

MASTER
Estudio Prospectivo del
Impacto Ambiental Debido a
Tecnologías de
Uso Final de la Energía

RECEIVED
MAR 06 2008
OSTI

Tesis que presenta
Fabio Manzini Poli
para obtener el grado de Doctor en Ingeniería

Con la dirección del
Dr. Manuel Martínez Fernández

División de Estudios de Posgrado
Facultad de Ingeniería
Universidad Nacional Autónoma de México

noviembre 1997

DISCLAIMER

Portions of this document may be illegible in electronic image products. Images are produced from the best available original document.

Resumen

Dos terceras partes de la oferta interna de energía en México la utilizan los sectores de consumo final mediante tecnologías de uso final energético. En el presente trabajo se introduce un marco conceptual integral para evaluar los impactos ambientales debidos a la utilización de tecnologías de uso final de la energía (TUF), luego se analiza la evolución de las interacciones entre tecnología-energético -ambiente a largo plazo (año 2025) de acuerdo a tres escenarios posibles: tendencial, bloques y sustentable.

Abstract

Two thirds of the internal offer of energy in Mexico is consumed by End Use sectors through end use technologies (TUF). Here is presented an integral conceptual frame for the environmental impact evaluation dues to end use technologies, then the evolution of the interactions between technology-environment-fuel is analyzed in the long term (year 2025) according to three possible scenarios: business as usual, blocks and sustainable.

Agradecimientos

Agradezco a todas las personas que intervinieron en la realización de este trabajo.

En especial a Manuel Martínez Fernández por su dirección con libertad, por sus certeros comentarios, paciencia, ecuanimidad y buen humor.

A todos los miembros del jurado doctoral: Blanca Jiménez Cisneros, Claudia Sheinbaum, Juan José Ambríz, Roberto Best, Jaime Cervantes de Gortari y José Luis Fernández Zayas. Gracias a sus comentarios se enriqueció el trabajo

A Luis Rodríguez Viqueira por sus siempre agudas observaciones y gran disposición de ayuda.

Agradezco también a todos los compañeros del Centro de Investigaciones en Energía, por su apoyo moral y académico.

Agradezco a la Universidad Nacional Autónoma de México por permitir y fomentar la superación académica de sus miembros.

Y doy gracias a la vida que me ha dado tanto.

Índice

Introducción

Capítulo 1. **Energía**

Capítulo 2. **Tecnología**

Capítulo 3. **Ambiente**

Capítulo 4. **Interacciones**

Capítulo 5. **Prospectiva Energética y su
Impacto Ambiental**

Capítulo 6. **Estimación de Parámetros**

Capítulo 7. **Marco Conceptual y Resultados**

Conclusiones

Anexo A. **Datos Obtenidos para las
Interacciones ED-TUF-SA**

Anexo B. **Tablas de Resultados**

Anexo C. **Descripción y Análisis de
Resultados Específicos**

Nomenclatura

Bibliografía

Introducción

El uso masivo de combustibles fósiles para la generación de energía es el principal contribuyente al aumento de la concentración del bióxido de carbono (CO_2) en la atmósfera terrestre. En doscientos años, desde la era pre-industrial a la fecha, dicha concentración ha aumentado un 25.8 %, Mintzer (1990). El CO_2 posee la propiedad física de absorber la radiación infrarroja que re-emite la superficie de la Tierra una vez que se calentó al contacto con la radiación solar, produciéndose el llamado "efecto invernadero". Se denomina a los gases que lo producen "gases invernadero", entre los cuales el CO_2 es el más importante debido a la cantidad emitida anualmente, UNEP (1981).

Existe un consenso científico a nivel internacional de que el efecto invernadero provocará un cambio climático a nivel planetario, Masera (1995), lo cual a partir de la conferencia de la Cumbre de Río en 1992, ha generado en varios países inscritos dentro de la Convención Marco del Cambio Climático políticas para la disminución de las emisiones de estos gases. Ya que las tendencias actuales del consumo de energía a nivel mundial, indican que en el futuro el consumo de combustibles se incrementará exponencialmente, el uso de tecnologías limpias, la diversificación de fuentes energéticas, el ahorro y uso eficiente de la energía, y el uso de fuentes renovables, son estrategias que necesariamente tienen que tomarse en cuenta en la planificación energética, si se quiere evitar un cambio climático con consecuencias todavía inciertas en términos temporales pero que podrían ser muy graves.

Además del cambio climático, hay otros efectos ambientales de menor escala (regional), pero con impactos negativos tangibles a corto plazo, que se deben al resto de los gases emitidos como producto de la quema de combustibles fósiles. Los más evidentes son los depósitos ácidos, que pueden ser sólidos (sulfatos y nitratos) o líquidos (la llamada "lluvia ácida") por la producción de ácido sulfúrico o nítrico al entrar en contacto los óxidos de azufre y de nitrógeno de los gases de combustión con vapor de agua atmosférico. Otro efecto ambiental negativo de la quema de combustibles fósiles es la contaminación atmosférica, localizada frecuentemente en grandes centros urbanos e industriales, donde los gases de combustión reaccionan entre sí y en presencia de la radiación solar generan compuestos contaminantes secundarios, como el ozono que es nocivo para las vías respiratorias.

En el trabajo de Cortinas y Espinosa (1986) se menciona que "la evaluación del costo de producción y uso de energía, desde el punto de vista de la salud y el ambiente, requiere de investigaciones multidisciplinarias rigurosas. Éstas deben por una parte, proveer de datos sobre la magnitud y características de la contaminación ambiental provocada a lo largo de las etapas de los distintos ciclos energéticos, *incluido su uso final*".

Desde la década de los ochenta se han realizado numerosos estudios sobre las consecuencias ambientales de la producción y el uso de energía, donde algunos incluyen marcos contables para la comparación cuantitativa entre diversas fuentes y tecnologías energéticas, UNEP (1985). La mayoría de los estudios están enfocados a la producción de energía eléctrica, sin embargo, el mayor gasto de energía no se realiza en el sector eléctrico, sino en el consumo final térmico, donde los estudios realizados y los marcos contables son escasos y en los países en vías de desarrollo son inexistentes. En los países desarrollados se han realizado esfuerzos como el de la EPA (1985) y el de Ottinger (1990), para cuantificar o valorar los impactos ambientales debidos al llamado Consumo Final Energético o Uso Final de Energía.

Debido a lo expuesto anteriormente, se considera necesario elaborar marcos contables para los usos finales de energía en México, donde el punto de vista ambiental sea prioritario y que puedan servir de ayuda a la toma de decisiones.

Para ejemplificar las diferencias en gasto de energía entre el sector eléctrico (de transformación) y los sectores económicos (de Consumo Final), se presenta el caso de México. Durante 1994 la mayor parte de la Oferta Interna Bruta de energía (5950.2 PJ) la demandaron los cuatro sectores económicos de Consumo Final Energético (Transporte, Industrial, Agropecuario y el aglutinado que abarca al Residencial, al Comercial y al sector Público), un 57.1%, mientras que en la generación de energía eléctrica se consumió el 24.0%. En otras palabras, el Consumo Final de energía utilizó 2.4 veces más energía que el sector eléctrico, el resto de la energía se utilizó en otras etapas del ciclo de energía (ver tabla I.1).

En este trabajo se propone una metodología para cuantificar el impacto ambiental debido al uso final de energía realizado a través de las tecnologías energéticas más utilizadas en los diferentes sectores económicos, que utilizan como energéticos principalmente a los combustibles fósiles y a la electricidad. Las fuentes renovables de energía se incluyen por dos razones: primero porque aunque su participación actual en la generación de energía es insignificante, es muy conveniente compararlas con las fuentes convencionales ya que su impacto en el ambiente es bajo, y segundo, debido a las ventajas ambientales que poseen sobre las fuentes convencionales, se espera que en un futuro próximo su participación aumente considerablemente.

En la elaboración de la presente metodología se utilizaron técnicas de diferentes disciplinas que al integrarlas permiten asegurar que en esta tesis se está aportando un enfoque original al estudio de las interacciones entre ambiente y energía.

CONSUMO ENERGÉTICO POR SECTORES (CS)

México 1994

<u>SECTOR (S)</u>	<u>TOTAL CS</u> <u>[PJ]</u>	<u>electricidad</u>	<u>combustibles</u>	<u>% CS/TCS</u> <u>combustibles</u>	<u>% S/OIB</u> <u>combustibles</u>
Transporte	1537.6	3.4	1534.2	31.8%	25.8%
Eléctrico	1430.2	nd	1430.2	29.6%	24.0%
Industrial	1312.3	212.9	1099.4	22.8%	18.5%
Res-Com-Pub	853.0	154.6	698.4	14.5%	11.7%
Agropecuario	89.5	23.6	65.9	1.4%	1.1%
TOTAL (TCS)	5222.5	394.4	4828.1	100.0%	81.1%
Porcentajes	100.0%	7.6%	92.4%		
OIB	5950.2	6.6%	81.1%		100.0%

Tabla L.1 Consumo energético por sectores de consumo final, junto con el sector generador de la electricidad (sector eléctrico) el Balance Nacional de Energía 1994. SE (1994).

La tesis está organizada en cuatro partes: en la primera se definen y describen los conceptos elementales mediante los cuales se construirá un Marco Conceptual (cap.1 Energía, cap.2 Tecnología y cap.3 Ambiente), en la segunda cómo interaccionan (cap.4 Interacciones), en la tercera la manera de abordar el futuro (cap. 5 Prospectiva y cap. 6. Evaluación de Parámetros) y en la cuarta, la presentación de la metodología que conjunta a las tres primeras para elaborar el marco conceptual y obtener resultados (cap. 7 Marco Conceptual y Resultados), al último se presentan las conclusiones del estudio.

Un objetivo de este trabajo es cuantificar o valorar los daños ocasionados por los desechos (sólidos, líquidos y gaseosos) que generan las tecnologías de uso final de la energía a los sujetos ambientales (atmósfera, aguas superficiales y subterráneas, suelo y biodiversidad), continuando con la iniciativa presentada por ISES en la Cumbre de Río en 1992, donde la biodiversidad se consideró integralmente en un análisis energético por vez primera.

Para lograr el objetivo anterior, se desarrolló un marco conceptual integral donde diez tecnologías energéticas de uso final pudieron ser evaluadas respecto a sus impactos ambientales (registrados por 20 indicadores) dependiendo del tipo, cantidad y calidad del energético utilizado (se describen 21), así como del tipo; estado, eficiencia y sustentabilidad de la tecnología (incluida por vez primera para caracterizar una tecnología), para así poder compararla cuantitativamente con otras tecnologías energéticas, tanto comerciales como en desarrollo, y dilucidar su posible evolución mediante la construcción de escenarios futuros.

Para propósitos de este trabajo, la sustentabilidad de una tecnología energética se define cualitativamente en función de si posee algunas de las siguientes características: fabricación con materiales reciclados o reutilizados, alta eficiencia energética, diseño para utilizar energéticos limpios o renovables, versatilidad, baja necesidad de mantenimiento, baja emisión de contaminantes por unidad de energía, que opere generando un mínimo

desperdicio de materia prima y que éste sea fácilmente reciclable o reutilizable, y finalmente, que en su fase de desmantelamiento sus partes y/o materiales sean reciclables.

Como resultado del presente estudio, se podrá disponer de una visión completa del impacto en el aire, el suelo, el agua y la biodiversidad causado por diversas tecnologías energéticas de uso final. Lo cual será de utilidad a la toma de decisiones energético-ambientales.

La evaluación de los impactos ambientales de las Tecnologías de Uso Final en el marco contable propuesto, facilita el acceso a la información ambiental que usualmente se encuentra relegada, al poner particular énfasis en los efectos ambientales de una tecnología y no en sus aspectos económicos o técnicos; sin soslayar que estos aspectos son fundamentales en el estado de desarrollo de una tecnología. Se muestra que las TUF que utilizan energías renovables tienen menor impacto negativo en el ambiente y por lo tanto, en ellas podría descansar la tercera parte del abasto energético en alguno de los escenarios futuros.

Capítulo 1. Energía

La energía se puede definir como la capacidad de la materia de hacer trabajo, como resultado de su movimiento o su posición, en relación a las fuerzas que actúan sobre ella.

El ser humano aprendió a hacer uso de las diferentes formas de energía para la producción de bienes y servicios esenciales para su vida: calor para cocción, calentamiento de agua y aire; fuerza motriz para transporte y trabajo mecánico, y electricidad para iluminación, aparatos electrónicos de telecomunicaciones, computadoras etc.. La energía es la base de la civilización industrial y sin ella no existiría la vida moderna.

Con la finalidad de mantener y desarrollar su abasto de energía, A lo largo de la historia los humanos desarrollaron un complejo Sistema Energético (fig. 1.1) mediante el cual la energía se transforma gradualmente, a partir de las distintas fuentes de energía tal y como se obtienen de la naturaleza, **Energías Primarias (EP)**, hasta la energía aprovechada para satisfacer un servicio, llamada **Energía Útil (EU)**. Las EP pueden aprovecharse de forma *directa* (solar, hidráulica, eólica, etc.) o *indirecta* cuando se obtienen a través de un proceso de extracción (petróleo, carbón o gas). A los distintos productos energéticos derivados de las energías primarias, a través de al menos un proceso de transformación, se les llama **Energías Secundarias (ES)** (gasolina, gas LP, electricidad, etc). Se introduce la definición de **Energía Disponible (ED)** como la energía primaria o secundaria que se encuentra a disposición del usuario para operar una **Tecnología de Uso Final (TUF)**. La diferencia de la ED y las pérdidas de energía en las TUF constituyen la Energía Útil. Ver figura 1.1

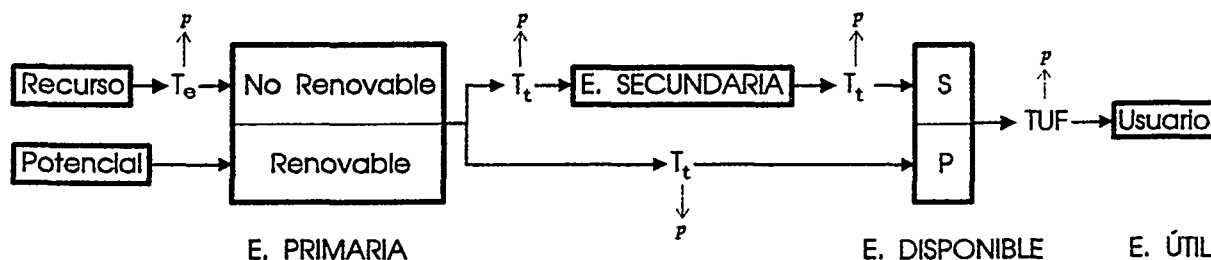


Figura 1.1 Representación esquemática de un Sistema Energético. Donde T_e se refiere a una tecnología de extracción, T_t a una tecnología de Transformación, TUF a la tecnología de uso final, S=Secundaria, P=Primaria y p =pérdidas.

USO FINAL ENERGÉTICO

Los usuarios finales de la energía se agrupan en sectores según su actividad económica: industrial, transporte, residencial, comercial, público y agrícola. Cada sector tiene muy bien definidos sus usos finales energéticos (también llamados consumos finales). Así el sector residencial utiliza las energías disponibles para: calentamiento de agua, cocción de alimentos, potabilización de agua, conservación de alimentos, calefacción ambiental, refrigeración ambiental, planchado de ropa, secado de ropa, bombeo de agua, elevadores, procesamiento de alimentos, lavado de ropa, lavado de trastes, iluminación y telecomunicaciones. El sector industrial para: calor de proceso (cp) a baja, media y alta temperatura, frío, fuerza motriz fija, iluminación, cómputo y telecomunicaciones. El sector comercial para: acondicionamiento ambiental, cp a baja y alta temperatura, conservación de alimentos, cocción de alimentos, refrigeración, congelación, fuerza motriz fija, iluminación y telecomunicaciones. El sector servicios públicos para: acondicionamiento ambiental, bombeo de agua-potable, bombeo de aguas-negras, fuerza motriz fija, alumbrado público, iluminación y telecomunicaciones. El sector transporte para fuerza motriz móvil y el sector agropecuario, cp a media y baja temperatura, frío, bombeo e irrigación, fuerza motriz fija y móvil, iluminación y telecomunicaciones, Martínez (1990). Las tecnologías de uso final con las que se proveen estos servicios se describirán en la siguiente sección.

DESCRIPCION DE LAS ENERGÍAS DISPONIBLES

Se observa en la figura 1.1 que las energías disponibles ED son las energías a las que el usuario puede acceder para satisfacer el uso final deseado, en la tabla 1.1 se presenta un listado con las ED seleccionadas, se observa una mezcla de fuentes renovables y no renovables, de energías primarias y secundarias, de combustibles sólidos, líquidos y gaseosos, de electricidad y de otras energías que en total suman 21 y constituyen el vector **Energía Disponible (ED)**, todas son energías comerciales, es decir están disponibles en el mercado a excepción de la leña, el bagazo y el biogás. En esta mezcla de energías se incluyen las que se utilizan actualmente y algunas de las que se espera figuren en un futuro donde la diversificación energética sea un realidad Best (1990).

FORMAS DE ENERGÍA DISPONIBLE TIPO DE ENERGÍA RENOVABILIDAD

ED

<u>Combustibles Sólidos</u>		
e1	Carbón	EP NR
e2	Coque	ES NR
e3	Bagazo	EP R-NR
e4	Leña	EP R-NR
e5	Carbón vegetal	EP R-NR
<u>Combustibles Líquidos</u>		
e6	Combustóleo	ES NR
e7	Diesel	ES NR
e8	Gasolina	ES NR
e9	Querosina	ES NR
e10	Gas LP (GLP)	ES NR
<u>Combustibles Gaseosos</u>		
e11	Gas Natural (GN)	EP NR
e12	Biogas	EP R
e13	Hidrógeno	ES R
<u>Electricidad</u>		
e14	Electricidad red central	ES NR
<u>Otras Energías</u>		
e15	Solar Fotovoltaica (FV)	EP R
e16	Solar Fototérmica (FT)	EP R
e17	Solar Fototérmica - Eléctrica (FTE)	EP R
e18	Eólica Eléctrica	EP R
e19	Eólica Mecánica	EP R
e20	Microhidráulica Eléctrica	EP R
e21	Microhidráulica Mecánica	EP R

EP = Energía Primaria
ES = Energía Secundaria
NR = No Renovable
R = Renovable
R-NR = Renovable o No Renovable
dependiendo de su uso.

Tabla 1.1 Listado de las energías disponibles en el presente, es una mezcla de renovables y no renovables, la mayoría de ellas son explotadas en la actualidad y las restantes son energías principalmente renovables, de las que se espera una mayor participación en la producción y el consumo de energía.

Para facilitar la descripción de las 21 energías disponibles se les dividió según su tipo, por una parte se agruparon las energías generadoras de electricidad, tanto la no centralizada como la distribuida a través de la red central y, por otra parte, se agruparon las energías térmicas con las mecánicas, las cuales se describen a continuación:

e1 Carbón

Bajo esta denominación se entenderá al carbón de origen mineral que se utiliza en centrales termoeléctricas como combustible, en México se le llama Carbón Térmico Lavado SE (1994).

e2 Coque

Es carbón mineral sometido a un proceso de destilación destructiva, horneándolo a alta temperatura, entre 1100 y 1150°C, durante 16 - 20 horas, en una atmósfera con bajo contenido de oxígeno. Durante este proceso, los compuestos orgánicos del Carbón se desintegran para formar gases que son combustibles (Gas de Coque) y un residuo relativamente no volátil. EPA (1985).

e3 Bagazo

Es el residuo sólido que se obtiene como subproducto cuando se tritura la caña de azúcar mediante rodillos de presión para extraerle el jugo para la producción de azúcar.

e4 Leña

Es la madera de los árboles que se utiliza directamente como combustible para cocción de alimentos o calentamiento de espacios.

e5 Carbón Vegetal

El carbón vegetal es el residuo que queda después de la destilación destructiva de la madera.

e6 Combustóleo

Es un combustible líquido derivado de la destilación fraccionada del petróleo crudo. Es el de mayor densidad de los combustibles líquidos. En México se procesan tres tipos de combustóleo: pesado, ecológico y ligero según el porcentaje de Azufre que contienen. Sin embargo, en el balance anual de SE se considera una sola clase de combustóleo.

e7 Diesel

Es un hidrocarburo líquido derivado de la destilación fraccionada del petróleo, es de menor viscosidad y densidad que los combustóleos. En México se producen dos clases de Diesel, el especial y el No. 1 (llamado ahora Diesel SIN) que es usado exclusivamente por vehículos automotores. El especial se utiliza en la industria y por automotores. En el balance anual de energía se reporta el consumo Diesel sin distinción del tipo SE (1994).

e8 Gasolina

Es un hidrocarburo líquido ligero derivado de la destilación fraccionada del petróleo. En México se consumen tres clases de gasolina: Premium, Magna y Nova de próxima desaparición. En el balance anual de energía se reporta el consumo gasolina sin especificar de qué clase se trata SE (1994).

e9 Querosina

Hidrocarburo líquido que solamente es explosivo a altas presiones. Se emplea en motores de aviación, y en estufas y lámparas del sector residencial.

e10 Gas LP (GLP)

Mezcla de hidrocarburos gaseosos a presión atmosférica pero que se pueden licuar a presiones moderadas y temperaturas normales. Sus principales constituyentes son: propano, butileno, butano e isobutano mezclados en cualquier proporción. Se utiliza en el sector doméstico principalmente.

e11 Gas Natural (GN)

Hidrocarburo que se encuentra en rocas porosas del interior de la corteza terrestre y se le puede extraer solo o asociado con petróleo crudo cerca de yacimientos del mismo. Está compuesto principalmente por metano. Se usa principalmente en el sector industrial y en la producción de electricidad.

e12 Biogás

Gas obtenido de la fermentación de materia orgánica debida a la presencia de bacterias anaeróbicas. Su componente mayoritario es el metano.

e13 Hidrógeno

Gas combustible obtenido principalmente mediante en el proceso de reforma del Metano. También se obtiene a escala industrial mediante la electrólisis del agua. Se utiliza principalmente en la producción de amoníaco y productos químicos. Eventualmente se le utilizará como combustible con la ventaja de no emitir contaminantes a la atmósfera.

e16 Solar Fototérmica (FT)

Es la transformación de la radiación solar térmica en calor. La radiación solar térmica abarca desde longitudes de onda en el lejano infrarrojo 2.5 mm, hasta la luz visible 0.4 mm, ver Duffie(1980). Dependiendo de su forma de uso se le clasifica en sistemas activos o sistemas pasivos. Sistemas pasivos son los que no necesitan partes mecánicas móviles para su funcionamiento, se utiliza principalmente en la climatización de edificaciones. Sistemas activos: son los que requieren de artefactos o mecanismos colectores donde se aprovecha la radiación solar para calentar un fluido de trabajo. Dependiendo de la temperatura que se necesite calentar el fluido, los sistemas pueden concentrar o no la radiación solar.

e18 Eólica Mecánica

La energía cinética del viento puede convertirse en energía mecánica rotacional de forma directa mediante una turbina eólica (aeroturbina) constituida por un arreglo de aspas soportadas por una torre que giran al ser atravesadas por una masa de aire. Entre sus aplicaciones está la de molienda de granos, bombeo de agua y agitación de agua u otro fluido para producir calor.

e21 Microhidráulica Mecánica

La energía potencial de un cuerpo de agua puede convertirse en energía mecánica mediante turbomáquinas, cuando la caída de agua es pequeña (entre 2 y 15 m), la energía hidráulica se suele utilizar para mover maquinaria en molinos, aserraderos y otros usos.

ELECTRICIDAD

Hay dos esquemas de distribución de la electricidad, uno centralizado y otro disperso, en México la electricidad es producida por la CFE (Comisión Federal de Electricidad) y por la compañía de Luz y Fuerza del Centro, toda la electricidad que producen se distribuye mediante un esquema centralizado constituyendo una red llamada Sistema Interconectado Nacional (e14, ver tabla 1.2).

La electricidad producida por CFE se genera con una mezcla de tecnologías energéticas: plantas hidroeléctricas, una planta nuclear, diversas plantas geotérmicas y plantas termoeléctricas, ver tabla 1.2.

En el esquema disperso, se utilizan sistemas de generación que abarcan desde la escala local (casa habitación), hasta grandes plantas descentralizadas. Los sistemas dispersos aquí analizados serán: (e15) Solar Fotovoltaica, (e17) Solar Fototérmica - Eléctrica, (e18) Eólica Eléctrica y (e20) Microhidráulica Eléctrica.

e14 Electricidad red central

Los aportes a la Red Central mexicana lo hacen siguientes tipos de plantas termoeléctricas de combustión, utilizando diversos combustibles: carbón, combustóleo, diesel y gas natural, con el 78 % del total en 1994, le siguen las hidroeléctricas con 14.6%, Geotérmicas con 4.1%, la Nucleoeléctrica con 3.3% y la Eoloeléctrica un 0.003%. Para detalles ver la tabla 1.2

SISTEMAS DISPERSOS

Los sistemas dispersos lo constituyen esquemas de autogeneración y distribución de electricidad. Los sistemas dispersos aquí considerados son:

e15 Solar Fotovoltaico (FV)

El efecto fotovoltaico consiste en la conversión directa de la energía solar en electricidad mediante la absorción de la energía de fotones que inciden en materiales semiconductores y generan a su vez portadores móviles de carga. Las *celdas* solares, cuando se conectan entre sí apropiadamente, son los dispositivos elementales para la formación de un panel o *módulo fotovoltaico*. Éste es un generador fotovoltaico de electricidad, suficiente para potencias entre 2 y 70 Watts. Si la demanda es mayor, se aumenta el número de módulos formando un *arreglo fotovoltaico* que la satisfaga. A partir de 1992 aparece la energía fotovoltaica contabilizada en el balance nacional de energía, aunque no se conecta a la red se reporta que se generaron 59 TJoules que son el 0.004% de la electricidad producida por CFE en el mismo periodo.

e17 Solar Fototérmica - Eléctrica (FTEL)

En este esquema el calentamiento generado por el sol es el paso inicial necesario para producir electricidad. Como usualmente se necesita calor de alta calidad, se utilizan sistemas fototérmicos activos con concentración (ver e16). Existen varios esquemas para convertir la radiación solar térmica en electricidad, dependiendo del ciclo termodinámico o efecto en el que se basan.

Ciclo Rankine: el sol es fuente de calor para elevar la temperatura de un fluido presurizado hasta su punto de evaporación y sobrecalentarlo para hacerlo pasar a través de una turbina de vapor la cual hace girar a través de su eje a un generador de electricidad.

Ciclo Stirling: la radiación solar térmica concentrada calienta y expande un gas previamente comprimido el cual empuja a un pistón unido a un eje que hace girar a un generador eléctrico.

e18 Eólica Eléctrica (EEL)

La energía cinética del viento mediante un aerogenerador puede producir electricidad aprovechando la rotación de las aspas sostenidas por un eje que es compartido con un generador de electricidad, por efecto Faraday. Según su capacidad de generación se clasifican como: pequeños < 50 kW o diámetro del rotor < 15 m; medianos de 50 a 500 kW y diámetros entre 15 y 35 m, y grandes desde 500 kW hasta varios MW y diámetros del rotor entre 35 y 100 m. Por su naturaleza independiente normalmente se instalan en sistemas dispersos, sin embargo hay una planta de 1.25 MWe conectada a la red que durante 1994 produjo 42 TJ que es aproximadamente el .003% de lo producido por la CFE durante el mismo periodo.

e20 Microhidráulica Eléctrica (mHEL)

La tecnología para transformar la energía hidráulica en mecánica y eléctrica es bien conocida, debido a las grandes centrales hidráulicas. Cuando la caída o columna de agua es grande (de 15 a 150 m) una turbina hidráulica se pone en movimiento mediante un chorro de agua presurizada, el eje de la turbina es compartido por un generador que por efecto Faraday produce una corriente eléctrica. Este tipo de centrales pueden acoplarse también al esquema de distribución centralizado. En México no se tiene un inventario de las mHEL que existen actualmente y que se utilizan principalmente para autoabastecimiento de energía en regiones remotas.

De la tabla 1.2 se observa que por una parte no existe un inventario de la generación de electricidad dispersa ni de la capacidad instalada.

		% PARTICI- PACIÓN (1994)	CICLO	COMBUSTI- BLES
Electricidad Red Central				
TIPO DE PLANTA				
Termoeléctricas de Combustión		78.0%		
	VAPOR	55.9%	Rankine	COMB(ustóleo) GAS NATURAL
	DUAL	5.5%	Rankine	COMB /CARBON
	CICLO COMBINADO	6.1%	Brayton -> Rankine	COMB+DIESEL GAS NATURAL
	TURBOGAS	0.3%	Brayton	GAS NATURAL
	COMBUSTION INTERNA	0.2%	Diesel	DIESEL
	CARBÓN	10.0%	Rankine	CARBON TÉRMICO
Termoeléctricas - Otros		7.4%		
	NUCLEAR	3.3%	Rankine	URANIO 235
	GEOTERMIA	4.1%	Turbina Vapor	
Hidroeléctrica		14.6%	Turbina Hidráulica	
Eoloeléctrica		0.003%	Turbina Eólica	
Solar Fotovoltaica		—		
Electricidad Dispersa				
Solar Fotovoltaica		0.004%		
Solar Fototérmica - Eléctrica		—	Rankine, Peltier, Stirling	
Eólica Eléctrica		0.0001%		
Microhidráulica		—		
Combustión Interna		—	Otto, Diesel	DIESEL GASOLINA
		100.0%		

Tabla 1.2 Participación en la generación de electricidad en México durante 1994, según tipo de planta, ver informe CFE (1994).

CARACTERIZACION ENERGÉTICO-AMBIENTAL

Se consideraron tres parámetros energéticos relevantes para la caracterización ambiental de las energías disponibles: E1, consumo; E2, calidad, y E3 renovabilidad.

E1 - Cantidad

El parámetro Cantidad de una Energía Disponible es directamente proporcional al consumo de energía mexicano presente (E1P), reportado en el Balance Nacional de Energía de 1994, ver SE (1994), donde se obtuvieron las cantidades (expresadas en unidades de energía, PJ) de los diferentes energéticos consumidos durante ese periodo, ver columna E1P de la tabla 1.3.

Con el objeto de manejar valores normalizados entre 0 y 1, que se van a utilizar posteriormente, se definió el parámetro E1 como el cociente entre la Energía Disponible i (ED_i) y la Energía Disponible de mayor consumo ($ED_{\max}$).

$$E1 = \frac{ED_i}{ED_{\max}}$$

Donde:

i = índice de $ED = [1,21]$

Los resultados se presentan en la columna E1 de la tabla 1.3, Cantidad Normalizada o simplemente se le denominará parámetro de Cantidad en lo sucesivo.

E2 - Calidad

La Calidad de un energético (E2) se determina dependiendo del impacto que tiene la ED sobre el ambiente, varía dependiendo de la tecnología que lo utilice. Adquiere el valor de: factores de emisión (FE) (al aire, agua y suelo), o factores de uso (agua y suelo), o características físicas y bioquímicas del agua. En la segunda columna de la tabla 1.3 se presentan los factores de emisión de CO_2 del Gas LP cuando es utilizado por un calentador de agua.

E3 - Renovabilidad

Como renovabilidad se entiende la manera con la cual el ser humano explota los recursos energéticos disponibles ED. Si éstos son explotados a una tasa mayor que la tasa con la cual se generan naturalmente, como sucede en la actualidad con la leña, entonces se le considera un recurso no renovable. En caso contrario, el recurso es renovable. En la columna E3 de la tabla 1.3 se muestran las ED identificadas como renovables con un cero y las no renovables con la unidad.

Energía Disponible		Cantidad Presente E1P	Cantidad Normalizada E1	Calidad E2	Renovabilidad E3
		[PJ]	[adim]	[kg CO ₂ /GJ]	[adim]
e1	Carbón	128.26	0.12485		1
e2	Coque	74.41	0.07243		1
e3	Bagazo	70.20	0.06834		1
e4	Leña	246.02	0.23948	191.18	1
e5	Carbón Vegetal	n.d.	n.d		1
e6	Combustóleo	292.81	0.28502	135.01	1
e7	Diesel	506.85	0.49336		1
e8	Gasolina	1027.33	1.00000		1
e9	Querosina	113.02	0.11002		1
e10	Gas LP	409.98	0.39908	82.52	1
e11	Gas Natural	657.26	0.63978	73.36	1
e12	Biogas (metano)	0.00	0.00000		1
e13	Hidrógeno	0.00	0.00000		1
e14	Electricidad red central	106.00	0.10318	97.13	1
e15	Solar Fotovoltaica	0.06	0.00006		0
e16	Solar Fototérmica	0.93	0.00090		0
e17	Solar Fototérmica- Eléctrica	0.00	0.00000		0
e18	Eólica Eléctrica	0.04	0.00004		0
e19	Eólica Mecánica	0.00	0.00000		0
e20	Microhidráulica Eléctrica	0.00	0.00000		0
e21	Microhidráulica Mecánica	0.00	0.00000		0

Tabla 1.3 Listado de Energías Disponibles junto con los valores presentes (1994) de los parámetros energéticos utilizados para su caracterización ambiental. En el caso del parámetro E2 se ejemplifica con el factor de emisión de bióxido de carbono de cada una de las ED consideradas.

Capítulo 2. Tecnología

Por tecnología se entiende a la totalidad de medios y procedimientos para proporcionar objetos necesarios para el mantenimiento y confort de los humanos, Martínez (1990). Las tecnologías relacionadas con el aprovechamiento de las fuentes de energía con el fin de proporcionar objetos necesarios para el mantenimiento y confort de los humanos, se llaman **tecnologías energéticas**, y se les utiliza para extraer, transformar, distribuir y consumir las diferentes formas de energía. En otras palabras, una **tecnología del sector energético** es la totalidad de los recursos, medios y procedimientos para proporcionar las diferentes formas de energía (calor, fuerza motriz y electricidad principalmente), necesarias para la producción de bienes y para el aprovisionamiento de servicios para la vida humana, ver La Rovere (1989).

Del esquema de sistema energético, fig. 1.1, se observa que las tecnologías energéticas son las que hacen posible los procesos de: exploración de los recursos y determinación de los potenciales energéticos, la explotación de los recursos a través de la perforación de pozos como es el caso del petróleo y el gas natural, la transformación de energías primarias en secundarias, mediante refinación para la obtención de hidrocarburos ligeros, del transporte de todas las formas de energía su distribución y finalmente su uso final.

Como un objetivo del presente trabajo, es el evaluar los impactos ambientales debidos al empleo de de tecnologías energéticas de uso final, se introduce a continuación la metodología del **Análisis del Ciclo de Energía Total (CET)** desarrollado por la ISES (1992) como referencia principal.

El análisis CET de una tecnología energética considera todas las fases de un *ciclo de energía* (extracción, transporte, transformación y uso) y también considera el análisis temporal de las diferentes etapas del *ciclo de vida* del equipo y de las instalaciones (desde su construcción hasta su desmantelamiento). Mediante el CET se identifican y evalúan de manera global los efectos ambientales de las tecnologías energéticas.

Se incluye un recuento simultáneo de las emisiones y efectos ambientales en cada fase y cada etapa, inclusive de los materiales utilizados para construir la infraestructura energética (por ejemplo las emisiones debidas a la fabricación de cemento, metales y otros materiales, los cuales consituyen los impactos ambientales indirectos).

Los impactos ambientales se evalúan en una escala de 0 a 10, divididos en tres intervalos: de 0 a 3, 4 a 7 y 8 a 10. Un símbolo representante de uno de los intervalos se coloca en cada casilla de un arreglo matricial, donde los renglones son las diferentes tecnologías a considerar y las columnas son las etapas del ciclo de vida, lo cual permite comparar diferentes tecnologías energéticas sobre una base equitativa, ver tabla 2.1.

FASE —→ **PRE-OPERATIVA** **OPERATIVA** **POST-OPERATIVA**

Tabla 2.1 Matriz del Ciclo de Energía Total CET, ISES (1992)

Por ejemplo, si se desea saber qué tecnologías energéticas emiten partículas, en dicha tabla se observa que el Carbón, la Geotermia y la Biomasa son grandes emisoras de partículas e impactan sobre todo a la atmósfera y a la biodiversidad.

En este contexto, las TUF son tecnologías que se encuentran en la etapa de consumo del ciclo de energía y en la fase operativa de su ciclo de vida.

TECNOLOGÍAS DE USO FINAL ENERGÉTICO (TUF)

Para satisfacer (o realizar) cada uno de los usos finales energéticos que se mencionaron en el capítulo anterior, existen una o más tecnologías. Por ejemplo, en el calentamiento de agua para uso doméstico existen por lo menos tres tecnologías: el calentador de gas, el calentador eléctrico y el calentador solar, en este caso se pueden utilizar por lo menos tres diferentes tecnologías para satisfacer el mismo uso empleando tres diferentes energías disponibles. A estas tecnologías, donde el usuario decide cómo satisfacer el uso final deseado, se les llama **Tecnologías de Uso Final (TUF)**.

Martínez (1990) elaboró un listado de usos finales energéticos por sector, a cada uno de los 47 usos finales se le añadió el nombre de la TUF que lo satisface, ver tabla 2.2. Se decidió aglutinar estas tecnologías en diez tipos, partiendo de la observación de que el mismo principio de operación es común a varios usos finales y a varios sectores, siendo la nomenclatura la única diferencia, por ejemplo: un secador es un horno, cuyo fin sólo es evaporar el exceso de agua u otros líquidos, por lo tanto se le incluye dentro del nombre genérico de hornos (en este caso horno de secado).

Se distinguieron diez tipos de tecnologías de uso final las cuales convierten las energías disponibles a otras formas de energía: térmica, mecánica y electromagnética, a continuación, tabla 2.3, se presenta el listado de las tecnologías de uso final seleccionadas:

TUF	
<u>Tecnologías de Uso Final</u>	
<u>TÉRMICAS</u>	
t1	Calentador
t2	Estufa
t3	Horno
t4	Caldera
t5	Refrigerador
t6	Aire Acondicionado
<u>MECÁNICAS</u>	
t7	Motor móvil
t8	Motor fijo
<u>ELECTROMAGNÉTICAS</u>	
t9	Lámpara
t10	Electrocomunicaciones: Radio, TV, Teléfono, Computadora

Tabla 2.3 Listado donde se presentan los tipos de Tecnologías de Usos Finales seleccionados clasificados según su forma de energía.

Usos Finales de la Energía (UFE) por Sectores Económicos		
<u>SECTOR DOMÉSTICO</u>		
FORMA DE ENERGÍA	USO FINAL ENERGÉTICO (UFE)	TECNOLOGÍAS DE USO FINAL (TUF)
TÉRMICA	u1 Calentamiento de agua	Calentador
TÉRMICA	u2 Cocción de alimentos	Hoguera
TÉRMICA	u3 Potabilización de agua	Estufa
TÉRMICA	u4 Conservación de alimentos	Hoguera
TÉRMICA	u5 Calefacción ambiental	Estufa
TÉRMICA	u6 Refrigeración ambiental	Ozonificación
TÉRMICA	u7 Planchado de ropa	Refrigeración
TÉRMICA	u8 Secado de Ropa	Chimenea
MECÁNICA	u9 Bombeo de agua	Aire acondicionado
MECÁNICA	u10 Elevadores	Plancha
MECÁNICA	u11 Procesamiento de alimentos	Secadora
MECÁNICA	u12 Lavado de ropa	Motobomba
MECÁNICA	u13 Lavado de trastes	Motor eléctrico
ELECTROMAGNÉTICA	u14 Iluminación	Motor CI
ELECTROMAGNÉTICA	u15 Telecomunicaciones	Lavadora
		Lavadora
		Lámparas
		Radio, TV, Teléfono
<u>SECTOR COMERCIAL</u>		
FORMA DE ENERGÍA	USO FINAL ENERGÉTICO (UFE)	TECNOLOGÍAS DE USO FINAL (TUF)
TÉRMICA	u16 Acondicionamiento ambiental	Ventiladores
TÉRMICA	u17 -CP Baja Temperatura	Aire acondicionado
TÉRMICA	u18 -CP Alta Temperatura	Calentadores
TÉRMICA	u19 Conservación de alimentos	Secadores
TÉRMICA	u20 Refrigeración	Hornos
TÉRMICA	u21 Congelación	Calderas
MECÁNICA	u22 Fuerza motriz fija	Refrigerador
ELECTROMAGNÉTICA	u23 Iluminación	Bomba de calor
ELECTROMAGNÉTICA	u24 Telecomunicaciones	Refrigerador
		Bomba de Calor
		Refrigerador
		Congelador
		Bomba de Calor
		Motor CI
		Motores
		Lámpara
		Mechero
		Radio, TV, Teléfono

Tabla 2.2 Usos finales de la energía.

SECTOR SERVICIOS PÚBLICOS		
FORMA DE ENERGÍA	USO FINAL ENERGÉTICO (UFE)	TECNOLOGÍAS DE USO FINAL (TUF)
TÉRMICA	u25 Acondicionamiento ambiental	Aire Acondicionado
MECÁNICA	u26 Bombeo de agua-Potable	Motobomba
		Motobomba CI
		Bomba
MECÁNICA	u27 Bombeo de aguas-Negras	Motobomba
		Motobomba CI
MECÁNICA	u28 Fuerza motriz fija	Motor de CI
		Motor
ELECROMAGNÉT	u29 Alumbrado público	Lámparas
ELECROMAGNÉT	u30 Iluminación	Lámparas
ELECROMAGNÉT	u31 Telecomunicaciones	Radio, TV, Teléfono
SECTOR TRANSPORTE		
FORMA DE ENERGÍA	USO FINAL ENERGÉTICO (UFE)	TECNOLOGÍAS DE USO FINAL (TUF)
MECÁNICA	u32 Fuerza motriz móvil	Motor de CI
		Motor
SECTOR INDUSTRIAL		
	Calor de Proceso (CP)	
TÉRMICA	u33 -CP Baja Temperatura	Calentadores
		Secadores
TÉRMICA	u34 -CP Media Temperatura	Estufas
TÉRMICA	u35 -CP Alta Temperatura	Hornos
		Calderas
TÉRMICA	u36 Frío	Refrigeradores
		Aire acondicionado
MECÁNICA	u37 Fuerza motriz fija	Motor
ELECTROMAGNÉT	u38 Iluminación	Lámparas
ELECTROMAGNÉT	u39 Telecomunicaciones	Radio, TV, Teléfono
SECTOR AGROPECUARIO		
FORMA DE ENERGÍA	USO FINAL ENERGÉTICO (UFE)	TECNOLOGÍAS DE USO FINAL (TUF)
TÉRMICA	u40 -CP Media Temperatura	Estufas
TÉRMICA	u41 -CP Baja Temperatura	Calentadores
		Secadores
TÉRMICA	u42 Frío	Refrigeradores
MECÁNICA	u43 Bombeo e Irrigación	Motobomba
	Fuerza Motriz	
MECÁNICA	u44 -Fija	Motor
MECÁNICA	u45 -Móvil	Motor
ELECTROMAGNÉT	u46 Iluminación	Lámparas
ELECTROMAGNÉT	u47 Telecomunicaciones	Radio, TV, Teléfono

Tabla 2.2 Usos finales de la energía.

DESCRIPCIÓN DE LAS TECNOLOGÍAS DE USO FINAL

Las tecnologías genéricas t1 a t10 se describirán según la forma de energía que entregan.

Calor: se aplicó el criterio sobre intervalos de temperaturas de calor de proceso industrial para agrupar tecnologías, identificando las siguientes: los hornos y calderas son aplicaciones de alta temperatura, las estufas de temperatura media y los calentadores de baja temperatura. También se consideró su participación en el consumo global de energía para considerarlas como tipo de tecnología. Otras tecnologías relacionadas con el manejo de calor son las máquinas térmicas para producir frío. Por su participación importante en el consumo de electricidad se consideran los refrigeradores y los aires acondicionados.

Energía mecánica: los motores son los que, como su nombre lo indica, ponen en movimiento a nuestra actual civilización, se distinguen dos tipos: motores fijos, usados en maquinaria industrial y electrodoméstica, y los motores móviles que en sí mismos definen el sector transporte.

Electromagnética: en esta forma de energía se agrupan las tecnologías que sirven para iluminación (lámparas), y para electrocomunicaciones (teléfono, radio, televisión, computadoras etc.)

Las tecnologías no se agrupan según la energía disponible que utilizan sino inversamente, se presentan todas las ED que puede utilizar una TUF.

t1 Calentador

Se les llama así a los dispositivos que utilizan gas, diesel o electricidad para calentamiento de agua u otros fluidos, utilizados fuera del aparato, Sheinbaum (1994 y 1996). En el sector doméstico mexicano los calentadores consumen un promedio del 37% del gas LP consumido. Es una tecnología utilizada en el sector industrial para generar calor de proceso a bajas temperaturas menores a 100 °C.

t2 Estufa

Se les llama así a los dispositivos que utilizan gas, diesel o electricidad para cocción de alimentos. En el sector doméstico mexicano las estufas utilizan un promedio del 63% del gas LP consumido. En el sector industrial se les utiliza para generar calor de proceso a temperaturas intermedias entre 100 y 280 °C.

t3 Hornos

Se le llama así al dispositivo que transfiere calor directa o indirectamente a algún material deseado, dados sus intervalos de temperatura de operación en el sector industrial se considera de alta temperatura, mayores a 280 °C.

t4 Calderas

El término "caldera" se aplica a un dispositivo que sirve para generar: 1) vapor para procesos industriales, potencia o calefacción y 2) agua caliente para calefacción o uso general. Son unidades de alta temperatura donde se recircula un flujo de agua. Ver Shields (1979).

Las Calderas se clasifican según su capacidad C o su producción bruta de calor en: EPA (1985).

TIPO DE PLANTAS	UNIDADES SI J/hr	UNIDADES INGLESAS BTU/hr
Potencia	106×10^9 < C	100×10^6 < C
Industriales	10.6×10^9 < C < 106×10^9	10×10^6 < C < 100×10^6
Comerciales	0.5×10^9 < C < 10.6×10^9	0.5×10^6 < C < 10×10^6
Residenciales	C < 0.5×10^9	C < 0.5×10^6

t5 Refrigerador

Se le llama así a la máquina térmica que extrae calor de una cámara cerrada, bajando su temperatura con respecto a la temperatura ambiente, la cual puede llegar al punto de congelación del agua y a menores temperaturas.

t6 Aire Acondicionado

Se le llama así a la máquina térmica que extrae calor de un espacio cerrado bajando su temperatura con respecto a la temperatura ambiente con el fin de llegar a una temperatura de confort para el cuerpo humano.

Motores,

Debido a su gran aporte de fuerza mecánica, se puede decir que los motores fueron los que dispararon la revolución industrial y ahora forman parte indispensable de la vida moderna. Según su aplicación se les dividió en dos tipos:

t7 Motor móvil

El transporte es una de las principales aplicaciones de los motores, de hecho en México el sector Transporte es el principal consumidor final energético (datos del Balance Nacional de Energía, SE 1994). Se consideran motores de combustión (ciclos Otto, Diesel, Rankine) y eléctricos.

t8 Motor fijo

Los motores fijos son los que proporcionan la fuerza motriz para los demás sectores consumo final: Industrial, Agropecuario, Residencial, Comercial y Público. Por esta razón también es una fuente importante de contaminación. Se consideran motores de combustión (ciclos Otto, Diesel, Rankine), eléctricos, y con energéticos renovables (hidráulicos o eólicos),

t9 Lámparas

Se les llama así a los dispositivos utilizados para iluminación, se consideran varias tecnologías de lámparas dependiendo de la energía disponible que utilicen. Por lo tanto se presentan lámparas que iluminan por combustión, por incandescencia de un filamento y por fluorescencia de sustancias, estas últimas provocadas por una corriente eléctrica.

t10 Electrocomunicaciones

En esta clasificación se enmarca a toda una serie de aparatos eléctricos que cada vez ocupan una mayor cantidad de energía: Teléfono, Radio, Televisión y Computadora.

CARACTERIZACIÓN AMBIENTAL DE UNA TUF

Basándose en los indicadores utilizados para la caracterización de tecnologías energéticas presentados por Martínez (1990), se adoptaron tres parámetros cuyos cambios cuantitativos indican un cambio en el ambiente, estos son: T1, Estado de Uso/Mantenimiento; T2, Eficiencia, y T3, Sustentabilidad.

El parámetro T1 es el estado de uso-mantenimiento de una tecnología, se le calificó con una escala arbitraria entre 1 y 9, siendo 1 el mínimo de necesidades de mantenimiento y 9 el máximo. Esto se realizó para las 10 Tecnologías de Uso Final (TUF) seleccionadas con las respectivas Energías Disponibles (ED) que pueden utilizar, resultando en un total de 85 diadas Tecnología-Energía Disponible (TUF-ED).

Al parámetro T2 se le llamó eficiencia, pero en general se trata de un índice del comportamiento energético de una tecnología, cuánta energía se aprovecha del total de energía que recibe. Es una medida de la habilidad de una tecnología para llevar a cabo la función para la que fue diseñada.

En máquinas térmicas se le llama eficiencia o rendimiento y se encuentra acotado entre 0 y 1 o entre 0 y 100%, mientras que en máquinas térmicas de refrigeración se le conoce como COP (Coeficiente de Comportamiento por sus siglas en inglés) y es un valor usualmente mayor a la unidad. Finalmente en las lámparas se determina su eficiencia midiendo flujo luminoso entre la potencia [lumenes/Watt] y por lo tanto no están acotados. Este indicador T2 se debe definir para cada grupo de tecnologías. Entonces, para tecnologías de transporte de pasajeros, un índice disponible para evaluar su comportamiento es km/(lt combustible x pasajero).

El parámetro T3 está relacionado con el modo de uso de la energía por una tecnología, en principio una tecnología puede propiciar que una energía se utilice de manera sustentable (calificándose con el valor de 0) o que no se utilice de esa manera (valorándose con 1).

Capítulo 3. Ambiente

Se definen los conceptos de ambiente, en su parte natural y su parte antropogénica, y de impacto ambiental. Se describen algunas formas de evaluar impactos ambientales. Posteriormente se determinan y describen los 20 sujetos ambientales (SA) relevantes por sus interacciones con las tecnologías de uso final de la energía. Los SA se dividen en cuatro áreas: 1, Aire, donde se consideran las emisiones a la atmósfera; 2, Agua, donde se considera su uso y desechos en forma líquida; 3, Suelo, se considera su uso y desechos en forma sólida, y 4, Biodiversidad, donde se presentan algunas consecuencias sobre los organismos vivos debidos a la contaminación de las tres primeras áreas.

Por lo general la palabra ambiente puede referirse a distintas escalas, desde una global o una área localizada o hasta un pequeño volumen de material sólido, líquido o gaseoso dentro del reactor de una planta de tratamiento. El ambiente físico global consiste de la atmósfera, hidrósfera y litósfera en la cual están contenidas los recursos que sustentan la vida en el planeta o sea la biósfera.

En lo sucesivo se entenderá por ambiente a lo que no solo implica lo natural (el sistema físico y biológico que rodea al ser humano), sino también a lo antropogénico; es un conjunto compuesto por: la pobreza, los ecosistemas, el dispendio energético, las tecnologías energéticas, la salud, la productividad, el nivel y la calidad de vida, la degradación de los recursos naturales, los movimientos demográficos, las legislaciones, y la estructura administrativa institucional, ver Martínez (1990).

Los productos de desperdicio o desechos de la actividad natural en su forma gaseosa, líquida o sólida son vertidos a la biósfera desde el comienzo de los tiempos. Ésta ha recibido y asimilado los desperdicios generados por la vida animal y vegetal. Los sistemas naturales siempre han estado activos, dispersando el humo de fuegos en los bosques, diluyendo los desechos de animales al lavarlos en corrientes y ríos, y convirtiendo los desechos de generaciones pasadas de plantas y animales, en un suelo lo suficientemente rico como para sostener a generaciones futuras.

Para cada acto natural de contaminación, para cada alteración indeseable en las características físicas, químicas o biológicas del ambiente, que ha erosionado la calidad del ambiente inmediato o local, ha habido acciones naturales que han restaurado esa calidad. Sólo en años recientes se ha recapacitado en que la capacidad sostenedora y asimiladora de la biosfera, llamada Capacidad de Carga no es infinita a pesar de ser muy grande, ver Postel (1994). A pesar de que el sistema ha operado por millones de años, ya ha empezado a mostrar signos de tensión, debidos principalmente al impacto que las actividades humanas han causado en el ambiente según Peavy (1985).

Se le llama Contaminación Antropogénica, o simplemente Contaminación, a la introducción en el ambiente de sustancias o energía con tendencias a causar riesgos a la salud humana o daños a la biodiversidad y a los ecosistemas, y que puede interferir con usos legítimos del ambiente, ver UNEP (1985). A la contaminación se le juzga por sus efectos o impactos en el ambiente o en los valores sociales. Si existe daño o modificación a las

estructuras o interferencia con los usos legítimos del ambiente, a las sustancias o energías que causan dicho efecto se les llama por definición Contaminantes y a sus efectos Impactos Ambientales, Bojórquez (1989). Los contaminantes una vez salidos de su fuente, siguen diferentes trayectorias al dispersarse en el ambiente. Los sumideros últimos son el agua, el suelo y el aire, de forma separada o conjunta. Sin embargo, puede existir una acumulación temporal o definitiva de contaminantes en seres vivos, la llamada bio-acumulación, los cuales pueden: 1) retener el contaminante hasta su muerte, que luego se reintegra a los sumideros mencionados o 2) lo retienen con la posibilidad de sufrir o no cambios en su estructura, ver Barker (1992). Por las razones anteriores, se considera conveniente tratar a la trayectoria de los contaminantes a través de los seres vivos como un sujeto ambiental al que se denominará biodiversidad, y es independiente de los tres sujetos ambientales usualmente considerados.

Los contaminantes antropogénicos han sobrecargado al sistema. La sobrecarga se presentó relativamente tarde en el curso de la interacción humana con el ambiente, tal vez porque las sociedades primitivas estaban preocupadas principalmente con satisfacer sus necesidades primarias (las cuales comparte con la mayoría de los mamíferos mayores). Estas personas no habían tenido que enfrentarse con la preocupación de cumplir con necesidades adquiridas asociadas con civilizaciones más avanzadas.

Sólo cuando se descubrió que los ríos, el aire y el suelo contaminados podían ejercer un impacto igualmente negativo en la salud humana, los placeres estéticos y culturales y las oportunidades económicas para los humanos, éstos comenzaron a preocuparse por su propia sobrevivencia.

La degradación ambiental causada por contaminantes producidos por la actividad humana está definida por la introducción humana en el medio ambiente de sustancias o energías que pueden causar daños a la salud humana, a los recursos biológicos y sistemas ecológicos, al patrimonio estético y cultural y al uso futuro de los recursos naturales

Energía de Desecho: la forma más común de desechar energía se realiza mediante el agua de enfriamiento, que después de cumplir su función se encuentra caliente y puede modificar al ecosistema, pudiendo inclusive matar a algunas especies debido a un shock térmico. Como la energía de desecho en grandes cantidades es producida por tecnologías transformadoras o generadoras de electricidad, y no por las tecnologías de uso final TUF, en lo sucesivo se hará mayor número de referencias a la materia de desecho que la energía de desecho Murarka(1987).

Existen varias maneras de clasificar la materia de desecho o residual, según su estado físico éstos pueden ser líquidos, gaseosos, o sólidos. Sin embargo, estos estados pueden encontrarse íntimamente ligadas a un *ciclo de conversión*. Suele suceder que una vez que se generó un desecho líquido, éste puede ser transformado a un desecho sólido, lo mismo puede suceder con los desechos gaseosos. Cuando se incineran los desechos sólidos, esto puede resultar en la producción de desechos gaseosos y líquidos a su vez.

En lo sucesivo se considerarán los desechos o residuos de materia, tal como se produjeron o se emitieron sin pasar por ciclos de conversión, lo anterior se debe al objetivo de simplificar el análisis.

Según Rivero (1993) la contaminación atmosférica ha ocasionado problemas de mucha preocupación en este siglo, ya que ha causado malestares y daños a la salud. En las grandes ciudades, donde se monitorean los contaminantes y se realizan estudios epidemiológicos, es donde se ha comprobado que altos niveles de estos gases amenazan directa o indirectamente a la salud humana. Por estas razones la contaminación al aire es la más estudiada y más combatida. También debido a que es la única que alcanza escalas globales.

EVALUACIÓN DEL IMPACTO AMBIENTAL (EIA)

Las variables que representan características del ambiente se les conoce como atributos, o como en los sucesos se les denominará *Sujetos Ambientales* (SA), los cambios en los sujetos ambientales proveen indicadores para cambios en el ambiente. Estos cambios en los atributos y en sus interrelaciones se definen como impactos ambientales, que pueden ser cualitativos o cuantitativos, directos o indirectos, de corto o mediano plazo (según la temporalidad en su manifestación), de corta o larga duración, reversibles o irreversibles, de efectos acumulativos, de efectos sinérgicos: i.e. suceden cuando la suma de los factores individuales es mayor a la suma de sus contribuciones aisladas, y en general pueden ser alteraciones favorables o desfavorables para el medio ambiente.

Debido a que el ambiente se constituye por factores naturales y humanos, es difícil caracterizarlo por sus abundantes atributos o elementos y las complejas interrelaciones entre ellos. El deterioro del medio ambiente ha provocado que los humanos se preocupen por cuantificarlo, con el objetivo de definir la magnitud del problema.

La valorización del impacto ambiental siempre se ve afectada por una subjetividad intrínseca: determinados efectos pueden ser evaluados diferentemente por los diversos grupos de interés afectados por un proyecto, llegando hasta el caso extremo de presentarse casos donde un mismo impacto es considerado benéfico para unos y perjudicial para otros.

Con el nivel actual de conocimientos, sólo en algunos casos es posible evaluar cuantitativamente y con precisión los impactos ambientales, sin embargo no por eso se deben menospreciar los impactos que sólo se pueden evaluar cualitativamente, Jimenez (1994).

A continuación se presentan algunas de las metodologías desarrolladas con el fin de realizar Evaluaciones de impacto ambiental

a) Superposición de mapas temáticos: (sistemas cartográficos)

Estos métodos de elaboración de cartas de responsabilidad ecológica, son útiles principalmente para el análisis de la situación de referencia del ambiente regional, antes de la implantación de un plano o proyecto.

b) Matrices de interacción (matrices de Leopold)

Estos métodos son los más apropiados para identificar los impactos y procurar sistematizar la presentación comparativa de las diversas alternativas del proyecto.

c) Sistemas de redes y cadenas

Se trata de una variante de los métodos tipo b), son útiles para hacer viables las relaciones entre los factores de impacto ambiental y sus efectos directos e indirectos.

d) Listas de chequeo e integración de indicadores

Estos engloban desde simples listados de factores ambientales característicos del sistema en estudio, hasta métodos bastante complejos para asignarles pesos relativos

para jerarquizar los impactos ambientales o la eficacia de las medidas de mitigación (atenuantes) propuesta: en un nivel de mayor sofisticación como de jerarquización, estas metodologías pueden prestarse a la selección de alternativas.

e) Métodos cuantitativos

Son modelos de previsión del comportamiento de un sistema, incluyendo la cuantificación de los impactos ambientales con vistas a la selección de la alternativa óptima del proyecto.

Aspectos generales de las Evaluaciones de Impacto Ambiental según Rau (1980).

1. Ninguno de los métodos ofrece una manera expedita de incluir aspectos sobre la duración o temporalidad de un impacto.
2. Con estas técnicas se tiene una idea global del efecto global al ambiente de un cierto proyecto, por lo que deben de servir sólo como información al público en general y a los tomadores de decisiones involucrados.
2. Son cuantitativamente útiles sólo las diferencias entre opciones, o escenarios o alternativas. Porque la calificación global por sí misma carece de significado porque está basada en una escala dada que puede tener muchos elementos de subjetividad.

ESQUEMAS DE VALUACIÓN

La metodología de matrices de interacción desarrollada por Leopold (1971), consiste de un esquema de valuación donde los impactos ambientales son evaluados según su magnitud (M) y su importancia (I). El término magnitud, se refiere a la extensión, al grado, o a la escala del impacto sobre factores ambientales específicos. A la M se le asignan valores enteros entre -5 y 5 de menor a mayor magnitud y pueden ser valores positivos o negativos, dependiendo de si genera efectos benéficos (valores positivos) o adversos (valores negativos). La importancia (I) ó también denominada significancia, es el peso que se le confiere a una acción particular sobre el factor ambiental específico, que se está analizando. También se le asignan valores enteros entre 0 y 5 de menor a mayor importancia.

El esquema desarrollado por Leopold es uno de los esquemas de valuación más completos, consiste de una matriz donde en el eje horizontal se listan 88 características-unidades- atributos-sujetos ambientales que pueden sufrir un cambio al desarrollar un proyecto y en el eje vertical 100 actividades-acciones que se realizan dentro del proyecto. Considerando un total de 8800 interacciones posibles y puede modificarse según sea el caso aumentando o disminuyendo el tamaño de la matriz. En los elementos de la matriz donde existen interacciones se colocan los valores de I y M. En la tabla 3.1a se presentan las columnas, las cuales son las acciones o actividades que pueden causar un impacto ambiental, y en la tabla 3.1b se presentan los 88 renglones de dicha matriz, que son las características del ambiente.

El valor de este esquema es que provee de una manera de comparar cuantitativamente alternativas sólo escogiendo la calificación total de los impactos como la suma pesada de las magnitudes de cada impacto.

Sin embargo, se corre el riesgo de introducir subjetividad al escoger una escala para magnitud e importancia y al asesorar si un impacto es benéfico o adverso.

I. ACCIONES PROPUESTAS QUE PUEDEN CAUSAR UN IMPACTO AMBIENTAL	
<u>A. MODIFICACIÓN DE RÉGIMEN</u>	1 a. Introducción de fauna y flora exóticas 2 b. Controles biológicos 3 c. Modificación del hábitat 4 d. Alteración de la cubierta del suelo 5 e. Alteración de la hidrología de aguas subterráneas 6 f. Alteración del drenaje 7 g. Control de ríos y modificación del flujo 8 h. Canalización 9 i. Irrigación 10 j. Modificación del clima 11 k. Quema 12 l. Superficie pavimentada 13 m. Vibración y ruido
<u>B. TRANSFORMACIÓN DEL SUELO Y CONSTRUCCIÓN</u>	14 a. Urbanización 15 b. Edificios y sitios industriales 16 c. Aeropuertos 17 d. Autopistas y puentes 18 e. Caminos y braches 19 f. Vías férreas 20 g. Cables y elevadores 21 h. Líneas de transmisión, tuberías y comedores 22 i. Barreras, incluyendo el cercado. 23 j. Dragado de canales y su alineamiento 24 k. Revestimiento de canales 25 l. Canales 26 m. Presas y embalses 27 n. Muelles, muelles, puertos y rompeolas 28 o. Estructuras en alta mar 29 p. Estructuras recreacionales 30 q. Dinamitado y perforado 31 r. Cortado y rellenado 32 s. Túneles y estructuras subterráneas
<u>C. EXTRACCIÓN DE RECURSOS</u>	33 a. Dinamitado y perforado 34 b. Excavación superficial 35 c. Excavación subterránea 36 d. Perforación de pozos y remoción de fluidos 37 e. Dragado 38 f. Deforestado e industria maderera 39 g. Caza y pesca comercial 40 a. Agricultura 41 b. Pastos y ganadería 42 c. Lotes alimenticios 43 d. Lácteos 44 e. Generación de energía 45 f. Procesado de minerales 46 g. Industria metalúrgica 47 h. Industria Química 48 i. Industria Textil 49 j. Automóviles y aviones 50 k. Refinación del petróleo 51 l. Alimentos 52 m. Productos de la madera 53 n. Pupa y papel
<u>E. ALTERACIÓN DEL SUELO</u>	54 a. Almacenamiento de productos 55 a. Control de erosión y terrazo 56 b. Sellado de minas y control de desechos 57 c. Rehabilitación de minería a cielo abierto 58 d. Modificación del paisaje 59 e. Dragado para puertos 60 f. Relleno y drenaje de pantanos.
<u>F. RENOVACIÓN DE RECURSOS</u>	61 a. Reforestación 62 b. Preservación y manejo de la vida silvestre 63 c. Recarga de mantos acuíferos 64 d. Aplicación de fertilizantes 65 e. Reciclado de desechos 66 a. Ferrocarriles 67 b. Automóviles 68 c. Camiones de carga 69 d. Barcos 70 e. Aviones 71 f. Tráfico por ríos y canales 72 g. Navegación recreativa 73 h. Braches 74 i. Cables y elevadores 75 j. Comunicación 76 k. Ductos
<u>H. DISPOSICIÓN Y TRATAMIENTO DE DESECHOS</u>	77 a. Desechos al océano 78 b. Relleno sanitario 79 c. Disposición de pajas, desechos y sobrantes. 80 d. Almacenaje subterráneo 81 e. Disposición de chatarra 82 f. Derrames de pozos petroleros 83 g. Localización de pozos profundos 84 h. Descargas de agua de enfriamiento 85 i. Descargas de desechos municipales incluyendo irrigación via spray? 86 j. Descarga de efluentes líquidos 87 k. Estabilización de lagunas de oxidación 88 l. Tanques sépticos (comerciales y domésticos) 89 m. Emisiones de chimeneas y de escapes. 90 n. Lubricantes usados
<u>I. TRATAMIENTOS QUÍMICOS</u>	91 a. Fertilización 92 b. Tratamiento químico de supercarbamidas 93 c. Estabilización química del suelo 94 d. Destierro 95 e. Control de insectos (pesticidas)
<u>J. ACCIDENTES</u>	96 a. Explosiones 97 b. Derrames y fugas 98 c. Fallos de operación
<u>OTROS</u>	99 a. 100 b.

Tabla 3.1a) Acciones propuestas que pueden causar un impacto ambiental, según Leopold (1971) en su matriz de información para impactos ambientales.

II. CARACTERÍSTICAS Y CONDICIONES DEL AMBIENTE

A. CARACTERÍSTICAS FÍSICO-QUÍMICAS

1. SUELO

- 1 a. Recursos minerales
- 2 b. Material de construcción
- 3 c. Suelos
- 4 d. Conformación del terreno
- 5 e. Campos de fuerza y radiación
- 6 f. Características físicas únicas
- 7 a. Superficie
- 8 b. Océano
- 9 c. Submarino
- 10 d. Calidad
- 11 e. Temperatura
- 12 f. Recarga
- 13 g. Nieve, hielo y heladas.
- 14 a. Calidad (gases, partículas)
- 15 b. Clima (micro y macro)
- 16 c. Temperatura
- 17 a. Inundaciones
- 18 b. Erosión
- 19 c. Depósito (sedimentación, precipitación)
- 20 d. Solución
- 21 e. Sorción (intercambio iónico)
- 22 f. Compactación y asentamiento
- 23 g. Estabilidad
- 24 h. Tensión-esfuerzo (terremotos)
- 25 i. Movimientos de aire

2. AGUA

3. ATMÓSFERA

4. PROCESOS

B. CONDICIONES BIOLÓGICAS

1. FLORA

- 26 a. Árboles
- 27 b. Arbustos
- 28 c. Pastos
- 29 d. Cosechas
- 30 e. Microflora
- 31 f. Plantas acuáticas
- 32 g. Especies en peligro de extinción
- 33 h. Barreras
- 34 i. Corredores
- 35 a. Pájaros
- 36 b. Animales terrestres incluyendo reptiles
- 37 c. Peces y crustáceos
- 38 d. Organismos bentónicos
- 39 e. Insectos
- 40 f. Microfauna
- 41 g. Especies en peligro de extinción
- 42 h. Barreras
- 43 i. Corredores

2. FAUNA

C. FACTORES CULTURALES

1. USO DE LA TIERRA

- 44 a. Espacios abiertos y silvestres
- 45 b. Pantanos
- 46 c. Explotación forestal
- 47 d. Pastizales
- 48 e. Agricultura
- 49 f. Residencial
- 50 g. Comercial
- 51 h. Industrial
- 52 i. Minería
- 53 a. Caza
- 54 b. Pesca
- 55 c. Navegación
- 56 d. Natación
- 57 e. Campismo y excursionismo
- 58 f. Días de campo
- 59 g. Hoteles
- 60 a. Vistas escénicas y escenarios
- 61 b. Calidad silvestre
- 62 c. Calidad del paisaje
- 63 d. Diseño del paisaje
- 64 e. Características físicas únicas
- 65 f. Parques y reservas
- 66 g. Monumentos
- 67 h. Especies y ecosistemas raros o únicos
- 68 i. Sitios y objetos históricos o arqueológicos
- 69 j. Presencia de inadecuados
- 70 a. Patrones culturales (estilo de vida)
- 71 b. Salud y seguridad
- 72 c. Empleo
- 73 d. Densidad de población
- 74 a. Estructuras
- 75 b. Red de transporte (acceso a movimientos)
- 76 c. Redes de plantas eléctricas
- 77 d. Disposición de desechos
- 78 e. Barreras
- 79 f. Corredores

2. RECREACIÓN

3. INTERESES HUMANOS Y ESTÉTICOS

4. ESTATUS CULTURAL

5. INSTALACIONES ANTROPOGÉNICAS Y ACTIVIDADES

D. RELACIONES ECOLÓGICAS COMO

- 80 a. Salinización de recursos hídricos
- 81 b. Eutrofización
- 82 c. Vectores de enfermedades via insectos
- 83 d. Cadenas alimenticias
- 84 e. Salinización de material superficial
- 85 f. Extracción de metales
- 86 g. Otros

E. OTRAS

- 87 a.
- 88 b.

Tabla 3.1b) Características y condiciones del ambiente consideradas por Leopold (1971) en su matriz de información para impactos ambientales.

SUJETOS AMBIENTALES

Aunque todos los Sujetos Ambientales están fuertemente interrelacionados entre sí, se proponen las siguientes áreas ambientales: aire, que abarca principalmente las concentraciones y las alteraciones a éstas de diferentes gases y partículas en la atmósfera; el agua, que tiene que ver con el uso que se le da a este recurso y las variables que indican su calidad; el suelo, que también tiene que ver con su uso y con diferentes desechos que lo contaminan y, finalmente, la biodiversidad que es en sí un indicador de salud de un ecosistema, y que en este caso engloba a la salud humana por un lado y la flora y fauna por el otro. En la tabla 3.2 se listan los sujetos ambientales que serán considerados por su íntima relación con el uso final de la energía.

SA	
<u>SUJETOS AMBIENTALES</u>	
AIRE (a)	
a1	CO ₂
a2	CO
a3	NO _x
a4	SO _x
a5	Part
a6	VOC
a7	O ₃
AGUA (h)	
h1	Consumo
h2	Fugas de combustible, aceites y grasas
h3	Sólidos Suspendidos Totales (SST)
h4	Sólidos Disueltos Totales (SDT)
h5	Demanda Bioquímica de Oxígeno (DBO)
h6	Demanda Química de Oxígeno (DQO)
SUELO (s)	
s1	Uso intensivo
s2	Ceniza y escoria
s3	Fugas de combustible, aceites y grasas
BIODIVERSIDAD (b)	
b1	Muertes
b2	Días de trabajo perdidos
b3	Flora
b4	Fauna

Tabla 3.2 Se presentan las cuatro áreas ambientales con los diversos atributos o sujetos ambientales considerados en este estudio.

Estos 20 SA se eligieron por ser los que mejor reflejan las acciones humanas relacionadas en particular con el uso de la energía que pueden causar impactos ambientales (y también en general con el Ciclo de Energía Total presentado en el capítulo anterior), a este tipo de acciones o actividades humanas se les llamará *Energogénicas*. Lo anterior se puede observar a través de la comparación de las tablas 3.1a y 3.2, Leopold a pesar de enlistar 88 características, para la Atmósfera, sólo menciona la calidad como una característica físico-química general, en cambio, en el presente estudio para el aire se

presentan 7 factores de emisión de gases traza que nos indican de manera mucho más precisa la calidad del aire. Esto se debe a que la mayoría de los contaminantes que surgen de la quema de combustibles van directamente a la atmósfera.

De manera similar para el Agua, en la tabla 3.2 se presentan 6 sujetos ambientales, cuatro son parámetros de calidad del agua, en particular con sus propiedades físico-químicas, otro tiene que ver con la cantidad de agua que se necesita reponer debido a evaporación principalmente y otra SA considera específicamente la contaminación debida a derivados del petróleo. Mientras que Leopold engloba a varios de estos parámetros como "Calidad del agua".

De esta manera, al excluir muchas de las características enlistadas por Leopold, y ampliar otras, se ha creado una lista de sujetos ambientales que se encuentra especializada para reflejar directamente las interacciones de un ciclo de vida energético con el ambiente.

A continuación se presenta una breve descripción de los sujetos ambientales.

DESCRIPCIÓN DE LOS SUJETOS AMBIENTALES

AIRE (a)

Los atributos del aire son factores que indican la calidad del aire. Básicamente existen dos tipos de factores ambientales que se relacionan con la calidad del aire:

1. Elementos estructurales del ambiente.
2. Emisiones debidas a actividades humanas que alteran las concentraciones normales de estos gases, concentraciones en equilibrio.

Los factores relacionados a la estructura y elementos del ambiente atmosférico son la estabilidad, temperatura, profundidad de mezclado, velocidad del viento, dirección del viento, humedad, precipitación, presión y topografía.

Los factores que se consideran en el presente estudio son los relacionados con las emisiones antropogénicas como: gases, polvo, ceniza, humo, partículas y metales pesados. Los cuales se pueden cuantificar mediante factores de emisión.

Los factores de emisión son promedios derivados de una gran cantidad de datos obtenidos al monitorear los niveles de emisión de un mismo tipo de actividad o tecnología que se utiliza en diferentes lugares y en diferentes condiciones, se expresan usualmente en unidades de masa del contaminante por unidad de actividad. IPCC (1991). Por ejemplo $FE(CO_2) [=] \text{kg } CO_2 / \text{PJ}$.

En general, los factores de emisión del CO_2 son muy cercanos a la cantidad de carbón en el combustible, y para los demás gases de combustión, los factores de emisión dependen de otros factores (la tecnología de combustión, condiciones de la combustión, tecnologías de control, etc.).

a1 Bióxido de Carbono (CO_2)

Debido a que existe una opinión mayoritaria en la comunidad científica internacional de que el incremento sostenido de la concentración de gases invernadero (CO_2 , metano, clorofluorocarbonos y óxido nitroso entre otros) producirá un aumento en la temperatura superficial del planeta (ver IPCC (1995), Masera (1995), por lo cual a raíz de esta hipótesis al CO_2 se le considera un contaminante atmosférico a pesar de ser el principal alimento de la cubierta vegetal del planeta y por lo tanto indispensable para la vida humana. Aproximadamente $2/3$ de las emisiones de CO_2 se deben a la quema de combustibles fósiles, el resto se debe a causas naturales como incendios forestales, respiración de seres vivos etc.

a2 Monóxido de Carbono (CO)

El monóxido de carbono es uno de los contaminantes más comunes. La mayoría del CO atmosférico es producido por la combustión incompleta de residuos sólidos y de combustibles fósiles utilizados para propulsión de motores y producción de calor. Todas las actividades involucradas en la combustión de materia orgánica son fuentes de CO .

a3 Óxidos de Nitrógeno (NO_x)

Los óxidos de nitrógeno resultan de la reacción de nitrógeno con oxígeno, junto con los VOC producen lo que se le llama smog fotoquímico. La concentración de NO_x se mide en partes por millón ppm por volumen.

Muchos óxidos de nitrógeno se encuentran en el ambiente urbano, los más importantes son el óxido nítrico (NO) y el dióxido de nitrógeno (NO_2). Además, el óxido nitroso (N_2O) es otro óxido de nitrógeno presente en la atmósfera. El término NO_x se utiliza frecuentemente para representar la concentración atmosférica compuesta de todos los óxidos de nitrógeno presentes en el ambiente. Los óxidos de nitrógeno se forman durante procesos de combustión a alta temperatura.

a4 Óxidos de Azufre (SO_x)

Los óxidos de azufre son contaminantes comunes, generados principalmente por la quema de combustibles. Los combustibles fósiles sólidos y líquidos contienen gran cantidad de azufre en forma de sulfatos y compuestos orgánicos de azufre. La quema de combustibles fósiles produce normalmente 1 parte de trióxido de azufre por 30 partes de dióxido de azufre. Ver Jain (1981).

a5 Partículas

Existen en forma de minúsculos trozos de materia suspendidos en el aire. Las partículas pueden encontrarse en estado sólido o líquido, varían de tamaño desde un diámetro de .01 micrones hasta 100 micrones. Las partículas suspendidas más pequeñas (menores a 10 micrones) pueden dispersar luz y comportarse como un gas y se les llama aerosoles o PM_{10} . Jain (1981).

a6 Compuestos Orgánicos Volátiles (VOC)

El sujeto ambiental VOC se define como la concentración total de hidrocarburos presentes en la atmósfera. Los VOC son compuestos orgánicos que consisten de carbono y oxígeno, los cuales agrupan muchos compuestos orgánicos o hidrocarburos que se emiten al quemarse derivados del petróleo. Las emisiones al aire debidas a los automóviles son las

responsables de más de la mitad de los VOC (por sus siglas en inglés). El resto de los VOC provienen de fuentes naturales como materia orgánica en descomposición en la tierra o en pantanos, neblinas de hidrocarburos provenientes de plantas y vegetación forestal, áreas geotérmicas, minas de carbón, pozos de gas natural y de petróleo, e incendios forestales.

Los gases que comprenden a las VOC son: metano, etano, propano y derivados de compuestos orgánicos alifáticos y aromáticos.

a7 Ozono (O₃)

El ozono es un oxidante fotoquímico producto de las reacciones realizadas en presencia de radiación solar entre hidrocarburos (VOC) y óxidos de nitrógeno (NO_x), a los que se les conoce también con el nombre de compuestos precursores del ozono. El ozono no es el único oxidante fotoquímico producido en estas reacciones pero es el más frecuente e identificable. Las técnicas de medición atmosféricas miden las propiedades oxidantes netas de los contaminantes atmosféricos y se reportan estas concentraciones de oxidantes fotoquímicos en concentraciones equivalentes de ozono. Jain(1981).

En la tabla 3.3 se presentan algunas propiedades y efectos en la salud de los sujetos ambientales del aire aquí descritos. El concepto de Potencial de Calentamiento Global (GWP por sus siglas en inglés), se desarrolló para comparar la habilidad de cada gas invernadero para atrapar calor en la atmósfera con relación al CO₂ (escogido como referencia por organismos internacionales). Ver EPA (1994)

AGUA (h)

Los sujetos ambientales del agua elegidos son factores que reflejan su interacción con los humanos, por una parte la cantidad de agua que es necesaria para mantenerlos y por otra parte datos que reflejen la calidad del agua una vez que fue utilizada y que regresa a sus fuentes. Se buscan datos de cada uno de los sujetos ambientales en términos de la energía consumida.

h1 Consumo

Es el agua que se debe reponer para continuar un proceso. En general se requiere agua para enfriamiento de equipos, de la cual se evapora una parte. En el caso de calderas el agua es el fluido de trabajo que se convierte en vapor, la cual también debe reponerse para continuar con el proceso.

h2 Fugas de combustible, aceites y grasas

Los aceites y combustibles derramados de manera accidental en cuerpos de agua superficiales, forman una película muy delgada, pero que destruye la vida acuática.

h3 Sólidos Suspendidos Totales (SST)

Los sólidos suspendidos es materia no disuelta en el agua. Se les distingue de los sólidos disueltos mediante pruebas de filtrado en el laboratorio. Comprende a los sólidos sedimentables, flotantes (con peso específico menor que el del agua) y sólidos no sedimentables (en suspensión coloidal). Pueden contener compuestos orgánicos o inertes.

SUJETOS AMBIENTALES		a1	a2	a3	a4	a5	a6	a7
CARACTERÍSTICAS		CO2	CO	NOx	SOx	Part	VOC	O3
Tiempo promedio de residencia en la atmósfera		100 años	meses	días	días-semanas	7 a 40 días	10 años (CH4)	días
EFECTO INVERNADERO		SI +		SI +	NO -		SI +	
GWP Potencial invernadero		1		270 (N2O)			11 a 22	
Precursor ozono			SI	SI			SI	
Fuentes			CCF incompleta	CCF, Comb Biomasa, rayos, del N2O (estratosferico)	Metalurgia, Comb Biomasa, Comb Desperdicios sólidos			S. industrial, transporte, solventes, Comb BioMasa, CCF incompleta (CH4)
Sumideros							Radicales OH-	
EFECTOS EN LA SALUD HUMANA	Molestias		SI- falta de percepción y sentido de alerta	SI- Tos bronquitis (N2O)	SI- Bronquitis	SI- Limpieza nariz, enfisema, asma, bronquitis		SI - Irritación mucosas
	Cáncer	NO	NO	NO	NO	SI	SI	NO
	Dosis Letal		Asfixia	4000 ppm Edema, Asfixia (NO2)	1.3 ppm en 48 hrs + PST	4.5 mg/m³, 750 microg/m³ en 24 hr		6 ppm
	[microg/m³]		14872	395	340	275 en 24 hrs		216
LIMITES	100 IMECA		13 ppm/8hr	.21 ppm/hr	.13 ppm/24hr			.11 ppm /hr
	500 IMECA		50 ppm/8hr	2 ppm/hr	1 ppm/24hr	1000		.6 ppm/hr
Clean Air Act. Ambient Air Standards EPA 1979			9 ppm/8hr (max 1 vez/año)	.05 ppm media anual (100 microgr/m3)	.03 ppm/anio .14 ppm/24hr	75 mcgr/m3 260 mcg/24 hr	.24 ppm/3hr (1 vez-año)	.12 ppm/1 hr
% de Incremento anual en la concentración		0.5						0.6 (CH4)
EFECTO SEGUN ESCALA	LOCAL REGIONAL GLOBAL	Invernadero		Lluvia ácida	Smog Lluvia ácida	Salud		Salud

Tabla 3.3 Propiedades y efectos sobre la salud de los gases de combustión y subproductos como el ozono, según Rivero (1993) y EPA (1994).

h4 Sólidos Disueltos Totales (SDT)

Son los sólidos que al entrar en contacto con el agua cambia su estructura molecular, y al evaporarse el agua queda como un residuo. Las sustancias disueltas pueden ser orgánicas o inorgánicas. La capacidad solvente del agua la convierte en el medio ideal mediante los productos de desecho pueden ser llevados lejos de los sitios donde se producen. Peavy (1985).

h5 Demanda Bioquímica de Oxígeno (DBO)

La DBO del agua es una medida indirecta de la cantidad de materia orgánica degradable presente. Es una indicación de la cantidad de oxígeno disuelto (OD) que va a ser utilizado por el agua durante la asimilación biológica de los contaminantes orgánicos. La medición del DBO se utiliza ampliamente para determinar la fuerza contaminadora de efluentes residuales, en términos del oxígeno que se requeriría si estas aguas son vertidas a una corriente natural de agua donde existen condiciones aeróbicas.

h6 Demanda Química de Oxígeno (DQO)

Indica la cantidad total de material orgánico oxidable, biodegradable y no biodegradable presente en un cuerpo de agua, para saber la cantidad de material orgánico no biodegradable es necesario restar el resultado de DBO.

SUELO (s)

En esta área se van a analizar dos tipos de sujetos ambientales relacionados, por un lado el uso del terreno para fines relacionados con el consumo final de energía expresado en metros cuadrados por unidad de energía y por otro lado los desechos sólidos o líquidos que tienen al suelo como destino final.

s1 Uso intensivo

Existen datos sobre los requerimiento de terreno para plantas generadoras de potencia. Las energías renovables son intensivas en el uso del suelo.

s2 Ceniza y escoria

Son residuos sólidos productos principalmente de la combustión de combustibles sólidos (carbón, leña, bagazo)

s3 Fugas de combustible, aceites y grasas

Los aceites, grasas y combustibles derramados de manera accidental sobre el suelo, pueden llegar a dañar a largo plazo el suelo, además que pueden infiltrarse y contaminar hacia corrientes de agua subterránea.

BIODIVERSIDAD (b)

La diversidad biológica se puede definir como “la variedad de formas de vida, los roles ecológicos que desempeñan y la diversidad genética que contienen”, Ehrlich (1992), sin embargo la relación entre diversidad biológica, procesos ecológicos y actividades humanas es ahora una preocupación crítica, White (1994). Dada la importancia que tiene conservar la biodiversidad del planeta, se decidió incluirla como un área ambiental que tiene gran interacción con actividades humanas relacionadas con la generación o uso de la energía, Mittermeier (1992).

Se incluyó a la salud humana dentro de la biodiversidad debido a que es la especie (*homo sapiens*), en la que han realizado mayor número de estudios de afectación debidos a alguna fase o etapa del ciclo de energía total y por lo tanto de la que se tiene más información.

Salud humana

Efectos a largo plazo de la contaminación, no pueden estudiarse bajo condiciones experimentales controladas, sino que deben ser inferidas de estudios con animales y estudios epidemiológicos y con evidencia anecdótica de las zonas más contaminadas, sin embargo, se han localizado los siguientes indicadores:

b1 Muertes

En algunos casos, en que la fuente de contaminación es lo suficientemente grande o la población está bien localizada, es posible obtener datos de mortalidad por unidad de energía consumida.

b2 Días de trabajo perdidos

Este indicador está relacionado con el tiempo perdido debido a la morbilidad (enfermedades) y a accidentes de trabajo. Las enfermedades tienden a ser de las vías respiratorias.

Biota

b3 Flora

Los contaminantes pueden causar daño a cultivos agrícolas, plantaciones forestales, bosques naturales, plantas ornamentales y otra flora natural.

b4 Fauna

Existen estudios donde se asegura que algunos animales salvajes tienen la misma sensibilidad a contaminantes atmosféricos que los humanos. Entonces se encuentran en riesgo de pérdida de individuos, cambio de los roles dentro de un ecosistema, hasta el cambio de la fertilidad del suelo.

Hay que notar que se presentan sujetos ambientales para los que aún no existe una recopilación sistemática de datos como afectaciones a la biodiversidad, consultar Barker (1992), o sea que no se consideraron exclusivamente los SA para los que se hallaron datos, sino que se proponen algunos sujetos que se cree aportarían una mayor y mejor perspectiva de la evaluación de impactos ambientales.

Durante el uso de una TUF, en particular de las tecnologías de combustión, no SE tienen efluentes de consideración, excepto las purgas en calderas, pero durante su mantenimiento para limpieza (que a lo largo de la etapa operacional de su ciclo de vida se realiza periódicamente), los flujos altamente alcalinos o altamente ácidos se alternan con el objeto de quitar o disolver incrustaciones, por ejemplo, los datos de Sólidos Disueltos Totales encontrados en la literatura, UNEP (1985), se reportan para equipos de producción de vapor a gran escala (plantas de generación de potencia), en el presente estudio dichos valores se escalaron a plantas de menor tamaño. Tal vez esta aproximación es una fuente de error, pero lo que sí es un hecho es que el valor de los SDT es por lo menos un orden de magnitud mayor que el de los Sólidos Suspendidos Totales SST según la referencia citada.

Tal vez el considerar los SDT es demasiado específico, sin embargo hay que tomar en cuenta que es una característica física del agua relativamente fácil de medir (mediante la conductancia del agua) ver Peavy (1985), de la que se encuentran valores en la literatura para el tipo de energético y tecnología aquí considerada y que brinda información sobre la cantidad de sólidos está acarreando el agua al ser utilizada por una TUF como vehículo portador de desechos.

Capítulo 4. Interacciones

En secciones anteriores se presentaron por separado los conceptos de Energía Disponible (tabla 1.3) y de Tecnologías de Uso Final (tabla 2.3), y luego una introducción al ambiente y a las maneras de evaluar los impactos ambientales.

En este capítulo se presenta un esquema de tríadas donde se evidencian las relaciones que tiene el uso de la energía (mediante una TUF) con el ambiente (a través de los Sujetos Ambientales, tabla 3.2), dependiendo del energético utilizado.

Históricamente el ser humano primero descubrió la existencia de energía disponible (leña ardiendo, por ejemplo) y luego descubrió la manera de reproducirla y manejarla a su antojo para fines específicos, mediante una tecnología (ej. estufa de tres piedras). El ambiente tradicionalmente ha jugado un papel pasivo, por una parte proporcionando los recursos y potenciales de energía (ej. leña) que el humano ha explotado en su beneficio y por otra como receptor de desperdicios de materiales y de energía.

Debido a las inevitables pérdidas, la incorporación de la energía disponible (ED) en la producción de bienes y servicios necesariamente estará acompañada de la emisión de residuos (materia/energía) sobre el medio externo, causando una serie de impactos ambientales.

La manera en que una TUF va a contribuir a la contaminación ambiental, va a depender principalmente de la Energía Disponible (ED) que utilice, de la propia tecnología, de su forma de operación y de su estado.

Inspirados en el análisis del Ciclo de Energía Total (ver capítulo 2), considerando únicamente la *fase de uso* del ciclo de energía y la *etapa operativa* del ciclo de vida de las tecnologías, los equipos o las instalaciones, se procedió a identificar y describir las principales interacciones entre los elementos energía disponible-tecnología de uso final-sujetos ambientales descritos previamente (ED-TUF-SA).

IDENTIFICACIÓN

Diadas TUF-ED

En primer lugar se identifican las interacciones que existen entre las tecnologías de uso final TUF y las energías disponibles ED. Para cada una de las TUF se identificaron cuáles son las ED que pueden utilizar. En la tabla 4.1 se presentan las 85 diadas tecnología-energía disponible (TUF-ED) que se establecieron, en las columnas siguientes se observan los valores presentes asignados a los estados de uso/mantenimiento (parámetro T1) y a las eficiencias presentes de cada diada TUF-ED (parámetro T2), y finalmente, otra columna donde se califica su uso actual, si es sustentable o no (parámetro T3). La definición de estos parámetros se presentó en el capítulo 2.

Triadas TUF-ED-SA

Posteriormente, se determina la existencia o no de una interacción entre cada una de las 85 diadas tecnología-energía TUF-ED y el ambiente, analizando cada uno de los 20 Sujetos Ambientales (SA), lo cual resulta en la asociación de los tres elementos o triada TUF-ED-SA. De un total de 1700 interacciones posibles (85×20), se identificaron 1219 interacciones reales.

CUANTIFICACIÓN TRIADAS TUF-ED-SA

Una vez identificadas las triadas TUF-ED-SA, se procede a cuantificar dichas interacciones. Para esta labor se recurrió a búsquedas bibliográficas. Los datos encontrados están en forma de: factores de emisión, emisiones totales, normas, índices de comportamiento o algún otro indicador que cuantificara los impactos ambientales por unidad de energía. De un total de 1219 interacciones identificadas, se cuantificaron 379 (el 31.1%). En las tablas 4.2, 4.3 y 4.4 se resume la distribución de interacciones y datos obtenidos para cada uno de los vectores.

DIADAS TUF-ED				energía	energía	energía
#				T1	T2	T3
1	TÉRMICAS	t1 Calentador	e4 Leña	7	40	1
2			e6 Combustóleo	5	48	1
3			e10 Gas LP	3	53	1
4			e11 Gas Natural	3	53	1
5			e14 Electricidad red central	3	81	1
6			e16 Solar Fototérmica	3	15	0
7		t2 Estufa	e4 Leña	7	29	1
8			e6 Combustóleo	5	42	1
9			e9 Querosina	7	48	1
10			e10 Gas LP	5	49	1
11			e11 Gas Natural	5	50	1
12			e12 Biogas	7	62	0
13			e14 Electricidad red central	5	60	1
14			e16 Solar Fototérmica	5	28	0
15		t3 Horno	e1 Carbón	7	50	1
16			e2 Coque	7	50	1
17			e3 Bagazo	9	50	0
18			e4 Leña	7	50	0
19			e6 Combustóleo	5	60	1
20			e7 Diesel	5	60	1
21			e10 Gas LP	5	60	1
22			e11 Gas Natural	5	62	1
23			e14 Electricidad red central	5	64	1
24			e16 Solar Fototérmica	5	52	0
25		t4 Caldera	e1 Carbón	7	85	1
26			e3 Bagazo	9	85	0
27			e4 Leña	7	60	0
28			e6 Combustóleo	5	90	1
29			e7 Diesel	5	90	1
30			e9 Querosina	7	90	1
31			e10 Gas LP	5	90	1
32			e11 Gas Natural	5	90	1
33			e14 Electricidad red central	3	81	1
34			e16 Solar Fototérmica	5	52	0
35		t5 Refrigerador	e10 Gas LP	5	20	1
36			e11 Gas Natural	5	20	1
37			e14 Electricidad red central	3	3.34	1
38			e15 Solar Fotovoltaica	3	3.34	0
39			e16 Solar Fototérmica	7	5	0
40			e18 Eólica-Eléctrica	5	3.34	0
41			e20 Microhidráulica-Eléctrica	5	3.34	0
42		t6 Aire Acondicionado	e10 Gas LP	7	0.70	1
43			e11 Gas Natural	7	0.70	1
44			e14 Electricidad red central	5	2.10	1
45			e15 Solar Fotovoltaica	5	2.10	0
46			e16 Solar Fototérmica	7	5.00	0
47	MECÁNICAS	t7 Motor móvil	e6 Combustóleo	7	28	1
48			e7 Diesel	5	25	1
49			e8 Gasolina	5	22	1
50			e9 Querosina	7	33	1
51			e10 Gas LP	7	33	1
52			e11 Gas Natural	7	33	1
53			e12 Biogas	7	33	0
54			e13 Hidrógeno	7	35	0
55			e14 Electricidad red central	5	86	1
56			e15 Solar Fotovoltaica	5	86	0
57		t8 Motor fijo	e7 Diesel	5	30	1
58			e8 Gasolina	5	30	1
59			e10 Gas LP	7	26	1
60			e11 Gas Natural	7	33	1
61			e13 Hidrógeno	7	42	0
62			e14 Electricidad red central	5	86	1
63			e15 Solar Fotovoltaica	5	86	0
64			e19 Eólica-Mecánica	7	32	0
65			e21 Microhidráulica-Mecánica	7	86	0
66	ELECTROMAGNÉTICAS	t9 Lámpara	e4 Leña	7	1	0
67			e8 Gasolina	5	2	1
68			e9 Querosina	5	3	1
69			e10 Gas LP	5	3	1
70			e11 Gas Natural	5	5	1
71		fluorescente	e14 Electricidad red central	3	62	1
72		incandescente	e14 Electricidad red central	3	10	1
73		fluorescente	e15 Solar Fotovoltaica	3	62	1
74		incandescente	e15 Solar Fotovoltaica	3	10	0
75		fluorescente	e17 Solar Fototérmica-Eléctrica	5	62	0
76		incandescente	e17 Solar Fototérmica-Eléctrica	5	10	0
77		fluorescente	e18 Eólica-Eléctrica	5	62	0
78		incandescente	e18 Eólica-Eléctrica	5	10	0
79		fluorescente	e20 Microhidráulica-Eléctrica	5	62	0
80		incandescente	e20 Microhidráulica-Eléctrica	5	10	0
81		t10 Electrocomunicaciones	e14 Electricidad red central	3	93	1
82			e15 Solar Fotovoltaica	3	93	0
83			e17 Solar Fototérmica-Eléctrica	5	93	0
84			e18 Eólica-Eléctrica	5	93	0
85			e20 Microhidráulica-Eléctrica	5	93	0

Tabla 4.1 Lista de las 85 diadas consideradas Tecnología de Uso Final - Energía Disponible, junto con el valor presente de los parámetros T1, T2 y T3 de cada una.

ENERGIAS DISPONIBLES ED		# interacciones	# datos
e1	Carbón	58	19
e2	Coque	19	3
e3	Bagazo	37	6
e4	Leña	100	36
e5	Carbón Vegetal	20	0
e6	Combustóleo	120	48
e7	Diesel	80	18
e8	Gasolina	60	9
e9	Querosina	80	11
e10	Gas LP	180	32
e11	Gas Natural	162	99
e12	Biogas	36	2
e13	Hidrógeno	16	4
e14	Electricidad red central	182	59
e15	Solar Fotovoltaica	27	12
e16	Solar Fototérmica	19	11
e17	Solar Fototérmica-Eléctrica	7	5
e18	Eólica Eléctrica	6	5
e19	Eólica Mecánica	0	0
e20	Microhidráulica Eléctrica	5	0
e21	Microhidráulica Mecánica	5	0
TOTALES		1219	379
porcentaje		100%	31.1%

Tabla 4.2 Distribución de datos obtenidos e interacciones según las Energías Disponibles.

Se observa que la mayoría de los datos se obtuvieron para energías de combustión, de las cuales se tienen principalmente sus emisiones a la atmósfera. (ver tabla 4.4), se observa que sólo el Gas Natural tiene más del 50% de los datos.

TECNOLOGÍA DE USO FINAL		# interacciones	# datos
t1	calentador	98	50
t2	estufa	179	52
t3	horno	182	42
t4	caldera	180	58
t5	refrigerador	62	28
t6	aire acondicionado	71	28
t7	motor móvil	172	41
t8	motor fijo	129	33
t9	lámparas	122	36
t10	electrocomunicaciones	24	11
TOTALES		1219	379
porcentaje		100%	31.1%

Tabla 4.3 Distribución de datos obtenidos e interacciones según las Tecnologías de Uso Final.

Entre las TUF mejor caracterizadas, en cuanto a sus emisiones, se encuentra el calentador, con casi el 50% de los datos, del resto de las TUF varían entre un 20 y un 40%.

SUJETOS AMBIENTALES SA		# interacciones	# datos
a1	CO ₂	59	58
a2	CO	59	48
a3	NO _x	61	51
a4	SO _x	60	32
a5	Part	59	31
a6	VOC	60	50
a7	O ₃	60	0
h1	Consumo	73	24
h2	Fugas de combustible, aceites y grasas	61	0
h3	Sólidos Suspendidos Totales (SST)	61	3
h4	Sólidos Disueltos Totales (SDT)	61	11
h5	Demanda Bioquímica de Oxígeno (DBO)	61	10
h6	Demanda Química de Oxígeno (DQO)	61	10
s1	Uso intensivo	87	28
s2	Ceniza y escoria	39	3
s3	Fugas de combustible, aceites y grasas	37	0
b1	Muertes	65	10
b2	Días de trabajo perdidos	64	10
b3	Flora	65	0
b4	Fauna	66	0
TOTALES		1219	379
Porcentaje		100%	31.1%

Tabla 4.4 Distribución de datos obtenidos e interacciones según los Sujetos Ambientales.

El área ambiental de la que se encontraron más datos es del aire, sobresale el CO₂ con casi el 100% de las interacciones cuantificadas, NO_x, CO y VOC con un 80%, y SO_x y Part con poco más del 50%, la excepción es el O₃, del que no se tienen datos debido a que es un subproducto que depende de las concentraciones de los gases traza y de la radiación solar Ultravioleta incidente, pero que se espera que en un futuro se pueda estimar su tasa de generación dependiente de las variables mencionadas.

Luego, entre 10 y 20% de los datos se encuentran el agua, el suelo y la biodiversidad; y finalmente, con 0 datos, se encuentran las afectaciones a flora y fauna y fugas de petrolíferos al agua y al suelo, de las cuales no es posible obtener conclusiones. Sin embargo, es posible obtener conclusiones cualitativas por área ambiental.

En las tablas 4.2 y 4.4 se observa que hay algunas Energías Disponibles y algunos Sujetos Ambientales para los cuales no se pudieron encontrar datos que los relacionaran con alguno de los tipos de tecnologías de Uso Final seleccionados, sin embargo, en el caso de los SA estas ausencias señalan la necesidad de cuantificar estas emisiones o afectaciones, y en el caso de ED señalan la dificultad para evaluar los impactos ambientales de las energías

renovables (por eso se añaden SA) y por otro la total ausencia de datos, como es el caso del e5 carbón vegetal, cuyos datos de producción y consumo se consideran estadísticamente como parte de la leña. En el capítulo 7 se abundará sobre los resultados que se pueden obtener con el estado actual de la base de datos.

En la tabla 4.5, a manera de ejemplo se muestran todas las interacciones identificadas y cuantificadas para la TUF t1, Calentador. En el anexo A se presentan las tablas de identificación y cuantificación de interacciones de los otros nueve tipos de tecnologías analizadas.

Una vez identificadas y cuantificadas las interacciones se han completado los dos pasos previos para la calificación de éstas, que se verá más adelante en el capítulo 7.

calentador		FORMAS DE ENERGÍA DISPONIBLE																				
(kg/GJ)																						
E2 - Factores de Emisión TUF-SA		Carbón	Coque	Bogazo	Leña	Carbón Vegetal	Combustóleo	Diesel	Gasolina	Querosina	Gas LP	Gas Natural	Biogas	Hidrógeno	Electricidad red central	Solar Fotovoltaica	Solar Fototérmica	Solar Fototérmica-Eléctrica	Edicia Eléctrica	Edicia Mecánica	Microhidráulica Eléctrica	Microhidráulica Mecánica
		e1	e2	e3	e4	e5	e6	e7	e8	e9	e10	e11	e12	e13	e14	e15	e16	e17	e18	e19	e20	e21
SUJETOS AMBIENTALES																						
Energéticos Disponibles																						
AIRE	(a)																					
a1	CO2	X			X	191.18	X	135.0113			X	82.51883	X		X	73.3046						
a2	CO	X			X	0.08	X	0.0276			X	0.01	X		X	0.0156						
a3	NOx	X			X	1.13	X	0.2414			X	0.047	X		X	0.5804						
a4	SOx	X			X	0.63	X	2.0784			X		X		X	0.0005						
a5	Part	X			X	0.94	X	0.2291			X		X		X	0.0215						
a6	VOC	X			X	0.16	X	0.0135			X		X		X	0.0009						
a7	O3	X			X		X				X		X		X							
h1	Consumo de agua [m3/GJ]	X			X	16.88	X	46505.48			X		X		X	148.8840	X	57.7				
h2	Fugas de combustible, aceites y grasas	X			X		X				X		X		X							
h3	Sólidos Suspendedos Totales (SST)	X			X		X	6.15E-06			X		X		X							
h4	Sólidos Disueltos Totales (SDT)	X			X	561.80	X	2.86E-05			X		X		X	44.8113						
h5	Demanda Bioquímica de Oxígeno (DBO)	X			X		X	3.84E-07			X		X		X	0.1627						
h6	Demanda Química de Oxígeno (DQO)	X			X		X	2.89E-08			X		X		X	161.1733						
s1	Uso Intensivo suelo [m2/MJ]	X			X	0.10	X				X		X		X	0.0849	X	0.072				
s2	Ceniza y escoria	X			X	887.63	X	0.188268			X											
s3	Fugas de combustible, aceites y grasas	X			X		X				X		X		X							
b1	Muertes	X			X	1250.00	X	46.875			X		X		X	33.7264						
b2	Días de trabajo perdidos	X			X	7.25	X	4.188687			X		X		X	3.7028						
b3	Flora	X			X		X				X		X		X							
b4	Fauna	X			X		X				X		X		X							

Tabla 4.5 Identificación de Interacciones (X) con el ambiente y Datos obtenidos para la Tecnología de Uso Final t1-Calentador, dependiendo de la Energía Disponible utilizada.

Capítulo 5. Prospectiva Energética y su Impacto Ambiental

La Prospectiva es una manera de enfocar y concentrarse en el futuro, imaginándolo ya desarrollado en lugar de generarlo a partir de deducciones del presente. No busca adivinar el futuro sino construirlo a partir de la realidad, en función de la selección de los "futuros" que se han diseñado, calificándolos como posibles y deseables. Su propósito es el de brindar alternativas futuras y no el de pronosticar lo que sucederá. Los estudios prospectivos están enfocados al largo plazo y el presente estudio tendrá un horizonte de 30 años.

En la prospectiva se utilizan recursos metodológicos surgidos en diversos ámbitos, la técnica que se adoptará en este trabajo para el desarrollo de futuros es la de *Escenarios*. Un escenario es una imagen del futuro cuyo objetivo básico es el de integrar un análisis individual de tendencias, posibles eventos y situaciones deseables, dentro de una visión general del futuro, ver Miklos (1991).

El desarrollo de escenarios permite concentrar la atención en una perspectiva a largo plazo sobre las posibilidades que pueden ser consideradas a futuro. Deben caracterizarse por ser integrales, relevantes, hipotéticos, creíbles y útiles. Estos deben tomar en cuenta aspectos como el contexto económico, social, demográfico, tecnológico y ecológico.

Ninguna de las imágenes de futuro que se incluyen debe tomarse como pronóstico. Sólo se trata de especulaciones razonadas que idealmente serán útiles para detectar elementos clave de futuros desafíos y oportunidades del uso final de energía, teniendo como intención contribuir a una mejor comprensión de su estado presente, Alonso (1994a).

Como ya se mencionó una visión del mundo debe ser integral, no es posible separar sólo un aspecto, de esta manera Martínez, Seco y Wriedt (1996) desarrollaron escenarios socio-económicos a nivel mundial y a nivel nacional para luego particularizar en el futuro de la educación, en este trabajo se adopta la misma metodología general para luego particularizar en el futuro del sector energético mexicano.

ESCENARIOS SOCIO-ECONÓMICOS

El mundo del futuro puede englobarse en tres diferentes esquemas o escenarios, entre los cuales podrán darse traslapes y bifurcaciones: un mundo con una fuerte tendencia a la *globalización*, un mundo organizado por *bloques* y el mundo de las *hegemonías*.

MUNDO GLOBALIZADO

Se eliminan fronteras y se pueden abordar problemas comunes entre naciones en una atmósfera de cooperación y no de competencia. La población mundial es de alrededor de ocho mil millones de habitantes, de los cuales dos mil viven en países llamados del “primer mundo”, ha surgido una clase media mundial que tiene más que satisfechas sus necesidades básicas, la población de pobres que forman el “tercer mundo” tiende a disminuir, el crecimiento demográfico está totalmente controlado.

El 60% de la población es económicamente activa con un promedio de edad de 41 años, la migración y el sistema financiero mundial están regulados internacionalmente, hay mayor estabilidad y balance de los flujos transnacionales de capital y una redistribución del mismo.

Las sociedades han creado condiciones para la alternancia de partidos en el poder y, gracias a la tecnología puede ejercerse la democracia directa. En el aspecto ambiental y de preservación ecológica, la regulación internacional ha revertido tendencias no deseadas, sin embargo no se ha logrado el control total.

México es uno de los países que ha encontrado oportunidades de desarrollo sustentable en el año 2025. Por medio de la democracia directa la sociedad civil es corresponsable de los procesos de gobierno del país y del mundo. El consumo de energía se ha mantenido constante a lo largo de los últimos treinta años, gracias a la adopción de tecnologías más eficientes y de su uso más racional. Se ha logrado la reducción de emisiones tóxicas al medio ambiente con el uso de fuentes renovables de energía, con tecnologías limpias en la industria y con la aplicación de normas internacionales.

MUNDO EN BLOQUES

Los bloques económico-políticos de las últimas décadas del siglo veinte se han ido consolidando, se han eliminado algunas fronteras, las medidas mundiales se toman por acuerdos entre bloques. La población mundial es de ocho mil millones, dos mil millones viven en franca prosperidad, la clase media es menor y existen más pobres que en el mundo globalizado. El 50% de la población económicamente activa vive en países que no pertenecen a ningún bloque.

El poder de los bloques está respaldado en la acción militar y se destina un mayor gasto a este renglón. A pesar de que ha habido avances democráticos (alternancia en el poder, voto directo), estas democracias tienen nuevas modalidades basadas en la fuerza militar. La brecha en educación, desarrollo de ciencia y tecnología y en calidad de vida entre los países de los bloques y los demás, es cada vez mayor.

A pesar de los esfuerzos que realizan los bloques para revertir las tendencias de devastación ecológica y ambiental del planeta, no han podido frenar la degradación ambiental en los países del tercer mundo.

México forma parte del bloque económico del continente americano, presenta un dinámico desarrollo económico. Se ha recuperado el poder adquisitivo reduciendo la

desigualdad entre ricos y pobres. La población se encuentra totalmente alfabetizada. Existe alternancia en el poder, la participación ciudadana y las organizaciones no gubernamentales son elementos vitales de la vida democrática. Se ha mantenido control ambiental riguroso con lo que se han reducido los problemas ecológicos del pasado.

MUNDO DE HEGEMONÍAS

Los bloques económico-políticos que se vislumbraban a fin de milenio son aún incipientes, la hegemonía continúa estando entre las grandes potencias. Los bloques no operaron como se tenía previsto debido sobre todo a la desigualdad entre los países de los bloques. La población es de aproximadamente ocho mil millones, habitantes de países ricos y países pobres. El segundo mundo se ha reducido considerablemente.

Los gobiernos están bajo presión creciente por el divorcio entre su discurso y los hechos, y por los intentos tardíos para enfrentar las oposiciones en el electorado de los países más pobres con regímenes cada vez más autocráticos. Se implantan sanciones económicas para regular la ecología y el ambiente, que no han logrado la creciente degradación ambiental y sí han generado mayores tensiones.

México continúa bajo la hegemonía de Estado Unidos. La economía no ha presentado un crecimiento real sostenido, a causa de las presiones ejercidas por los países hegemónicos, lo que ha agravado el deterioro del poder adquisitivo de la población. El consumo de energía ha aumentado consistentemente en los últimos 30 años, sin que se hayan introducido nuevas tecnologías para su generación, lo que ha dado como resultado que prevalezca una alta concentración de contaminantes en la atmósfera.

ESCENARIOS ENERGÉTICOS

Basándose en los escenarios socio-económicos descritos previamente y suponiendo que el crecimiento anual promedio de la población a partir de 1994 es de 1.35%, lo cual nos proporciona una población de 130 millones de habitantes en el año 2025 (misma suposición que se adoptó en los escenarios socio-económicos), se elaboraron tres escenarios energéticos basados en el consumo promedio de energía anual por persona en el año 2025. Los límites del consumo promedio anual se fijaron, ver Martínez y Rodríguez, con base en la experiencia actual de países que tienen un control sobre su consumo y en sus expectativas a largo plazo. Países con gran desperdicio de energía y sin perspectivas a controlarlo se les augura un consumo promedio anual por habitante de 350 GJ/cap al que se le identifica con el escenario Tendencial y se le relaciona con el escenario socio-económico de Hegemonías, al consumo promedio de 200 GJ/cap se le identificó con el consumo que podría darse en el escenario de Bloques (F2) y finalmente un consumo promedio de 100 GJ/cap llamado Sustentable (F3), en 1994 el consumo anual promedio era de 67 GJ/cap.

Una vez determinados los consumos energéticos a largo plazo, se recurrió a escenarios elaborados por Palz (1994) donde se identifica el consumo de energías primarias del total de energía consumida en el presente y en el año 2020, para todo el planeta agrupado en regiones geopolíticas. Las energías consideradas son:

COMBUSTIBLES SÓLIDOS	
HIDROCARBUROS	Petróleo Gases
NUCLEAR	
ENERGÍAS RENOVABLES	Hidráulica Biomasa tradicional Otras

Tabla 5.1 Energías primarias consideradas por Palz (1994).

Los porcentajes considerados por Palz para Latinoamérica se modificaron para el caso de México con el trabajo realizado por Alonso (1994a), donde se estima la producción de energía primaria a largo plazo en México hasta el año 2025 considerando la siguiente mezcla de energías:

SÓLIDOS	Carbón
LÍQUIDOS	Petróleo
	Condensados
GAS	Asociado No asociado
NUCLEOELÉCTRICA	
GEOTERMOELÉCTRICA	
HIDROELÉCTRICA	
SÓLIDOS RENOVABLES	Leña Bagazo

Tabla 5.2 Desagregación de las fuentes primarias considerada por Alonso (1994a).

Con base en los esquemas anteriores se desagregó el consumo hasta el nivel de las energías disponibles, que son una mezcla de energías primarias y secundarias, identificando el uso en centrales eléctricas de algunos energéticos, agregando Energías Disponibles que empiezan a figurar en los balances nacionales de energía como la Eoloelectricidad (EEL) y la Energía Solar Fotovoltaica, y además se consideran las diferencias debido a pérdidas por transformación, a producción no energética, a importaciones y al autoconsumo. Ver tabla 5.3 que es una ampliación del listado presentado en la tabla 1.1

e1	Carbón (a Centrales EL)
e2	Coque
	Diferencia (importaciones)
e3	Bagazo
e4	Leña
e6	Combustóleo
e6	Combustóleo (a Centrales EL)
e7	Diesel
e7	Diesel (a Cent. EL)
e8	Gasolina
e9	Querosina
e10	Gas LP
	Diferencia (Prod. no E + Pérdidas transformación)
e11	Gas Natural
e11	Gas Natural (a Centrales EL)
	Diferencia (autoconsumo)
e12	Biogás
e13	Hidrógeno
e14	Electricidad Red Central
e15	Solar Fotovoltaica
e16	Solar Fototérmica
e17	Solar FT-Eléctrica
e18	Eólica Eléctrica
e19	Eólica Mecánica
e20	Microhidráulica-Eléctrica
e21	Microhidráulica Mecánica

Tabla 5.3 Energías Disponibles (ED) a las que se identifica su uso para electricidad, su uso final y las diferencias debidas a las razones que se especifican.

Una vez que se contaba con los límites y la estructura desagregada de los energéticos en Energías Disponibles, se procedió a estimar la participación de cada una en el consumo total. En las primeras tres columnas de la tabla 5.4 se identifican cada uno de los tres niveles de desagregación presentados en las tablas 5.1, 5.2 y 5.3.

En las primeras tres columnas de la tabla 5.4 se presentan, diferenciadas por tamaño y tipo de letra, los tres niveles de desagregación considerados, el primero es en base al tipo de fuente, renovable o no renovable, el segundo según la forma de energía primaria y el tercero en la mezcla de energías a disposición del usuario para su consumo final.

Se consideró 1994 como año base, y los datos utilizados son los publicados en informes de CFE, datos demográficos del INEGI y el Balance Nacional de la Secretaría de Energía. En el año base, considerado como el Presente en este estudio, así como en los escenarios futuros, los datos se presentan en tres pares de columnas, cada par corresponde, según tamaño y tipo de letra al nivel de desagregación de las tres primeras columnas mencionadas en el párrafo anterior. En toda la tabla junto a cada dato se presenta el

porcentaje con el que participa en la producción nacional de energía en el escenario que se considere.

En los escenarios futuros se calculó la tasa de incremento anual necesaria para alcanzar los valores estimados para cada uno de los niveles considerados, dichas tasas se presentan en tres columnas al final de los escenarios.

En el Presente se observa que hay Energías Disponibles que se utilizan actualmente pero debido a sus usos aislados, generalmente para autoconsumo, no se contabilizan en los balances nacionales como son la Microhidráulica o el uso del biogás. Otras ED que en el presente no aparecen pero que se espera comiencen a figurar a mediano o largo plazo como son la Solar Fototérmica, el Hidrógeno y la Solar Fototérmica-Eléctrica.

El Hidrógeno se considera como un energético renovable debido a que, se supone se producirá (a mediano o largo plazo) sobre todo mediante la electrólisis del agua que utilizarán electricidad generada con fuentes renovables como Solar Fotovoltaica, Eoloeléctrica o Microhidráulica.

Se observa que durante este año el 89.0% de la energía en México fue producida por combustibles no renovables, y únicamente el 10.1% con fuentes renovables, el 0.9% restante se produjo con energía nuclear.

PRODUCCION DE ENERGIA PRIMARIA y SECUNDARIA en MEXICO al 2025

		PRESENTE						ESCEN
FUENTES		1994	1994	1994	1994	1994	1994	2025-T
ENERGÍA PRIMARIA		[PJ]	%	[PJ]	%	[PJ]	%	[PJ]
Energía Disponible								
NO RENOVABLES		5179	89.9%					44517
NO RENOVABLES	SOLIDOS (carbón)			192	3.3%			
	e1 Carbón (a Centrales EL)					128	2.2%	
	e2 Coque					74	1.3%	
	Diferencia (importaciones)					-11	-0.2%	
	LIQUIDOS (petróleo y condensados)			3299	57.3%			
	e6 Combustóleo					293	5.1%	
	e6 Combustóleo (a Cent. EL)					794	13.8%	
	e7 Diesel					507	8.8%	
	e7 Diesel (a Cent. EL)					13	0.2%	
	e8 Gasolina					1027	17.8%	
	e9 Kerosina					113	2.0%	
	e10 Gas LP					410	7.1%	
	Dif. (Estad + Prod. no E + Pérdi					142	2.5%	
	GAS (asociado y no asociado)			1640	28.5%			
	e11 Gas Natural					657	11.4%	
	e11 Gas Natural (a Cent. EL)					180	3.1%	
	Diferencia (autoconsumo)					803	13.9%	
RENOVABLES	NEL (nucleoeléctrica)			48	0.8%	48	0.8%	
	e14 Electricidad Red Central							
	GEL (geotermoeléctrica)	584	10.1%	58	1.0%	58	1.0%	983
	e14 Electricidad Red Central							
	EEL (eoloeléctrica)			0.04	0.001%	0.04	0.001%	
	e18 Eólica Eléctrica							
	HEL (hidroeléctrica)			208	3.6%	208	3.6%	
	e20 Microhidráulica-Eléctrica					0	0.0%	
	OTRAS RENOVABLES			0	0.0%			
	e19 Eólica Mecánica					0	0.0%	
	e21 Microhidráulica Mecánica					0	0.0%	
	SOLAR FV y FT			0.984	0.017%			
	e15 Solar Fotovoltaica					0.059	0.001%	
	e16 Solar Fototérmica					0.925	0.016%	
	e17 Solar FT-Eléctrica					0	0.0%	
RENOVABLES	SOLIDOS RENOVABLES (Leña y Bagazo)			316	5.5%			
	e3 Bagazo					70	1.2%	
	e4 Leña					246	4.3%	
	GASES RENOVABLES			0	0.0%			
	e12 Biogás					0	0.0%	
	e13 Hidrógeno					0	0.0%	
	totales	5763	100.0%	5763	100.0%	5763	100.0%	45500
	energía per cápita [GJ/hab]	67.2						350
	total población [Mhab]	85.7						130

Tabla 5.4 Escenarios energéticos de México al año 2025.

ESCENARIO TENDENCIAL 350 GJ/cap					ESCENARIO de BLOQUES 200 GJ/cap								
2025-T	2025-T	2025-T	2025-T	2025-T	Tasa de Incremento Anual			2025-B	2025-B	2025-B	2025-B	2025-B	2025-B
%	[PJ]	%	[PJ]	%	Tasa 1	Tasa 2	Tasa 3	[PJ]	%	[PJ]	%	[PJ]	%
					Δ%	Δ%	Δ%						
97.8%					7.19%			20280	78.0%				
	101	0.2%				-2.03%				6240	24.0%		
			68	0.1%			-2.03%					3994	15.4%
			39	0.1%			-2.03%					2496	9.6%
			-6	-0.013%			-2.03%					-249	-1.0%
	41322	90.8%				8.50%				7020	27.0%		
			3667	8.1%			8.50%					1474	5.7%
			9945	21.9%			8.50%					842	3.2%
			6348	14.0%			8.50%					983	3.8%
			167	0.4%			8.50%					211	0.8%
			12866	28.3%			8.50%					2176	8.4%
			1415	3.1%			8.50%					421	1.6%
			5135	11.3%			8.50%					702	2.7%
			1779	3.9%			8.50%					211	0.8%
	2639	5.8%				1.55%				5460	21.0%		
			1057	2.3%			1.55%					2730	10.5%
			290	0.6%			1.55%					1037	4.0%
			1292	2.8%			1.55%					1693	6.5%
	455	1.0%	455	1.0%		7.54%	7.54%			1560	6.0%	1560	6.0%
2.2%					1.69%			5720	22.0%				
	592	1.3%	592	1.30%		7.77%				572	2.2%	572	2.2%
	9	0.0%	8.910	0.02%		18.88%				286	1.1%	286	1.1%
	182	0.4%	182	0.40%		-0.44%				1716	6.6%	1716	6.6%
			0	0.0%			0.00%			286	1.1%	286	1.1%
	0	0.0%				0.00%				114	0.4%		
			0	0.0%			0.00%					69	0.3%
			0	0.0%			0.00%					46	0.2%
	28.717	0.063%				11.50%				229	0.9%		
			1.711	0.004%			11.50%					69	0.3%
			27.006	0.059%			11.50%					114	0.4%
			0	0.0%			0.00%					46	0.2%
	172	0.4%				-1.95%				2402	9.2%		
			38	0.1%			-1.95%					529	2.0%
			133	0.3%			-1.95%					1874	7.2%
	0	0.0%				0.00%				114	0.4%		
			0	0.0%			0.00%					38	0.1%
			0	0.0%			0.00%					76	0.3%
100.0%	45500	100.0%	45500	100.0%				26000	100.0%	26000	100.0%	26000	100.0%
								200					
								130					

Tabla 5.4 Escenarios energéticos de México al año 2025.

ESCENARIO SUSTENTABLE 100 GJ/cap

Tasa de Incremento Anual									Tasa de Incremento Anual		
Tasa 1	Tasa 2	Tasa 3	2025-S	2025-S	2025-S	2025-S	2025-S	2025-S	Tasa 1	Tasa 2	Tasa 3
Δ%	Δ%	Δ%	[PJ]	%	[PJ]	%	[PJ]	%	Δ%	Δ%	Δ%
4.50%			8840	68.0%					1.74%		
	11.89%				2340	18.0%				8.41%	
		11.73%					1357	10.4%			7.91%
		12.00%					1030	7.9%			8.84%
		10.53%					-46	-0.4%			4.66%
	2.47%				3120	24.0%				-0.18%	
		5.35%					780	6.0%			3.21%
		0.19%					250	1.9%			-3.66%
		2.16%					406	3.1%			-0.72%
		9.32%					125	1.0%			7.49%
		2.45%					811	6.2%			-0.76%
		4.33%					281	2.2%			2.98%
		1.75%					406	3.1%			-0.03%
		1.28%					62	0.5%			-2.62%
	3.96%				2600	20.0%				1.50%	
		4.70%					1560	12.0%			2.83%
		5.81%					364	2.8%			2.30%
		2.43%					676	5.2%			-0.55%
	11.90%	11.90%			780	6.0%	780	6.0%		9.43%	9.43%
7.64%			4160	32.0%					6.54%		
	7.65%				624	4.8%	624	4.8%		7.95%	
	32.95%				416	3.2%	416	3.2%		34.57%	
	7.04%				1456	11.2%	1456	11.2%		6.47%	
		0.0%			208	1.6%	208	1.6%			0.0%
	0.0%				125	1.0%				0.0%	
		0.0%					75	0.6%			0.0%
		0.0%					50	0.4%			0.0%
	19.22%				250	1.9%				19.55%	
		25.60%					75	0.6%			25.95%
		16.81%					125	1.0%			17.14%
		0.0%					50	0.4%			0.0%
	6.76%				957	7.4%				3.64%	
		6.73%					210	1.6%			3.61%
		6.77%					746	5.7%			3.64%
	0.0%				125	1.0%				0.0%	
		0.0%					41	0.3%			0.0%
		0.0%					82	0.6%			0.0%
			13000	100.0%	13000	100.0%	13000	100.0%			
			100								
			130								

Tabla 5.4 Escenarios energéticos de México al año 2025.

ESCENARIO TENDENCIAL (F1)

Este primer escenario, identificado con el escenario socio-económico de Hegemonías, se basa en las tendencias actuales del consumo de energía, de ahí su nombre, que pueden llegar al valor de 350 GJ/hab en el año 2025, obteniéndose un total de 45500 PJ, lo cual es poco más de 8 veces el consumo actual de energía. Este escenario se caracteriza por un consumo de energía que aumenta consistentemente en el periodo mencionado, no se introducen nuevas tecnologías energéticas y por lo tanto prevalece una alta concentración de contaminantes en la atmósfera.

Para la construcción del escenario Tendencial se tomó como base los trabajos realizados por Alonso (1994a y 1994b), donde se utiliza un modelo logístico de competencia para obtener, según la tendencia mostrada de 1965 a 1994, la tendencia futura hasta el 2025, suponiendo que la aportación de la Eoloelectricidad (EEL) y de la Energía Solar Fotovoltaica y Solar Fototérmica, (que aparecen reportadas por primera vez en el Balance Nacional de Energía de 1994) serán nulas.

En este trabajo, en contraste, se modificaron ligeramente las tendencias al introducir en el escenario Tendencial las fuentes renovables mencionadas en el párrafo anterior, con los incrementos anuales reportados en el Balance Nacional de Energía (1994); los combustibles sólidos aunque se dividieron en renovables (leña y bagazo) y no renovables (carbón) se reportan con la misma tasa de crecimiento y se supuso que las proporciones de los diferentes combustibles sólidos en el 2025 se mantienen como los de 1994: leña = 48.6%, bagazo = 15.4% y carbón = 36.0%. En este escenario disminuye la participación de las energías renovables con respecto al presente, ésta será únicamente del 2.2% de acuerdo con las tendencias exhibidas, ver tabla 5.5.

En la tabla 5.6 se observa, a nivel de Energías Disponibles, la participación de éstas en los cuatro sectores de consumo final y en la generación de electricidad. En el escenario Tendencial se observa que la ED más utilizada es la Gasolina para Uso Final, seguido por Combustóleo para generación de electricidad, seguido por GLP para consumo final, la ED renovable más utilizada es la hidroeléctrica.

En la tabla 5.6 se observa que únicamente el 6.8% de la generación de electricidad se realiza con energías renovables, disminuyendo del 18.7% con el que participaban en 1994. El 85% de la electricidad se produce mediante la quema de Combustóleo dejando al Carbón únicamente un 0.6%, la Nucleoeléctrica es la segunda ED con mayor participación.

De acuerdo con las tendencias mostradas hasta 1994 el 99.4% de la energía para consumo final se realiza con ED no renovables, siendo la Gasolina la ED más utilizada con un 42%, el uso de renovables como Biogás, Hidrógeno, Microhidráulica Mecánica y Eólica Mecánica, es tan pequeño que no se registra.

PRODUCCION Y CONSUMO DE ENERGIA, SEGÚN FUENTES en MEXICO al 2025

FUENTES	ESCENARIOS							
	AÑO BASE 1994		TENDENCIAL		BLOQUES		SUSTENTABLE	
	67 GJ/cap, 6763 PJ total		350 GJ/cap, 45500 PJ total		200 GJ/cap, 28000 PJ total		100 GJ/cap, 13000 PJ total	
	1994	1994	2025-T	2025-T	2025-B	2025-B	2025-S	2025-S
	%	%	%	%	%	%	%	%
NO RENOVABLES	89.9%		97.8%		78.0%		68.0%	
SOLIDOS (carbón)		3.3%		0.2%		24.0%		18.0%
LIQUIDOS (petróleo y condensados)		57.3%		90.8%		27.0%		24.0%
GAS (asociado y no asociado)		28.5%		5.8%		21.0%		20.0%
NEL (nucleoeléctrica)		0.8%		1.0%		6.0%		6.0%
RENOVABLES	10.1%		2.2%		22.0%		32.0%	
GEL (geotermoeléctrica)		1.0%		1.3%		2.2%		4.8%
EEL (eoloeléctrica)		0.001%		0.02%		1.1%		3.2%
HEL (hidroeléctrica)		3.6%		0.4%		7.7%		12.8%
OTRAS RENOVABLES MECÁNICAS		0.0%		0.0%		0.4%		1.0%
SOLAR FV y FT		0.017%		0.063%		0.9%		1.9%
SOLIDOS RENOVABLES (Leña y Bagazo)		5.5%		0.4%		9.2%		7.4%
GASES RENOVABLES		0.0%		0.0%		0.4%		1.0%
totales	100.0%	100.0%	100.0%	100.0%	100.0%	100.0%	100.0%	100.0%

Tabla 5.5 Producción y consumo de energía en México al 2025, Manzini (1997)

	Energía Disponible en PJ	1994	1994	2025-T	2025-T	2025-B	2025-B	2025-S	2025-S
		Uso Final	Electricidad	Uso final	Electricidad	Uso final	Electricidad	Uso final	Electricidad
	e1 Carbón (a Centrales EL)		128		68		3994		1357
	e2 Coque	74		39		2496		1030	
	e6 Combustóleo	293		3667		1474		780	
	e6 Combustóleo (a Centrales EL)		794		9945		842		250
	e7 Diesel	507		6348		983		406	
	e7 Diesel (a Centrales EL)		13		167		211		125
	e8 Gasolina	1027		12866		2176		811	
	e9 Kerosina	113		1415		421		281	
	e10 Gas LP	410		5135		702		406	
	e11 Gas Natural	657		1057		2730		1560	
	e11 Gas Natural (a Centrales EL)		180		290		1037		364
NEL	Nucleoeléctrica (a Red Central)		48		455		1560		780
GEL	Geotérmica (EL a Red Central)		58		592		572		624
EEL (	e18 Eólica Eléctrica		0.04		9		286		416
HEL	Hidroeléctrica		208		182		1716		1456
	e20 Microhidráulica-Eléctrica		0		0		286		208
	e19 Eólica Mecánica	0		0		69		75	
	e21 Microhidráulica Mecánica	0		0		46		50	
	e15 Solar Fotovoltaica	0.059		1.711		69		75	
	e16 Solar Fototérmica	0.925		27.006		114		125	
	e17 Solar FT-Eléctrica		0		0		46		50
	e3 Bagazo	70		38		529		210	
	e4 Leña	246		133		1874		746	
	e12 Biogás	0		0		38		41	
	e13 Hidrógeno	0		0		76		82	
	Totales en PJ	3399	1430	30728	11707	13795	10550	6678	5630
	Totales en EJ	3.4	1.43	30.7	11.7	13.8	10.5	6.7	5.6
	Electricidad a Uso final		0.39		3.23		3.16		2
	Eficiencia de conversión EL a Uso Final		27.6%		27.6%		30.0%		35.0%
	Total de energía a Uso Final	3.8		34.0		17.0		8.6	
	Total Producción de Energía	5.8		45.5		26.0		13.0	

Tabla 5.6 Participación de las Energías Disponibles en los cuatro sectores de consumo final y en la generación de electricidad.

ESCENARIO DE BLOQUES (F2)

Los escenarios del Mundo en Bloques y el Sustentable fueron inspirados por escenarios desarrollados por Palz (1994), donde supone una estructura de abasto energético apoyada notablemente en los energéticos renovables.

El escenario del Mundo en Bloques se construyó considerando una base de consumo de energía promedio de 200 GJ/hab, con un total de 26000 PJ (4.5 veces mayor al actual), y se le identificó con el escenario socio económico del Mundo en Bloques, este es un escenario posible en el que se requiere gran cantidad de conservación de energía además de que la participación de los energéticos renovables aumentó a poco más el doble de lo que era en 1994, llegando a un 22% del total de energía.

En la tabla 5.5 donde se muestran exclusivamente los porcentajes de las fuentes y de las energías primarias, se observa que Energías provenientes de gases renovables como el Biogás o el Hidrógeno y otras energías renovables mecánicas como la Microhidráulica Mecánica y Eólica Mecánica y Solar Fototérmica Eléctrica, comienzan a participar activamente en el escenario de Bloques, sin embargo las principales fuentes renovables seguirán siendo la quema de combustibles sólidos como la leña y el bagazo con un 9.2% del total de energía y la hidroeléctrica con un 7.7% (considerando un 1.1% producido por microhidroeléctricas). Para que la Eoloeléctrica participe con un 1.1% del total es necesario que la capacidad instalada actual (1.25 MW en 1994), se incremente a una tasa anual del 32.95% (ver tabla 5.4), lo cual es técnicamente factible.

En la tabla 5.6 se observa en el escenario de bloques que la ED más utilizada es el Carbón para generación de electricidad, seguido por el GN y el Coque para consumo final, la ED renovable más utilizada es la leña, seguida por la Hidráulica para generación de electricidad. La Gasolina ya no es la ED no renovable más utilizada, es el GN.

En la generación de electricidad el Carbón es la ED con mayor participación (38% del total de energía a electricidad) desplazando al Combustóleo con sólo 8%, le sigue la Hidroeléctrica con un 16%, y luego la Nucleoeléctrica, la ED renovable después de la Hidroeléctrica es la Geotérmica con 5.4%, luego les siguen la Eólica Eléctrica y la Microhidroeléctrica, ambas con 2.7%.

ESCENARIO SUSTENTABLE (F3)

En este escenario se considera un consumo de 100 GJ/hab, con un total de 13000 PJ al que se le llamó Sustentable, y se le identifica con el escenario de Mundo Globalizado de Martínez (1996). Con mayor acento en fuentes renovables, cambio por combustibles menos contaminantes y conservación de energía.

En el escenario Sustentable además de que se utilizan más las fuentes renovables, la reducción en las emisiones de CO₂ se debe también a la sustitución de combustibles contaminantes por unos más limpios y a la conservación de energía en gran escala.

En la tabla 5.6 se observa que la ED más utilizada es el Gas Natural, seguida por la Hidroeléctrica y por el Carbón, la ED renovable más utilizada después de la Hidroeléctrica sigue siendo la Leña.

En la tabla 5.6 se observa en el escenario de bloques que la ED más utilizada es el Carbón para generación de electricidad, seguido por el GN y el Coque para consumo final, la ED renovable más utilizada es la leña, seguida por la Hidráulica para generación de electricidad. La Gasolina ya no es la ED no renovable más utilizada, es el GN.

En el escenario sustentable la generación de electricidad se encuentra más equitativamente repartida que en los dos escenarios anteriores, el 49.3% de la electricidad distribuida por red central se encuentra generada por fuentes renovables, la Hidroeléctrica es la ED con mayor participación (26% del total de energía a electricidad y 29.6% contando con la microhidráulica), le sigue el Carbón con un 24%, y luego la Nucleoeléctrica con un 14%, la ED renovable con mayor participación después de la Hidroeléctrica es la Geotérmica con 11%, luego le sigue la Eólica Eléctrica con 7%, que tendría que incrementarse a una tasa anual del 34.6%.

El 21% del Consumo Final lo realizan ED renovables en el Uso Final, se observa en la tabla 5.6 cómo el Gas Natural (23.4%), sustituye a las Gasolinas (12%), y se observa un fuerte incremento en el consumo de Coque (11.7%), la leña sigue siendo la ED renovable más utilizada con un 11.2%.

En la última línea de la tabla 5.7 se muestran los valores pronosticados para el consumo nacional de energía en el año de 2025 extraídos de los escenarios contemplados y se les compara con valores pronosticados por otros autores. Se observa que el valor mínimo para el 2025 puede ser demasiado optimista si se le compara con otros autores al 2020 ya que es menor a cualquiera de ellos, pero si se compara con la tendencia exhibida por los valores reales en el período mostrado (valor estimado de 7.1 EJ en el 2025), se encuentra por encima de dicho valor. Y de acuerdo con la tendencia real los pronósticos de IIASA son los que más se acercan al valor estimado para el 2000.

AUTORES	1985	1990	1995	2000	2020	2025	2030
Plan Nacional 1980	8.3-12.6	8.5-13.4	8.9-16.8				
Plan Nacional 1984	5.7-5.9	7.4-7.9	9.7-10.6	12.7-14.2			
Alonso-Rodríguez (1983)	6.5-6.9			8.7-12.3	15.7-47.7		
Martínez (1984)	4.9-5.4	5.5-6.7	6.2-8.3	7.0-10.3	11.5-25.0		
WEC (1978)		5.4		7.8-10.3	15.9-25.1		
IIASA (1981)				6.1-8.5			14.6-23.2
Valor Real (según balances SE)	5.2	5.5	5.7				
Este trabajo (1997)						8.6-34.0	

Tabla 5.7 Comparación entre valores pronosticados para el consumo nacional de energía en EJ/año

En cuanto al valor máximo se encuentra por debajo de las proyecciones de Alonso y de los Planes Nacionales (1980 y 1984) y por arriba de los autores restantes. Por lo tanto, sólo el valor máximo se encuentra dentro del intervalo de máximos (proyectados) de los autores citados, el valor mínimo es menor a cualquiera de los proyectados al 2025, sin embargo, de acuerdo a la tendencia real exhibida de 1985 a 1995, el valor presentado en este trabajo es el más cercano.

Capítulo 6. Estimación de Parámetros

En el presente capítulo se realizan estimaciones del valor futuro de los parámetros utilizados para la caracterización ambiental de las tecnologías energéticas.

Los valores presentes de los parámetros energéticos y tecnológicos (se determinaron previamente en los capítulos 1 y 2 respectivamente), los valores futuros se obtendrán mediante estimaciones propias o tomadas de la literatura y adaptadas a los escenarios tendencial (F1), de bloques (F2) y sustentable (F3) ya descritos. Dichos valores se incluirán (ver capítulo 7) en el cálculo de la función objetivo que calificará a los impactos ambientales.

PARÁMETROS ENERGÉTICOS

E1 - Cantidad

Como se describió en el capítulo 1, el parámetro Cantidad de ED es directamente proporcional al consumo de energía mexicano reportado en el Balance Nacional de Energía de 1994, ver SE (1994), donde se obtuvieron los valores de consumo presente de energía expresados en PJ, ver columna E1P de la tabla 6.1. Los valores de E1 en los diferentes futuros, $E1F_l$ ($l = 1, 2$ ó 3), se obtuvieron de escenarios energéticos propios descritos anteriormente. Los valores futuros de las energías disponibles para consumo final presentados previamente en la tabla 5.1, se muestran de manera condensada en la siguiente tabla 6.1.

E1- CONSUMO FUTURO DE ENERGÍA DISPONIBLE		[PJ]			
		E1 P	E1F1	E1F2	E1F3
e1	Carbón	128	68	3994	1357
e2	Coque	74	39	2496	1030
e3	Bagazo	70	38	529	210
e4	Leña	246	133	1874	746
e5	Carbón Vegetal				
e6	Combustóleo	293	3667	1474	780
e7	Diesel	507	6348	983	406
e8	Gasolina	1027	12866	2176	811
e9	Querosina	113	1415	421	281
e10	Gas LP	410	5135	702	406
e11	Gas Natural	657	1057	2730	1560
e12	Biogas (metano)	0	0	38	41
e13	Hidrógeno	0	0	76	82
e14	Electricidad red central	106	1047	2132	1404
e15	Solar Fotovoltaica	0	2	69	75
e16	Solar Fototérmica	1	27	114	125
e17	Solar Fototérmica-Eléctrica	0	0	46	50
e18	Eólica Eléctrica	0	9	286	416
e19	Eólica Mecánica	0	0	69	75
e20	Microhidráulica Eléctrica	0	0	286	208
e21	Microhidráulica Mecánica	0	0	46	50

Tabla 6.1 Consumo futuro de Energía disponible, parámetro E1, valores extraídos de la tabla 5.1

Con el objeto de manejar valores normalizados entre 0 y 1 (lo cual será de utilidad para el cálculo de la función objetivo, ver capítulo 7), la definición dada en el capítulo 1 para el parámetro E1 se modificó para evaluarla en cualquier escenario. E1 sigue siendo el cociente de la Energía Disponible i (ED_i) entre la Energía Disponible de mayor consumo ($ED_{\max}$), sólo que ahora se evalúa independientemente en cada escenario l (F_l).

$$E1_{F_l} = \frac{ED_i}{ED_{\max}} \Big|_{F_l} \quad (6.1)$$

Donde:

i = índice de ED = [1,21]

l = índice de escenarios = [1,3]

Los resultados se presentan en la tabla 6.2.

E1- CONSUMO FUTURO DE ENERGÍA DISPONIBLE					
normalizado					
		<u>E1 P norm</u>	<u>E1 F1 norm</u>	<u>E1 F2 norm</u>	<u>E1 F3 norm</u>
e1	Carbón	0.1249	0.0053	1.0000	0.8700
e2	Coque	0.0724	0.0031	0.6250	0.6600
e3	Bagazo	0.0683	0.0030	0.1323	0.1349
e4	Leña	0.2395	0.0104	0.4692	0.4784
e5	Carbón Vegetal	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
e6	Combustóleo	0.2850	0.2850	0.3691	0.5000
e7	Diesel	0.4934	0.4934	0.2461	0.2600
e8	Gasolina	1.0000	1.0000	0.5449	0.5200
e9	Querosina	0.1100	0.1100	0.1055	0.1800
e10	Gas LP	0.3991	0.3991	0.1758	0.2600
e11	Gas Natural	0.6398	0.0822	0.6836	1.0000
e12	Biogas (metano)	0.0000	0.0000	0.0095	0.0264
e13	Hidrógeno	0.0000	0.0000	0.0189	0.0528
e14	Electricidad red central	0.1032	0.0813	0.5339	0.9000
e15	Solar Fotovoltaica	0.000057	0.0001	0.0172	0.0480
e16	Solar Fototérmica	0.0009	0.0021	0.0286	0.0800
e17	Solar Fototérmica-Eléctrica	0.0000	0.0000	0.0115	0.0320
e18	Eólica Eléctrica	0.000041	0.0007	0.0716	0.2667
e19	Eólica Mecánica	0.0000	0.0000	0.0172	0.0480
e20	Microhidráulica Eléctrica	0.0000	0.0000	0.0716	0.1333
e21	Microhidráulica Mecánica	0.0000	0.0000	0.0115	0.0320

Tabla 6.2 Consumo futuro de Energía disponible, parámetro E1 normalizado.

E2 - Calidad

La Calidad de un energético (E2) se determina dependiendo del impacto que tiene la ED sobre los diferentes SA cuando es utilizada por una TUF. A manera de ejemplo, en la tabla 4.5 se muestran los valores presentes de los de las emisiones obtenidas (E2P) de un calentador con las diferentes ED que puede utilizar. En el anexo A se encuentran las tablas con los datos obtenidos para las demás tecnologías. Se observa de la tabla 4.5 que se carecen de muchos datos de emisiones, pero se tienen algunas de las más importantes. El calentador solar fototérmico (t16) no tiene emisiones en sus uso, sin embargo es la TUF que más superficie requiere.

Una vez contando con un valor presente de calidad E2P se procedió a estimar los valores futuros E2F1, E2F2 y E2F3 a través de la siguiente expresión:

$$E2F_t = E2P \cdot FSA_t \quad (6.2)$$

Donde el Factor de Sujeto Ambiental en el futuro t (FSA_t) se define como:

$$FSA_i = \frac{FE_k}{FE_{e12}} \cdot FC_i \quad (6.3)$$

Donde:

i = índice de ED = [1,21]

j = índice de TUF = [1,10]

k = índice de SA = [1,20]

l = índice de escenarios = [1,3]

El FSA_i se encuentra acotado entre 0 y 1 por ser el producto de un cociente entre los Factores de Emisión de la Energía Disponible k (FE_k) y el Factor de Emisión de la ED con el valor más alto, que es el biogás (e12), resultando, por lo tanto, valores menores o iguales a 1, lo que a su vez se multiplica por un Factor de Cambio del Sujeto Ambiental (FC_i), acotado a su vez entre 0 y 1, independiente para cada uno de los futuros el cual determina qué tanto disminuye o aumenta el parámetro E2 de un Sujeto Ambiental en los diferentes escenarios. Ver tabla 6.3.

FACTORES DE CAMBIO DE SUJETOS AMBIENTALES (FC_i)			
	<u>F1</u>	<u>F2</u>	<u>F3</u>
a1 CO2	1	0.85	0.70
a2 CO	1	0.80	0.70
a3 NOx	1	0.75	0.70
a4 SOx	1	0.70	0.65
a5 Part	1	0.65	0.60
a6 VOC	1	0.60	0.55
a7 O3	1	0.55	0.50
h1 Consumo	1	0.51	0.40
h2 Fugas de combustible, aceites y grasas	1	0.52	0.41
h3 Sólidos Suspendidos Totales (SST)	1	0.53	0.42
h4 Sólidos Disueltos Totales (SDT)	1	0.54	0.43
h5 Demanda Bioquímica de Oxígeno (DBO)	1	0.55	0.44
h6 Demanda Química de Oxígeno (DQO)	1	0.56	0.45
s1 Uso intensivo	1	0.57	0.46
s2 Ceniza y escoria	1	0.58	0.47
s3 Fugas de combustible, aceites y grasas	1	0.59	0.48
b1 Muertes	1	0.90	0.80
b2 Días de trabajo perdidos	1	0.90	0.80
b3 Flora	1	0.90	0.80
b4 Fauna	1	0.90	0.80

Tabla 6.3 Factores de Cambio (FC_i) de los Sujetos Ambientales que varían en cada escenario l .

Se observa de la tabla 6.3 que los FC disminuyen de F1 a F3, esto se debe a que se espera una mejoría en la calidad de todas las Energías Disponibles y, por lo tanto, menores emisiones contaminantes.

El cálculo de FSA_t se realiza en una hoja de Excel y se presenta en la tabla 6.4. Sustituyendo la ec. (6.3) en (6.2) se obtiene que los valores futuros de E2 se pueden expresar en forma concisa como:

$$E2F_t = E2P \cdot \frac{FE_k}{FE_{e12}} \cdot FC_t \quad (6.4)$$

Por la manera en que se definieron los diferentes factores involucrados, el valor presente de la calidad de la ED siempre va a ser mayor o igual que los valores futuros que adquiriera, i.e. $E2P > E2F_t$. El cálculo de $E2F_1$, $E2F_2$ y $E2F_3$, se realiza de manera simultánea con el cálculo de la Función Objetivo en el siguiente capítulo, ver ejemplo en la tabla 7.1.

FACTOR DE SUJETO AMBIENTAL (FSA)						FC						
FSA = FEI/FEbiogas * FC			COEFICIENTE DEL FACTOR DE EMISION, FEI/FEbiogas			FACTOR DE CAMBIO (FC)			FACTOR DE E2 (FSA)			
e1	Carbón		F1	F2	F3	F1	F2	F3	F1	F2	F3	
		25.8	0.8431									
a1	CO2		X	1	0.8431	0.8431	1	0.85	0.7	1	0.7167	0.5902
a2	CO		X	1	0.8431	0.8431	1	0.8	0.7	1	0.6745	0.5902
a3	NOx		X	1	0.8431	0.8431	1	0.75	0.7	1	0.6324	0.5902
a4	SOx		X	1	0.8431	0.8431	1	0.7	0.65	1	0.5902	0.5480
a5	Part		X	1	0.8431	0.8431	1	0.65	0.6	1	0.5480	0.5059
a6	VOC		X	1	0.8431	0.8431	1	0.6	0.55	1	0.5059	0.4637
a7	O3		X	1	0.8431	0.8431	1	0.55	0.5	1	0.4637	0.4216
h1	Consumo		X	1	0.8431	0.8431	1	0.51	0.4	1	0.4300	0.3373
h2	Fugas de combustible, aceites y grasas		X	1	0.8431	0.8431	1	0.52	0.41	1	0.4384	0.3457
h3	Sólidos Suspendidos Totales (SST)		X	1	0.8431	0.8431	1	0.53	0.42	1	0.4469	0.3541
h4	Sólidos Disueltos Totales (SDT)		X	1	0.8431	0.8431	1	0.54	0.43	1	0.4553	0.3625
h5	Demanda Bioquímica de Oxígeno (DBO)		X	1	0.8431	0.8431	1	0.55	0.44	1	0.4637	0.3710
h6	Demanda Química de Oxígeno (DQO)		X	1	0.8431	0.8431	1	0.56	0.45	1	0.4722	0.3794
s1	Uso intensivo		X	1	0.8431	0.8431	1	0.57	0.46	1	0.4806	0.3878
s2	Ceniza y escoria		X	1	0.8431	0.8431	1	0.58	0.47	1	0.4890	0.3963
s3	Fugas de combustible, aceites y grasas		X	1	0.8431	0.8431	1	0.59	0.48	1	0.4975	0.4047
b1	Muertes		X	1	0.8431	0.8431	1	0.9	0.8	1	0.7588	0.6745
b2	Días de trabajo perdidos		X	1	0.8431	0.8431	1	0.9	0.8	1	0.7588	0.6745
b3	Flora		X	1	0.8431	0.8431	1	0.9	0.8	1	0.7588	0.6745
b4	Fauna		X	1	0.8431	0.8431	1	0.9	0.8	1	0.7588	0.6745
e2	Coq	29.5	0.9641									
a1	CO2		X	1	0.9641	0.9641	1	0.85	0.7	1	0.8194	0.6748
a2	CO		X	1	0.9641	0.9641	1	0.8	0.7	1	0.7712	0.6748
a3	NOx		X	1	0.9641	0.9641	1	0.75	0.7	1	0.7230	0.6748
a4	SOx		X	1	0.9641	0.9641	1	0.7	0.65	1	0.6748	0.6266
a5	Part		X	1	0.9641	0.9641	1	0.65	0.6	1	0.6266	0.5784
a6	VOC		X	1	0.9641	0.9641	1	0.6	0.55	1	0.5784	0.5302
a7	O3		X	1	0.9641	0.9641	1	0.55	0.5	1	0.5302	0.4820
h1	Consumo		X	1	0.9641	0.9641	1	0.51	0.4	1	0.4917	0.3858
h2	Fugas de combustible, aceites y grasas		X	1	0.9641	0.9641	1	0.52	0.41	1	0.5013	0.3953
h3	Sólidos Suspendidos Totales (SST)		X	1	0.9641	0.9641	1	0.53	0.42	1	0.5109	0.4049
h4	Sólidos Disueltos Totales (SDT)		X	1	0.9641	0.9641	1	0.54	0.43	1	0.5206	0.4145
h5	Demanda Bioquímica de Oxígeno (DBO)		X	1	0.9641	0.9641	1	0.55	0.44	1	0.5302	0.4242
h6	Demanda Química de Oxígeno (DQO)		X	1	0.9641	0.9641	1	0.56	0.45	1	0.5399	0.4338
s1	Uso intensivo		X	1	0.9641	0.9641	1	0.57	0.46	1	0.5495	0.4435
s2	Ceniza y escoria		X	1	0.9641	0.9641	1	0.58	0.47	1	0.5592	0.4531
s3	Fugas de combustible, aceites y grasas		X	1	0.9641	0.9641	1	0.59	0.48	1	0.5688	0.4627
b1	Muertes		X	1	0.9641	0.9641	1	0.9	0.8	1	0.8676	0.7712
b2	Días de trabajo perdidos		X	1	0.9641	0.9641	1	0.9	0.8	1	0.8676	0.7712
b3	Flora		X	1	0.9641	0.9641	1	0.9	0.8	1	0.8676	0.7712

Tabla 6.4 Cálculo del Factor del Sujeto Ambiental (FSA), para Carbón y Coque.

E3 - Renovabilidad

Como renovabilidad se entiende la manera con la cual el ser humano explota los recursos energéticos disponibles ED, si estos son explotados a una tasa mayor que la tasa con la cual se regeneran naturalmente (por ejemplo, la explotación actual de la leña), se le considera un recurso no renovable y adquiere el valor de uno. En el caso inverso, cuando se trata de una fuente *renovable* E3 adquiere el valor de 0, como podría ser la misma explotación de la leña en un futuro. En la tabla 6.5 se presentan los valores presentes y futuros de la renovabilidad de las Energías Disponibles.

E3 - RENOVABILIDAD DE LOS ENERGÉTICOS DISPONIBLES					
		<u>P</u>	<u>F1</u>	<u>F2</u>	<u>F3</u>
e1	Carbón	1	1	1	1
e2	Coque	1	1	1	1
e3	Bagazo	1	1	0	0
e4	Leña	1	1	0	0
e5	Carbón Vegetal	1	1	0	0
e6	Combustóleo	1	1	1	1
e7	Diesel	1	1	1	1
e8	Gasolina	1	1	1	1
e9	Querosina	1	1	1	1
e10	Gas LP	1	1	1	1
e11	Gas Natural	1	1	1	1
e12	Biogas	0	0	0	0
e13	Hidrógeno	1	1	0	0
e14	Electricidad red central	1	1	1	1
e15	Solar Fotovoltaica	0	0	0	0
e16	Solar Fototérmica	0	0	0	0
e17	Solar Fototérmica- Eléctrica	0	0	0	0
e18	Eólica Eléctrica	0	0	0	0
e19	Eólica Mecánica	0	0	0	0
e20	Microhidráulica Eléctrica	0	0	0	0
e21	Microhidráulica Mecánica	0	0	0	0
RENOVABLE = 0		NO RENOVABLE = 1			

Tabla 6.5 Renovabilidad (E3) de las Energías Disponibles en el presente y en los tres escenarios considerados.

Se observa que debido a que E3 es un factor donde la manera de usar o explotar una ED, en el escenario tendencial (F1), todas las ED se seguirán utilizando de la misma manera que en el presente (P), en cambio, en los escenarios F2 y F3 se observan algunas ED cuyo valor de renovabilidad cambia por la variación en la forma de explotación, como Leña o Bagazo.

su valor debido a que se utilizarán a una tasa menor a la que se regeneran naturalmente, esto también significa que se incrementarán los cultivos energéticos.

Al Hidrógeno (e13) no se le consideró renovable en el presente debido a que es producido con derivados petrolíferos, en cambio en los escenarios F2 y F3 se piensa que puede ser renovable si se le genera con electricidad proveniente de ED renovables como puede ser la e21, e18, e17 o e15.

PARÁMETROS TECNOLÓGICOS

T1 - Estado de Uso-Mantenimiento

El estado de uso-mantenimiento de una tecnología, se calificó con una escala arbitraria entre 1 y 9, siendo 1 el mínimo de necesidades de mantenimiento y 9 el máximo. Esto se realizó para las 10 Tecnologías de Uso Final (TUF) seleccionadas con las respectivas Energías Disponibles (ED) que pueden utilizar, resultando en un total de 85 diadas Tecnología-Energía Disponible (TUF-ED). Se determinaron los valores en el presente y se estimaron los futuros con base en los escenarios considerados, ambos valores se presentan en la tabla 6.6.

T1-ESTADO DE USO/MANTENIMIENTO DE TECNOLOGIAS DE USO FINAL						
	TUF	ED	P	F1	F2	F3
t1	Calentador	e4 Leña	7	7	5	5
		e6 Combustóleo	5	5	3	3
		e10 Gas LP	3	3	1	1
		e11 Gas Natural	3	3	1	1
		e14 Electricidad red central	3	3	1	1
		e16 Solar Fototérmica	3	3	1	1
t2	Estufa	e4 Leña	7	7	5	5
		e6 Combustóleo	5	5	3	3
		e9 Querosina	7	7	5	5
		e10 Gas LP	5	5	3	3
		e11 Gas Natural	5	5	3	3
		e12 Biogas	7	7	3	3
		e14 Electricidad red central	5	5	3	3
		e16 Solar Fototérmica	5	5	3	3
t3	Horno	e1 Carbón	7	7	3	3
		e2 Coque	7	7	3	3
		e3 Bagazo	9	9	7	7
		e4 Leña	7	7	5	5
		e6 Combustóleo	5	5	3	3
		e7 Diesel	5	5	3	3
		e10 Gas LP	5	5	3	3
		e11 Gas Natural	5	5	3	3
		e14 Electricidad red central	5	5	3	3
		e16 Solar Fototérmica	5	5	3	3
t4	Caldera	e1 Carbón	7	7	3	3
		e3 Bagazo	9	9	7	7
		e4 Leña	7	7	5	5
		e6 Combustóleo	5	5	3	3
		e7 Diesel	5	5	3	3

	e9	Querosina	7	7	5	5
	e10	Gas LP	5	5	3	3
	e11	Gas Natural	5	5	3	3
	e14	Electricidad red central	3	3	1	1
	e16	Solar Fototérmica	5	5	3	3
t5		Refrigerador				
	e10	Gas LP	5	5	3	3
	e11	Gas Natural	5	5	3	3
	e14	Electricidad red central	3	3	1	1
	e15	Solar Fotovoltaica	3	3	1	1
	e16	Solar Fototérmica	7	7	5	5
	e18	Eólica-Eléctrica	5	5	3	3
	e20	Microhidráulica-Eléctrica	5	5	3	3
t6		Aire Acondicionado				
	e10	Gas LP	7	7	5	5
	e11	Gas Natural	7	7	5	5
	e14	Electricidad red central	5	5	3	3
	e15	Solar Fotovoltaica	5	5	3	3
	e16	Solar Fototérmica	7	7	5	5
t7		Motor Móvil				
	e6	Combustóleo	7	7	7	5
	e7	Diesel	5	5	3	3
	e8	Gasolina	5	5	3	3
	e9	Querosina	7	7	5	5
	e10	Gas LP	7	7	5	5
	e11	Gas Natural	7	7	5	5
	e12	Biogás	7	7	5	5
	e13	Hidrógeno	7	7	5	5
	e14	Electricidad red central	5	5	3	3
	e15	Solar Fotovoltaica	5	5	3	3
t8		Motor Fijo				
	e7	Diesel	5	5	5	5
	e8	Gasolina	5	5	5	5
	e10	Gas LP	7	7	5	5
	e11	Gas Natural	7	7	5	5
	e13	Hidrógeno	7	7	5	5
	e14	Electricidad red central	5	5	3	3
	e15	Solar Fotovoltaica	5	5	3	3
	e19	Eólica-Mecánica	7	7	5	5
	e21	Microhidráulica-Mecánica	7	7	5	5
t9		Lámpara				
	e4	Leña	7	7	5	5
	e8	Gasolina	5	5	3	3
	e9	Querosina	5	5	3	3
	e10	Gas LP	5	5	3	3
	e11	Gas Natural	5	5	3	3
	fluorescente e14	Electricidad red central	3	3	1	1
	incandescente e14	Electricidad red central	3	3	1	1
	fluorescente e15	Solar Fotovoltaica	3	3	1	1
	incandescente e15	Solar Fotovoltaica	3	3	1	1
	fluorescente e17	Solar Fototérmica-Eléctrica	5	5	3	3
	incandescente e17	Solar Fototérmica-Eléctrica	5	5	3	3
	fluorescente e18	Eólica-Eléctrica	5	5	3	3
	incandescente e18	Eólica-Eléctrica	5	5	3	3
	fluorescente e20	Microhidráulica-Eléctrica	5	5	3	3
	incandescente e20	Microhidráulica-Eléctrica	5	5	3	3

<u>TUF</u>	<u>ED</u>	<u>P</u>	<u>F1</u>	<u>F2</u>	<u>F3</u>
t10	Electrocomunicaciones: Radio, TV, Teléfono, Computadora				
	e14 Electricidad red central	3	3	1	1
	e15 Solar Fotovoltaica	3	3	1	1
	e17 Solar Fototérmica-Eléctrica	5	5	3	3
	e18 Eólica-Eléctrica	5	5	3	3
	e20 Microhidráulica-Eléctrica	5	5	3	3

Tabla 6. 7 Parámetros Presentes y Futuros de Uso/Mantenimiento (T3) de 10 TUF.

Se observa cómo disminuyen los valores sobre todo en F2 y F3, debido a que se espera la existencia de tecnologías con menor necesidad de mantenimiento y que simultáneamente permanezcan en un estado satisfactorio hasta el término de su vida útil.

T2 - Eficiencia

El parámetro T2 recibió el nombre de eficiencia, pero en general se trata de un índice del comportamiento energético de una tecnología, cuánta energía se aprovecha del total de energía recibida. En máquinas térmicas se le llama eficiencia o rendimiento y se encuentra acotado entre 0 y 1 o entre 0 y 100%, en máquinas térmicas de refrigeración se le conoce como COP (Coeficiente de Comportamiento por sus siglas en inglés) y es un valor usualmente mayor a la unidad. Finalmente en las lámparas se determina su eficiencia midiendo flujo luminoso entre la potencia [lúmenes/Watt] y por lo tanto no están acotados.

Los valores presentes se encontraron en la literatura, al igual que algunas de las estimaciones de escenarios futuros y también se realizaron estimaciones propias. En total se calificaron las 85 diadas TUF-ED, los valores utilizados se presentan en la tabla 6.7.

T2 - EFICIENCIA DE LAS TECNOLOGIAS DE USO FINAL						
		<u>P</u>	<u>F1</u>	<u>F2</u>	<u>F3</u>	<u>[REF]</u> <u>ESTIMACIONES</u>
t1	<u>Calentador</u>					
	e4 Leña	40	40	50	60	DIAN
	e6 Combustóleo	48	48	60	85	DIAN
	e10 Gas LP	53	53	60	90	EIA, DIAN
	e11 Gas Natural	53	53	70	85	OCDE, EIA,, DIAN
	e14 Electricidad red central	81	81	85	90	OCDE, e
	e16 Solar Fototérmica	15	15	25	30	e
t2	<u>Estufa</u>					
	e4 Leña	29	29	50	60	IPCC95, DIA
	e6 Combustóleo	42	42	55	67	DIA
	e9 Querosina	48	48	62	72	DIA, DOE, e
	e10 Gas LP	49	49	70	80	DIA
	e11 Gas Natural	50	50	70	83	DIA
	e12 Biogas	62	62	79	90	DIA, EIA
	e14 Electricidad	60	60	78	84	DOE

		red central					F18,e
	e16	Solar	28	28	36	42	DOE
		Fototérmica					F18,e
t3	<u>Horno</u>						
	e1	Carbón	50	50	60	70	e
	e2	Coque	50	50	60	70	e
	e3	Bagazo	50	50	60	70	e
	e4	Leña	50	50	60	70	e
	e5	Carbón	50	50	60	70	e
		Vegetal					
	e6	Combustóleo	60	60	71	88	DIA, EIA
	e7	Diesel	60	60	71	88	DIA, EIA
	e10	Gas LP	60	60	71	88	DIA, EIA
	e11	Gas Natural	62	62	79	90	DIA, EIA
	e14	Electricidad	64	64	75	90	DIA
		red central					
	e16	Solar	52	52	65	78	[PKI] e
		Fototérmica					
t4	<u>Caldera</u>						
	e1	Carbón	85	85	87	89	
	e2	Coque	50	50	60	70	e
	e3	Bagazo	85	85	87	89	
	e4	Leña	60	60	70	80	DOE95(P)
	e6	Combustóleo	90	90	92	94	
	e7	Diesel	90	90	92	94	
	e9	Querosina	90	90	92	94	
	e10	Gas LP	90	90	94	96	
	e11	Gas Natural	90	90	94	96	
	e14	Electricidad	81	81	85	90	OCDE, e
		red central					
	e16	Solar	52	52	65	78	[WINTER] canal parab, [PKI] dish
		Fototérmica					
t5	<u>Refrigerador</u>						
	e10	Gas LP	20	20	25	30	COP [Roberto Best]
	e11	Gas Natural	20	20	25	30	COP [Roberto Best]
	e14	Electricidad	3.34	3	4.54	5.74	CO DIA
		red central					
	e15	Solar	3.34	3	4.54	5.74	CO
		Fotovoltaica					
	e16	Solar	5	5	13	20	COP [Roberto Best]
		Fototérmica					
	e18	Eólica-Eléctrica	3.34	3	4.54	5.74	CO
	e20	Microhidráulica-Eléctrica	3.34	3	4.54	5.74	CO
t6	<u>Aire Acondicionado</u>						
	e10	Gas LP	0.7	0.7	1.3	1.9	CO [HONDA] [MYERS]
	e11	Gas Natural	0.7	0.7	1.3	1.9	CO [HONDA] [MYERS]
	e14	Electricidad	2.10	2	2.85	3.61	CO OCDE
		red central					
	e15	Solar	2.10	2	2.85	3.61	CO
		Fotovoltaica					
	e16	Solar FT	5	5	20	35	COP [Roberto Best]

			<u>P</u>	<u>F1</u>	<u>F2</u>	<u>F3</u>	<u>[REF]</u> <u>ESTIMACIONES</u>
t7	<u>Motor Móvil</u>						
	e6	Combustóleo	28	28	46	64	n caldera * n motor vapor barco
	e7	Diesel	25	25	32	39	n = 15- 40% más que gasol [EPA 95] E.5
	e8	Gasolina	22	22	28	30	n = 22 - [EPA 95] E.5 28%
	e9	Querosina	33	33	42	51	[severn]
	e10	Gas LP	33	33	39	45	
	e11	Gas Natural	33	33	42	51	
	e12	Biogas	33	33	39	45	
	e13	Hidrógeno	35	35	45	48	n = 60% [bockris 91] maeor que gasol
	e14	Electricidad red central	86	86	95	96	com pers
	e15	Solar Fotovoltaica	86	86	95	96	com pers
t8	<u>Motor Fijo</u>						
	e6	Combustóleo	30	30	37	45	[severn]
	e7	Diesel	30	30	39	47	
	e8	Gasolina	26	26	34	36	
	e10	Gas LP	33	33	42	51	[severn]
	e11	Gas Natural	33	33	39	45	
	e13	Hidrógeno	42	42	54	58	[fuel cell, doe]
	e14	Electricidad red central	86	86	95	96	%, [fide] trifásico, industrial
	e15	Solar Fotovoltaica	86	86	95	96	
	e19	Eólica- Mecánica	32	32	44	57	
	e21	Microhidráulica-Mecánica	86	86	91	95	[arndt]
t9	<u>Lámpara</u>						
	e4	Leña	1.0	1.0	1.5	2.0	e
	e8	Gasolina	2.0	2.0	3.0	4.0	e
	e9	Querosina	2.5	2.5	3.8	5.0	e
	e10	Gas LP	3.3	3.3	5.0	6.7	e
	e11	Gas Natural	5.0	5.0	7.5	10.0	e
fluores	e14	Electricidad red central	62	62	83	115	DIA
incand	e14	Electricidad red central	10	10	15	20	DIA
fluores	e15	Solar Fotovoltaica	62	62	83	115	DIA
incand	e15	Solar Fotovoltaica	10	10	15	20	DIA

fluores	e17	Solar	62	62	83	115	DIA
		Fototérmica-Eléctrica					
incand	e17	Solar	10	10	15	20	DIA
		Fototérmica-Eléctrica					
fluores	e18	Eólica-Eléctrica	62	62	83	115	DIA
incand	e18	Eólica-Eléctrica	10	10	15	20	DIA
fluores	e20	Microhidráulica-Eléctrica	79	79	85	90	DIA
incand	e20	Microhidráulica-Eléctrica	10	10	15	20	DIA
t10 Electrocomunicaciones: Radio, TV, Teléfono, Computadora							
	e14	Electricidad red central	93	93	94	96	
	e15	Solar Fotovoltaica	93	93	94	96 lumen/W	
	e17	Solar Fototérmica-Eléctrica	93	93	94	96 lumen/W	
	e18	Eólica-Eléctrica	93	93	94	96	EIA
	e20	Microhidráulica-Eléctrica	93	93	94	96	EIA
		TV color	93	93	94	96	

Tabla 6.7 Parámetro de Eficiencia (T2) o índice de comportamiento para las 10 TUF consideradas.

Para elaborar la tabla anterior fue necesario recabar información de muchas y muy variadas fuentes, se observa una columna, colocada a la derecha de los escenarios, donde se cita a la referencia para el o los datos en cuestión, o si se trata de alguna estimación propia.

T3 - Sustentabilidad

Este parámetro está relacionado con el modo de uso de la energía por una tecnología, en principio una tecnología puede propiciar que una energía se utilice de manera sustentable (calificándose con el valor de 0) o que no se utilice de esa manera (valorándose con 1), al igual que con los otros 2 parámetros tecnológicos se calificaron las 85 diadas TUF-ED, los resultados se presentan en la tabla 6.8

T3 - SUSTENTABILIDAD DE LAS TECNOLOGIAS DE USO FINAL

			<u>P</u>	<u>F1</u>	<u>F2</u>	<u>F3</u>
t1	Calentador					
	e1	Carbón	1	1	1	1
	e4	Leña	1	1	0	0
	e6	Combustóleo	1	1	1	1
	e10	Gas LP	1	1	1	1
	e11	Gas Natural	1	1	1	1
	e14	Electricidad red central	1	1	1	1
	e16	Solar Fototérmica	0	0	0	0
t2	Estufa					
	e4	Leña	1	1	0	0
	e6	Combustóleo	1	1	1	1
	e9	Querosina	1	1	1	1
	e10	Gas LP	1	1	1	1
	e11	Gas Natural	1	1	1	1
	e12	Biogas	0	0	0	0
	e14	Electricidad red central	1	1	1	1
	e16	Solar Fototérmica	0	0	0	0
t3	Horno					
	e1	Carbón	1	1	1	1
	e2	Coque	1	1	1	1
	e3	Bagazo	0	0	0	0
	e4	Leña	0	0	0	0
	e5	Carbón Vegetal	0	0	0	0
	e6	Combustóleo	1	1	1	1
	e7	Diesel	1	1	1	1
	e10	Gas LP	1	1	1	1
	e11	Gas Natural	1	1	1	1
	e14	Electricidad red central	1	1	1	1
	e16	Solar Fototérmica	0	0	0	0
t4	Caldera					
	e1	Carbón	1	1	1	1
	e3	Bagazo	1	1	0	0
	e4	Leña	1	1	0	0
	e6	Combustóleo	1	1	1	1
	e7	Diesel	1	1	1	1
	e9	Querosina	1	1	1	1
	e10	Gas LP	1	1	1	1
	e11	Gas Natural	1	1	1	1
	e14	Electricidad red central	1	1	1	1
	e16	Solar Fototérmica	0	0	0	0
	e17	Solar Fototérmica-Eléctrica	0	0	0	0

t5	Refrigerador				
	e10	Gas LP	1	1	1
	e11	Gas Natural	1	1	1
	e14	Electricidad red central	1	1	1
	e15	Solar Fotovoltaica	0	0	0
	e16	Solar Fototérmica	0	0	0
	e18	Eólica-Eléctrica	0	0	0
	e20	Microhidráulica-Eléctrica	0	0	0
t6	Aire Acondicionado				
	e10	Gas LP	1	1	1
	e11	Gas Natural	1	1	1
	e14	Electricidad red central	1	1	1
	e15	Solar Fotovoltaica	0	0	0
	e16	Solar Fototérmica	0	0	0
t7	Motor Móvil				
	e6	Combustóleo	1	1	1
	e7	Diesel	1	1	1
	e8	Gasolina	1	1	1
	e9	Querosina	1	1	1
	e10	Gas LP	1	1	1
	e11	Gas Natural	1	1	1
	e12	Biogás	0	0	0
	e13	Hidrógeno	0	0	0
	e14	Electricidad red central	1	1	1
	e15	Solar Fotovoltaica	0	0	0
t8	Motor Fijo				
	e6	Combustóleo	1	1	1
	e7	Diesel	1	1	1
	e8	Gasolina	1	1	1
	e10	Gas LP	1	1	1
	e11	Gas Natural	1	1	1
	e13	Hidrógeno	0	0	0
	e14	Electricidad red central	1	1	1
	e15	Solar Fotovoltaica	0	0	0
	e19	Eólica-Mecánica	0	0	0
	e21	Microhidráulica-Mecánica	0	0	0
t9	Lámpara				
	e4	Leña	0	0	0
	e7	Diesel	1	1	1
	e8	Gasolina	1	1	1
	e9	Querosina	1	1	1
	e10	Gas LP	1	1	1
	e11	Gas Natural	1	1	1
fluoresc	e14	Electricidad red central	1	1	1
incandes	e14	Electricidad red c.	1	1	1

			P	F1	F2	F3
fluoresc	e15	Solar Fotovoltaica	0	0	0	0
incandes	e15	Solar Fotovoltaica	1	1	0	0
fluoresce	e17	Solar Fototérmica- Eléctrica	0	0	0	0
incandes	e17	Solar Fototérmica- Eléctrica	1	1	0	0
fluoresce	e18	Eólica-Eléctrica	0	0	0	0
incandes	e18	Eólica-Eléctrica	1	1	0	0
fluoresce	e20	Microhidráulica- Eléctrica	0	0	0	0
incandes	e20	Microhidráulica- Eléctrica	1	1	0	0
t10 Electrocomunicaciones: Radio, TV, Teléfono, Computadora						
	e14	Electricidad red central	1	1	1	1
	e15	Solar Fotovoltaica	0	0	0	0
	e17	Solar Fototérmica- Eléctrica	0	0	0	0
	e18	Eólica-Eléctrica	0	0	0	0
	e20	Microhidráulica- Eléctrica	0	0	0	0
SUSTENTABLE = 0						
NO SUSTENTABLE = 1						

Tabla 6.8 Parámetro de Sustentabilidad (T3) para las 10 TUF consideradas.

Al igual que el parámetro E3 para la energía, se definió el parámetro T3 para la tecnología. El cual tiene que ver con la forma de uso de la tecnología pero también con su propio ciclo de vida, desde su forma de construcción, el origen de los materiales utilizados, las formas en que es posible utilizar la tecnología (versatilidad), y finalmente el cómo se puede disponer de sus materiales al desmantelarla.

Recapitulando, para la determinación de los valores tanto de los parámetros energéticos como tecnológicos se realizaron estimaciones propias para E3, T1 y T3, estimaciones propias basadas en datos empíricos para E1 y E2, y se mezclaron estimaciones propias y de otras fuentes para obtener T2.

Para obtener información, tanto de los parámetros presentes como de los futuros, se consultaron documentos como los balances de Energía de la SE (1994 y anteriores), factores de emisión en EPA (1985) e IPCC (1995), estadísticas de INEGI, informes de CFE, se realizaron búsquedas bibliográficas tradicionales en bibliotecas del CIE, IIE, PUE, DEPF, INE y del actual Instituto de Ecología UNAM.

Se consultaron bancos de información a través de redes de cómputo del Departamento de Energía de Estados Unidos (US DOE), de la Agencia Internacional de

Energía (IEA-OCDE), de la Administración de Información Energética (US EIA) y de la Agencia de Protección Ambiental (US EPA) y del Panel Intergubernamental del cambio Climático (IPCC) incluyendo algunas agencias y compañías especializadas en información del sector energético.

Se recurrió a comunicaciones personales, mediante entrevistas con expertos para consultar sus estimaciones de eficiencias futuras por ejemplo, entre ellos el Dr. Roberto Best CIE (Centro Investigación en Energía-UNAM), nos proporcionó información sobre sistemas de refrigeración y bombas de calor. Así también el Ing. Juan Rubén Zagal FIDE (Fideicomiso de Apoyo al Programa de Ahorro de Energía del Sector Eléctrico de CFE), experto en motores eléctricos.

Como se puede apreciar, no existe un banco de información lo suficientemente completo como para aglutinar todos los datos que aquí se necesitaron, sobre todo los relacionados a afectaciones a las diferentes áreas ambientales, especialmente a la biodiversidad, el estudio de los efectos de la contaminación sobre la biodiversidad es un campo de investigación que se ha explorado poco y que se encuentra en desarrollo, ver Barker (1992).

De igual manera para decidir qué sujetos ambientales son los más recomendables, se recurrió a entrevistas con expertos en el área de evaluación de impacto ambiental del entonces Centro de Ecología UNAM, en el Consejo Nacional de la Biodiversidad, etc.

Capítulo 7. Marco Conceptual y Resultados

Como ya se expuso en el capítulo 3, un impacto ambiental puede evaluarse de muchas maneras diferentes, inclusive se ha llegado a calificar al mismo impacto como benéfico o adverso. Con el fin de evitar dictámenes subjetivos, se elaboró un Marco Conceptual donde a cada posible impacto ambiental se le califica mediante una función objetivo elaborada con parámetros cuantificables. De esta manera se pueden realizar comparaciones cuantitativas entre los impactos ambientales producidos por una TUF en escenarios futuros.

MARCO CONCEPTUAL

El marco conceptual es un programa computacional, elaborado en la hoja de cálculo Excel 5, que realiza las siguientes tareas para una diada TUF-ED:

- a) Lee los valores futuros de los parámetros energéticos E1 y E3, y tecnológicos T1, T2 y T3.
- b) Lee los valores presentes del parámetro energético E2 y luego calcula los valores futuros y
- c) Mediante una *función objetivo*, donde se involucran todos los parámetros leídos previamente, se calcula un valor para cada una de las interacciones (TUF-ED-SA) previamente identificadas, ver capítulo 4.

Una *función objetivo* (FO) proporciona un valor "pesado" o valuado, mediante la combinación de varios parámetros en un solo valor, tiene la ventaja de que se pueden considerar muchas características sin complicar demasiado el análisis, ver Corbus (1993).

Se define una FO dependiente de los parámetros energéticos y tecnológicos que mejor caracterizan una tecnología desde el punto de vista ambiental, con el fin de obtener un valor para cada una de las interacciones de la triadas TUF - ED - SA (definidas en el capítulo 4). Los valores obtenidos de la FO son una *calificación* o medida del impacto ambiental

Los parámetros energéticos, definidos previamente en el capítulo 1, involucran la cantidad (E1) de la Energía Disponible utilizada, la calidad (E2) del energético de acuerdo a su factor de emisión de contaminantes, y la característica inherente de ser una fuente renovable o no renovable (E3).

Los parámetros tecnológicos, ya definidos en el capítulo 2, son: el estado de uso-mantenimiento (T1), la eficiencia (T2) y la sustentabilidad (T3) de una tecnología.

Los valores futuros de los parámetros energéticos y tecnológicos en los escenarios tendencial (F1), de bloques (F2) y sustentable (F3), se estimaron en el capítulo 6 a partir de los valores presentes (P) mostrados en los capítulos 1 y 2.

La función objetivo (FO) adoptada tiene la siguiente forma:

$$FO(e_i, t_j, a_k) \Big|_{F1, F2, F3} = c_1 E_{1_F} + c_2 \frac{E_{2_F}}{E_{2_P}} + c_3 E_3 + c_4 \frac{T_{1_F}}{T_{1_P}} + c_5 \frac{T_{2_P}}{T_{2_F}} + c_6 T_3 \quad (7.1)$$

Donde:

- $c_1 \dots c_6$ = factores de peso
- e = vector energía (ED)
- t = vector tecnología (TUF)
- a = vector ambiente (SA)
- i, j, k = índices de los vectores e, t, a
- P, F = subíndices de tiempo, Presente y Futuro respectivamente
- $F1, F2, F3$ = escenario tendencial, bloques y sustentable

Esta función objetivo involucra tres términos que son cocientes entre valores futuros y valores presentes, o viceversa, definidos de tal manera que cada uno de los términos adquiere un valor entre 0 y 1; los otros dos términos son los parámetros que se valúan directamente con 0 ó 1. Y el primer término consiste en el factor de peso multiplicando al parámetro cantidad de energía consumida normalizada, definido previamente en el capítulo 1. Los factores de peso de cada uno de los términos se definen, en este caso, todos iguales a 1/6 para que al sumar todos los términos de la FO proporcione valores que estén acotados entre cero y la unidad

$$0 < FO < 1$$

Mientras más cercano se encuentre el valor de FO a cero, corresponde un menor impacto ambiental.

A continuación se presenta un ejemplo de cálculo de la FO para una diada TUF-ED, en este caso se muestra la TUF t1-calentador, utilizando el gas LP como energía disponible. Ver cuadro explicativo 7.1 y la tabla 7.1.

# renglón	Acción	
1	Nombre y número de Tecnología de Uso Final (TUF)	
2	Nombre y Número de Energía Disponible (ED)	
3	Factor de conversión Cal a J	
4	Escenarios P, F1, F2 y F3	
5	Parámetro Energético (lectura de tabla 6.2)	E1F
6	Parámetro Energético (cálculo ver renglón 58 a 80)	E2
7	Parámetro Energético (lectura de tabla 6.5)	E3
9	Parámetro Tecnológica (lectura de tabla 6.6)	T1
10	Parámetro Tecnológica (lectura de tabla 6.7)	T2
11	Parámetro Tecnológica (lectura de tabla 6.8)	T3
13	Primer término Energético = a renglón #5	E1F
14	Cálculo segundo término Energético	E2F/E2P
15	Determinación renovabilidad E3	
17	Cálculo primer término Tecnológico	T1F/T1P
18	Cálculo segundo término Tecnológico	T2P/T2F
19	Determinación sustentabilidad T3	
21 a 26	Definición de los Coeficientes de peso	
28	Suma de términos energéticos	
29	Suma de términos tecnológicos	
31	Suma de todos los términos	
33 a 54	Cálculo del Factores de Sujetos Ambientales (FSA) ver Capítulo 6 FSA=FEi/FEbiogas*FC	
37	Donde	
38	FEi = Factor de emisión del ED	
39	FEi= FE del gas LP en este caso	
40	FEbiogas= FE más alto	
41	FC=estimación de coeficientes de cambio de los FE	
47	FC=Indica qué tanto se espera que disminuye o aumenta el valor de un atributo en los diferentes escenarios	
51	FSA varía con la ED y con valores de cambio esperados	
58 a 80	Cálculo del 2o. parámetro energético (ver capítulo 6 para detalles)	
63	Cada uno de estos renglones SA _k se inserta en el renglón #6 de esta hoja y se calcula la FO _k para el SA _k	
67	El resultado de c/ FO _k se coloca en un arreglo adyacente a éste y luego se exporta a la tabla 7.3, donde se resumen todas las FO _k del resto de las ED que pueden utilizar los calentadores	
70	En la tabla 7.2 se encuentran las FO de todas las ED para la tecnología T1 calentador	

Cuadro 7.1 Explicación renglón por renglón del cálculo de la función objetivo de una diada TUF-ED para cada uno de los Sujetos Ambientales con los que interaccionan.

a1	CO2	****	CO2	CO2	CO2	CO2	CO2	CO2	CO2	CO2
1	t1	calentador		EVALUACION DE LA FUNCION OBJETIVO						
2	a10	Gas LP								
4	Energético		P	F1	F2	F3				
5	E1	cantidad	0.39908	0.3990781	0.1757813	0.26				
6	E2	calidad \	104.188	104.18793	74.668014	61.49130587	kg/GJ			
7	E3	tipo	1	1	1	1				
8	Tecnológico									
9	T1	estado \	3	3	1	1				
10	T2	eficiencia /	53	53	60	90	%			
11	T3	tipo	1	1	1	1				
12										
13	E1			0.3990781	0.1757813	0.26				
14	E2 Fi / E2 P			1	0.7166667	0.590196078				
15	E3			1	1	1				
16										
17	T1 Fi / T1 P			1	0.3333333	0.33333333				
18	T2 P / T2 Fi			1	0.8833333	0.58888889				
19	T3			1	1	1				
20	Coeficientes de FO [adim]									
21	a			0.1666667	0.1666667	0.16666667				
22	b			0.1666667	0.1666667	0.16666667				
23	c			0.1666667	0.1666667	0.16666667				
24	d			0.1666667	0.1666667	0.16666667				
25	e			0.1666667	0.1666667	0.16666667				
26	f			0.1666667	0.1666667	0.16666667				
27										
28	SUM keIP/EIF			0.399846	0.315408	0.308366				
29	SUM kTi P/ TiF			0.500000	0.369444	0.320370				
30										
31	FO(E2a(ii))			0.8998	0.6849	0.6287				
32										
33	E2	calidad \	FACTORES DE ATRIBUTOS AMBIENTALES							
34			P	F1	F2	F3				
35	a1	CO2	X		1	0.7166667	0.590196078			
36	a2	CO	X		1	0.6745098	0.590196078			
37	a3	NOx	X		1	0.6323529	0.590196078			
38	a4	SOx	X		1	0.5901961	0.548039216			
39	a5	Part	X		1	0.5480392	0.505882353			
40	a6	VOC	X		1	0.5058824	0.46372549			
41	a7	O3	X		1	0.4637255	0.421568627			
42	h1	Cons	X		1	0.7588235	0.674509804			
43	h2	Fugas	X		1	0.7588235	0.674509804			
44	h3	Sólid	X		1	0.7588235	0.674509804			
45	h4	Sólid	X		1	0.7588235	0.674509804			
46	h5	Dema	X		1	0.7588235	0.674509804			
47	h6	Dema	X		1	0.7588235	0.674509804			
48	s1	Uso i	X		1	0.8009804	0.758823529			
49	s2	Ceniz	X		1	0.8009804	0.758823529			
50	s3	Fugas	X		1	0.8009804	0.758823529			
51	b1	Muert	X		1	0.7588235	0.674509804			
52	b2	Días	X		1	0.7588235	0.674509804			
53	b3	Flora	X		1	0.7588235	0.674509804			
54	b4	Fauna	X		1	0.7588235	0.674509804			

Tabla 7.1 Cálculo de la Función Objetivo del CO₂, para el caso de un calentador utilizando gas LP.

[illegible]

Una vez leídos los valores de los parámetros energéticos y ambientales se procede a calcular cada uno de los términos de la función objetivo en los tres escenarios futuros considerados.

Primer término energético, una vez realizada la normalización del consumo energético en los escenarios futuros (ver tabla 6.2), se considera este término simplemente como el parámetro energético multiplicado por su factor de peso.

Segundo término energético, en un futuro se espera que los combustibles mejoren en calidad, i.e., tengan un menor contenido de azufre por ejemplo, por lo tanto se espera que algunos de los factores de emisión disminuyan con respecto a los valores presentes. El cálculo de este término se efectúa dividiendo los valores futuros entre el valor presente de los Factores de Emisión y el resultado, que se espera siempre menor o igual a 1, se inserta en el renglón # 14 de la tabla 7.1

Tercer término energético, es directamente proporcional al parámetro energético de renovabilidad (E3), es un parámetro que sólo puede variar si varía la forma de explotación de un recurso, y adquiere valor 0 si es renovable y 1 en el caso opuesto, se lee su valor estimado de la tabla 6.5 y directamente se le coloca en el renglón # 15 de la tabla 7.1.

Primer término tecnológico, se espera que las tecnologías futuras requieran de menor mantenimiento y se conserven mejor al paso del tiempo, por lo tanto se dividen sus valores futuros (obtenidos de la tabla 6.6) entre sus respectivos valores presentes. Los resultados se insertan en el renglón #17 de la tabla 7.1.

Segundo término tecnológico, la eficiencia de una tecnología es una de sus características que seguramente se incrementará con el tiempo (ver tabla 6.7 del capítulo 6), por lo tanto, los valores futuros dividen al valor presente y los resultados se insertan en el renglón #18 de la tabla 7.1

Tercer término tecnológico, es directamente proporcional al parámetro tecnológico de la sustentabilidad (T3), ver capítulo 2. Puede variar entre escenarios y adquirir el valor 0 si es sustentable o 1 si no lo es, sus valores en los distintos escenarios se leen de la tabla 6.8 y se insertan en el renglón #19 de la tabla 7.1

Determinación de los Coeficientes de peso (c_i), forman un vector de 6 elementos que pueden variar en magnitud, pero su suma debe ser siempre 1 para que la función objetivo adquiera un valor normalizado entre 0 y 1. También puede variar entre escenarios. Los coeficientes de peso utilizados en este cálculo, son todos iguales y valen 1/6 en los tres escenarios, este valor se inserta en los renglones #21 a #26 de la tabla 7.1

Cálculo de la Función Objetivo: para cada Sujeto Ambiental (CO , NO_x , SO_x etc..) se calcula la FO correspondiente, $\text{FO}(\text{NO}_x)$ por ejemplo. El valor correspondiente en cada uno de los tres escenarios es colocado, a su vez, en el mismo renglón de los Sujetos Ambientales seguidos por sus factores de emisión y a un lado de estos (ver los renglones 61 al 80 de la tabla 7.1).

En la tabla 7.1 sólo se presenta el cálculo de la Función Objetivo del Bióxido de Carbono $\text{FO}(\text{CO}_2)$, para cada uno de los demás SA, cuando hubo interacción y dato correspondiente, se repitió el procedimiento con otras 80 líneas de programación, resultando en un programa de 1600 líneas para el cálculo de todas las FO de una sola diada TUF-ED.

Una vez completado el cálculo para todos los sujetos ambientales, dicho arreglo de resultados se exporta a la tabla 7.2, que es una matriz donde se encuentran todas las demás energías disponibles para los calentadores (ED vs. SA) y en donde aparecen de forma agregada los tres futuros.

Tabla 7.2 Resultados de los cálculos de la Función Objetivo para el caso de calentadores de distintas ED.

	Gas Natural				Biogas	Hidrógeno	Electricidad red central				Solar Fotovoltaica	Solar Fototérmica				Solar Fototérmica-Eléctric	Eólica Eléctrica	Eólica Mecánica	Microhidráulica Eléctrica	Microhidráulica Mecánica
F3	O	F1	F2	F3	O	F1	F2	F3	O	F1	F2	F3	O	F1	F2	F3				
0.63	X	0.85	0.75	0.76		X	0.85	0.76	0.79					-	-	-				
0.63	X	0.85	0.74	0.76		X	0.85	0.75	0.79					-	-	-				
0.63	X	0.85	0.73	0.76		X	0.85	0.74	0.79					-	-	-				
-	X	0.85	0.73	0.75		X	0.85	0.74	0.78					-	-	-				
-	X	0.85	0.72	0.74		X	0.85	0.73	0.77					-	-	-				
-	X	0.85	0.71	0.74		X	0.85	0.72	0.77					-	-	-				
-	X	-	-	-		X	-	-	-					-	-	-				
-	X	0.85	0.76	0.77		X	-	-	-		X			-	-	-				
-	X	-	-	-		X	-	-	-					-	-	-				
-	X	-	-	-		X	-	-	-					-	-	-				
-	X	0.85	0.76	0.77		X	-	-	-					-	-	-				
-	X	0.85	0.76	0.77		X	-	-	-					-	-	-				
-	X	0.85	0.76	0.77		X	-	-	-					-	-	-				
-	X	0.85	0.76	0.79		X	-	-	-		X			-	-	-				
-		-	-	-			-	-	-					-	-	-				
-		-	-	-			-	-	-					-	-	-				
-	X	0.85	0.76	0.77		X	-	-	-					-	-	-				
-	X	0.85	0.76	0.77		X	-	-	-					-	-	-				
-	X	-	-	-		X	-	-	-					-	-	-				
-	X	-	-	-		X	-	-	-					-	-	-				

Tabla 7.2 Resultados de los cálculos de la Función Objetivo para el caso de calentadores de distintas ED.

RESULTADOS

En el anexo B se presentan los valores de la función objetivo para las TUF. donde, para una tecnología dada, se muestran los valores de la FO resultantes en cada uno de los futuros considerados (F1,F2,F3) para todas las ED que utilice, y los SA con quien tenga interacción.

Para una TUF dada se obtiene los siguientes resultados específicos:

1. El escenario de mayores y el de menores impactos ambientales para cada una de las 85 diadas TUF-ED.
2. El sujeto ambiental con mayores y el de menores impactos ambientales para cada diada TUF-ED. En un escenario dado.
3. La energía disponible que mayores impactos ambientales ocasiona cuando es utilizada por una TUF, para cada uno de los futuros considerado
4. La energía disponible que presenta menores impactos ambientales al ser utilizada por una TUF, para cada uno de los futuros considerados

En la tabla 7.3 se presenta un resumen de los resultados específicos para cada una de las diadas TUF-ED, los cuales se describen ampliamente en el Anexo C.

Tabla 7.3 Resumen de resultados específicos para cada diada TUF-ED en los tres escenarios considerados, F1=Tendencial, F2=bloques y F3=Sustentable. P= presente

TUF - ED	IMPACTOS AMBIENTALES				
	SUJETO AMBIENTAL		ESCENARIOS	ENERGÍA DISPONIBLE	
	MAYOR Impacto Ambiental	MENOR Impacto Ambiental	MAYOR = 1 MENOR = 3	MAYOR Impacto Ambiental	MENOR Impacto Ambiental
CALENTADOR t1-e4 LEÑA	F1: = P F2: CO ₂ F3: CO ₂ , NO _x , SO _x	F1: = P F2: VOC F3: VOC, PART	F1: 1 F2: 2 F3: 3	F1: GLP	F1: LENA
CALENTADOR t1-e6 COMBUSTÓLEO	F1: = P F2: suelo F3: biogás	F1: = P F2: suelo F3: biogás	F1: 1 F2: 2 F3: 3	F2: EL	F2: LENA
CALENTADOR t1-e10 GLP	F1: = P F2: CO ₂ , CO F3: aire	F1: = P F2: NO _x F3: aire	F1: 1 F2: 2 F3: 3	F3: EL	F3: LENA
CALENTADOR t1-e11 GN	F1: = P F2: agua F3: agua	F1: = P F2: F3:	F1: 1 F2: 3 F3: 2		
CALENTADOR t1-e14 EL red central	F1: = P F2: CO ₂ F3: CO ₂ , CO, NO _x	F1: = P F2: VOC F3: PART	F1: 1 F2: 3 F3: 2		
CALENTADOR t1-e16 SOLAR FT	F1: = P F2: NO TIENE F3: NO TIENE	F1: = P F2: NO TIENE F3: NO TIENE	F1: F2: F3:		
ESTUFA t2-e4 LEÑA	F1: = P F2: CO ₂ F3: CO ₂	F1: = P F2: VOC F3: VOC	F1: 1 F2: 2 F3: 3	F1: GLP	F1: BIOGAS
ESTUFA t2-e6 COMBUSTÓLEO	F1: = P F2: CO ₂ F3: CO ₂	F1: = P F2: VOC F3: VOC	F1: 1 F2: 2 F3: 3	F2: GN	F2: BIOGAS
ESTUFA t2-e9 QUEROSINA	F1: = P F2: CO ₂ F3: CO ₂	F1: = P F2: VOC F3: VOC	F1: 1 F2: 2 F3: 3	F3: GN	F3: BIOGAS
ESTUFA t2-e10 GLP	F1: = P F2: CO ₂ F3: CO ₂ , CO, NO _x	F1: = P F2: VOC F3: VOC	F1: 1 F2: 2 F3: 3		
ESTUFA t2-e11 GN	F1: = P F2: CO ₂ F3: CO ₂ , CO, NO _x	F1: = P F2: VOC F3: VOC	F1: 1 F2: 2 F3: 3		
ESTUFA t2-e4 BIOGÁS	F1: = P F2: CO ₂ F3: CO ₂	F1: = P F2: F3:	F1: 1 F2: 2 F3: 3		
ESTUFA t2-e6 ELECT red	F1: = P F2: CO ₂ F3: CO ₂ , CO, NO _x	F1: = P F2: VOC F3: VOC	F1: F2: F3:		
ESTUFA t2-e4 SOLAR FT	F1: = P F2: NO TIENE F3: NO TIENE	F1: = P F2: NO TIENE F3: NO TIENE	F1: F2: F3:		
HORNO t3-e1 CARBÓN	F1: = P F2: CO ₂ F3: CO ₂ , NO _x , SO _x	F1: = P F2: VOC F3: VOC	F1: 1 F2: 2 F3: 3	F1: DIESEL	F1: SOLAR FT
HORNO t3-e2 COQUE	F1: = P F2: CO ₂ , CO F3: CO ₂ , NO _x , SO _x	F1: = P F2: VOC F3: VOC	F1: 1 F2: 2 F3: 3	F2: CARBON	F2: SOLAR FT
HORNO t3-e3 BAGAZO	F1: = P F2: CO ₂ F3: CO ₂ , NO _x , SO _x	F1: = P F2: NO _x F3: VOC	F1: 1 F2: 2 F3: 3	F3: GN	F3: SOLAR FT
HORNO t3-e4 LEÑA	F1: = P F2: CO ₂ F3: CO ₂ , NO _x , SO _x	F1: = P F2: VOC F3: VOC	F1: 1 F2: 2 F3: 3		
HORNO t3-e6 COMBUSTÓLEO	F1: = P F2: CO ₂ F3: CO ₂ , NO _x , SO _x	F1: = P F2: VOC F3: VOC	F1: 1 F2: 2 F3: 3		
HORNO t3-e7 DIESEL	F1: = P F2: CO ₂ F3: CO ₂ , NO _x , SO _x	F1: = P F2: VOC F3: VOC	F1: 1 F2: 2 F3: 3		
HORNO t3-e10 GLP	F1: = P F2: CO ₂ F3: CO ₂ , NO _x , SO _x	F1: = P F2: VOC F3: VOC	F1: 1 F2: 2 F3: 3		
HORNO t3-e11 GN	F1: = P F2: CO ₂ F3: CO ₂ , NO _x , SO _x	F1: = P F2: VOC F3: VOC	F1: 1 F2: 2 F3: 3		
HORNO t3-e14 ELECT red	F1: = P F2: CO ₂ F3: CO ₂ , NO _x , SO _x	F1: = P F2: VOC F3: VOC	F1: 1 F2: 3 F3: 2		

TUF - ED	SUJETO AMBIENTAL		ESCENARIOS	ENERGÍA DISPONIBLE	
	MAYOR Impacto Ambiental	MENOR Impacto Ambiental		MAYOR Impacto Ambiental	MENOR Impacto Ambiental
HORNO 13-e16 SOLAR FT	F1: = P F2: NO TIENE F3: NO TIENE	F1: = P F2: NO TIENE F3: NO TIENE	F1: F2: F3:		
CALDERA 14-e1 CARBÓN	F1: = P F2: CO ₂ , CO F3: CO ₂ , CO, NO _x	F1: = P F2: VOC F3: VOC	F1: 2 F2: 1 F3: 3	F1: DIESEL	F1: BAGAJO
CALDERA 14-e3 BAGAJO	F1: = P F2: CO ₂ F3: CO ₂ , CO, NO _x	F1: = P F2: VOC F3: VOC	F1: 1 F2: 2 F3: 3	F2: CARBON	F2: BAGAJO
CALDERA 14-e4 LEÑA	F1: = P F2: CO ₂ F3: aire	F1: = P F2: NO _x F3: aire	F1: 1 F2: 2 F3: 3	F3: GN	F3: BAGAJO
CALDERA 14-e6 COMBUSTÓLEO	F1: = P F2: CO ₂ F3: CO ₂ , CO, PART, NO _x	F1: = P F2: VOC F3: VOC	F1: 1 F2: 2 F3: 3		
CALDERA 14-e7 DIESEL	F1: = P F2: CO ₂ F3: CO ₂ , CO, NO _x	F1: = P F2: VOC F3: VOC	F1: 1 F2: 2 F3: 3		
CALDERA 14-e9 QUEROSINA	F1: = P F2: CO ₂ F3: CO ₂	F1: = P F2: F3:	F1: 1 F2: 2 F3: 3		
CALDERA 14-e10 GLP	F1: = P F2: CO ₂ F3: CO ₂ , CO, NO _x	F1: = P F2: VOC F3: VOC	F1: 1 F2: 2 F3: 3		
CALDERA 14-e11 GN	F1: = P F2: USO DEL SUELO F3: USO DEL SUELO	F1: = P F2: VOC F3: VOC	F1: 2 F2: 3 F3: 1		
CALDERA 14-e14 ELECT red CALDERA 14-e16 SOLAR FT	F1: = P F2: CO ₂ F3: CO ₂ , CO, NO _x F1: = P F2: NO TIENE F3: NO TIENE	F1: = P F2: VOC F3: VOC F1: = P F2: NO TIENE F3: NO TIENE	F1: 1 F2: 3 F3: 2 F1: F2: F3:		
REFRIGERADOR 15-e10 GLP	F1: = P F2: CO ₂ F3: CO ₂ , CO, NO _x	F1: = P F2: VOC F3: VOC	F1: 1 F2: 2 F3: 3	F1: GLP	F1: ELECT
REFRIGERADOR 15-e11 GN	F1: = P F2: CO ₂ F3: CO ₂	F1: = P F2: VOC F3: VOC	F1: 1 F2: 3 F3: 2	F2: ELECT	F2: GLP
REFRIGERADOR 15-e14 ELECT red	F1: = P F2: CO ₂ , CO F3: CO ₂ , CO, NO _x	F1: = P F2: VOC F3: VOC	F1: 1 F2: 3 F3: 2	F3: GN	F3: GLP
REFRIGERADOR 15-e15 SOLAR FV	F1: = P F2: F3:	F1: = P F2: F3:	F1: 1 F2: 2 F3: 3		
REFRIGERADOR 15-e16 SOLAR FT	F1: = P F2: F3:	F1: = P F2: F3:	F1: 1 F2: 2 F3: 3		
AIRE ACOND. 16-e10 GLP	F1: = P F2: CO ₂ F3: CO ₂ , CO, NO _x	F1: = P F2: VOC F3: VOC	F1: 1 F2: 2 F3: 3	F1: GLP	F1: EL
AIRE ACOND. 16-e11 GN	F1: = P F2: CO ₂ F3: CO ₂	F1: = P F2: VOC F3: VOC	F1: 1 F2: 3 F3: 2	F2: GN	F2: GLP
AIRE ACOND. 16-e14 ELECT red	F1: = P F2: CO ₂ , CO F3: CO ₂ , CO, NO _x	F1: = P F2: VOC F3: VOC	F1: 1 F2: 3 F3: 2	F3: GN	F3: GLP
AIRE ACOND. 16-e15 SOLAR FV	F1: = P F2: F3:	F1: = P F2: F3:	F1: 1 F2: 2 F3: 3		
AIRE ACOND. 16-e16 SOLAR FT	F1: = P F2: F3:	F1: = P F2: F3:	F1: 1 F2: 2 F3: 3		
MOTOR MOVIL 17-e6 COMBUSTÓLEO	F1: = P F2: CO ₂ F3: CO ₂ , CO, NO _x	F1: = P F2: VOC F3: VOC	F1: 1 F2: 2 F3: 3	F1: GASOLINA	F1: HIDROGENO SOLAR FV
MOTOR MOVIL 17-e7 DIESEL	F1: = P F2: CO ₂ F3: CO ₂ , CO, NO _x	F1: = P F2: VOC F3: VOC	F1: 1 F2: 2 F3: 3	F2: GASOLINA	F2: HIDROGENO SOLAR FV
MOTOR MOVIL 17-e8 GASOLINA	F1: = P F2: CO ₂ F3: CO ₂ , CO, NO _x	F1: = P F2: VOC F3: VOC	F1: 1 F2: 2 F3: 3	F3: GASOLINA	F3: HIDROGENO SOLAR FV
MOTOR MOVIL 17-e9 QUEROSINA	F1: = P F2: F3:	F1: = P F2: F3:	F1: 1 F2: 2 F3: 3		

TUF - ED	SUJETO AMBIENTAL		ESCENARIOS	ENERGÍA DISPONIBLE	
	MAYOR Impacto Ambiental	MENOR Impacto Ambiental	MAYOR = 1 MENOR = 3	MAYOR Impacto Ambiental	MENOR Impacto Ambiental
MOTOR MOVIL e10 GLP	17- F1: = P F2: CO ₂ F3: CO ₂ , CO, NO _x	F1: = P F2: VOC F3:	F1: 1 F2: 2 F3: 3		
MOTOR MOVIL e11 GN	17- F1: = P F2: CO ₂ F3: CO ₂ , CO, NO _x	F1: = P F2: VOC F3: VOC	F1: 1 F2: 3 F3: 2		
MOTOR MOVIL 17-e12 BIOGÁS	F1: = P F2: F3:	F1: = P F2: F3:	F1: 1 F2: 2 F3: 3		
MOTOR MOVIL 17-e13 HIDRÓGENO	F1: = P F2: NO _x F3: NO _x	F1: = P F2: VOC F3: VOC	F1: 1 F2: 2 F3: 2		
MOTOR MOVIL e14 ELECT red	17- F1: = P F2: CO ₂ , CO F3: CO ₂ , CO, NO _x	F1: = P F2: VOC F3: VOC	F1: 1 F2: 3 F3: 2		
MOTOR MOVIL e11 SOLAR FV	17- F1: = P F2: F3:	F1: = P F2: F3:	F1: 1 F2: 2 F3: 3		
MOTOR FUO 18-e7 DIESEL	F1: = P F2: CO ₂ F3: CO ₂ , CO, NO _x	F1: = P F2: VOC F3: VOC	F1: 1 F2: 2 F3: 3	F1: GASOLINA	F1: HIDROGENO
MOTOR FUO 18-e8 GASOLINA	F1: = P F2: CO ₂ F3: CO ₂ , CO, NO _x	F1: = P F2: VOC F3: VOC	F1: 1 F2: 2 F3: 3	F2: GASOLINA	F2: HIDROGENO
MOTOR FUO 18-e10 GLP	F1: = P F2: CO ₂ F3: CO ₂ , CO, NO _x	F1: = P F2: VOC F3: VOC	F1: 1 F2: 2 F3: 3	F3: GASOLINA	F3: HIDROGENO
MOTOR FUO 18-e11 GN	F1: = P F2: CO ₂ F3: CO ₂ , CO, NO _x	F1: = P F2: VOC F3: VOC	F1: 1 F2: 3 F3: 2		
MOTOR FUO 18-e13 HIDRÓGENO	F1: = P F2: NO _x F3: NO _x	F1: = P F2: VOC F3: VOC	F1: 1 F2: 2 F3: 3		
MOTOR FUO 18-e14 ELECT red	F1: = P F2: CO ₂ , CO F3: CO ₂ , CO, NO _x	F1: = P F2: VOC, F3: VOC	F1: 1 F2: 3 F3: 2		
MOTOR FUO 18-e11 SOLAR FV	F1: = P F2: F3:	F1: = P F2: F3:	F1: 1 F2: 2 F3: 3		
MOTOR FUO 18-e11 EÓLICA MEC.	F1: = P F2: F3:	F1: = P F2: F3:	F1: 1 F2: 2 F3: 3		
MOTOR FUO 18-e11 MICRO HIDRO MEC	F1: = P F2: F3:	F1: = P F2: F3:	F1: 1 F2: 2 F3: 3		
LAMPARA 19-e4 LEÑA	F1: = P F2: CO ₂ F3: CO ₂	F1: = P F2: VOC F3: VOC	F1: 1 F2: 2 F3: 3	F1: GASOLINA	F1: LENA
LAMPARA 19-e8 GASOLINA	F1: = P F2: CO ₂ F3: CO ₂	F1: = P F2: F3:	F1: 1 F2: 2 F3: 3	F2: GN	F2: LENA
LAMPARA 19-e9 QUEROSINA	F1: = P F2: CO ₂ F3: CO ₂	F1: = P F2: F3:	F1: 1 F2: 2 F3: 3	F3: GN	F3: LENA
LAMPARA 19-e10 GLP	F1: = P F2: CO ₂ F3: CO ₂ , CO, NO _x	F1: = P F2: VOC F3:	F1: 1 F2: 2 F3: 3		
LAMPARA 19-e11 GN	F1: = P F2: CO ₂ F3: CO ₂ , CO, NO _x	F1: = P F2: VOC F3:	F1: 1 F2: 3 F3: 2		
LAMPARA Incandescente 19-e14 ELECT red	F1: = P F2: CO ₂ F3: CO ₂ , CO, NO _x	F1: = P F2: VOC F3: VOC	F1: 1 F2: 3 F3: 2	EXPLIC	
LAMPARA fluorescente 19-e14 ELECT red	F1: = P F2: CO ₂ F3: CO ₂ , CO, NO _x	F1: = P F2: VOC F3: VOC	F1: 1 F2: 3 F3: 2	EXPLIC	
LAMPARA 19-e15 SOLAR FV	F1: = P F2: F3:	F1: = P F2: F3:	F1: 1 F2: 2 F3: 3		
LAMPARA 19-e18 EOLICA ELECT	F1: = P F2: F3:	F1: = P F2: F3:	F1: 1 F2: 2 F3: 3		
LAMPARA 19-e20 MICRO-H ELECT	F1: = P F2: F3:	F1: = P F2: F3:	F1: 1 F2: 2 F3: 3		

TUF - ED	SUJETO AMBIENTAL		ESCENARIOS	ENERGÍA DISPONIBLE	
	MAYOR Impacto Ambiental	MENOR Impacto Ambiental		MAYOR Impacto Ambiental	MENOR Impacto Ambiental
ELECTROCOM t10-e14 ELECT red	F1: = P F2: CO ₂ , CO F3: CO ₂ , CO, NO _x	F1: = P F2: VOC F3: VOC	F1: 1 F2: 2 F3: 3	F1: EL	F1:
ELECTROCOM t10-e15 SOLAR FV	F1: = P F2: F3:	F1: = P F2: F3:	F1: 1 F2: 2 F3: 3	F2: EL	F2:
ELECTROCOM t10-e17 SOLAR FT-EL	F1: = P F2: F3:	F1: = P F2: F3:	F1: 1 F2: 2 F3: 3	F3: EL	F3:
ELECTROCOM e18 EOLICA ELECT	F1: = P F2: F3:	F1: = P F2: F3:	F1: 1 F2: 2 F3: 3		
ELECTROCOM e20 MICRO-H ELECT	F1: = P F2: F3:	F1: = P F2: F3:	F1: 1 F2: 2 F3: 3		

A continuación se describen resultados de carácter más general pertenecientes a cada tecnología.

t1-calentador

- El uso de calentadores con GLP (t1-e10), presenta el mayor impacto ambiental en el escenario tendencial F1 (y en el presente)
- El uso de calentadores con leña en los escenarios de bloques y sustentable presenta el menor impacto dentro de los combustibles renovables.
- Los calentadores solares presentan cero emisiones al aire, cero descargas o uso de agua, sólo un uso del suelo 6 veces mayor que la tecnología convencional t1-e10.
- Los valores más altos de F1 se presentaron cuando la caldera utilizó GLP luego combustóleo, luego GN y EL red, luego leña y finalmente con cero emisiones la tecnología Solar Fototérmica.
- El valor del F1 más alto entre los ED analizados es el del calentador de GLP, esto se debe a su uso generalizado en el sector doméstico.

t2-estufa

Comparación entre energías disponibles:

- F1: El uso de estufas con leña (t2-e4) muestran el menor impacto ambiental en F1 entre las fuentes no renovables, la estufa solar no presenta impactos ambientales. Los mayores impactos se deben a la estufa de GLP.
- F2: El uso de estufas con biogás presenta el menor impacto ambiental dentro de los combustibles renovables y no renovables. Las estufas solares no tienen impacto ambiental. Los mayores impactos se deben a la estufa de GN
- F3: El uso de estufas con biogás presenta el menor impacto ambiental dentro de los combustibles renovables y no renovables. Las estufas solares no tienen impacto ambiental. Los mayores impactos se deben a la estufa de GN
- En general no se esperaba un mejor comportamiento del F2 con respecto al F3 en varios de los energéticos analizados, pero se observó que la FO propuesta es muy sensible a la intensidad con que se utiliza una ED. Este es el caso de la estufa de GN.

- Las tecnologías solares fototérmicas son las que tienen cero emisiones al aire durante su operación, su principal impacto es su gran utilización de terreno.
- Leña: La gran diferencia que existe entre el escenario tendencial y los demás se debe a que en el escenario F1 la leña no es renovable ni su uso sustentable (como sucede actualmente), en cambio en los escenarios F2 y F3, se le considera un recurso renovable, con un uso sustentable.
- EL red: Los valores menores en los escenarios F2 y F3, respecto a F1, se deben a que se mejorará la eficiencia de generación, a la vez que ésta se producirá más limpiamente, mayor participación de renovables en la generación de electricidad y uso de combustibles más limpios.

t3-horno

F1: El uso de hornos con bagazo y leña muestran el menor impacto ambiental en F1 entre los combustibles. El mayor impacto se debe a hornos de diesel.

F2: El menor impacto entre los combustibles se debe a hornos de bagazo y el mayor a carbón.

F3: El menor impacto entre los combustibles se debe a hornos de bagazo y el mayor impacto se debe a hornos de GN

Las tecnologías solares fototérmicas son las que tienen cero emisiones al aire durante su operación, pero utiliza mucha área y un mínimo de agua, por lo tanto son los hornos solares fototérmicos los que muestran los menores impactos en todas las tecnologías.

Aunque se incrementa el uso del bagazo (en general de la biomasa) en los escenarios F2 y F3, con respecto a F1, sus impactos se ven contrarrestados por la mejora en la eficiencia de las hornos.

La gran diferencia entre el escenario tendencial y los demás se debe a que en el escenario F1 la leña no es renovable ni su uso sustentable (como en la actualidad), situación que se invierte en F2 y F3, a pesar de que aumenta el consumo de leña.

A pesar de que en F2 y F3 se mejora tanto la calidad del combustóleo como la eficiencia de las hornos, los impactos son grandes debido a que seguirá siendo un combustible muy utilizado.

Los valores menores en los escenarios F2 y F3 se deben a que se mejorará la eficiencia de generación de electricidad, a la vez que ésta se producirá más limpiamente, mayor participación de renovables en la generación de electricidad y uso de combustibles más limpios. También se espera una mejora en la eficiencia de las hornos.

t4-caldera

-El uso de calderas con carbón (t4-e1) y bagazo muestran el menor impacto ambiental en F1 entre las fuentes no renovables.

-El uso de calderas con bagazo presenta el menor impacto ambiental dentro de los combustibles renovables.

- En general no se esperaba un mejor comportamiento del F2 con respecto al F3 en varios de los energéticos analizados, sin embargo se encontró que en ocasiones F1 se comportaba mejor que F3.
- Los valores más altos de F1 se presentaron cuando la caldera utilizó diesel luego Gas LP y el más bajo con combustibles renovables cuando se utilizó bagazo, sin embargo, las tecnologías solares fototérmicas son las que tienen cero emisiones al aire durante su operación, pero utiliza mucha área y un mínimo de agua.
- Los valores más altos de F1 se presentaron cuando la caldera utilizó diesel
- La diferencia máxima entre F1 y F2 es de 2 centésimas y de F2 a F3 es de 6 centésimas, en general son valores que varían muy poco de escenario a escenario, se debe a que en F2 y F3 se incrementa en gran medida el uso de carbón revertiendo la tendencia actual
- Aunque se incrementa el uso del bagazo (en general de la biomasa) en los escenarios F2 y F3, con respecto a F1, sus impactos se ven contrarrestados por la mejora en la eficiencia de las calderas.
- La gran diferencia entre el escenario tendencial y los demás se debe a que en el escenario F1 la leña no es renovable ni su uso sustentable (como en la actualidad), situación que se invierte en F2 y F3, a pesar de que aumenta el consumo de leña.
- A pesar de que en F2 y F3 se mejora tanto la calidad del combustóleo como la eficiencia de las calderas, los impactos son grandes debido a que seguirá siendo un combustible muy utilizado, en F3 es la 6a. ED más utilizada
- Los valores menores en los escenarios F2 y F3 se deben a que se mejorará la eficiencia de generación, a la vez que ésta se producirá más limpiamente, mayor participación de renovables en la generación de electricidad y uso de combustibles más limpios. También se espera una mejora en la eficiencia de las calderas.

t5-refrigerador

Se observa cómo el GLP es el energético que más impactos tiene en el presente y por lo tanto en F1, en el escenario F2 es el GN el que exhibe los valores más grandes y en F3 comparte el GN con la electricidad de la red (e14) como productor de mayores impactos.

t6-aire acondicionado

Se observa cómo el GLP es el energético que más impactos tiene en el presente y por lo tanto en F1, en el escenario F2 es el GN el que exhibe los valores más grandes y en F3 comparte el GN con la electricidad de la red (e14) como productor de mayores impactos.

t7 motor móvil

-comparación entre energéticos

Se observa que el energético con mayores impactos en el escenario F1 es la gasolina por ser el combustible fósil que más se utiliza y tiene el valor máximo de 1, seguida del diesel, el combustible fósil con menor impacto es el GLP.

El energético con mayores impactos en el escenario F2 es el Diesel

El energético con mayores impactos en el escenario F3 es el GN debido a que es el energético más utilizado.

El combustible con menores impactos es el hidrógeno en los tres escenarios.

La gasolina es la ED que exhibe mayores impactos en los tres escenarios.

Se observa cómo la gasolina es el energético que más impactos tiene en F1 y sobre todo será utilizada en motores móviles para el sector transporte (consecuencia del uso presente), en cambio en F2 y F3 el GN es el energético que produce más impactos por su uso en motores, le sigue el combustóleo y luego la gasolina, esta ya no ocupa el lugar protagónico que tenía en F1 tal vez por sus mejoras en calidad.

t8 motor fijo

-Comparación entre energéticos

Se observa que el energético con mayores impactos en el escenario F1 es la gasolina por ser el combustible fósil que más se utiliza y tiene el valor máximo de 1, seguida del diesel, el combustible fósil con menor impacto es el GLP.

El energético con mayores impactos en el escenario F2 es el Diesel por ...

El energético con mayores impactos en el escenario F3 es el GN debido a que es el energético más utilizado.

El combustible con menores impactos es el hidrógeno en los tres escenarios.

La gasolina es la ED que exhibe mayores impactos en los tres escenarios.

Se observa cómo el GLP es el energético que más impactos tiene en el presente y por lo tanto en F1, situación que se revierte para el GN en F2, donde exhibe los valores promedio más grandes.

t9 lámpara

Las diferencias entre F2 y F3 son de máximo 7 centésimas, en cambio las diferencias entre F1 y F2 llegan a ser de hasta 28 centésimas, lo cual se debe a que en el presente y en el escenario tendencial F1 el uso de la leña no es sustentable y no renovable. Mientras que, en los escenarios F2 y F3 el uso es sustentable y se considera un recurso renovable.

-Discusión sobre la tecnología

En principio, la iluminación por medios no eléctricos va a tender a desaparecer, el primer uso de la electricidad en lugares donde no existía red(o hasta la fecha no existe), es para iluminación. Es en estos lugares no electrificados (rurales sobre todo), donde se utilizan todavía los energéticos combustibles para iluminación.

-comparación entre energéticos

Se observa que el energético con mayores impactos en el escenario F1 es la gasolina por ser el combustible fósil que más se utiliza y tiene el valor máximo de 1, seguida del GLP.

El energético con mayores impactos en el escenario F2 es el GN

El energético con mayores impactos en el escenario F3 es el GN debido a que es el energético más utilizado.

La gasolina es la ED que exhibe mayores impactos en los tres escenarios le sigue luego el GN y luego la electricidad.

En el F3 el energético más consumido (ED_{max}) se estima que será el GN, en tanto que en F1 será la gasolina (como lo es en el presente) y en F2 el carbón. Es lógico que el energético que se consuma más produzca más impactos, aunque se tratara de una fuente renovable.

t10 electrocomunicaciones

-Debido a la falta de datos no se pueden describir más efectos que los debidos al consumo de electricidad vía red central y los impactos ambientales que éste implica.

COMENTARIOS GENERALES

Mediante un análisis de sensibilidad de los valores de la FO con respecto a la variación de sus parámetros, se observó que la FO tiene una sensibilidad de ± 1 centésima al variar cualquiera de los parámetros en $\pm 10\%$.

Se calificaron los Impactos Ambientales para cada una de las tríadas para las que se halló información, y en cada uno de los tres escenarios futuros. Se identificaron un total de 1221 interacciones, de las cuales se cuantificaron 345, es decir el 28.3%, mediante el cálculo de la FO en los tres escenarios se tiene un total de 1035 valores.

Es deseable sin embargo contar con el mayor número de datos posible, porque así se puede obtener más información, en el estado actual de desarrollo del Marco Conceptual (MC), solo el no contar con el 100% de los datos ciertamente limita los alcances de este estudio, sin embargo con el estado actual de la base de datos, es posible llegar a resultados y conclusiones específicas en los rubros de ED, TUF y ED donde se tiene la mayor cantidad de datos. Lo mismo sucede con los resultados y conclusiones de carácter general, sin embargo, es posible obtener este tipo de conclusiones generales de las tendencias futuras comparadas unas con otras y con los valores presentes, ya que éste es el ámbito donde encaja el presente Marco Conceptual. En resumen se puede demostrar que a pesar de que los datos adquiridos no llegan al 30% del total, es posible obtener información útil.

Observando los resultados obtenidos y las tablas de distribución de datos (4.2, 4.3 y 4.4) tenemos lo siguiente:

Vector ED: donde se encuentre menos de la mitad de datos, es importante determinar si se trata de una carencia distribuida entre todas las tecnologías analizadas, o se trata de carencia de datos respecto a una tecnología en especial. Por lo tanto no se pueden obtener conclusiones de carácter general de todas las tecnologías aglutinadas, y sí es posible hacerlo analizando cada TUF por separado e inclusive es posible obtener conclusiones específicas, qué tan específicas va a depender directamente del número de datos con el que se cuente.

Vector TUF: Aunque no se encuentra ninguna TUF con el 100% de los datos, es posible saber en qué Sujeto Ambiental (SA) impacta más, por ejemplo, si se trata de una tecnología de combustión, impactará más a la atmósfera que al suelo por ejemplo. De tal manera que es posible aportar conclusiones de carácter general y específicas sólo en los sujetos ambientales en los que existan datos.

Vector SA: Existen sujetos ambientales para los que no hay datos, como formación de ozono troposférico O₃, afectación a la flora o fauna, que por ser de difícil determinación o simplemente no se han medido, no se encuentran datos disponibles y por lo tanto no se puede concluir mas que la razón por la cual es importante la futura determinación de dichos sujetos ambientales.

Una vez analizando cada vector por separado, se observa que de las Energías Disponibles (ED) de las cuales no se tienen datos, no se puede concluir nada, sin embargo, como en su mayoría se trata de energías renovables se sabe que son pequeñas, en comparación a las ED combustibles, en el caso de emisiones al aire y grandes en el uso de suelo, por lo tanto se pueden obtener conclusiones de carácter general, aunque no específicas.

Conclusiones

Se describieron los conceptos de Energía Disponible (ED) y Tecnología de Uso Final (TUF), se explicaron sus funciones en un sistema energético y sus interacciones con el medio ambiente a través de indicadores definidos como Sujetos Ambientales (SA).

Se estableció un Marco Conceptual mediante el cual se obtuvieron evaluaciones presentes y futuras de los impactos ambientales generados por las Tecnologías de Uso Final. Éstas dependen de parámetros tanto energéticos: cantidad, calidad y renovabilidad de la Energía Disponible, como de parámetros tecnológicos: estado de uso y mantenimiento, eficiencia y sustentabilidad. Siendo ésta la primera vez que se incorpora el criterio de sustentabilidad para caracterizar una tecnología. De tal manera que, mediante este Marco Conceptual se obtiene una caracterización exclusivamente ambiental de una Tecnología de Uso Final. Lo anterior se ejemplifica aplicando el Marco Conceptual a 10 tipos de Tecnologías de Uso Final, que abarcan las tres formas de energía útil: calor, energía mecánica y energía electromagnética.

El ámbito en el que se puede aplicar el presente Marco Conceptual, dado que se tiene un subconjunto del Ciclo de Vida tecnológico y del Ciclo de Energía Total, es el de la evaluación de los impactos ambientales generados por el uso de una Tecnología de Uso Final consumiendo o utilizando una Energía Disponible. Primero, se está considerando solamente la fase OPERATIVA del Ciclo de Energía Total del energético, que es su consumo (otras fases como la extracción, transporte, distribución, refinación pertenecen a la fase Preoperativa del energético considerado) y, segundo, se considera únicamente la etapa de USO del Ciclo de Vida de una tecnología (otras etapas son la construcción y el desmantelamiento). Por ejemplo, durante su fase operativa una tecnología que utiliza combustóleo tiene menos emisiones que una tecnología que utiliza leña, por lo tanto tiene menos impactos ambientales, lo que haría preferir el combustóleo como combustible, a pesar de que el ciclo de energía total del combustóleo (extracción, refinación, etc.) es mucho más contaminante que el de la leña que además puede utilizarse de manera renovable.

Es importante mencionar que al utilizar la función objetivo no sólo se está haciendo un análisis cuantitativo en el presente, sino de cómo se espera que varíen los distintos parámetros en los futuros.

Mediante el Marco Conceptual elaborado es posible llegar a una mejor toma de decisiones desde un punto de vista ambiental sobre la elección de Tecnologías de Uso Final

y Energéticos Disponibles. A través del análisis de resultados se pueden obtener conclusiones sobre qué energético es el más ambientalmente adecuado, para realizar un trabajo con una Tecnología de Uso Final dada.

-Una limitación al trabajo, fue la recopilación de datos sobre tipo, uso y mantenimiento de las Tecnologías de Uso Final de los sectores de consumo final energético mexicanos, aunque la tecnología es importada en muchos casos, el modo de uso es importante, así que hubo que adoptar datos de países desarrollados sobre modos de operación para diversas Tecnologías de Uso Final.

También es posible obtener mediante el Marco Conceptual información sobre qué sujeto ambiental ejerce más presión una diada y, a través del análisis de los datos de entrada, encontrar las causas. Dicha información también es útil a la toma de decisiones.

Se construyeron tres escenarios energéticos para México en el año 2025, Tendencial, de Bloques y Sustentable, con un nivel de desagregación tan específico (hasta el nivel de las Energías Disponibles), que no hay registro de que algún trabajo similar haya sido publicado con anterioridad, y por lo tanto ésta es una aportación original del presente trabajo. Los valores pronosticados se comparan favorablemente con los valores de otros autores.

La visión prospectiva del marco conceptual, le da varias proyecciones a lo que puede ser el uso de las Tecnologías de Uso Final en el futuro y de lo importante que son para un manejo sustentable de los recursos energéticos. El tener una imagen de las consecuencias que tendría la elección de una Tecnología de Uso Final con una Energía Disponible determinada, es útil para una mejor toma de decisiones.

Es posible realizar un análisis comparativo entre escenarios, tanto de valores promedio como de valores de los Sujetos Ambientales individuales, obteniendo así, por ejemplo, el escenario que más contamina una diada y sus causas.

Si se tuviera toda la información requerida, se podrían comparar todas las diadas con las que puede operar una Tecnología de Uso Final, en un escenario dado, y obtener cual es la Energía Disponible más conveniente desde el punto de vista ambiental.

En el escenario Sustentable (F3), por ejemplo, el energético más consumido se estima será el gas natural, en tanto que en el escenario Tendencial (F1) será la gasolina (como lo es en el presente) y en el escenario de Bloques (F2) el carbón. Se observa cómo la gasolina es el energético que más impactos tiene en F1, donde se le utilizará principalmente en motores móviles para el sector transporte (consecuencia del uso presente), en cambio en F2 y F3 el gas natural es el energético que produce más impactos por su uso en motores, le sigue el combustóleo y luego la gasolina; esta última ya no ocupa el lugar protagónico que tenía en F1 por sus mejoras en calidad.

La principal diferencia que existe entre el Marco Conceptual aquí presentado y el método de Leopold, que es uno de los métodos mejor elaborados y más utilizados en la evaluación de impactos ambientales, radica en que gracias a la aplicación de una función objetivo en el Marco Conceptual, los impactos ambientales se valúan cuantitativamente, bajo

un mismo conjunto de criterios energético-tecnológicos, cada una de las interacciones de una diada Energía Disponible-Tecnología de Uso Final con el medio ambiente, en cambio en la matriz de Leopold, los criterios en cuanto a la Importancia y la Magnitud del impacto, solo se valúan subjetivamente al calificar las interacciones.

También, cabe mencionar que otra diferencia importante radica en que mientras en el Marco Conceptual las calificaciones de los impactos obtenidas mediante la Función Objetivo, se obtienen directamente al variar entre los valores presentes y los futuros a largo plazo, en la matriz de Leopold el futuro sólo se considera subjetivamente y en algunas ocasiones, sólo se menciona si un impacto tiene repercusiones a corto o largo plazo.

Finalmente, mientras Leopold considera valores enteramente subjetivos al calificar en cuanto a magnitud del impacto de 1 a 10, y de igual manera su importancia entre 1 y 10. En el sistema Marco Conceptual se utilizan cocientes de cantidades reales de emisiones, consumo de energéticos, desechos por unidad de energía utilizada, y eficiencias entre otros, dando así la posibilidad de comparar resultados producidos por una tecnología según las energías que utilice. Con la matriz de Leopold se obtienen los impactos máximos y mínimos sin dar lugar a comparaciones entre estos.

Mediante la inclusión de la biodiversidad como área dentro de los Sujetos Ambientales, en una Evaluación de Impacto Ambiental debido a tecnologías energéticas, se evidencian las diferencias de impactos ambientales más sutiles, como los que existen entre las energías renovables. Es de particular interés la comparación de la energía hidráulica con el resto de las fuentes renovables.

Se considera a los Sujetos Ambientales elegidos sus indicadores como los más adecuados para caracterizar cualquier tipo de tecnología desde el punto de vista ambiental.

Como continuación de este trabajo, convendría aplicar el Marco Conceptual propuesto a categorías de Tecnologías de Uso Final, que en el 2025 se espera sean de uso común y que ahora no se incluyeron en el estudio. Por ejemplo, la inclusión de incluir celdas de combustible en tecnologías para generación de electricidad para motores fijos o móviles.

Lamentablemente, en el desarrollo de este trabajo se encontró una gran falta de información, cuantitativa y cualitativa, por esta razón hay grandes huecos en las tablas de datos y en las de resultados, pero la intención del trabajo no era llenar matrices para mostrar un resultado; sino, con los datos obtenidos, elaborar ejemplos demostrativos de este Marco Conceptual Integral para la calificación de los Impactos Ambientales debidos a las Tecnologías de Uso Final de energía. También, la intención es mostrar que con más y mejores datos se podría realizar una caracterización ambiental de una tecnología con mucha precisión. Así que al señalar estas ausencias también se evidencian líneas de trabajo futuro.

Para continuar con el desarrollo de este Marco Conceptual, será necesario contar en un futuro con un banco de información tecnológico-ambiental mexicano, donde las Tecnologías de Uso Final ocuparan el sitio que tienen como grandes consumidoras de energía, para que así este Marco Conceptual sirva de base para la evaluación ambiental de tecnologías específicas y no sólo de tecnologías caracterizadas de forma general como las aquí presentadas.

También, es deseable ampliar el Marco Conceptual a las otras fases del Ciclo de Energía Total (extracción, transformación y distribución), donde se analicen las tecnologías energéticas correspondientes a cada fase.

Si en un futuro se incluyen variables económicas, el Marco Conceptual puede convertirse en una herramienta útil para la internalización de los costos ambientales de las diferentes fases del Ciclo de Energía Total. Además, si se elabora una interfase computacional adecuada, el Marco Conceptual puede ser más accesible, de tal manera que los usuarios potenciales puedan caracterizar tecnologías energéticas sin mayores dificultades.

Anexo A. Datos obtenidos para las Interacciones ED-TUF-SA

Tabla A.2 Identificación de Interacciones (X) con el ambiente y Datos obtenidos para la Tecnología de Uso Final t2-Estufa dependiendo de la Energía Disponible utilizada.

E2 - Factores de Emisión TUF-SA		FORMAS DE ENERGÍA DISPONIBLE																											
SUJETOS AMBIENTALES		e1	e2	e3	e4	e5	e6	e7	e8	e9	e10	e11	e12	e13	e14	e15	e16	e17	e18	e19	e20	e21							
Energéticos Disponibles											source				8 A 9		source		source										
a1	CO2										X 83.1	X 43.2038			X 78.67472		0		0		0								
a2	CO										X 0.0098	X 0.0082			X 0.029593		0		0		0								
a3	NOx										X 0.048	X 0.3300			X 0.217001		0		0		0								
a4	SOx										X 0	X 0.0003			X 2.008739	X	0		0		0								
a5	Part										X 0	X 0.0128			X 0.186351		0		0		0								
a6	VOC										X 0.0012	X 0.0006			X 0.003281		0		0		0								
a7	O3										X 0	X			X 0		0		0		0								
h1	Consumo de agua [m3/GJ]										X 0	X 87.6583			X 0	X 57.7	X 32.046			0									
h2	Fugas de combustible, aceites y grasas										X 0	X			X 0	X 0	0		0		0								
h3	Sólidos Suspendedos Totales (SST)										X 0	X			X 0	X 0	0		0		0								
h4	Sólidos Disueltos Totales (SDT)										X 0	X 26.3889			X 0	X 0	0		0		0								
h5	Demanda Bioquímica de Oxígeno (DBO)										X 0	X 0.0858			X 0	X 0	0		0		0								
h6	Demanda Química de Oxígeno (DQO)										X 0	X 84.8132			X 0	X 0	0		0		0								
s1	Uso intensivo suelo [m2/MJ]										X 0	X 0.04889			X 0	X 14.28	X 2.783333	X 87.6											
s2	Caniza y escoria										X 0				0		0		0		0								
s3	Fugas de combustible, aceites y grasas										X 0				0		0		0		0								
b1	Muertes										X 0	X 19.88111			X 0	X 0	0		0		0								
b2	Días de trabajo perdidos										X 0	X 2.180566			X 0	X 0	0		0		0								
b3	Flora										X 0	X			X 0	X 0	0		0		0								
b4	Fauna										X 0	X			X 0	X 0	0		0		0								

Tabla A. 6 Identificación de Interacciones (X) con el ambiente y Datos obtenidos para la Tecnología de Uso Final t6-Aire Acondicionado, dependiendo de la Energía Disponible utilizada.

t7	motores móviles																					
FORMAS DE ENERGÍA DISPONIBLE																						
T-	Carbón	Coque	Bogazo	Leña	Carbón Vegetal	Combustóleo	Diesel	Gasolina	Querosina	Gas LP	Gas Natural	Biogas	Hidrógeno	Electricidad red central	Solar Fotovoltaica	Solar Fototérmica	Solar Fototérmica-Eléctrica	Eléctrica	Eléctrica Mecánica	Microhidráulica Eléctrica	Microhidráulica Mecánica	
SUJE	e1	e2	e3	e4	e5	e6	e7	e8	e9	e10	e11	e12	e13	e14	e15	e16	e17	e18	e19	e20	e21	
Isponibles							t7 mot m		t7-mot m		t7-mot m		t7-mot m		t7 mov		t7 mov					
a1	CO2				X	180.5556	X	73.3	X	69.3	X	71.9	X	63.1	X	43.2036	X	112.2	0	X	58.805	0
a2	CO				X		X	9.2	X	7.33	X	0	X	0.0088	X	0.0082	X	0	0	X	0.3685	0
a3	NO				X		X	1.01	X	0.39	X	0	X	0.048	X	0.3300	X	0	X	0.0156	X	0.117
a4	SO				X	0.555556	X		X		X	0	X	0.0003	X	0		0	X	0.6683333	0	0
a5	Par				X	0.083333	X		X		X	0	X	0.0126	X	0		0	X		0	0
a6	VO				X	0.055556	X	0.19	X	1.1714		0	X	0.0012	X	0.0005	X	0	X	0.011714	X	0.05857
a7	O3				X		X		X		X	0	X		X	0	X		X		0	0
h1	Co				X		X		X		X	0	X	87.5583	X	0	X		X		57.7	0
h2	Fug				X		X		X		X	0	X		X	0	X		X		0	0
h3	Sól				X		X		X		X	0	X		X	0	X		X		0	0
h4	Sól				X		X		X		X	0	X	28.3889	X	0	X		X		0	0
h5	De				X		X		X		X	0	X	0.0958	X	0	X		X		0	0
h6	De				X		X		X		X	0	X	84.9132	X	0	X		X		0	0
a1	Uso				X		X		X		X	0	X	0.04889	X	0	X		X		14.28	X
a2	Cen				X		X		X		X	0	X			0				X	67.6	X
a3	Fug				X		X		X		X	0	X			0					0	0
b1	Mu				X		X		X		X	0	X	19.86111	X	0	X		X		0	0
b2	Día				X		X		X		X	0	X	2.180556	X	0	X		X		0	0
b3	Flor				X		X		X		X	0	X		X	0	X		X		0	0
b4	Fau				X		X		X		X	0	X		X	0	X		X		0	0

Tabla A.7 Identificación de Interacciones (X) con el ambiente y Datos obtenidos para la Tecnología de Uso Final t7-Motor Móvil, dependiendo de la Energía Disponible utilizada.

t8	motor fijo	FORMAS DE ENERGÍA DISPONIBLE																							
T. Trans																									
Sujetos																									
os Disponibles																									
a1	CO2																								
a2	CO																								
a3	NOx																								
a4	SOx																								
a5	Part																								
a6	VOC																								
a7	O3																								
h1	Consum																								
h2	Fugas d																								
h3	Sólidos																								
h4	Sólidos																								
h5	Demand																								
h6	Demand																								
a1	Uto Inte																								
a2	Centra																								
a3	Fugas d																								
b1	Muertes																								
b2	Días de																								
b3	Flora																								
b4	Fauna																								
e1	Carbón																								
a2	Coke																								
a3	Bogazo																								
a4	Leña																								
a5	Carbón Vegetal																								
a6	Combustible																								
a7	Diesel																								
a8	Gasolina																								
a9	Querosena																								
a10	Gas LP																								
a11	Gas Natural																								
a12	Biogas																								
a13	Hidrógeno																								
a14	Electricidad red central																								
a15	Solar Fotovoltaica																								
a16	Solar Fototérmica																								
a17	Solar Fototérmica-Eléctrico																								
a18	Edificios Eléctricos																								
a19	Edificios Mecánicos																								
a20	Microhidráulica Eléctrica																								
a21	Microhidráulica Mecánica																								

Tabla A.8 Identificación de Interacciones (X) con el ambiente y Datos obtenidos para la Tecnología de Uso Final t8-Motor Fijo, dependiendo de la Energía Disponible utilizada.

[illegible]

Tabla A.10 Identificación de Interacciones (X) con el ambiente y Datos obtenidos para la Tecnología de Uso Final t10-electrocomunicaciones, dependiendo de la Energía Disponible utilizada.

Anexo B. Tablas de Resultados

t1	calentador																		
	FUNCION OB	FORMAS DE ENERGÍA DISPONIBLE																	
		Carbón	Coque	Bagazo	Leña				Carbón Vegetal	Combustóleo						Diesel	Gasolina	Querosina	Gas LP
SUJETOS AM		e1	e2	e3	e4				e5	e6						e7	e8	e9	e10
géticos Disponibles					O	F1	F2	F3		O	F1	F2	F3						O
a1	CO2				X	0.84	0.45	0.41		X	0.88	0.75	0.71					X	0.90
a2	CO				X	0.84	0.44	0.41		X	0.88	0.74	0.71					X	0.90
a3	NOx				X	0.84	0.44	0.41		X	0.88	0.73	0.71					X	0.90
a4	SOx				X	0.84	0.43	0.40		X	0.88	0.73	0.70					X	0.90
a5	Part				X	0.84	0.42	0.39		X	0.88	0.72	0.70					X	0.90
a6	VOC				X	0.84	0.41	0.39		X	0.88	0.71	0.69					X	0.90
a7	O3				X					X								X	0.90
h1	Consumo				X	0.84	0.40	0.37		X	0.88	0.70	0.67					X	0.90
h2	Fugas de co				X					X								X	0.90
h3	Sólidos Susp				X					X	0.88	0.70	0.67					X	0.90
h4	Sólidos Disue				X	0.84	0.41	0.37		X	0.88	0.70	0.67					X	0.90
h5	Demanda Bio				X					X	0.88	0.71	0.67					X	0.90
h6	Demanda Quí				X					X	0.88	0.71	0.67					X	0.90
s1	Uso intensivo				X	0.84	0.41	0.37		X								X	0.90
s2	Ceniza y esc				X	0.84	0.41	0.38		X	0.88	0.71	0.68					X	0.90
s3	Fugas de co				X					X								X	0.90
b1	Muertes				X	0.84	0.46	0.42		X	0.88	0.75	0.72					X	0.90
b2	Días de trabaj				X	0.84	0.46	0.42		X	0.88	0.75	0.72					X	0.90
b3	Flora				X					X								X	0.90
b4	Fauna				X					X								X	0.90

Tabla B.1 Resultados de los cálculos de la Función Objetivo para el caso de la Tecnología de Uso Final t1-Calentador, dependiendo de la Energía Disponible utilizada.

[illegible]

Tabla B.1 Resultados de los cálculos de la Función Objetivo para el caso de la Tecnología de Uso Final ti-Calentador, dependiendo de la Energía Disponible utilizada.

[illegible]

Tabla B.2 Resultados de los cálculos de la Función Objetivo para el caso de la Tecnología de Uso Final t2-Estufa dependiendo de la Energía Disponible utilizada.

[illegible]

[illegible]

Tabla B.2 Resultados de los cálculos de la Función Objetivo para el caso de la Tecnología de Uso Final t2-Estufa dependiendo de la Energía Disponible utilizada.

[illegible]

Tabla B.3 Resultados de los cálculos de la Función Objetivo para el caso de la Tecnología de Uso Final t3-Horno, dependiendo de la Energía Disponible utilizada.

[illegible]

Tabla B.3 Resultados de los cálculos de la Función Objetivo para el caso de la Tecnología de Uso Final t3-Horno, dependiendo de la Energía Disponible utilizada.

t4	caldera														
	FUNCION OBJETIVO	FORMAS DE ENERGÍA DISPONIBLE													
		Carbón					Coque	Bagazo				Leña			Carbón Vegetal
	SUJETOS AMBIENTALES	e1					e2	e3				e4			e5
	Energéticos Disponibles	O	F1	F2	F3		O	F1	F2	F3	O	F1	F2	F3	
a1	CO2	X	0.83	0.85	0.81		X	0.83	0.43	0.41	X	0.84	0.46	0.42	
a2	CO	X	0.83	0.85	0.81		X	0.83	0.43	0.41	X	0.84	0.45	0.42	
a3	NOx	X	0.83	0.84	0.81		X	0.83	0.42	0.41	X	0.84	0.45	0.42	
a4	SOx	X					X				X	0.84	0.44	0.42	
a5	Part	X					X				X	0.84	0.43	0.41	
a6	VOC	X	0.83	0.82	0.79		X				X	0.84	0.42	0.40	
a7	O3	X					X				X				
h1	Consumo	X					X				X				
h2	Fugas de combustible, aceites	X					X				X				
h3	Sólidos Suspendidos Totales (	X					X				X				
h4	Sólidos Disueltos Totales (SD	X					X				X				
h5	Demanda Bioquímica de Oxíge	X					X				X				
h6	Demanda Química de Oxígeno	X					X				X				
s1	Uso intensivo	X					X				X				
s2	Ceniza y escoria	X					X				X				
s3	Fugas de combustible, aceites	X					X				X				
b1	Muertes	X					X				X				
b2	Días de trabajo perdidos	X					X				X				
b3	Flora	X					X				X				
b4	Fauna	X					X				X				

Tabla B.4 Resultados de los cálculos de la Función Objetivo para el caso de la Tecnología de Uso Final t4-Caldera, dependiendo de la Energía Disponible utilizada.

										</								

Tabla B.4 Resultados de los cálculos de la Función Objetivo para el caso de la Tecnología de Uso Final t4-Caldera, dependiendo de la Energía Disponible utilizada.

[illegible]

FORMAS DE ENERGÍA DISPONIBLE

Tabla B.5 Resultados de los cálculos de la Función Objetivo para el caso de la Tecnología de Uso Final t5-Refrigerador, dependiendo de la Energía Disponible utilizada.

[illegible]

Tabla B.5 Resultados de los cálculos de la Función Objetivo para el caso de la Tecnología de Uso Final t5-Refrigerador, dependiendo de la Energía Disponible utilizada.

t6	aire acondicionado																	
		FORMAS DE ENERGÍA DISPONIBLE																
		Carbón	Coque	Bagazo	Leña	Carbón Vegetal	Combustóleo	Diesel	Gasolina	Querosina	Gas LP				Gas Natural			
SUJETOS AMBIENTALES		e1	e2	e3	e4	e5	e6	e7	e8	e9	e10				e11			
	Energéticos Disponibles										O	F1	F2	F3	O	F1	F2	F3
a1	CO2										X	0.90	0.89	0.66	X	0.85	0.78	0.78
a2	CO										X	0.90	0.68	0.66	X	0.85	0.77	0.78
a3	NOx										X	0.90	0.68	0.66	X	0.85	0.76	0.78
a4	SOx										X				X	0.85	0.75	0.77
a5	Part										X				X	0.85	0.75	0.76
a6	VOC											0.90	0.66	0.63	X	0.85	0.74	0.76
a7	O3										X				X			
h1	Consumo										X				X	0.85	0.73	0.74
h2	Fugas de combustible, aceites y grasas										X				X			
h3	Sólidos Suspendidos Totales (SST)										X				X			
h4	Sólidos Disueltos Totales (SDT)										X				X	0.85	0.73	0.74
h5	Demanda Bioquímica de Oxígeno (DBO)										X				X	0.85	0.73	0.74
h6	Demanda Química de Oxígeno (DQO)										X				X	0.85	0.73	0.74
s1	Uso intensivo										X				X	0.85	0.74	0.75
s2	Ceniza y escoria										X							
s3	Fugas de combustible, aceites y grasas										X							
b1	Muertes										X				X	0.85	0.78	0.79
b2	Días de trabajo perdidos										X				X	0.85	0.78	0.79
b3	Flora										X				X			
b4	Fauna										X				X			

Tabla B.6 Resultados de los cálculos de la Función Objetivo para el caso de la Tecnología de Uso Final t6-Aire Acondicionado, dependiendo de la Energía Disponible utilizada.

[illegible]

Tabla B.6 Resultados de los cálculos de la Función Objetivo para el caso de la Tecnología de Uso Final t6-Aire Acondicionado, dependiendo de la Energía Disponible utilizada.

t7	motores móviles															
		FORMAS DE ENERGÍA DISPONIBLE														
		Carbón	Coque	Bagazo	Leña	Carbón Vegetal	Combustóleo				Diesel				Gasolina	
SUJETOS AMBIENTALES		e1	e2	e3	e4	e5	e6				e7				e8	
	Energéticos Disponibles						O	F1	F2	F3	O	F1	F2	F3	O	F1
a1	CO2						X	0.88	0.78	0.71	X	0.92	0.72	0.68	X	1.00
a2	CO						X				X	0.92	0.72	0.68	X	1.00
a3	NOx						X				X	0.92	0.71	0.68	X	1.00
a4	SOx						X	0.88	0.76	0.70	X				X	
a5	Part						X	0.88	0.75	0.69	X				X	
a6	VOC						X	0.88	0.75	0.69	X	0.92	0.69	0.66	X	1.00
a7	O3						X				X				X	
h1	Consumo						X				X				X	
h2	Fugas de combustible, aceites y grasas						X				X				X	
h3	Sólidos Suspendidos Totales (SST)						X				X				X	
h4	Sólidos Disueltos Totales (SDT)						X				X				X	
h5	Demanda Bioquímica de Oxígeno (DBO)						X				X				X	
h6	Demanda Química de Oxígeno (DQO)						X				X				X	
s1	Uso intensivo						X				X				X	
s2	Ceniza y escoria						X				X				X	
s3	Fugas de combustible, aceites y grasas						X				X				X	
b1	Muertes						X				X				X	
b2	Días de trabajo perdidos						X				X				X	
b3	Flora						X				X				X	
b4	Fauna						X				X				X	

Tabla B.7 Resultados de los cálculos de la Función Objetivo para el caso de la Tecnología de Uso Final t7-Motor Móvil, dependiendo de la Energía Disponible utilizada.

		Querosina				Gas LP				Gas Natural				Biogas	
F2	F3	e9 O	F1	F2	F3	e10 O	F1	F2	F3	e11 O	F1	F2	F3	e12 O	F1
0.77	0.74	X	0.85	0.72	0.69	X	0.90	0.74	0.72	X	0.85	0.82	0.82	X	0.50
0.77	0.74	X				X	0.90	0.74	0.72	X	0.85	0.81	0.82	X	
0.76	0.74	X				X	0.90	0.73	0.72	X	0.85	0.80	0.82	X	
		X				X				X	0.85	0.80	0.82	X	
		X				X				X	0.85	0.79	0.81	X	
0.74	0.72						0.90	0.71	0.70	X	0.85	0.78	0.80	X	
		X				X				X				X	
		X				X				X	0.85	0.77	0.78	X	
		X				X				X				X	
		X				X				X				X	
		X				X				X	0.85	0.77	0.79	X	
		X				X				X	0.85	0.77	0.79	X	
		X				X				X	0.85	0.78	0.79	X	
		X				X				X	0.85	0.78	0.79	X	
		X				X									
		X				X				X	0.85	0.82	0.84	X	
		X				X				X	0.85	0.82	0.84	X	
		X				X				X				X	
		X				X				X				X	

Tabla B.7 Resultados de los cálculos de la Función Objetivo para el caso de la Tecnología de Uso Final t7-Motor Móvil, dependiendo de la Energía Disponible utilizada.

[illegible]

Tabla B.7 Resultados de los cálculos de la Función Objetivo para el caso de la Tecnología de Uso Final t7-Motor Móvil, dependiendo de la Energía Disponible utilizada.

t8	motores fijos																		
			FORMAS DE ENERGÍA DISPONIBLE																
			Carbón	Coque	Bagazo	Leña	Carbón Vegetal	Combustóleo	Diesel				Gasolina					Querosina	Gas LP
SUJETOS AMBIENTALES		e1	e2	e3	e4	e5	e6	e7					e8					e9	e10
	Energéticos Disponibles							O	F1	F2	F3		O	F1	F2	F3			
a1	CO2							X	0.92	0.79	0.75		X	1.00	0.84	0.81			X
a2	CO							X	0.92	0.78	0.75		X	1.00	0.83	0.81			X
a3	NOx							X	0.92	0.78	0.75		X	1.00	0.83	0.81			X
a4	SOx							X	0.92	0.77	0.74		X						X
a5	Part							X	0.92	0.76	0.74		X						X
a6	VOC							X	0.92	0.76	0.73		X	1.00	0.81	0.79			
a7	O3							X					X						X
h1	Consumo							X					X						X
h2	Fugas de combustible, aceites y grasas							X					X						X
h3	Sólidos Suspendidos Totales (SST)							X					X						X
h4	Sólidos Disueltos Totales (SDT)							X					X						X
h5	Demanda Bioquímica de Oxígeno (DBO)							X					X						X
h6	Demanda Química de Oxígeno (DQO)							X					X						X
s1	Uso intensivo							X					X						X
s2	Ceniza y escoria							X					X						X
s3	Fugas de combustible, aceites y grasas							X					X						X
b1	Muertes							X					X						X
b2	Días de trabajo perdidos							X					X						X
b3	Flora							X					X						X
b4	Fauna							X					X						X

Tabla B.8 Resultados de los cálculos de la Función Objetivo para el caso de la Tecnología de Uso Final t8-Motor Fijo, dependiendo de la Energía Disponible utilizada.

Tabla B.8 Resultados de los cálculos de la Función Objetivo para el caso de la Tecnología de Uso Final t8-Motor Fijo, dependiendo de la Energía Disponible utilizada.

[illegible]

Tabla B.8 Resultados de los cálculos de la Función Objetivo para el caso de la Tecnología de Uso Final t8-Motor Fijo, dependiendo de la Energía Disponible utilizada.

Tabla B.9 Resultados de los cálculos de la Función Objetivo para el caso de la Tecnología de Uso Final t9-Lámpara dependiendo de la Energía Disponible utilizada.

Tabla B.9 Resultados de los cálculos de la Función Objetivo para el caso de la Tecnología de Uso Final t9-Lámpara dependiendo de la Energía Disponible utilizada.

	Gas LP																
O	e10				O				e12	e13	e14				e14		
		F1	F2	F3		F1	F2	F3	Biogas	Hidrógeno	Electricidad red central	FLO			Electricidad red central	INC	
X		0.90	0.69	0.66	X	0.85	0.78	0.78			X	0.85	0.72	0.73	X	0.85	0.71
X		0.90	0.69	0.66	X	0.85	0.77	0.78			X	0.85	0.71	0.73	X	0.85	0.70
X		0.90	0.68	0.66	X	0.85	0.76	0.78			X	0.85	0.71	0.73	X	0.85	0.69
X					X	0.85	0.76	0.77			X	0.85	0.70	0.72	X	0.85	0.69
X					X	0.85	0.75	0.77			X	0.85	0.69	0.71	X	0.85	0.68
		0.90	0.66	0.64	X	0.85	0.74	0.76			X	0.85	0.69	0.71	X	0.85	0.67
X					X						X				X		
X					X	0.85	0.73	0.74			X				X		
X					X						X				X		
X					X						X				X		
X					X	0.85	0.73	0.74			X				X		
X					X	0.85	0.74	0.75			X				X		
X					X	0.85	0.74	0.75			X				X		
X					X	0.85	0.74	0.75			X				X		
X																	
X																	
X					X	0.85	0.78	0.80			X				X		
X					X	0.85	0.78	0.80			X				X		
X					X						X				X		
X					X						X				X		

Tabla B.9 Resultados de los cálculos de la Función Objetivo para el caso de la Tecnología de Uso Final t9-Lámpara dependiendo de la Energía Disponible utilizada.

Tabla B.9 Resultados de los cálculos de la Función Objetivo para el caso de la Tecnología de Uso Final t9-Lámpara dependiendo de la Energía Disponible utilizada.

[illegible]

Tabla B.9 Resultados de los cálculos de la Función Objetivo para el caso de la Tecnología de Uso Final t9-Lámpara dependiendo de la Energía Disponible utilizada.

Tabla B.10 Resultados de los cálculos de la Función Objetivo para el caso de la Tecnología de Uso Final t10-Electrocomunicaciones, dependiendo de la Energía Disponible utilizada.

[illegible]

Tabla B.10 Resultados de los cálculos de la Función Objetivo para el caso de la Tecnología de Uso Final t10-Electrocomunicaciones, dependiendo de la Energía Disponible utilizada.

Anexo C. Descripción y Análisis de Resultados Específicos

A continuación se presenta la descripción individualizada y un análisis de los resultados específicos para cada una de las diadas TUF-ED, i.e. de las tecnologías de uso final con las energías disponibles que pueden utilizar.

t1 calentador según su energía disponible e_i

t1-ED calentador-ED	Comentarios según el escenario
t1 - e1 calentador-leña	F1: los valores de la función objetivo (FO) permanecen iguales para todo sujeto ambiental debido a la forma en que están contruidos los escenarios. Los cocientes de la FO para todos los escenarios indican cambios respecto a valores presentes, como en la construcción del escenario F1-tendencial se mantuvieron los mismos valores de las variables E1, E2, E3, T1, T2 y T3 que tienen en el presente, en el futuro, entonces resulta que el valor de la FO para cada sujeto ambiental no varía. F2: Los mayores impactos en este escenario se deben a emisiones de CO₂ a la atmósfera, los menores impactos se deben a las emisiones de VOC F3: Los mayores impactos en este escenario se deben a emisiones de CO₂, NO_x y CO a la atmósfera, los menores impactos se deben a las emisiones de VOC y partículas. Comparación entre futuros: F1 es el escenario con mayor impacto debido a que tiene los valores más altos, le sigue el escenario F2 y finalmente F3. La diferencia máxima entre F2 y F3 es de 6 centésimas y de F2 a F1 es de 43 centésimas, la gran diferencia entre el escenario tendencial y los demás se debe a que en el escenario F1 la leña no es renovable ni su uso sustentable (como en la actualidad), situación que se invierte en F2 y F3, a pesar de que el consumo de leña aumenta.
t1-e6 calentador-combustóleo	F1: Se observa que para todo sujeto ambiental se presenta el mismo valor constante, la razón es la misma que la expuesta en t1-e4 F2: El impacto más grande se presenta al suelo, en forma de residuos sólidos, luego le siguen los impactos al agua y finalmente a la biodiversidad. F3: La distribución de los impactos es la misma que en el escenario F2, pero con valores un poco menores.

	Comparación entre futuros: la tendencia general de los valores presentados es a disminuir de F1 a F3, coincidiendo con un menor uso de combustóleo, es el comportamiento esperado. Existe una mayor diferencia entre F1 y F2 (16 centésimas máximo), que entre F2 y F3 (6 centésimas). Lo que indica un claro cambio entre la forma de consumo en el presente (igual a la de F3) y la de los escenarios F2 y F3, siendo los cambios en F3 los cambios más grandes.
t1-e10 calentador-GLP	F1: Se observa que para todo sujeto ambiental se presenta el mismo valor constante, la razón es la misma que la expuesta en t1-e4. F2: El valor más alto de la función objetivo (FO), lo adquieren las emisiones de CO2 y CO, luego le sigue la de NOx. F3: En este caso se presenta un mismo valor constante para los impactos al aire. Comparación entre futuros: La tendencia es a disminuir de F1 a F3, el valor que se reporta para F1 es el más grande de los impactos ambientales debidos a la tecnología de calentadores. Comparando entre escenarios se observa un fuerte descenso de F1 a F2 (de 23 centésimas máximo), y entre F2 y F3 hay una diferencia de máximo 5 centésimas, siendo mayores los valores presentados en F2. El calentador de GLP es el de mayor uso en el sector doméstico, hecho que se refleja en el valor del F1 que es el más alto entre los ED analizados.
t1-e11 calentador-GN	F1: Se observa que para todo sujeto ambiental se presenta el mismo valor constante, la razón es la misma que la expuesta en t1-e4. F2: Los impactos más altos se observan en el agua, suelo y biodiversidad, seguidos de los impactos al aire donde el mayor impacto se debe a las emisiones de CO2 y el menor al ozono y sus precursores. F3: Los mayores impactos son al agua, y luego a la biodiversidad. Comparación entre futuros: el escenario que presenta los valores más grandes es el F1, le sigue el F3 y al final el F2. La diferencia entre F2 y F3 varía de 1 a 3 centésimas solamente, la diferencia mínima entre F1 y F3 (que es el escenario con valores promedio intermedios) es de 6 c. y la máxima es de 11c.. El hecho de que el escenario F3 es mayor que el F2, en contradicción con la tendencia a un menor consumo de energía, se debe a que en F3 el combustible más utilizado es precisamente el GN, lo que le confiere un valor alto.
t1-e14 calentador- electricidad red	F1: Se observa que para todo sujeto ambiental se presenta el mismo valor constante, la razón es la misma que la expuesta en t1-e4. F2: El mayor impacto se localiza en la emisión de CO2 y el menor en la de emisiones de VOC F3: se presenta el mismo valor de la FO para CO2, CO y NOx luego le siguen valores menores para SOx y Partículas. Comparación entre futuros: el escenario con los valores más grandes es el F1, luego le sigue el F3 y finalmente el F2. Los valores de F3 son mayores que los de F2, debido principalmente al uso intensivo de la electricidad en el escenario F3, en éste escenario es una la energía disponible más utilizada después del GN. Diferencias entre escenarios: entre F2 y F3 la diferencia varía de 1 a 3 centésimas solamente, la diferencia mínima entre F1 y F3 (que es el escenario con valores promedio intermedios) es de 6 c. y la máxima es de 11c..

t2 estufa según su energía disponible e_i

t2-ED estufa-ED	Comentarios según el escenario
t2-e4 estufa-leña	F1: los valores de la función objetivo (FO) permanecen iguales para todo sujeto ambiental debido a la forma en que están contruidos los escenarios. Los cocientes de la FO para todos los escenarios indican cambios respecto a valores presentes, como en la construcción del escenario F1-tendencial se mantuvieron los mismos valores de las variables E1, E2, E3, T1, T2 y T3 del presente en el futuro, entonces el valor de la FO no varía para cada sujeto ambiental. F2: el mayor impacto se debe a la emisión de CO₂ a la atmósfera y el menor a la de VOC F3: Los mayores impactos en este escenario se deben a emisiones de CO₂ a la atmósfera, y el menor a la de VOC Comparación entre futuros: F1 es el escenario con mayor impacto debido a que tiene valores bastante más altos que los otros dos escenarios, le sigue el escenario F2 y finalmente F3. La diferencia máxima entre F2 y F3 es de 5 centésimas y de F2 a F1 es de 34 centésimas, la gran diferencia entre el escenario tendencial y los demás se debe a que en el escenario F1 la leña no es renovable ni su uso sustentable (como en la actualidad), situación que se invierte en F2 y F3, a pesar de que el consumo de leña aumenta.
t2-e6 estufa-combustóleo	F1: Se observa que para todo sujeto ambiental se presenta el mismo valor constante, la razón es la misma que la expuesta en t2-e4. F2: En éste escenario el valor más alto lo adquieren las emisiones de CO₂ a la atmósfera el más bajo se debe a las emisiones de VOC F3: Los valores más grandes los tienen las emisiones a la atmósfera de CO₂, CO, part y NO_x, los menores impacttos se deben a las emisiones de VOC. Comparación entre futuros: F1 es el escenario con mayor impacto debido a que tiene los valores más altos, le sigue alternadamente los escenarios F2 y F3, lo que concuerda con la tendencia a menor uso de energía y menor uso de combustóleo. La diferencia máxima entre F1 y F2 es de 17 c.s y de F1 a F3 es de 18 c.s A pesar de que en F2 y F3 se mejora tanto la calidad del combustóleo (porque disminuye la cantidad de SO_x emitido a la atmósfera debido a un menor contenido de azufre) como la eficiencia de las estufas, los impactos son grandes debido a que seguirá siendo un combustible muy utilizado, en F3 es la 4a. ED más utilizada.
t2-e9 estufa-querosina	F1: Se observa que para todo sujeto ambiental se presenta el mismo valor constante, la razón es la misma que la expuesta en t2-e4. F2: Los impactos mayores se presentan en la emisión a la atmósfera de CO₂ y lo menores en la emisión de VOC F3: Los impactos se presentan en la emisión a la atmósfera de CO₂ y los menores en la emisión de VOC Comparación entre futuros: la tendencia exhibida es a disminuir de F1 a F3, concordando con la tendencia de menor consumo de energía. Diferencias: entre F2 y F3 hay una diferencia máxima de 4 centésimas, en cambio entre F1 y F3 hay 14 centésimas máximo. Lo cual indica que el incremento de

	eficiencia en las estufas así como la mejora en la calidad de la querosina, disminuirá notablemente los impactos producidos por ésta diada.
t2-e10 estufa Gas LP	F1: Se observa que para todo sujeto ambiental se presenta el mismo valor constante, la razón es la misma que la expuesta en t2-e4. F2: Los mayores impactos se presentan en la emisión a la atmósfera de CO₂ y los menores en la emisión de VOC F3: Las emisiones al aire con mayor impacto son de CO₂, CO y NO_x las cuales presentan el mismo valor, los menores en la emisión de VOC. Comparación entre futuros: la tendencia exhibida es a disminuir de F1 a F3, concordando con la tendencia a disminuir según el consumo de energía. Diferencias: entre F2 y F3 hay máximo 3 centésimas, en cambio entre F1 y F2 hay 19 centésimas máximo. Lo cual indica que la disminución en el consumo de este combustible aunada al incremento de eficiencia en las estufas así como a la mejora en la calidad del combustible, disminuirá notablemente los impactos producidos por ésta diada.
t2-e11 estufa-GN	F1: Se observa que para todo sujeto ambiental se presenta el mismo valor constante, la razón es la misma que la expuesta en t2-e4. F2: Los mayores impactos se presentan en las emisiones a la atmósfera de CO₂, los menores en la emisión de VOC a la atmósfera. F3: Se observan valores altos, el mayor impacto lo presenta el uso intensivo del suelo, le siguen las descargas acuíferas. Los menores impactos se dan por la emisión de VOC a la atmósfera. Comparación entre futuros: en promedio los impactos mayores se presentan en F1, luego en F3, y F2 exhibe los menores impactos. Este comportamiento se debe principalmente a que en el F3 sustentable, el GN será el energético más utilizado. Diferencias: entre F1 y F3 hay 7 centésimas y mínimo 5 centésimas. Lo cual indica que el incremento de eficiencia en las estufas así como la mejora en la calidad del combustible, no tienen gran efecto en el alivio de los impactos ambientales debido a que el GN será el combustible más utilizado en el escenario F3, el segundo más utilizado en F2 y el sexto más utilizado en F1.
t2-e12 estufa-biogás	F1: Se observa que para todo sujeto ambiental se presenta el mismo valor constante, la razón es la misma que la expuesta en t2-e4. F2: Los mayores impactos se presentan en las emisiones a la atmósfera de CO₂ F3: Los mayores impactos se presentan en las emisiones a la atmósfera de CO₂ Comparación entre futuros: en promedio los impactos mayores se presentan en F1, luego en F2, y F3 exhibe los menores impactos. Diferencias: entre F1 y F2 hay 18 centésimas y entre F1 y F3 hay sólo tres. Los bajos valores se deben a que se trata de un combustible renovable.
t2-e14 estufa- electricidad red	F1: Se observa que para todo sujeto ambiental se presenta el mismo valor constante, la razón es la misma que la expuesta en t2-e4. F2: El mayor impacto se localiza en la emisión de CO₂ y el menor en la de emisiones de VOC F3: Las emisiones de CO₂, CO y NO_x tienen el mismo valor, los menores impactos son debidos a la emisión de VOC a la atmósfera Comparación entre futuros: los impactos mayores se presentan en F1, luego le sigue F3, y F2 exhibe los menores impactos. Este comportamiento se debe

	principalmente a que en F3, la electricidad será la ED más utilizada después del GN, en cambio en F2 la electricidad es el quinto energético más utilizado. Diferencias: Las diferencias entre los tres escenarios son pequeñas, entre F1 y F2 son de 7 centésimas máximo y 5 mínimo, entre F1 y F3 llegan a ser de 10 centésimas máximo. Los valores menores, respecto a F1, en los escenarios F2 y F3 se deben a que se mejorará la eficiencia de las estufas eléctricas
t2-e16 estufa-solar fototérmica	Durante la fase de operación las tecnologías termosolares no generan ningún impacto al aire, el único impacto al agua se debe al uso de ésta, el volumen de agua utilizado es comparable al de las tecnologías de combustión. Su mayor impacto se encuentra en que hace un mayor uso del suelo respecto a todos los demás energéticos.

t3 hornos según su energía disponible e_i

t3-ED horno-ED	Comentarios según el escenario
t3 - e1 horno-carbón	F1: los valores de la función objetivo (FO) permanecen iguales para todo sujeto ambiental debido a la forma en que están contruidos los escenarios. Debido a que el único parámetro de la Función Objetivo que varía con cada SA es el de calidad del energético E2 y como se adoptaron los mismos valores que se tienen en el presente P (de hecho se hizo lo mismo para todos los parámetros excepto E1), y la forma del término donde se encuentra involucrado E2 es un cociente, entonces al ser el mismo valor, el cociente es siempre uno, por lo tanto el valor de la función objetivo siempre será el mismo para todo sujeto ambiental en F1. F2: Los mayores impactos en este escenario se deben a emisiones de CO₂ a la atmósfera, los menores impactos se deben a las emisiones de VOC F3: Los mayores impactos en este escenario se deben a emisiones de CO₂, NO_x y CO a la atmósfera, los menores impactos se deben a las emisiones de VOC Comparación entre futuros: F1 es el escenario con mayor impacto debido a que tiene los valores más altos, le sigue el escenario F2 y finalmente F3. La diferencia mínima entre F1 y F2 es de 0 centésimas (es el caso de las emisiones de CO₂) y máxima de 4 centésimas. La diferencia mínima entre F2 y F3 es de 6 centésimas, en general son valores que varían muy poco de escenario a escenario, se debe a que en F2 y F3 se incrementa en gran medida el uso de carbón reviendo la tendencia actual. En F2 es el combustible más utilizado y se nota en que las emisiones de CO₂ tiene los mismos impactos que en F1 a pesar de que su calidad ambiental mejoró con respecto al presente. En F3 es el tercer energético más utilizado.
t3 - e2 horno-coque	F1: Se observa que para todo sujeto ambiental se presenta el mismo valor constante, la razón es la misma que la expuesta en t3-e1 F2: Los mayores impactos en este escenario se deben a emisiones de CO₂ a la atmósfera, los menores impactos se deben a las emisiones de VOC F3: Los mayores impactos en este escenario se deben a emisiones de CO₂, NO_x y CO a la atmósfera, los menores impactos se deben a las emisiones de VOC Comparación entre futuros: F1 es el escenario con mayor impacto debido a que tiene los valores más altos, le sigue el escenario F2 y finalmente F3.

	La diferencia máxima entre F1 y F2 es de 10 centésimas y de F2 a F3 es de 6 centésimas. En F2 el coque es el tercer combustible más utilizado y en F3 es el cuarto energético más utilizado.
t3-e3 homo-bagazo	F1: Se observa que para todo sujeto ambiental se presenta el mismo valor constante, la razón es la misma que la expuesta en t3-e1 F2: El mayor impacto se debe a la emisión de CO₂ a la atmósfera y el menor a la de VOC F3: Los mayores impactos en este escenario se deben a emisiones de CO₂, CO y NO_x a la atmósfera, los menores al VOC Comparación entre futuros: F1 es el escenario con mayor impacto debido a que tiene los valores más altos, le sigue el escenario F2 y finalmente F3. La diferencia máxima entre F2 y F3 es de 4 centésimas y entre F1 y F2 es de 27 centésimas, en general son valores que varían muy poco de escenario a escenario, se debe a que en F2 y F3 se incrementa en gran medida el uso del bagazo en contraste con la tendencia actual. Aunque se incrementa el uso del bagazo (en general de la biomasa) en los escenarios F2 y F3, con respecto a F1, sus impactos se ven mitigados por la mejora en la eficiencia de las homas y sobre todo porque en el escenario F1 el bagazo no es renovable, situación que se cambia en F2 y F3, donde se le considera un energético renovable y su uso es sustentable.
t3-e4 leña	F1: Se observa que para todo sujeto ambiental se presenta el mismo valor constante, la razón es la misma que la expuesta en t3-e1 F2: Los mayores impactos en este escenario se deben a emisiones de CO₂ a la atmósfera, los menores impactos se deben a las emisiones de VOC F3: Los mayores impactos en este escenario se deben a emisiones de CO₂, NO_x y CO a la atmósfera, los menores impactos se deben a las emisiones de VOC Comparación entre futuros: F1 es el escenario con mayor impacto debido a que tiene los valores más altos, le sigue el escenario F2 y finalmente F3. La diferencia máxima entre F2 y F3 es de 6 centésimas y de F2 a F1 es de 25 centésimas, la gran diferencia entre el escenario tendencial y los demás se debe a que en el escenario F1 la leña no es renovable ni su uso sustentable (como en la actualidad), situación que se invierte en F2 y F3, a pesar de que aumenta el consumo de leña.
t3-e6 homo-combustóleo	F1: Se observa que para todo sujeto ambiental se presenta el mismo valor constante, la razón es la misma que la expuesta en t3-e1. F2: En éste escenario el valor más alto lo adquieren las emisiones de CO₂ a la atmósfera el más bajo se debe a las emisiones de VOC y partículas. F3: Los valores más grandes los tienen las emisiones a la atmósfera de CO₂, CO, part y NO_x, luego le sigue VOC. Comparación entre futuros: F1 es el escenario con mayor impacto debido a que tiene los valores más altos, le siguen F2 y F3 en ese orden. La diferencia máxima entre F1 y F2 es de 16 centésimas y entre F2 a F3 es de 5 centésimas esta diferencia se debe principalmente a la reducción en el consumo del combustóleo en los escenarios F2 y F3 en relación a F1. en F2 el combustóleo tiene más impactos al aire que en F3, en cambio F3 tiene mayores impactos en el agua que F2. A pesar de que en F2 y F3 se mejora tanto la calidad del combustóleo (porque disminuye la cantidad de SO_x emitido a la atmósfera debido a un menor

	contenido de azufre) como la eficiencia de las hornos, los impactos son grande debido a que seguirá siendo un combustible muy utilizado, en F3 es la 6a. ED más utilizada, en F2 es la 7a. ED más utilizada
t3-e7 homo-diesel	F1: Se observa que para todo sujeto ambiental se presenta el mismo valor constante, la razón es la misma que la expuesta en t3-e1. F2: En éste escenario el valor más alto se debe las emisiones de CO₂ a la atmósfera el más bajo se debe a las emisiones de VOC y partículas. F3: Los valores más grandes los tienen las emisiones a la atmósfera de CO₂, CO y NO_x, luego le sigue VOC. Comparación entre futuros: en promedio F1 es el escenario con mayor impacto debido a que tiene los valores más altos, le sigue el escenario F2 y finalmente F3. La diferencia máxima entre F1 y F2 es de 22 centésimas y de F2 a F3 es de 6 centésimas la diferencia tan notoria se debe principalmente a la reducción en el consumo del diesel en los escenarios F2 y F3 en relación a F1. La calidad del diesel aumenta, debido a que disminuye la cantidad de SO_x emitido a la atmósfera debido a un menor contenido de azufre.
t3-e10 homo Gas LP	F1: Se observa que para todo sujeto ambiental se presenta el mismo valor constante, la razón es la misma que la expuesta en t3-e1. F2: Los mayores impactos se presentan en la emisión a la atmósfera de CO₂ y los menores en la emisión de VOC F3: Las emisiones al aire con mayor impacto son de CO₂, CO y NO_x las cuales presentan el mismo valor, los menores en la emisión de VOC. Comparación entre futuros: la tendencia exhibida es a disminuir de F1 a F3, concordando con la tendencia a disminuir según el consumo de energía. Diferencias: entre F2 y F3 hay máximo 5 centésimas, en cambio entre F1 y F2 hay 21 centésimas máximo. Lo cual indica que la disminución en el consumo GLP aunada al incremento de eficiencia en las hornos así como a la mejora en la calidad del combustible, disminuirá notablemente los impactos producidos por los hornos de gas.
t3-e11 homo-GN	F1: Se observa que para todo sujeto ambiental se presenta el mismo valor constante, la razón es la misma que la expuesta en t3-e1. F2: Los mayores impactos se presentan en la emisión a la atmósfera de CO₂ y los menores en la emisión de VOC F3: Las emisiones al aire con mayor impacto son de CO₂, CO y NO_x las cuales presentan el mismo valor, los menores en la emisión de VOC. Comparación entre futuros: en promedio F1 es el escenario con mayor impacto debido a que tiene los valores más altos, le sigue el escenario F2 y finalmente F3. Diferencias: entre F1 y F2 hay máximo 9 centésimas y mínimo 5 centésimas. Lo cual indica que el incremento de eficiencia en los hornos así como la mejora en la calidad del combustible, no tienen gran efecto en el alivio de los impactos ambientales debido a que el GN será el combustible más utilizado en el escenario F3, el segundo más utilizado en F2 y el sexto más utilizado en F1.
t3-e14 homo- electricidad red	F1: Se observa que para todo sujeto ambiental se presenta el mismo valor constante, la razón es la misma que la expuesta en t3-e1. F2: El mayor impacto se localiza en la emisión de CO₂ y el menor en la de emisiones de VOC

	F3: Las emisiones de CO₂ , CO y NO_x tienen el mismo valor, i.e. los impactos debidos a estas emisiones son equiparables y solo disminuyen en el caso de los VOC . Comparación entre futuros: los impactos mayores se presentan en F1, luego le sigue F3, y F2 exhibe los menores impactos. Este comportamiento se debe principalmente a que en el F3 sustentable, la electricidad será la ED más utilizada después del GN. Diferencias: Las diferencias entre los tres escenarios son pequeñas, entre F1 y F son de 7 centésimas máximo y 5 mínimo, entre F1 y F2 llegan a ser de máximo 10 centésimas Los valores menores en los escenarios F2 y F3 se deben a que se mejorará la eficiencia de generación, a la vez que ésta se producirá más limpiamente, mayor participación de renovables en la generación de electricidad y uso de combustibles más limpios. También se espera una mejora en la eficiencia de los homós.
t3-e16 homo- solar fototérmica	Durante la fase de operación las tecnologías termosolares no generan ningún impacto al aire, el único impacto al agua se debe al uso de ésta, el volúmen de agua utilizado es comparable al de las tecnologías de combustión. Su mayor impacto se encuentra en el mayor uso del suelo con respecto a todos los demás energéticos.

t4 caldera según su energía disponible e_i

t4-ED caldera-ED	Comentarios según el escenario
t4 - e1 caldera-carbón	F1: los valores de la función objetivo (FO) permanecen iguales para todo sujeto ambiental debido a la forma en que están contruidos los escenarios. Los cocientes de la FO para todos los escenarios indican cambios respecto a valores presentes, como en la construcción del escenario F1-tendencial se mantuvieron los mismos valores de las variables E1, E2, E3, T1, T2 y T3 del presente en el futuro, entonces el valor de la FO para cada sujeto ambiental no varía. F2: Los mayores impactos en este escenario se deben a emisiones de CO₂ y CO a la atmósfera, los menores impactos se deben a las emisiones de VOC F3: Los mayores impactos en este escenario se deben a emisiones de CO₂ , NO_x y CO a la atmósfera, los menores impactos se deben a las emisiones de VOC Comparación entre futuros: F2 es el escenario con mayor impacto debido a que tiene los valores más altos, le sigue el escenario F1 y finalmente F3. La diferencia máxima entre F1 y F2 es de 2 centésimas y de F2 a F3 es de 6 centésimas, en general son valores que varían muy poco de escenario a escenario, se debe a que en F2 y F3 se incrementa en gran medida el uso de carbón reviendo la tendencia actual .
t4-e3 caldera-bagazo	F1: Se observa que para todo sujeto ambiental se presenta el mismo valor constante, la razón es la misma que la expuesta en t4-e1 F2: el mayor impacto se debe a la emisión de CO₂ a la atmósfera y el menor a la de VOC. F3: Los mayores impactos en este escenario se deben a emisiones de CO₂, CO y

	NO_x a la atmósfera. Comparación entre futuros: F1 es el escenario con mayor impacto debido a que tiene los valores más altos, le sigue el escenario F2 y finalmente F3. La diferencia máxima entre F2 y F3 es de 2 centésimas y de F2 a F1 es de 41 centésimas, en general son valores que varían muy poco de escenario a escenario, se debe a que en F2 y F3 se incrementa en gran medida el uso del bagazo revertiendo la tendencia actual. Aunque se incrementa el uso del bagazo (en general de la biomasa) en los escenarios F2 y F3, con respecto a F1, sus impactos se ven contrarrestados por la mejora en la eficiencia de las calderas y sobre todo porque en el escenario F1 el bagazo no es renovable ni su uso sustentable, situación que se invierte en F2 y F3.
t4-e4 leña	F1: Se observa que para todo sujeto ambiental se presenta el mismo valor constante, la razón es la misma que la expuesta en t4-e1 F2: el mayor impacto se debe a la emisión de CO₂ a la atmósfera y el menor a la de NO_x F3: Los mayores impactos en este escenario se deben a emisiones de CO₂ a la atmósfera, el valor presentado es el mismo para todos los sujetos ambientales. Comparación entre futuros: F1 es el escenario con mayor impacto debido a que tiene los valores más altos, le sigue el escenario F2 y finalmente F3. La diferencia máxima entre F2 y F3 es de 6 centésimas y de F2 a F1 es de 38 centésimas, la gran diferencia entre el escenario tendencial y los demás se debe a que en el escenario F1 la leña no es renovable ni su uso sustentable (como en la actualidad), situación que se invierte en F2 y F3, a pesar de que aumenta el consumo de leña.
t4-e6 caldera-combustóleo	F1: Se observa que para todo sujeto ambiental se presenta el mismo valor constante, la razón es la misma que la expuesta en t4-e1. F2: En éste escenario el valor más alto lo adquieren las emisiones de CO₂ a la atmósfera el más bajo se debe a las emisiones de VOC y partículas. F3: Los valores más grandes los tienen las emisiones a la atmósfera de CO₂, CO, part y NO_x, luego le sigue VOC. Comparación entre futuros: F1 es el escenario con mayor impacto debido a que tiene los valores más altos, le sigue alternadamente los escenarios F2 y F3. La diferencia máxima entre F1 y F2 es de 14 c.s y de F1 a F3 es de 13 c.s esta diferencia se debe principalmente a la reducción en el consumo del combustóleo en los escenarios F2 y F3 en relación a F1. en F2 el combustóleo tiene más impactos al aire que en F3, en cambio F3 tiene mayores impactos en el agua que F2. A pesar de que en F2 y F3 se mejora tanto la calidad del combustóleo (porque disminuye la cantidad de SO_x emitido a la atmósfera debido a un menor contenido de azufre) como la eficiencia de las calderas, los impactos son grandes debido a que seguirá siendo un combustible muy utilizado, en F3 es la 6a. ED más utilizada.
t4-e7 caldera-diesel	F1: Se observa que para todo sujeto ambiental se presenta el mismo valor constante, la razón es la misma que la expuesta en t4-e1. F2: En éste escenario el valor más alto se debe las emisiones de CO₂ a la atmósfera el más bajo se debe a las emisiones de VOC y partículas. F3: Los valores más grandes los tienen las emisiones a la atmósfera de CO₂, CO y NO_x, luego le sigue VOC.

	Comparación entre futuros: en promedio F1 es el escenario con mayor impacto debido a que tiene los valores más altos, le sigue el escenario F2 y finalmente F3. La diferencia máxima entre F1 y F2 es de 20 centésimas y de F2 a F3 es de 1 centésima la diferencia tan notoria se debe principalmente a la reducción en el consumo del diesel en los escenarios F2 y F3 en relación a F1. La diferencia máxima y mínima entre F2 y F3 es de 5 y 1 c.s respectivamente, lo cual indica que la tendencia a utilizar el diesel disminuye en estos escenarios. Y que la calidad de éste aumenta, debido a que disminuye la cantidad de SOx emitidos a la atmósfera debido a un menor contenido de azufre en el diesel.
t4-e9 caldera- querosina	F1: Se observa que para todo sujeto ambiental se presenta el mismo valor constante, la razón es la misma que la expuesta en t4-e1. F2: Los impactos se presentan en la emisión a la atmósfera de CO2 F3: Los impactos se presentan en la emisión a la atmósfera de CO2 Comparación entre futuros: la tendencia exhibida es a disminuir de F1 a F3, concordando con la tendencia de menor consumo de energía. Diferencias: entre F2 y F3 hay una diferencia máxima de 3 centésimas, en cambio entre F1 y F3 hay 13 centésimas máximo. Lo cual indica que el incremento de eficiencia en las calderas así como la mejora en la calidad de la querosina, disminuirá notablemente los impactos producidos por ésta diada.
t4-e10 caldera Gas LP	F1: Se observa que para todo sujeto ambiental se presenta el mismo valor constante, la razón es la misma que la expuesta en t4-e1. F2: Los mayores impactos se presentan en la emisión a la atmósfera de CO₂ y los menores en la emisión de VOC F3: Las emisiones al aire con mayor impacto son de CO₂, CO y NO_x las cuales presentan el mismo valor, los menores en la emisión de VOC. Comparación entre futuros: la tendencia exhibida es a disminuir de F1 a F3, concordando con la tendencia a disminuir según el consumo de energía. Diferencias: entre F2 y F3 hay máximo 3 centésimas, en cambio entre F1 y F2 hay 19 centésimas máximo. Lo cual indica que la disminución en el consumo de este combustible aunada al incremento de eficiencia en las calderas así como a la mejora en la calidad del combustible, disminuirá notablemente los impactos producidos por ésta diada.
t4-e11 caldera-GN	F1: Se observa que para todo sujeto ambiental se presenta el mismo valor constante, la razón es la misma que la expuesta en t4-e1. F2: Los mayores impactos se presentan en el uso intensivo de suelo (s1), le siguen las emisiones a la atmósfera de CO2, impactos al agua y a la biodiversidad. Los menores en la emisión de VOC a la atmósfera. F3: Se observan valores notoriamente altos, el mayor impacto lo presenta el uso intensivo del suelo, le siguen las descargas acuíferas. Los menores impactos se dan por la emisión de VOC a la atmósfera. Comparación entre futuros: en promedio los impactos mayores se presentan en F3, luego en F1, y F2 exhibe los menores impactos. Este comportamiento se debe principalmente a que en el F3 sustentable, el GN será el energético más utilizado. Diferencias: entre F1 y F3 hay máximo 3 centésimas y mínimo 0 centésimas. Lo cual indica que el incremento de eficiencia en los motores así como la mejora en la calidad del combustible, no tienen gran efecto en el alivio de los impactos ambientales debido a que el GN será el combustible más utilizado en el escenario F3, el segundo más utilizado en F2 y el sexto más utilizado en F1.

t4-e14 caldera- electricidad red	F1: Se observa que para todo sujeto ambiental se presenta el mismo valor constante, la razón es la misma que la expuesta en t4-e1. F2: El mayor impacto se localiza en la emisión de CO₂ y el menor en la de emisiones de VOC F3: Las emisiones de CO₂, CO y NO_x tienen el mismo valor, i.e. los impactos debidos a estas emisiones son equiparables y solo disminuyen en el caso de lo VOC y las partículas. Comparación entre futuros: los impactos mayores se presentan en F1, luego le sigue F3, y F2 exhibe los menores impactos. Este comportamiento se debe principalmente a que en el F3 sustentable, la electricidad será la ED más utilizada después del GN. Diferencias: Las diferencias entre los tres escenarios son pequeñas, entre F1 y F3 son de 8 centésimas máximo y 6 mínimo, entre F1 y F2 llegan a ser de 13 centésimas Los valores menores en los escenarios F2 y F3 se deben a que se mejorará la eficiencia de generación, a la vez que ésta se producirá más limpiamente, mayor participación de renovables en la generación de electricidad y uso de combustibles más limpios. También se espera una mejora en la eficiencia de las calderas. -En el escenario F1 se presentan los mayores impactos, luego le sigue el escenario F3 y los menores se presentan, para cualquier SA en el escenario F2
t4-e16 caldera- solar fototérmica	Durante la fase de operación las tecnologías termosolares no generan ningún impacto al aire, el único impacto al agua se debe al uso de ésta, el volumen de agua utilizado es comparable al de las tecnologías de combustión. Su mayor impacto se encuentra en el mayor uso del suelo con respecto a todos los demás energéticos.

t5 refrigerador según su energía disponible e_i

t5-ED aire acond-ED	Comentarios según el escenario
t5-e10 refrigerador-GLP	F1: los valores de la función objetivo (FO) permanecen iguales para todo sujeto ambiental debido a la forma en que están contruidos los escenarios. Los cocientes de la FO para todos los escenarios indican cambios respecto a valores presentes, como en la construcción del escenario F1-tendencial se mantuvieron en los futuros los mismos valores de las variables E1, E2, E3, T1, T2 y T3 que tienen en el presente, entonces sus cocientes tampoco varían y por lo tanto el valor de la FO para cada sujeto ambiental no varía en F1. F2: En éste escenario el valor más alto lo adquieren las emisiones de CO₂ a la atmósfera el más bajo se debe a las emisiones de VOC. F3: Los valores más grandes los tienen las emisiones de CO₂, CO y NO_x, luego le sigue VOC. Comparación entre futuros: los valores más grandes los tiene F1, seguidos de F2 y luego F3. Se exhibe por lo tanto una tendencia decreciente de F1 a F3,

	concordando con la disminución en el consumo de GLP de F1 a F3. La diferencia que existe entre F2 y F3 es pequeña (6 c.s máximo). En cambio, existe una diferencia notable (hasta 27 c.s) entre F1 y F3 Los valores de los IA en F2 y F3 son muy similares, solo varían entre 5 y 1 c.s, en cambio se nota una diferencia bastante fuerte con ???
t5-e11 refrigerador-GN	F1: Se observa que para todo sujeto ambiental se presenta el mismo valor constante, la razón es la misma que la expuesta en t5-e10 F2: Los mayores impactos se presentan en las emisiones de CO₂ a la atmósfera y en el consumo de agua con sus desechos líquidos, también se ve afectada la biodiversidad y el suelo. Los menores en la emisión de VOC a la atmósfera. F3: Los mayores impactos se presentan en las emisiones de CO₂ a la atmósfera y en el consumo de agua con sus desechos líquidos, también se ve afectada la biodiversidad y el suelo. Los menores en la emisión de VOC a la atmósfera. Comparación entre futuros: los impactos mayores se presentan en F1, luego en F3, y F2 exhibe los menores impactos. Este comportamiento se debe principalmente a que en el escenario F3 sustentable, el GN será el energético más utilizado Diferencias: entre F1 y F3 hay máximo 9 c.s y mínimo 6 c.s, y entre F2 y F3 hay 3 c.s máximo. Lo cual indica que la mejora en la calidad del combustible, no tienen gran efecto en el alivio de los impactos ambientales debido a que el GN será el combustible más utilizado en el escenario F3, el segundo más utilizado en F2 y el sexto más utilizado en F1.
t5-e14 refrigerador-EL red	F1: Se observa que para todo sujeto ambiental se presenta el mismo valor constante, la razón es la misma que la expuesta en t5-e10 F2: Los mayores impactos se presentan en la emisión a la atmósfera de CO₂ y CO los menores en la emisión de VOC F3: Las emisiones al aire con mayor impacto son de CO₂, CO y NO_x las cuales presentan el mismo valor seguidas de SO_x y partículas, las emisiones de VOC son la que tienen un impacto ligeramente menor. Comparación entre futuros: los impactos mayores se presentan en F1, luego le sigue F3; y F2 exhibe los menores impactos. Este comportamiento se debe principalmente a que en el F3 sustentable, la electricidad será la ED más utilizada después del GN. Diferencias: Las diferencias entre los tres escenarios son pequeñas, entre F1 y F3 son de 9 c.s máximo y 7 mínimo, entre F1 y F2 llegan a ser de 12 c.s Los valores menores en los escenarios F2 y F3 se deben a que se mejorará la eficiencia de generación, a la vez que ésta se producirá más limpiamente, mayor participación de renovables en la generación de electricidad y uso de combustibles más limpios. Sin embargo el uso proporcional de la electricidad será mayor en F3 que en F2, por esta razón tiene un valor mayor en F3.

t6 aire acondicionado según su energía disponible e_i

t6-ED aire acond-ED	Comentarios según el escenario
t6-e10 aa-GLP	F1: los valores de la función objetivo (FO) permanecen iguales para todo sujeto ambiental debido a la forma en que están contruidos los escenarios. Los cocientes de la FO para todos los escenarios indican cambios respecto a valores presentes, como en la construcción del escenario F1-tendencial se mantuvieron en los futuros los mismos valores de las variables E1, E2, E3, T1, T2 y T3 que tienen en el presente, entonces sus cocientes tampoco varían y por lo tanto el valor de la FO para cada sujeto ambiental no varía en F1. F2: En éste escenario el valor más alto lo adquieren las emisiones de CO₂ a la atmósfera el más bajo se debe a las emisiones de VOC. F3: Los valores más grandes los tienen las emisiones de CO₂, CO y NO_x, luego le sigue VOC. Comparación entre futuros: los valores más grandes los tiene F1, seguidos de F2 y luego F3. Se exhibe por lo tanto una tendencia decreciente de F1 a F3, concordando con la disminución en el consumo de F1 a F3. La diferencia que existe entre F2 y F3 es pequeña (6 c.s máximo). En cambio, existe una diferencia notable (hasta 27 c.s) entre F1 y F3
t6-e11 aa-GN	F1: Se observa que para todo sujeto ambiental se presenta el mismo valor constante, la razón es la misma que la expuesta en t6-e11 F2: Los mayores impactos se presentan en las emisiones de CO₂ a la atmósfera y en el consumo de agua con sus desechos líquidos, también se ve afectada la biodiversidad y el suelo. Los menores en la emisión de VOC a la atmósfera. F3: Los mayores impactos se presentan en las emisiones de CO₂ a la atmósfera y en el consumo de agua con sus desechos líquidos, también se ve afectada la biodiversidad y el suelo. Los menores en la emisión de VOC a la atmósfera. Comparación entre futuros: los impactos mayores se presentan en F1, luego en F3, y F2 exhibe los menores impactos. Este comportamiento se debe principalmente a que en el escenario F3 sustentable, el GN será el energético más utilizado Diferencias: entre F1 y F3 hay máximo 9 c.s y mínimo 6 c.s, y entre F2 y F3 hay 3 c.s máximo. Lo cual indica que la mejora en la calidad del combustible, no tienen gran efecto en el alivio de los impactos ambientales debido a que el GN será el combustible más utilizado en el escenario F3, el segundo más utilizado en F2 y el sexto más utilizado en F1.
t6-e14 aa-EL red	F1: Se observa que para todo sujeto ambiental se presenta el mismo valor constante, la razón es la misma que la expuesta en t6-e10 F2: Los mayores impactos se presentan en la emisión a la atmósfera de CO₂ y CO los menores en la emisión de VOC F3: Las emisiones al aire con mayor impacto son de CO₂, CO y NO_x las cuales presentan el mismo valor seguidas de SO_x y partículas, las emisiones de VOC son la que tienen un impacto ligeramente menor. Comparación entre futuros: los impactos mayores se presentan en F1, luego le sigue F3, y F2 exhibe los menores impactos. Este comportamiento se debe principalmente a que en el F3 sustentable, la electricidad será la ED más utilizada después del GN. Diferencias: Las diferencias entre los tres escenarios son pequeñas, entre F1 y F3 son de 9 c.s máximo y 7 mínimo, entre F1 y F2 llegan a ser de 12 c.s Los valores menores en los escenarios F2 y F3 se deben a que se mejorará la

	eficiencia de generación, a la vez que ésta se producirá más limpiamente, mayor participación de renovables en la generación de electricidad y uso de combustibles más limpios. Sin embargo el uso proporcional de la electricidad será mayor en F3 que en F2, por esta razón tiene un valor mayor en F3.

t7 motor móvil, según su energía disponible e_i

t7-ED motor móvil-ED	Comentarios según el escenario
t7-e6 mov- combustóleo	F1: los valores de la función objetivo (FO) permanecen iguales para todo sujeto ambiental debido a la forma en que están contruidos los escenarios. Los cocientes de la FO para todos los escenarios indican cambios respecto a valores presentes, como en la construcción del escenario F1-tendencial se mantuvieron en los futuros los mismos valores de las variables E1, E2, E3, T1, T2 y T3 que tienen en el presente, entonces sus cocientes tampoco varían y por lo tanto el valor de la FO para cada sujeto ambiental no varía en F1. F2: En éste escenario el valor más alto lo adquieren las emisiones de CO₂ a la atmósfera el más bajo se debe a las emisiones de VOC y partículas. F3: Los valores más grandes los tienen las emisiones a la atmósfera de CO₂, CO y NO_x, luego le sigue VOC. Comparación entre futuros: F1 es el escenario con mayor impacto debido a que tiene los valores más altos, le sigue el escenario F2 y finalmente F3. La diferencia máxima entre F1 y F2 es de 13 c.s y de F1 a F3 es de 19 c.s esta diferencia se debe principalmente a la reducción en el consumo del combustóleo en los escenarios F2 y F3 en relación a F1. La diferencia máxima y mínima entre F2 y F3 es de 9 y 4 c.s respectivamente. Los motores que utilizan este combustible son principalmente de combustión externa, ciclo Rankine de vapor de agua, estos motores se utilizan actualmente para la propulsión de barcos.
t7-e7 mov-diesel	F1: Se observa que para todo sujeto ambiental se presenta el mismo valor constante, la razón es la misma que la expuesta en t7-e6 F2: En éste escenario el valor más alto lo adquieren las emisiones de CO₂ a la atmósfera el más bajo se debe a las emisiones de VOC y partículas. F3: Los valores más grandes los tienen las emisiones a la atmósfera de CO₂, CO y NO_x, luego le sigue VOC. Comparación entre futuros: en promedio F1 es el escenario con mayor impacto debido a que tiene los valores más altos, le sigue el escenario F2 y finalmente F3. La diferencia promedio entre F1 y F2 es de 21 c.s y de F1 a F3 es de 23 c.s la diferencia tan notoria se debe principalmente a la reducción en el consumo del diesel en los escenarios F2 y F3 en relación a F1. La diferencia máxima y mínima entre F2 y F3 es de 6 y 2 c.s respectivamente, lo cual indica que la tendencia a utilizar el diesel disminuye en estos escenarios. Y que la calidad de éste aumenta, i.e. principalmente disminuye la cantidad de SO_x emitidos a la

	atmósfera debido a un menor contenido de azufre.
t7-e8 mov-gasolina	F1: Se observa que para todo sujeto ambiental se presenta el mismo valor constante, la razón es la misma que la expuesta en t7-e6 F2: En éste escenario el valor más alto lo adquieren las emisiones de CO₂ a la atmósfera el más bajo se debe a las emisiones de VOC y partículas. F3: Los valores más grandes los tienen las emisiones a la atmósfera de CO₂, CO y NO_x, el menor impacto lo realizan los VOC. Comparación entre futuros: F1 es el escenario con mayor impacto, le sigue el escenario F2 y finalmente F3. La diferencia máxima y mínima entre F2 y F3 es de 2 y 4 c.s respectivamente, lo cual indica que la tendencia a utilizar la gasolina disminuye en estos escenarios, en cambio la diferencia máxima y mínima entre F1 y F2 es de 26 y 23 c.s respectivamente. Lo cual indica que el menor uso del combustible en los futuros F2 y F3 (respecto a F1), aunado al incremento de eficiencia en los motores móviles así como el incremento en la calidad del combustible, disminuirá notablemente los impactos producidos por ésta diada.
t7-e9 mov-querosina	F1: Se observa que para todo sujeto ambiental se presenta el mismo valor constante, la razón es la misma que la expuesta en t7-e7 F2: Los impactos se presentan en la emisión a la atmósfera de CO₂ F3: Los impactos se presentan en la emisión a la atmósfera de CO₂ Comparación entre futuros: la tendencia exhibida es a disminuir de F1 a F3, concordando con la tendencia de menor consumo de energía. Diferencias: entre F2 y F3 hay una diferencia pequeña de 3 c.s, en cambio entre F1 y F3 hay 16 c.s máximo. Lo cual indica que el incremento de eficiencia en los motores así como la mejora en la calidad de la querosina, disminuirá notablemente los impactos producidos por ésta diada. Los motores que utilizan este combustible son principalmente turbinas de avión jet y aviones comerciales.
t7-e10 mov-GLP	F1: Se observa que para todo sujeto ambiental se presenta el mismo valor constante, la razón es la misma que la expuesta en t7-e7 F2: Los mayores impactos se presentan en la emisión a la atmósfera de CO₂ y los menores en la emisión de VOC F3: Las emisiones al aire con mayor impacto son de CO₂, CO y NO_x las cuales presentan el mismo valor. Comparación entre futuros: la tendencia exhibida es a disminuir de F1 a F3, concordando con la tendencia a disminuir según el consumo de energía. Diferencias: entre F2 y F3 hay máximo 2 c.s, en cambio entre F1 y F2 hay 19 c.s máximo. Lo cual indica que la disminución en el consumo de este combustible aunada al incremento de eficiencia en los motores así como a la mejora en la calidad del combustible, disminuirá notablemente los impactos producidos por ésta diada.
t7-e11 mov-GN	F1: Se observa que para todo sujeto ambiental se presenta el mismo valor constante, la razón es la misma que la expuesta en t7-e6 F2: Los mayores impactos se presentan en el uso intensivo de suelo (s1), le siguen las emisiones a la atmósfera de CO₂. Los menores en la emisión de VOC a la atmósfera. F3: Las emisiones al aire con mayor impacto son de CO₂, CO y NO_x las cuales presentan el mismo valor.

	Comparación entre futuros: los impactos mayores se presentan en F1, luego en F3, y F2 exhibe los menores impactos. Este comportamiento se debe principalmente a que en el F3 sustentable, el GN será el energético más utilizado Diferencias: entre F1 y F3 hay máximo 3 c.s y mínimo 0 c.s porque de hecho hay un sujeto ambiental (s1) uso del suelo que muestra el mismo valor, i.e. tiene el mismo impacto ambiental en F1 que en F3; entre F1 y F2 hay 6 c.s máximo. Lo cual indica que el incremento de eficiencia en los motores así como la mejora en la calidad del combustible, no tienen gran efecto en el alivio de los impactos ambientales debido a que el GN será el combustible más utilizado en el escenario F3, el segundo más utilizado en F2 y el sexto más utilizado en F1.
t7-e12 mov-biogás	F1: Se observa que para todo sujeto ambiental se presenta el mismo valor constante, la razón es la misma que la expuesta en t7-e6 F2: Los mayores impactos se presentan en la emisión a la atmósfera de CO2 F3: Los mayores impactos se presentan en la emisión a la atmósfera de CO2 Comparación entre futuros: F1 es el escenario con mayor impacto, le sigue el escenario F2 y finalmente F3. Diferencias: de los sujetos ambientales mostrados, entre F2 y F3 hay máximo 4 c.s, en cambio entre F1 y F3 hay 12 c.s máximo.
t7-e13 mov-hidrógeno	F1: Se observa que para todo sujeto ambiental se presenta el mismo valor constante, la razón es la misma que la expuesta en t7-e6 F2: Los mayores impactos se presentan en la emisión a la atmósfera de NOx y los menores en la emisión de VOC F3: Los mayores impactos se presentan en la emisión a la atmósfera de NOx y los menores en la emisión de VOC Comparación entre futuros: F1 es el escenario con mayor impacto, le siguen en igualdad de circunstancias F2 y F3. Diferencias: de los sujetos ambientales mostrados, entre F2 y F3 no hay diferencias, muestran los mismos valores para todos los sujetos ambientales, en cambio entre F1 y F2=F3 hay 31 c.s máximo. Esta gran diferencia se debe sobre todo a que en F1 el hidrógeno es producido mediante energías no renovables, mientras que en F2 y F3 el hidrógeno se produce con energías renovables. El hidrógeno al quemarse con aire produce óxidos de nitrógeno debido al contenido de éste en la atmósfera.
t7-e14 mov-EL red	F1: Se observa que para todo sujeto ambiental se presenta el mismo valor constante, la razón es la misma que la expuesta en t7-e6 F2: Los mayores impactos se presentan en la emisión a la atmósfera de CO2 y CO los menores en la emisión de VOC F3: Las emisiones al aire con mayor impacto son de CO2, CO y NOx las cuales presentan el mismo valor seguidas de SOx y partículas, las emisiones de VOC son la que tienen un impacto ligeramente menor. Comparación entre futuros: los impactos mayores se presentan en F1, luego le sigue F3, y F2 exhibe los menores impactos. Este comportamiento se debe principalmente a que en el F3 sustentable, la electricidad será la ED más utilizada después del GN. Diferencias: Las diferencias entre los tres escenarios son pequeñas, entre F1 y F3 son de 4 c.s máximo y dos mínimo, entre F1 y F2 llegan a ser hasta de 9 c.s. Los valores menores en los escenarios F2 y F3 se deben a que se mejorará la

	eficiencia de generación, a la vez que ésta se producirá más limpiamente, mayor participación de renovables en la generación de electricidad y uso de combustibles más limpios. Los motores móviles se utilizan principalmente en el sector transporte, las eficiencias exhibidas por los motores son comparables a las de los motores eléctricos fijos.

t8 motor fijo según su energía disponible e_i

t8-ED motor fijo-ED	Comentarios según el escenario
t8-e7 mof-diesel	F1: los valores de la función objetivo (FO) permanecen iguales para todo sujeto ambiental debido a la forma en que están contruidos los escenarios. Los cocientes de la FO para todos los escenarios indican cambios respecto a valores presentes, como en la construcción del escenario F1-tendencial se mantuvieron en los futuros los mismos valores de las variables E1, E2, E3, T1, T2 y T3 que tienen en el presente, entonces sus cocientes tampoco varían y por lo tanto el valor de la FO para cada sujeto ambiental no varía en F1. F2: En éste escenario el valor más alto lo adquieren las emisiones de CO₂ a la atmósfera el más bajo se debe a las emisiones de VOC y partículas. F3: Los valores más grandes los tienen las emisiones a la atmósfera de CO₂, CO y NO_x, luego le sigue VOC. Comparación entre futuros: en promedio F1 es el escenario con mayor impacto debido a que tiene los valores más altos, le sigue el escenario F2 y finalmente F3. La diferencia promedio entre F1 y F2 es de 15 c.s y de F1 a F3 es de 17c.s la diferencia tan notoria se debe principalmente a la reducción en el consumo del diesel en los escenarios F2 y F3 en relación a F1. La diferencia máxima y mínima entre F2 y F3 es de 6 y 2 c.s respectivamente, lo cual indica que la tendencia a utilizar el diesel disminuye en estos escenarios. Y que la calidad de éste aumenta, i.e. principalmente disminuye la cantidad de SO_x emitidos a la atmósfera debido a un menor contenido de azufre.
t8-e8 mof-gasolina	F1: Se observa que para todo sujeto ambiental se presenta el mismo valor constante, la razón es la misma que la expuesta en t8-e7 F2: En éste escenario el valor más alto lo adquieren las emisiones de CO₂ a la atmósfera el más bajo se debe a las emisiones de VOC y partículas. F3: Los valores más grandes los tienen las emisiones a la atmósfera de CO₂, CO y NO_x, el menor impacto lo realizan los VOC. Comparación entre futuros: F1 es el escenario con mayor impacto, le sigue el escenario F2 y finalmente F3. La diferencia máxima y mínima entre F2 y F3 es de 5 y 2 c.s respectivamente, lo cual indica que la tendencia a utilizar la gasolina disminuye en estos escenarios, en cambio la diferencia máxima entre F1 y F3 es de 21 c.s. Lo cual indica que el menor uso del combustible en los futuros F2 y F3 (respecto a F1), aunado al incremento de eficiencia en los motores así como el incremento en la calidad del combustible, disminuirá notablemente los impactos producidos

	por ésta diada.
t8-e10 mof-GLP	F1: Se observa que para todo sujeto ambiental se presenta el mismo valor constante, la razón es la misma que la expuesta en t8-e7 F2: Los mayores impactos se presentan en la emisión a la atmósfera de CO₂ y los menores en la emisión de VOC F3: Las emisiones al aire con mayor impacto son de CO₂, CO y NO_x las cuales presentan el mismo valor. Comparación entre futuros: la tendencia exhibida es a disminuir de F1 a F3, concordando con la tendencia a disminuir el consumo de energía. Diferencias: entre F2 y F3 hay máximo 3 c.s, en cambio entre F1 y F2 hay 20 c.s máximo. Lo cual indica que el incremento de eficiencia en los motores así como la mejora en la calidad del combustible, disminuirá notablemente los impactos producidos por ésta diada.
t8-e11 mof-GN	F1: Se observa que para todo sujeto ambiental se presenta el mismo valor constante, la razón es la misma que la expuesta en t8-e7 F2: Los mayores impactos se presentan en la emisión a la atmósfera de CO₂ y los menores en la emisión de VOC F3: Las emisiones al aire con mayor impacto son de CO₂, CO y NO_x las cuales presentan el mismo valor. Comparación entre futuros: los impactos mayores se presentan en F1, luego le siguen en F3, y F2 exhibe los menores impactos. Este comportamiento se debe principalmente a que en el F3 sustentable, el GN será el energético más utilizado Diferencias: entre F1 y F3 hay máximo 3 c.s y mínimo 1 c., entre F1 y F2 hay 6 c.s máximo. Lo cual indica que el incremento de eficiencia en los motores así como la mejora en la calidad del combustible, no tienen gran efecto en el alivio de los impactos ambientales debido a que el GN será el combustible más utilizado en el escenario F3, el segundo más utilizado en F2 y el sexto más utilizado en F1.
t8-e13 mof-hidrógeno	F1: Se observa que para todo sujeto ambiental se presenta el mismo valor constante, la razón es la misma que la expuesta en t8-e7 F2: Los mayores impactos se presentan en la emisión a la atmósfera de NO_x y los menores en la emisión de VOC F3: Los mayores impactos se presentan en la emisión a la atmósfera de NO_x y los menores en la emisión de VOC Comparación entre futuros: F1 es el escenario con mayor impacto, le sigue el escenario F2 y finalmente F3. Diferencias: de los sujetos ambientales mostrados, entre F2 y F3 hay máximo 2 c.s, en cambio entre F1 y F3 hay 34 c.s máximo. Esta gran diferencia se debe sobre todo a que en F1 el hidrógeno es producido mediante energías no renovables, mientras que en F2 y F3 el hidrógeno se produce con energías renovables. El hidrógeno al quemarse con aire produce óxidos de nitrógeno debido al contenido de éste en la atmósfera.
t8-e14 mof-EL red	F1: Se observa que para todo sujeto ambiental se presenta el mismo valor constante, la razón es la misma que la expuesta en t8-e7 F2: Los mayores impactos se presentan en la emisión a la atmósfera de CO₂ y los menores en la emisión de VOC y partículas

	F3: Las emisiones al aire con mayor impacto son de CO₂, CO y NO_x las cuales presentan el mismo valor seguidas de Sox y partículas, las emisiones de VOC son la que tienen un impacto ligeramente menor. Comparación entre futuros: los impactos mayores se presentan en F1, luego le sigue F3, y F2 exhibe los menores impactos. Este comportamiento se debe principalmente a que en el F3 sustentable, la electricidad será la ED más utilizada después del GN. Diferencias: Las diferencias entre los tres escenarios son pequeñas, entre F1 y F3 son de 4 c.s máximo y dos mínimo, entre F1 y F2 llegan a ser hasta de 9 c.s. Los valores menores en los escenarios F2 y F3 se deben a que se mejorará la eficiencia de generación, a la vez que ésta se producirá más limpiamente, mayor participación de renovables en la generación de electricidad y uso de combustibles más limpios.

t9 lámpara según su energía disponible e_i

t9-ED lámpara-ED	Comentarios según el escenario
t9-e4 lámpara -leña	F1: los valores de la función objetivo (FO) permanecen iguales para todo sujeto ambiental debido a la forma en que están contruidos los escenarios. Los cocientes de la FO para todos los escenarios indican cambios respecto a valores presentes, como en la construcción del escenario F1-tendencial se mantuvieron los mismos valores de las variables E1, E2, E3, T1, T2 y T3 que tienen en el presente, en el futuro, entonces resulta que el valor de la FO para cada sujeto ambiental no varía. F2: En éste escenario el valor más alto lo adquieren las emisiones al aire de CO₂. El valor más bajo lo tienen las emisiones al aire de VOC. F3: En éste escenario el valor más alto lo adquieren las emisiones al aire de CO₂. El valor más bajo lo tienen las emisiones al aire de VOC. Comparación entre escenarios: los valores de cada uno de los sujetos ambientales son mayores en F1, le siguen los de F2 y por último los de F3. Las diferencias entre F2 y F3 son de máximo 7 centésimas, en cambio las diferencias entre F1 y F2 llegan a ser de hasta 28 centésimas, lo cual se debe a que en el presente y en el escenario tendencial F1 el uso de la leña no es sustentable y no renovable. Mientras que, en los escenarios F2 y F3 el uso es sustentable y se considera un recurso renovable.
t9-e8 lámpara - gasolina	F1: Se observa que para todo sujeto ambiental se presenta el mismo valor constante, la razón es la misma que la expuesta en t9-e4 F2: En éste escenario el valor más alto lo adquieren las emisiones de CO₂ a la atmósfera. F3: En éste escenario el valor más alto lo adquieren las emisiones de CO₂ a la atmósfera. Comparación entre futuros: F1 es el escenario con mayor impacto, le sigue el escenario F2 y finalmente F3. La diferencia entre F2 y F3 es de 5 c.s, lo cual coincide con la tendencia a

	disminución en el uso de la gasolina en estos escenarios, en cambio la diferencia entre F1 y F2 es de 25 c.s repectivamente. Lo cual indica que un menor uso de la gasolina para iluminación en los futuros F2 y F3 (respecto a F1), así como el incremento en la calidad del combustible, disminuirá notablemente los impactos producidos por ésta diada.
t9-e9 lámpara - querosina	F1: Se observa que para todo sujeto ambiental se presenta el mismo valor constante, la razón es la misma que la expuesta en t9-e4 F2: Los impactos se presentan en la emisión a la atmósfera de CO₂ F3: Los impactos se presentan en la emisión a la atmósfera de CO₂ Comparación entre futuros: la tendencia exhibida es a disminuir de F1 a F3, concordando con la tendencia al menor consumo de energía. Diferencias:entre F2 y F3 hay una diferencia pequeña de 3 c.s, en cambio entre F1 y F2 hay 17 c.s máximo. Lo cual indica que el incremento de eficiencia en los motores así como la mejora en la calidad del combustible, disminuirá notablemente los impactos producidos por ésta diada. Los motores que utilizan este combustible son principalmente turbinas de avión jet y aviones comerciales.
t9-e10 lámpara -GLP	F1: Se observa que para todo sujeto ambiental se presenta el mismo valor constante, la razón es la misma que la expuesta en t9-e4 F2: Los mayores impactos se presentan en la emisión a la atmósfera de CO₂ y los menores en la emisión de VOC F3: Las emisiones al aire con mayor impacto son de CO₂ , CO y NO_x las cuales presentan el mismo valor. Comparación entre futuros: la tendencia exhibida es a disminuir de F1 a F3, concordando con la tendencia a disminuir el consumo de energía. Diferencias:entre F2 y F3 hay máximo 5 c.s, en cambio entre F1 y F2 hay 24 c.s máximo. Lo cual indica que el menor uso de este combustible para este fin, así como la mejora en la calidad del combustible, disminuirá notablemente los impactos producidos por ésta diada.
t9-e11 lámpara -GN	F1: Se observa que para todo sujeto ambiental se presenta el mismo valor constante, la razón es la misma que la expuesta en t9-e4 F2: Los mayores impactos se presentan en la emisión a la atmósfera de CO₂ y los menores en la emisión de VOC. F3: Las emisiones al aire con mayor impacto son de CO₂ , CO y NO_x las cuales presentan el mismo valor. Comparación entre futuros: los impactos mayores se presentan en F1, luego le siguen en F3, y F2 exhibe los menores impactos. Este comportamiento se debe principalmente a que en el escenario F3 sustentable, el GN será el energético más utilizado. Diferencias: entre F1 y F3 hay máximo 3 c.s y mínimo 1 c., entre F1 y F2 hay 6 c.s máximo. Lo cual indica que la mejora en la calidad del combustible, no tien gran efecto en el alivio de los impactos ambientales debido a que el GN será el combustible más utilizado en el escenario F3, el segundo más utilizado en F2 y el sexto más utilizado en F1. Es por esta razón que la diferencia de valores entre escenarios no es muy grande
t9-e14 lámpara -EL red incandescente	F1: Se observa que para todo sujeto ambiental se presenta el mismo valor constante, la razón es la misma que la expuesta en t9-e7 F2: Los mayores impactos se presentan en la emisión a la atmósfera de CO₂ y

t10 electrocomunicaciones según su energía disponible e_i

t10-ED electrocom-ED	Comentarios según el escenario
t10 - e14 electrocom-EL red	F1: los valores de la función objetivo (FO) permanecen iguales para todo sujeto ambiental debido a la forma en que están contruidos los escenarios. Los cocientes de la FO para todos los escenarios indican cambios respecto a valores presentes, como en la construcción del escenario F1-tendencial se mantuvieron los mismos valores de las variables E1, E2, E3, T1, T2 y T3 que tienen en el presente, en el futuro, entonces sus cocientes tampoco varían y por lo tanto el valor de la FO para cada sujeto ambiental no varía. F2: En éste escenario el valor más alto lo adquieren las emisiones de CO₂ y CO los valores menores se deben a las emisiones de VOC y a partículas. F3: Los valores más grandes los tienen las emisiones de CO₂, CO y NO_x, luego le siguen VOC y O₃ Comparación entre futuros: los valores promedio más grandes los tiene F1, seguidos de F3 y luego F2. Comportamiento anormal desde el punto de vista de que se asume un menor consumo de electricidad en F3 que en F2 o F1, la causa puede ser el nivel de participación que tiene la electricidad en F3 es de los más altos. Las diferencias máximas entre F1 y F2 llegan a ser de 12 c.s, y entre F1 y F3 de 8 c.s

Nomenclatura

a	Vector ambiente (SA)	MC	Marco Conceptual
c₁...c₆	Factores de peso	P	Presente
CET	Ciclo de Energía Total	p	pérdidas
DBO	Demanda Biológica de Oxígeno	SA	Sujeto Ambiental
DQO	Demanda Química de Oxígeno	t	Vector tecnología (TUF)
e	Vector energía (ED)	T1, T2, T3	Parámetros Tecnológicos: Edo. Uso/Mantenimiento, Eficiencia, Sustentabilidad
E1, E2, E3	Parámetros Energéticos: Cantidad, Calidad y Renovabilidad	T_e	Tecnología de Extracción
ED	Energía Disponible	T_t	Tecnología de Transformación
EP	Energía Primaria	TUF	Tecnología de Uso Final
ES	Energía Secundaria	VOC	Compuestos Orgánicos Volátiles (por sus siglas en inglés)
EU	Energía Útil		
EIA	Evaluación de Impacto Ambiental		
F	Futuro		
<u>SUBÍNDICES</u>			
F1, F2, F3	Escenario tendencial, bloques y sustentable	P, F	Subíndices de tiempo, Presente y Futuro
FC	Factor de Cambio	i	Índice de ED = [1,21]
FE	Factor de Emisión	j	Índice de TUF = [1,10]
FO	Función Objetivo	k	Índice de SA = [1,20]
FSA	Factor de Sujeto Ambiental	/	Índice de escenarios futuros = [1,3]
GLP	Gas Licuado de Petróleo		
GN	Gas Natural		
GWP	Potencial de Calentamiento Global (por sus siglas en inglés)		
IA	Impactos Ambientales		

Bibliografía

- Alonso, A. y Rodríguez-Viqueira, Luis (1983) "Diagnóstico y pronóstico sobre Energía Solar, Biomasa y Energía Eólica" *Reporte Interno No. 2106 Instituto de Ingeniería, UNAM, México D.F.*
- Alonso, A.; Cruz, R. y Rodríguez-Viqueira, Luis (1983) *Alternativas Energéticas Fondo de Cultura Económica-CONACYT, México D.F.*
- Alonso, A.; Cruz, R. y Fugarolas, E. (1994a) "Futuros de los recursos energéticos primarios" Cap. 16, pp. 427-474, en Reséndiz-Núñez, D. editor, *El Sector Eléctrico de México, Comisión Federal de Electricidad - Fondo de Cultura Económica, México D.F.*
- Alonso, A.; Fugarolas, E. y Cruz, R. (1994b) "Futuros del sector eléctrico" Cap. 17, pp. 475-521, en Reséndiz-Núñez, D. editor, *El Sector Eléctrico de México, Comisión Federal de Electricidad - Fondo de Cultura Económica, México D.F.*
- Barker, J. y Tingey, D. (1992) *Air Pollution Effects on Biodiversity, Van Nostrand Reinhold, New York*
- Best, Gustavo (1990) "Un desarrollo energético alternativo y la gestión del medio ambiente" en Leff, E. coordinador, *Medio Ambiente y Desarrollo en México, Vol. II. CIIH-Porrúa, México*
- Bidstrup, C.; Emborg, L. y Juul-Kristensen, B. (1993) *The Technology Catalogue. A Nordic Catalogue of Potentials for Energy Efficiency and Pollution Reduction. Centre for Development and the Environment, University of Oslo, Noruega*
- Bockris, J.; Veziroglu, T. y Smith, D. (1991) *Solar-Hydrogen Energy Solution, Macdonald & Co., Londres*
- Bojorquez-Tapia, Luis Antonio (1989) "Methodolgy for predicon of ecological impacts under real conditions in Mexico" *Environmental Management*, 13 (5), 545-551
- Bosma, J. editor (1993) *Heat Pumps for Energy Efficiency an Environmental Progress. Elsevier, Amsterdam*
- Castro, Diana (1995) *Estudio Prospectivo del Impacto de Emisiones al Aire por el Uso de Energéticos en el Sector Residencial Mexicano. Tesis de Maestría. Facultad de Ciencias Químicas e Ingeniería, Cuernavaca, Morelos*
- CFE (Comisión Federal de Electricidad) (1994) *Informe de Labores 1993-1994. CFE México*

- Considine, Douglas** editor (1979) *Energy Technology Handbook*. McGraw-Hill, New York
- Corbus, D.; Mark, J. y Martínez, M.** (1993) "Renewable energy technologies for México: assessing carbon emissions reductions, *World Resource Review* 5(3), 324-340
- Cortinas, C. y Espinosa, J.** (1986) "Posibles implicaciones para la salud derivadas del uso de los energéticos" en Quintanilla, J. editor, *Memoria del Simposio Energía y Ambiente, UNAM, México DF.* pp. 143-155
- Duffie, J. y Beckman, W.** (1980) *Solar Engineering of Thermal Processes*. Wiley Interscience, New York
- Ehrlich, A y Ehrlich, P.** (1992) Causes and consequences of disappearance of biodiversity. en. Sarukhán, J. y Dirzo, R. eds. (1992) *México Ante los Retos de la Biodiversidad, Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad, México*, pp. 43-56
- Energy Analysis Program at Lawrence Berkeley Laboratory** (1993) Technical Support Document: Energy Efficiency Standards for Consumer Products. Vol 3. *USDOE/EE-0009*, noviembre, EU
- EPA (Environmental Protection Agency)** (1985) *Compilation of Air Pollutant Emission Factors*. AP-42. U.S. EPA, sep, EU
- EPA (Environmental Protection Agency)** (1994) *Inventory of U.S. Greenhouse Gas Emissions and Sinks: 1990-1993*, U.S. EPA, sep, EU
- Fritz, Jack** (1985) *Small and Mini Hydropower Systems. Resource Assessment and Project Feasibility*. McGraw-Hill, New York
- Honda, T. y Yoshida, S.** (1993) "R & D program of gas driven heat pumps for domestic use in Japan" en Bosma, J. editor *Heat Pumps for Energy Efficiency and Environmental Progress*. Elsevier, Amsterdam, 453-461
- Howes, R. y Fainberg, A.** (1991) *The Energy Sourcebook*. American Institute of Physics, New York
- INEGI (Instituto Nacional de Estadística Geografía e Informática)** (1995) *El Sector Energético en México. Edición 1995*. INEGI, México
- IPCC (Intergovernmental Panel on Climate Change)** (1991) *Estimation of Greenhouse Gas Emissions and Sinks. Final Report*, OECD, Londres
- IPCC (Intergovernmental Panel on Climate Change)** (1995) *Greenhouse Gas Inventory. Reference Manual*, OECD-IEA, Londres
- ISES (International Solar Energy Society)** (1992) "Summary of Total Energy Cycle Analysis and relationship to UNCED energy issues" ISES, EU
- IIASA (International Institute for Applied Systems and Analysis)** (1981) *Energy in a Finite World; A Global Systems Analysis*. Ballinger Pub., Cambridge Massachusetts
- Jain, R.; Urban, L.; Stacey G.S.** (1981) *Environmental Impact Analysis. A new Dimension in Decision Making*, Van Nostrand Reinhold Co. N.Y.
- Jiménez Cisneros, Blanca** (1994) "Evaluación del Impacto Ambiental" Cap 10 del curso *Energía y Medio Ambiente DEPFI, UNAM, D.F.*
- La Rovere, Emilio Lébore** (1990) "Energía y medio ambiente" en Martínez, M. editor *Curso de Planificación Energética 1989, UNAM-CEE, México*
- Leopold, L.; Clarke, F.; Hansaw, B. y Balsely, J.** (1971) *A Procedure for Evaluating Environmental Impact, Geological Survey Circular No. 645*. U.S. Department of Interior

- Manzini, F.; Rodríguez-Viqueira, L. y Martínez, M. (1993)** "Environmental Benefits of Heat Pumps", *Seminario Sobre Recuperación de Calor Industrial por Medio de Bombas de Calor IIE*, Cuernavaca Morelos, noviembre, México
- Manzini, F.; Martínez, M. y Rodríguez -Viqueira, L. (1995)** "Industrial Process Heat in México: Total Energy Cycle" ISES Solar World Congress, Harare, Zimbabwe, Septiembre, México
- Martin, P.K. (1993)** "Energy and environmental management information systems" *Applied Energy*, 44(2), 175-183, Inglaterra
- Martínez, Manuel (1984)** "Balances nacionales de energía: posibles escenarios futuros", *Memorias VII ANES*, México
- Martínez, M.; Rodríguez-Viqueira, L. y Salcedo, L. (1990)** "Prospectiva tecnológica para el desarrollo energético rural" *ANIAC*, México
- Martínez, M. y Rodríguez-Viqueira, L.** "Escenarios de emisiones por el uso de combustibles" *Seminario Instituto de Ecología-SEMARNAP*, México
- Martínez, M. editor (1990)** Curso de Planificación Energética 1989, *UNAM*, México
- Martínez, M.; Seco, R. y Wriedt, K. (1996)** Futuros de la Universidad: UNAM 2025. *Miguel Angel Porriá - UNAM*, México D.F.
- Masera, Omar et al. (1992)** Carbon Emission and Sequestration in Forests, *Lawrence Berkeley Lab, EPA USA*
- Masera, Omar (1995)** "México y el cambio climático global: el papel de la eficiencia energética y alternativas de manejo forestal en la reducción de emisiones de bióxido de carbono" en Jardón, J. editor. *Energía y Medio Ambiente. Una perspectiva económico-social. Plaza y Valdés*, México D.F.
- Miklos, T. y Tello, M. (1991)** Planeación Prospectiva, *Ed. Limusa*, México D.F.
- Mintzer, Irving (1990)** Energy, Greenhouse Gases, and Climate Change, en Hollander, J. et. al. *Annual Review of Energy, Annual Reviews, California*, 15, 513-550
- Mittermeier, R. y Goettsch, C. (1992)** La importancia de la diversidad biológica de México. En Sarukhán, J. y Dirzo, R. eds. (1992) *México Ante los Retos de la Biodiversidad, Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad*, México, pp. 43-56
- Murarka, Ishwar Ed. (1987)** Solid Waste Disposal and Reuse in the United States. Vol. I, *CRC Press*, Boca Raton, Florida
- Myers, G.; Freedman, S.; French, C. y DeVault, R. (1993)** Gas fueled space conditioning Heat Pump research in the United States, en Bosma, J. editor, *Heat Pumps for Energy Efficiency and Environmental Progress. Elsevier*, Amsterdam, pp. 435-445
- Nemerow, Nelson (1971)** Liquid Waste of Industry. Theories, Practices, and Treatment, *Addison-Wesley Pub.*, Reading, UK
- Norgard, J. (1991)** "Integrated environment and energy planning" *Energy Efficiency Simp.* Hong-Kong
- O'Callaghan, P.W. (1993)** "Energy resources, CO2 production and energy conservation" *Applied Energy*, 44(2), 65-92
- Ottinger, R. et al. At Pace University (1990)** Environmental Costs of Electricity *Oceana Publications*, New York
- Palz, Wolfgang (1994)** "Role of new and renewable energies in future energy systems" p. 7-16 en: Scheer, H; Ghandi, M.; Aitken, D. Hamakawa, Y. y Palz, W. *The Yearbook of*

- Renewable Energies 1994 *EUROSOLAR - UNESCO, James & James Science Pub.* Londres
- Peavy, H.; Rowe, D. y Tchobanoglous, G. Environmental Engineering *McGraw-Hill*, New York (1985) Perry, Robert (1992) Manual del Ingeniero Químico, *McGraw Hill*, México
- Poder Ejecutivo Federal Mexicano (1983) Plan nacional de desarrollo. *Secretaría de Gobernación*, México D.F.
- Postel, Sandra (1994) "Carrying Capacity: Earth's Bottom Line" en Brown, Lester ed. State of the World 1994, *WW Norton & Co.*, Londres
- Quadri, G. y Sánchez Cataño L. (1994) La Ciudad de México y la Contaminación Atmosférica. *Ed. Limusa Noriega*, México
- Rau, J.G. y Wooten, D. (1980) Environmental Impact Analysis Handbook, *McGraw Hill*, New York
- Rau, John (1980) "Summarization of Environmental Impact" en Rau, J. y Wooten, D. Environmental Impact Analysis Handbook, *McGraw-Hill*, N.Y. 8-1 a 8-30, EU
- Rivero Serrano, O.; Ponciano, G. y Fortoul, T. (1993) Contaminación Atmosférica y Enfermedad Respiratoria, *Fondo de Cultura Económica-PUMA*, México.
- Sarukhán, J. y Dirzo, R. eds. (1992) México Ante los Retos de la Biodiversidad, *Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad*, México.
- SE (Secretaría de Energía) (1994) Balance Nacional de Energía, México.
- SEMIP (Secretaría de Energía Minas e Industria Parastatal) (1984) Programa Nacional de Energéticos 1984-1988, México D.F.
- SEPAFIN (Secretaría de Patrimonio y Fomento Industrial) (1980) Programa Nacional de Energía, México D.F.
- Severn, W.; Degler, H. y Miles, J. (1975) Energía Mediante Vapor, Aire o Gas. *Edit. Reverté*, México
- Sheinbaum, Claudia (1994) Tendencias y Perspectivas de la Energía Residencial en México. *Tesis Doctoral DEPMI-UNAM*, México D.F. noviembre
- Sheinbaum, C.; Jauregui, Y.; Garcia, D. y Manzini, F. "Potencial económico de calentadores de agua híbridos (solares-gas LP) para uso doméstico en el área Metropolitana de la Ciudad de México" *XX Reunión Nacional de Energía Solar ANES*, Jalapa, Veracruz, 2 al 4 de Octubre (1996)
- Shields, Carl (1979) Calderas. Tipos, Características y sus Funciones. *CECSA*, México DF
- Streets, David (1994) Inventory of Technologies, Methods, and Practices for Reducing Emissions of Greenhouse Gases. *USDOE-USEPA*, Review Draft, México
- White, P. y Nekola, J. (1992) Biological Diversity in an Ecological Context. En Barker, J. y Tingey, D. Air Pollution Effects on Biodiversity, *Van Nostrand Reinhold*, New York, pp. 10-28.
- Winter, Carl (1991) Solar Power Plants. *Springer Verlag*, Alemania
- World Energy Council (1978) World Energy: Looking Ahead to 2020, *IPC Science & Technology Press*, Surrey, Inglaterra
- UNEP. (United Nations Environmental Program) El-Hinnawi, Essam E. editor (1981) The Environmental Impacts of Production and Use of Energy. *UNEP Report of the Executive Director*, Nairobi

UNEP (United Nations Environmental Program) El-Mahgary, Y. editor (1985) The Environmental Impacts of Production and Use of Energy. Part IV Comparative Assessment and Data on Emissions, Residuals and Health Hazards of Energy Sources. *UNEP* Nairobi