segundo a segundo*. Retrieved 22 de Diciembre de 2018 from <http://www.conacytprensa.mx/index.php/tecnologia/energia/6597-cenace-energia-potencia-electrica>
- Cooperación Alemana al Desarrollo - GIZ. (Marzo de 2013). *INSTALACIÓN DE SISTEMAS FOTOVOLTAICOS*. Retrieved 21 de Diciembre de 2018 from https://energypedia.info/images/0/0b/Gu%C3%ADa_de_instalaci%C3%B3n_de_SFD_-_2013.pdf
- Cunningham, R. E. (Agosto de 2003). *La energía, historia de sus fuentes y transformación*. Retrieved 2018 de Diciembre de 2018 from <http://www.cie.unam.mx/~rbb/ERyS2013-1/Historia-Energia.pdf>

- Daphnia: boletín informativo sobre la prevención de la contaminación y la producción limpia. (2006). *La alternativa de las energías renovables*. Retrieved 2018 de Diciembre de 2018 from <http://istas.net/descargas/daphnia39.pdf>
- Daphnia: boletín informativo sobre la prevención de la contaminación y la producción limpia . (2006). *Debates energéticos*. Retrieved 12 de Diciembre de 2018 from <http://istas.net/descargas/daphnia39.pdf>
- Daphnia: boletín informativo sobre la prevención de la contaminación y la producción limpia. (2006). *¿Qué modelo energético queremos?* Retrieved 13 de Diciembre de 2018 from <http://istas.net/descargas/daphnia39.pdf>
- Dinero en imagen. (22 de Enero de 2018). *Estados y municipios no pagan "la luz"*. Retrieved 6 de Abril de 2018 from <https://www.dineroenimagen.com/2018-01-22/95168>
- El Diario de Chihuahua. (3 de Diciembre de 2018). *Chihuahua primer lugar en parques solares y segundo en generación de energía solar*. Retrieved 28 de Diciembre de 2018 from https://diario.mx/Estado/2018-12-03_01104570/chihuahua-primer-lugar-en-parques-solares-y-segundo-en-generacion-de-energia-solar/
- ECOHEAT. (n.d.). *¿Cómo funciona el sistema fotovoltaico?* Retrieved 21 de Diciembre de 2018 from <https://ecoheat.com.mx/paneles-solares-en-guadalajara/>
- Enlight. (26 de Junio de 2017). *PANELES SOLARES Y SUS BENEFICIOS AMBIENTALES A LA CABEZA EN MÉXICO*. Retrieved 24 de Diciembre de 2018 from <https://www.enlight.mx/blog/paneles-solares-y-sus-beneficios-ambientales-2/>
- Energía y sociedad. (2002). *Insostenibilidad del sistema energético y vías de solución*. Retrieved 12 de Diciembre de 2018 from <http://www.energiaysociedad.es/manenergia/1-6-insostenibilidad-del-sistema-energetico-y-vias-de-solucion/>
- Escuela Tecnológica Ing. Carlos E. Giudici, Lomas de Zamora, Buenos Aires. (n.d.). (S. M. Profesor Guía: MARTINEZ, Editor) Retrieved 13 de Diciembre de 2018 from [La crisis energética: http://www2.ib.edu.ar/becaib/bib2006/trabajos/grabiell.pdf](http://www2.ib.edu.ar/becaib/bib2006/trabajos/grabiell.pdf)
- Expansión. (15 de Mayo de 2018). *Así es el mayor parque solar de América*. Retrieved 28 de Diciembre de 2018 from <https://expansion.mx/empresas/2018/05/15/asi-es-el-mayor-parque-solar-de-america>
- expok: comunicación de sustentabilidad. (23 de Marzo de 2018). *El uso de la energía solar en México cada vez es mayor*. Retrieved 7 de Abril de 2018 from <https://www.expoknews.com/el-uso-de-la-energia-solar-en-mexico-cada-vez-es-mayor/>
- Forbes. (16 de Agosto de 2017). *Energía solar fotovoltaica*. Retrieved 28 de Marzo de 2018 from <https://www.forbes.com.mx/energia-solar-fotovoltaica/>
- Forbes. (11 de Septiembre de 2014). *Energía, ¿la próxima crisis en la Ciudad de México?* Retrieved 28 de Marzo de 2018 from <https://www.forbes.com.mx/energia-la-proxima-crisis-en-la-ciudad-de-mexico/>
- Forbes. (1 de Septiembre de 2014). *Nuevo panorama de la industria eléctrica nacional*. Retrieved 6 de Abril de 2018 from <https://www.forbes.com.mx/nuevo-panorama-de-la-industria-electrica-nacional/>

- Fundación Universitaria Agraria de Colombia. (2014). *ESTUDIO COMPARATIVO ENTRE LAS DIFERENTES FUENTES DE ENERGÍA ELÉCTRICA EN COLOMBIA Y LA GENERACIÓN DE ELECTRICIDAD A PARTIR DE BIOMASA*. Retrieved 1 de Octubre de 2018 from <https://arxiv.org/pdf/1706.08441.pdf>
- Gaceta Digital UNAM. (28 de Agosto de 2017). *Celdas fotosolares, futuro promisorio*. Retrieved 28 de Marzo de 2018 from <http://www.gaceta.unam.mx/20170828/celdas-solares-futuro-promisorio/>
- Garmendia, A., Salvador, A., Crespo, C., & Garmendia, L. (2005). *Evaluación de Impacto Ambiental*. Madrid: Pearson Educación, S.A.
- Gestión-calidad. (4 de Septiembre de 2016). *Biomasa*. Retrieved 1 de Octubre de 2018 from <http://gestion-calidad.com/biomasa>
- gstriatum: conectados con la energía renovable. (21 de Julio de 2014). *Diferencias Entre Energía Renovable, Energía Alternativa Y Energía Limpia*. Retrieved 15 de Diciembre de 2018 from <http://www.gstriatum.com/energiasolar/blog/2014/07/21/diferencias-entre-energia-renovable-energia-alternativa-y-energia-limpia/>
- IFC. (Octubre de 2012). *Estudio de Mercado del Financiamiento de Energías Sostenibles en México*. Retrieved 15 de Mayo de 2018 from <https://www.ifc.org/wps/wcm/connect/d75f9c004cf49a3bafaceff81ee631cc/October+2012-Market+Study+of+SEF+in+Mexico-ES.pdf?MOD=AJPERES>
- Instituto Español de Comercio Exterior (ICEX). (Julio de 2010). *El mercado de la energía solar en México*. Retrieved 7 de Abril de 2018
- Instituto Tecnológico de Canarias. (2008). *Energías renovables y eficiencia energética*. Retrieved 16 de Septiembre de 2018 from <https://www.cienciacanaria.es/files/Libro-de-energias-renovables-y-eficiencia-energetica.pdf>
- ITER. (n.d.). *Energía solar fotovoltaica*. Retrieved 28 de Marzo de 2018 from http://www.agenergia.org/wp-content/uploads/2018/05/1234267189_ENERGIA_SOLAR_FOTOVOLTAICA_ITER.pdf
- La ruta de la energía. (n.d.). *Fuentes de energía, ventajas y desventajas*. Retrieved 2018 de Septiembre de 2018 from <http://www.larutadelaenergia.org>
- Martínez Jurado, Ó. E. (18 de Marzo de 2018). Evaluación de Proyectos.
- Milán, P. M. (22 de Noviembre de 2001). *Termoeléctricas*. From <http://ambiental.uaslp.mx/docs/PMM-AP011122-Termoelectricas.pdf>
- Mundo HVAC&R. (2018). *La energía térmica, un tema rezagado en México*. Retrieved 26 de Diciembre de 2018 from <https://www.mundohvacr.com.mx/2016/08/la-energia-termica-tema-rezagado-mexico/>
- *¿Cuál es la mejor energía renovable?* (13 de Marzo de 2018). Retrieved 18 de Diciembre de 2018 from Energía Verde: <https://www.energyavm.es/cual-es-la-mejor-energia-renovable/>

- Promonegocios. (Agosto de 2017). *Tipos de mercado*. Retrieved 15 de Mayo de 2018 from <https://www.promonegocios.net/mercado/tipos-de-mercado.html>
- *Reacción química y la Energía Eléctrica en México*. (12 de Marzo de 2015). From <http://reaccionquimic.blogspot.com/2015/03/diagrama-de-flujo.html>
- Renewable, 1. F. (5 de Junio de 2008). *Energía solar térmica y sus aplicaciones*. Retrieved 5 de Marzo de 2020 from <http://xml.ier.unam.mx/xml/se/rbc/ogv/energiasolartermicaOctavio.pdf>
- Repositorio ESPE. (15 de Mayo de 2018). *Estudio de mercado*. From <https://repositorio.espe.edu.ec/bitstream/21000/1630/1/T-ESPE-019355.pdf>
- SDP noticias. (24 de Diciembre de 2018). *Tarifas eléctricas de CFE para la industria son 77% más caras que en EU*. Retrieved 6 de Septiembre de 2018 from <https://www.sdpsnoticias.com/economia/2018/09/06/tarifas-electricas-de-cfe-para-la-industria-son-77-mas-caras-que-en-eu>
- Secretaría de Economía. (2017). *LA INDUSTRIA SOLAR FOTOVOLTAICA Y FOTOTÉRMICA EN MÉXICO*. Retrieved 28 de Septiembre de 2018 from <http://www.promexico.mx/documentos/biblioteca/industria-solar.pdf>
- Secretaría de Energía. (22 de Marzo de 2018). *Se inaugura la Planta Solar Villanueva en Coahuila*. Retrieved 28 de Diciembre de 2018 from <https://www.gob.mx/sener/articulos/se-inaugura-la-planta-solar-villanueva-en-coahuila>
- sin embargo. (28 de Enero de 2016). *El mercado de energía solar en México es prometedor, pero las reglas del gobierno lo frenan*. Retrieved 7 de Abril de 2018 from <https://www.sinembargo.mx/28-01-2016/1608605>
- TETRA TECH ES INC. (Enero de 2014). *Análisis de la factibilidad de oportunidades en la mini-aplicación de energías renovables solar (fotovoltaica y foto térmica) e hidroeléctrica, aplicadas en la Zona Metropolitana de Oaxaca*. Retrieved 6 de Abril de 2018 from <http://www.plataformaeds.org/images/images/0578503001471902142.pdf>
- UANL, San Nicolás de los Garza, N.L., México. (Abril de 2015). *Historia y uso de las energías renovables*. Retrieved 12 de Diciembre de 2018 from [http://www.spentamexico.org/v10-n1/A1.10\(1\)1-18.pdf](http://www.spentamexico.org/v10-n1/A1.10(1)1-18.pdf)
- Universidad Autónoma de Ciudad Juárez: Instituto de Ingeniería y Tecnología. (Octubre de 2012). *Desarrollo de Celdas Fotovoltaicas de Gran Área con Nuevos Materiales, utilizando un Sistema de Rocío Piroclítico*. Retrieved 28 de Marzo de 2018 from http://www.uacj.mx/IIT/CICTA/Documents/Articulos/4231-124_FOMIX_UACJ.pdf
- Universidad Nacional de Colombia. (Junio de 2015). Retrieved 12 de Diciembre de 2018 from Recursos naturales y energía. Antecedentes históricos y su papel en la evolución de la sociedad y la teoría económica: <http://bdigital.unal.edu.co/65197/1/45298-252689-1-PB.pdf>

- VIX, Tania Fernández. (n.d.). *Las mejores energías renovables*. Retrieved 1 de Octubre de 2018 from <https://www.vix.com/es/btg/curiosidades/3883/las-mejores-energias-renovables>

Bibliografía para caso de estudio para el análisis comparativo

- 360, e. c. (s.f.). *Hidratación del concreto*. Obtenido de <https://www.360enconcreto.com/blog/detalle/importancia-del-agua-en-el-concreto>
- acción, E. e. (21 de Junio de 2007). *[Fotovoltaica] Impacto ambiental*. Obtenido de https://www.ecologistasenaccion.org/10057/impacto-ambiental/#outil_sommaire_0
- ABTEC. (4 de Abril de 2019). *¿CON QUÉ FRECUENCIA SE DEBEN LIMPIAR LOS PANELES SOLARES?* Obtenido de <https://abtec.com.mx/con-que-frecuencia-se-deben-limpiar-los-paneles-solares/>
- Ayuntamiento, V. d. (s.f.). *Plan de Desarrollo Municipal de Valle de Bravo 2016-2018*. Obtenido de https://www.ipomex.org.mx/recursos/ipo/files_ipo3/2016/42987/6/7238d698db77ef94af09675ef9216ec1.pdf
- Baldán, D. C. (2011). *Estudio del ahorro mediante bombeo solar*. (U. I. Andalucía, Editor) Recuperado el Junio de 2020, de <https://core.ac.uk/download/pdf/72021499.pdf>
- BBC Mundo, M. A. (17 de Junio de 2010). *El lado oscuro de los paneles solares*. Obtenido de https://www.bbc.com/mundo/ciencia_tecnologia/2010/06/100617_paneles_solares_insectos_lp
- Bravo, A. d. (s.f.). *Plan de Desarrollo Municipal de Valle de Bravo, 2016-2018*. Obtenido de https://www.ipomex.org.mx/recursos/ipo/files_ipo/2016/20/10/57140fedcc42490aaa3423eba3ebe7b1.pdf
- Bravo, G. M. (2020). *PLAN MUNICIPAL DE DESARROLLO URBANO DE VALLE DE BRAVO 2020*. Recuperado el 15 de Junio de 2020, de https://seduym.edomex.gob.mx/sites/seduym.edomex.gob.mx/files/files/valldebravo/PMDU_VB_2020.pdf
- Climático, I. N. (s.f.). *Guía metodológica para la estimación de emisiones vehiculares*. Recuperado el 16 de Agosto de 2020, de <http://www2.inecc.gob.mx/publicaciones2/libros/618/vehiculos.pdf>
- *Clima promedio en Valle de Bravo*. (s.f.). Obtenido de Weather Spark: <https://es.weatherspark.com/y/4860/Clima-promedio-en-Valle-de-Bravo-México-durante-todo-el-año#Sections-BestTime>
- Cointra. (s.f.). *¿Cómo afecta el clima al aprovechamiento de la Energía Solar Térmica?* Obtenido de <https://www.cointra.es/blog-afecta-clima-al-aprovechamiento-la-energia-solar-termica/>
- COMERCIALIZADORA, A. (s.f.). *Aditivos para mortero y concreto*. Recuperado el 13 de Agosto de 2020, de <https://www.aamzacomercializadora.com.mx/retex/aditivos-para-mortero-y-concreto/>
- COMEX. (s.f.). *Hoja de datos de seguridad*. Recuperado el 21 de Julio de 2020, de <https://www.uatcomex.com.mx/getattachment/6786981a-60f3-460d-8932-82edf4eb356b/.aspx>

- CONAGUA. (2019). Obtenido de <http://smn1.conagua.gob.mx/emas/catalogo/VABRAVO.html>
- CONAGUA. (4 de Enero de 2018). *Actualización de la disponibilidad media anual de agua en acuífero Villa Victoria-Valle de Bravo*. Recuperado el 22 de Junio de 2020, de https://sigagis.conagua.gob.mx/gas1/Edos_Acuiferos_18/edomex/DR_150
- CONAGUA. (2 de Agosto de 2018). *Datos de la estación, 15165*. Obtenido de <https://smn.conagua.gob.mx/tools/RESOURCES/Estadistica/15165.pdf>
- CONAPO. (2005). *Generación de Residuos Sólidos Municipales*. Recuperado el 17 de Julio de 2020, de https://apps1.semarnat.gob.mx:8443/dgeia/informe_resumen/08_residuos/cap8.html
- CONEVAL. (2012). *Informe de pobreza y evaluación en el Estado de México*. Obtenido de https://www.coneval.org.mx/coordinacion/entidades/Documents/Informes%20de%20pobreza%20y%20evaluación%202010-2012_Documentos/Informe%20de%20pobreza%20y%20evaluación%202012_Estado%20de%20México.pdf
- CONSTANTINO, M. C. (2013). *IDENTIFICACIÓN Y CLASIFICACIÓN DE SUELOS*.
- Cuevas, G. (2017). *Aspectos fundamentales del concreto reforzado*. México: Limusa.
- C.V, P. S. (s.f.). *MANIFESTACION DE IMPACTO AMBIENTAL, MODALIDAD PARTICULAR*. Obtenido de <http://biblioteca.semarnat.gob.mx/janium/Documents/Ciga/eid2014/EID009877.pdf>
- Denisse Flores e Isui Aguilar, D.-U. (23 de Abril de 2012). *La ciencia detrás de la explotación de acuíferos: Recurso indispensable en la toma de decisiones*. Recuperado el 26 de Julio de 2020, de http://ciencia.unam.mx/leer/93/La_ciencia_detras_de_la_explotacion_de_acuiferos_Recurso_indispensable_en_la_toma_de_decisiones
- ecológica, G. d. (s.f.). *Impacto ambiental de los hidrocarburos y recuperación de los ecosistemas*. Obtenido de https://www.miteco.gob.es/es/costas/temas/proteccion-medio-marino/plan-ribera/contaminacion-marina-accidental/impacto_ambiental.aspx
- Ecosiglos. (2020). *La energía solar no es tan verde como crees*. Obtenido de <https://ecosiglos.com/la-energia-solar-no-es-tan-verde-como-crees/>
- Ecuador, C. E. (s.f.). *Manejo, Prevención y Control de Derrames de Aceites Químicos y Combustibles*. Recuperado el 21 de Julio de 2020, de <https://www.celec.gob.ec/hidropaute/images/Ambiente/Control.de.derrames.pdf>
- Eduardo de J. Vidaud Quintana, I. N. (s.f.). *Los aditivos químicos y su impacto en el medio ambiente*. Recuperado el 3 de Agosto de 2020, de <http://www.revistacyt.com.mx/pdf/mayo2014/tecnologia.pdf>
- FAO. (2019). *La contaminación del suelo: una realidad*. Recuperado el 3 de Agosto de 2020, de <http://www.fao.org/3/I9183ES/i9183es.pdf>

- Fistera Energy Santa María 1, S. d. (Diciembre de 2013). *Manifestación de Impacto Ambiental Particular Industrial*. Obtenido de <https://apps1.semarnat.gob.mx:8443/dgiraDocs/documentos/chi/estudios/2013/08CI2013ED104.pdf>
- GCL. (2016). *Bringing Green Power to Life*. Obtenido de https://www.solarware.mx/images/products/Paneles/GCL/GCL_P6-72_330.pdf
- Generatutluz. (2020). *Limpieza de paneles solares*. Obtenido de <https://www.generatutluz.com/generar-electricidad/placas-solares-fotovoltaicas/limpiar-paneles-solares/>
- Imcyc. (Julio de 2006). *Aditivos*. Recuperado el 13 de Agosto de 2020, de <http://www.imcyc.com/revistact06/julio06/TECNOLOGIA.pdf>
- INEGI. (s.f.). *Espacio y datos de México*. Recuperado el 2019, de <https://www.inegi.org.mx/app/mapa/espacioydatos/>
- INEGI. (2019). *Marco Geoestadístico*. Obtenido de <https://www.inegi.org.mx/temas/mg/>
- INEGI. (2009). *Prontuario de información geográfica municipal de los Estados Unidos Mexicanos, Valle de Bravo*. Obtenido de https://www.inegi.org.mx/contenidos/app/mexicocifras/datos_geograficos/15/15110.pdf
- Ing. Alba B. Vázquez González, I. E. (1994). *Impacto Ambiental*.
- inverter, S. (2019). *Inversor fotovoltaico*. Obtenido de www.ginglong.com/3p_inverter2/4609.html
- isolar, e. s. (s.f.). *Así funciona el bombeo solar*. Obtenido de <https://www.iesolar.mx/paneles-solares-agua/>
- Laboratorio de Ingeniería Sanitaria y Ambiental, F. d. (2 de Febrero de 2018). *Manual de prácticas del Laboratorio de Ingeniería Ambiental II*. Recuperado el 14 de Agosto de 2020, de http://dicyg.fi-c.unam.mx:8080/labsanitaria/contenidos/manuales/mados_2019/mado-54_ia-ii
- Laboratorio de Materiales, F. d. (30 de Enero de 2017). *Manual de Prácticas del Laboratorio de Procedimientos Constructivos de Elementos de Estructuras, Práctica 2*. Recuperado el 28 de Julio de 2020, de <https://www.ingenieria.unam.mx/deptoestructuras/LABORATORIO%20DE%20MATERIALES/MANUAL%20E%20PRACTICAS/MADO-47%20Procedimientos%20Constructivos%20de%20Elementos%20de%20Estructuras.pdf>
- Lupercio, D. A. (9 de Abril de 2018). *PROYECTO "PARQUE SOLAR VILLANUEVA MP"*. Recuperado el Junio de 2020, de <https://apps1.semarnat.gob.mx:8443/dgiraDocs/documentos/coah/estudios/2017/05CO2017E0076.pdf>
- maps, G. (2019). Obtenido de [288](https://www.google.com/maps/dir/Ciudad+de+México,+CDMX/A+S.+Mateo+Acatitlán,+Valle+de+Bravo,+Méx./Valle+de+Bravo,+Estado+de+México/Toluca+de+Lerdo,+Estado+de+México/@19.3023165,-99.9139608,10z/data=!3m1!4b1!4m26!4m25!1m5!1m1!1s0x85ce0026db097507:0x54061076265ee841!2m2!1d-99.133208!2d19.4326077!1m5!1m1!1s0x85cd64938a34ee8d:0x67a6c51b4f098ce9!2m2!1d-

</div>
<div data-bbox=)

100.1092153!2d19.1745047!1m5!1m1!1s0x85cd63813218f41f:0xb687c3a1fb52897c!2m2!1d-100.1326725!2d19.1950964!1m5!1m1!1s0x85cd89892a50ebb9:0xad3f4ad5550208c4!2m2!1d-99.6556653!2d19.2826098!3e0

- México, G. d. (15 de Octubre de 2013). Recuperado el 21 de Agosto de 2020, de <https://legislacion.edomex.gob.mx/sites/legislacion.edomex.gob.mx/files/files/pdf/ley/vig/leyvig202.pdf>
- México, G. d. (2018). *Plan de Desarrollo del Estado de México 2017-2023*. Obtenido de <https://edomex.gob.mx/sites/edomex.gob.mx/files/files/PDEM%202017-2023%20PE.pdf>
- México, G. (s.f.). *SQF 1.2-3*. Obtenido de <https://product-selection.grundfos.com/product-detail.product-detail.html?freq=50&lang=ESP&productnumber=96834838&qcid=970452761>
- Ministerio del Ambiente, P. (2010). *Guía de Evaluación de Riesgos Ambientales*. Recuperado el 1 de Junio de 2020, de http://www.minam.gob.pe/calidadambiental/wp-content/uploads/sites/22/2013/10/guia_riesgos_ambientales.pdf
- NASA. (30 de Enero de 2019). *NASA Prediction of Worldwide Energy Resources*. Obtenido de <https://power.larc.nasa.gov/data-access-viewer/>
- Naturales, S. d. (s.f.). *NORMA Oficial Mexicana NOM-059-SEMARNAT-2010, Protección ambiental-Especies nativas de México de flora y fauna silvestres-Categorías de riesgo y especificaciones para su inclusión, exclusión o cambio-Lista de especies en riesgo*. Obtenido de https://dof.gob.mx/nota_detalle_popup.php?codigo=5173091
- Nervion. (s.f.). *Hoja de Datos de Seguridad*. Recuperado el 21 de Julio de 2020, de www.nervion.com.mx/web/HDS/a11020025.pdf
- ONU, N. (13 de Abril de 2018). *Energía solar para regar*. Obtenido de <https://news.un.org/es/story/2018/04/1431161>
- país, E. (8 de Enero de 2019). *La tecnología solar se sube a la montaña*. Obtenido de https://elpais.com/tecnologia/2019/01/08/actualidad/1546948873_047302.html
- Probelte. (s.f.). *Suelo Arcilloso: qué es, qué cultivar y cómo mejorar el suelo*. Recuperado el 27 de Julio de 2020, de <https://www.probelte.es/noticia/es/suelo-arcilloso-que-es-que-cultivar-y-como-mejorar-el-suelo/127>
- PROYECTOS, P. (2016). *Cisterna de cemento/concreto o cisterna prefabricada*. Obtenido de <http://blog.proproyectos.com/2016/07/cisterna-de-cementoconcreto-o-cisterna.html>
- PueblosAmérica.com. (s.f.). Obtenido de <https://mexico.pueblosamerica.com/i/san-mateo-acatitlan/>
- Re_Magazine, R. (2020). *Como afecta el clima a los paneles solares*. Obtenido de <https://re-magazine.saunierduval.es/2019-05-31/como-afecta-el-clima-a-los-paneles-fotovoltaicos>
- SEDESOL. (s.f.). *Catálogo de Localidades*. Obtenido de <http://www.microrregiones.gob.mx/catloc/contenido.aspx?refnac=151100002>

- SEDESOL. (s.f.). *Informe anual sobre la situación de pobreza y rezago social 2016, Valle de Bravo*. Obtenido de http://diariooficial.gob.mx/SEDESOL/2016/Mexico_110.pdf
- SEDESOL. (2005). *Manual técnico sobre generación, recolección y transferencia de residuos sólidos municipales*. Recuperado el Julio de 2020, de <http://www.inapam.gob.mx/work/models/SEDESOL/Resource/1592/1/images/ManualTecnicosobreGeneracionRecoleccion.pdf>
- SEDESOL. (2005). *MANUAL TÉCNICO SOBRE GENERACIÓN, RECOLECCIÓN Y TRANSFERENCIA DE RESIDUOS SÓLIDOS MUNICIPALES*. Recuperado el 20 de Julio de 2020, de <http://www.inapam.gob.mx/work/models/SEDESOL/Resource/1592/1/images/ManualTecnicosobreGeneracionRecoleccion.pdf>
- SEMARNAT. (2014). *Guía para la presentación de la manifestación de impacto ambiental del sector Vías Generales de Comunicación*. Recuperado el 2 de Agosto de 2020, de https://www.gob.mx/cms/uploads/attachment/file/120999/Gu_a_MIA_Particular_Comunicaciones.pdf
- SEMARNAT. (2013). *Informe de la situación del Medio Ambiente en México*. Recuperado el 17 de Julio de 2020, de https://apps1.semarnat.gob.mx:8443/dgeia/informe15/tema/pdf/Cap7_Residuos.pdf
- Solis. (2016). Obtenido de https://www.exelsolar.com/Multimedia/ManualUsuario/SSSINVAC007_ManualUsuario.pdf
- SQFlex, G. (2019). *Sistemas de suministro de agua basados en energías renovables*. Recuperado el 2020
- Tarbuck, E. J., & Lutgens, F. K. (2005). *Ciencias de la Tierra*. Madrid: Pearson Educación S.A.
- Televisa, N. (9 de Agosto de 2019). *¿Qué estados de México están cerca de su 'Día Cero' del agua?* Obtenido de <https://noticieros.televisa.com/historia/que-estados-pais-cerca-dia-cero-agua/>
- Transporte, I. M. (2004). *Medidas de Mitigación para Suelos Contaminados por Derrames de Hidrocarburos en Infraestructura de Transporte Terrestre*. Obtenido de <https://www.imt.mx/archivos/Publicaciones/PublicacionTecnica/pt257.pdf>
- Transporte, I. M. (2004). *MEDIDAS DE MITIGACIÓN PARA USO DE SUELOS CONTAMINADOS POR DERRAMES DE HIDROCARBUROS EN INFRAESTRUCTURA DE TRANSPORTE TERRESTRE*. Recuperado el 21 de Julio de 2020, de <https://www.imt.mx/archivos/Publicaciones/PublicacionTecnica/pt257.pdf>
- UNAM, I. d. (2015). *Acuíferos críticos del territorio nacional*. Recuperado el 26 de Julio de 2020, de http://www.agua.unam.mx/JornadasAcuíferos2018/assets/Acuíferos_criticos_en_el_territorio_nacional.pdf
- UNIÓN, C. D. (6 de Junio de 2012). *LEY GENERAL DE CAMBIO CLIMÁTICO*. Recuperado el 28 de Agosto de 2020, de http://www.diputados.gob.mx/LeyesBiblio/pdf/LGCC_130718.pdf
- Unión, C. d. (2014). *Reglamento de la Ley General del Equilibrio Ecológico u la Protección al Medio Ambiente en Materia de Evaluación de Impacto Ambiental*.

- Universidad Autónoma del Estado de México. (Junio de 2008). *Uso racional y sostenible de los recursos hídricos del acuífero del valle de Toluca*. Recuperado el 26 de Julio de 2020, de <https://www.redalyc.org/pdf/104/10415107.pdf>
- Valdez, E. C. (1990). *Abastecimiento de agua potable*. CDMX.
- VALENCIA, U. P. (Diciembre de 2017). *ESTUDIO DE IMPACTO AMBIENTAL DE UNA PLANTA SOLAR FOTOVOLTAICA DE 100KW EN EL TÉRMINO MUNICIPAL DE LOSA DEL OBISPO, VALENCIA*. . Recuperado el 2019, de https://riunet.upv.es/bitstream/handle/10251/94555/01_MEMORIA.pdf?sequence=1&isAllowed=y
- X-ELIO. (s.f.). *Evaluación de Impacto Social para el "Parque Solar Fotovoltaico Xoxocotla"* .