



**UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA  
DE MÉXICO**

---

---

**FACULTAD DE ECONOMIA**

**“EL CONSUMO DE ENERGIA EN MEXICO 1990-2010 DE LOS  
SECTORES: INDUSTRIAL, RESIDENCIAL-COMERCIAL Y  
TRANSPORTE”**

**T E S I S**

**QUE PARA OBTENER EL TÍTULO DE:  
LICENCIADA EN ECONOMIA**

**P R E S E N T A:**

**SYLVIA VARELA MENDOZA**



**DIRECTOR DE TESIS:  
MTRA. KARINA CABALLERO GUENDULAIN  
2015**

Ciudad Universitaria, D. F.



Universidad Nacional  
Autónoma de México



**UNAM – Dirección General de Bibliotecas**  
**Tesis Digitales**  
**Restricciones de uso**

**DERECHOS RESERVADOS ©**  
**PROHIBIDA SU REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL**

Todo el material contenido en esta tesis esta protegido por la Ley Federal del Derecho de Autor (LFDA) de los Estados Unidos Mexicanos (México).

El uso de imágenes, fragmentos de videos, y demás material que sea objeto de protección de los derechos de autor, será exclusivamente para fines educativos e informativos y deberá citar la fuente donde la obtuvo mencionando el autor o autores. Cualquier uso distinto como el lucro, reproducción, edición o modificación, será perseguido y sancionado por el respectivo titular de los Derechos de Autor.



## AGRADECIMIENTOS

Como agradecimiento principal a Dios, porque mi familia es reflejo de su infinito amor y bondad.

A mis papas por ser siempre ejemplo de integridad, perseverancia, fe y continuo esfuerzo.

A Danae y Willy por las risas y el ánimo de todos los días.

A mis tíos y primos, simplemente por estar ahí siempre, animándonos a seguir adelante.

A Mary, Iván, Lalo, Gaby, Piña y Miguel; por el cariño que me han brindado, por los momentos que hemos compartido y sobre todo por la amistad que tenemos.

A Manuel, Karina, Lui y Charly por su ayuda y comentarios para desarrollar este trabajo.

## INDICE

INTRODUCCION .....	6
CAPITULO 1: PANORAMA MUNDIAL DE ENERGÍA .....	10
1.1. Panorama de consumo mundial de energía.....	10
1.1.1. Perspectivas económicas mundiales .....	10
1.1.2. Perspectivas para el consumo mundial de energía por fuente .....	12
1.1.3. Perspectivas para el consumo mundial de energía por sector .....	19
1.1.1. CONCLUSIONES .....	29
1.2. PANORAMA NACIONAL DE PRODUCCION DE ENERGIA.....	30
1.2.1. PRODUCCION NACIONAL DE ENERGIA .....	30
1.2.2. CONSUMO ENERGETICO POR SECTOR.....	41
1.1.3. CONCLUSIONES .....	47
CAPITULO 2: METODOLOGIA .....	48
2.1. LA ECUACION DE DEMANDA: .....	48
2.1.1. CAMBIOS EN EL INGRESO:.....	50
2.1.2. CAMBIOS EN EL PRECIO: .....	51
2.1.3. EFECTO INGRESO Y EFECTO SUSTITUCIÓN:.....	52
2.2. PRUEBAS DE RAIZ UNITARIA: .....	58
2.2.1. Dickey Fuller y Dickey Fuller aumentada (DF y ADF)(Dickey-Fuller, 1981) .....	58
2.2.2. Pilliphs-perron (PP) (Phillips-Perron, 1988).....	60
2.2.3. Kwiaatkowski.Phillips-Schmidt-Shin (KPSS) (Kwiaatkowski, 1992) .....	60
2.3. MODELO DE VECTORES AUTOREGRESIVOS: VAR.....	62
2.3. MODELO VECTOR DE CORRECCION DE ERRORES: VEC .....	66
CAPITULO 3: EVIDENCIA EMPIRICA INTERNACIONAL Y NACIONAL .....	68
3.1. EVIDENCIA EMPIRICA INTERNACIONAL: .....	68
3.2. EVIDENCIA EMPIRICA NACIONAL: .....	71
3.3. MODELO ECONOMETRICO: DEFINICION DE VARIABLES .....	74
3.3.1. RESULTADOS DE PRONOSTICOS .....	83
3.1.1. OBSERVACIONES FINALES.....	86

3.4. CONCLUSIONES FINALES.....	87
CAPITULO 4: CONCLUSIONES FINALES Y COMENTARIOS.....	88
REFERENCIAS.....	90
ANEXO .....	92
PRUEBAS DE HPOTESIS.....	92

## **INTRODUCCION**

El sector energético en los últimos años se ha convertido en parte fundamental del desarrollo nacional, debido a que la energía requerida para el funcionamiento de sectores clave como la industria y el transporte es cada vez mayor. De acuerdo con datos de la Secretaría de Energía (SENER, 2013) los sectores transporte e industrial tienen un gran dinamismo, ya que durante el periodo 1996 a 2010, el ritmo de crecimiento promedio anual de ellos fue de 3.4%. En 2013 el sector transporte representó el 46% del total de consumo energético, la demanda de energéticos de tal sector estuvo dominada por las gasolinas con un 65.1%, seguido del diésel con un 26.7%. A su vez, el sector industrial tuvo una participación del 33% en el consumo energético, en donde los más solicitados son el gas seco con un 36.8% y la electricidad con el 32.9% del total; el caso del sector conjunto residencial, comercial y público, este representó el 18% del total de consumo energético, siendo el gas licuado el más utilizado, representando el 35.4% de total, junto con la electricidad que representó el 30.2%.

La importancia del sector energético se refleja en las investigaciones hasta el momento realizadas, las cuales se enfocan en el análisis de sus determinantes. La evidencia empírica internacional muestra que en los estudios realizados hasta el año 2000 se tienen como variables de estudio el consumo de energía y la producción de la misma, posteriormente se incluyen variables como: precios, inversión, empleo, gasto gubernamental; entre otras. Por su parte, la evidencia empírica nacional muestra que el estudio del consumo energético ha sido escaso, destacando los casos de: Cheng (1997), Galindo (2005), Galindo y Sánchez (2005) y Galindo y Caballero (2007); en los estudios anteriores se sobresale la relación que existe en el largo plazo entre las variables de consumo energético, ingreso y precios relativos, de la misma manera coinciden en que los aumentos de precios en la energía tienen consecuencias negativas en el producto nacional, por lo tanto la determinación del precio de energía como instrumento económico puede ser utilizado para controlar la demanda energética, ya que éste influye en el corto y

largo plazo. El estudio realizado por Galindo y Sánchez (2005) destaca que el proceso de crecimiento económico requiere de un consumo adicional de energía.

Las metodologías utilizadas por los estudios antes mencionados son: Johansen (1988), Hansen y Johansen (1993) y pruebas de exogeneidad débil y se utilizan metodologías de cointegración para identificar elasticidades de corto y largo plazo.

Es así, que el objetivo de esta tesis es conocer el comportamiento de la demanda energética nacional, así como de los sectores industrial, residencial-comercial y de transporte frente a un aumento de los precios. Lo anterior permitirá afirmar que la energía nacional así como la energía de los diferentes sectores antes mencionados son más sensibles a los cambios efectuados en los precios que por los cambios dados en el ingreso, por lo tanto la disminución del consumo energético puede estimularse a través de políticas de precios.

De acuerdo con la SENER (2013) estos sectores representaron el 94% del consumo final de energía en 2013<sup>1</sup>. Para alcanzar el objetivo planteado se estima un modelo de corrección de errores (ECM, por sus siglas en inglés) para cada sector. Los modelos ECM se componen de dos ecuaciones, una de largo plazo y una de corto plazo. La ecuación de largo plazo se estima con base en la metodología desarrollada por Johansen (1988) que consiste en un modelo de vectores autorregresivos (VAR) para cada sector. La ecuación de corto plazo se estima con un modelo de mínimos cuadrados ordinarios en primeras diferencias, la cual incluye el error rezagado un periodo obtenido de la ecuación normalizada de largo plazo. La significancia estadística del error de largo plazo indica la importancia de la relación de las variables utilizadas a través del tiempo. A partir de la ecuación de corto plazo es posible estimar pronósticos con escenarios que muestran aumentos en los precios del 5 y 10% y se traducen en la disminución de la demanda de energía.

La tesis se encuentra dividida en tres capítulos, además de esta breve introducción. En el primer capítulo se da a conocer la situación energética a nivel mundial por región y por energético, la comparación se hace con los países miembros de la OCDE<sup>2</sup> debido a que es posible ver el comportamiento de países

---

<sup>1</sup> Se excluyen los sectores: Agricultura y Público.

<sup>2</sup> Países miembros: OCDE EUROPA: Alemania, Austria, Bélgica, España, Dinamarca, Eslovenia, Estonia, Finlandia, Francia, Grecia, Hungría, Irlanda, Islandia, Israel, Italia, Luxemburgo, Noruega, Países Bajos, Polonia, Portugal, Reino Unido, República Checa, Suecia, Suiza, Turquía. OCDE ASIA: Australia, Corea, Japón, Nueva Zelanda. OCDE AMERICAS: Canadá, Chile, Estados Unidos, México



industrializados y aquellos que se encuentran en desarrollo, así mismo se hace una descripción del sector energético nacional por sector cada sector y energético a estudiar.

El segundo capítulo muestra la metodología en la que se encuentra sustentado esta investigación, como marco referencial se encuentra desarrollada una función de demanda simple, los efectos ingreso y sustitución; así como las pruebas de raíz unitaria más utilizadas: Dickey Fuller y Dickey Fuller Aumentada, Phillips-Perron y la prueba KPSS; finalmente se muestra el del modelo de vectores autorregresivos desarrollado por Johansen en 1988.

El tercer y último capítulo presenta evidencia empírica internacional y nacional utilizando metodologías de cointegración, similar a la que se emplea en el desarrollo del presente trabajo, se presenta el modelo econométrico trabajado así como los resultados obtenidos y los pronósticos estimados para cada sector.

Los principales resultados obtenidos muestran que la demanda del sector energético es más sensible a cambios en los precios, principalmente en el sector industrial, seguido por el sector conjunto residencial-comercial mostrando que no existe estabilidad en la demanda energética en el corto plazo; a nivel nacional los resultados sugieren que el aumento en los precios no afecta significativamente el consumo energético, lo mismo sucede con el sector transporte, mostrando que en ambos casos en el corto plazo la demanda se adapta rápidamente.

Las ecuaciones normalizadas muestran que existe una elasticidad negativa con respecto a los precios y positiva en el ingreso, la variación de los precios en el largo plazo es estable y no afecta significativamente el consumo energético, para el consumo nacional, residencial-comercial y de transporte se mantiene con relativa estabilidad, en el corto plazo estos sectores se adaptan más rápidamente a los cambios dados por el precio de la energía, el caso del sector industrial muestra una elasticidad precio mayor, no existe estabilidad en el largo plazo dado por los incrementos en el precio de la energía, en general en el corto plazo no se adapta fácilmente a los aumentos en el precio de la energía.

La demanda nacional de energía muestra que con un aumento menor en los precios el crecimiento de la demanda será más acelerada, para los escenarios planteados la serie se muestra con un crecimiento sostenido; el sector conjunto residencial-comercial se mantiene estable en el largo plazo dejando ver que con un mayor aumento en los precios su demanda es mayor en un menor tiempo. En

cuanto al sector transporte, éste muestra una rápida adaptación de la demanda en el corto plazo, en ambos escenarios la relación entre la demanda y los precios es estable en el largo plazo.

# CAPITULO 1: PANORAMA MUNDIAL DE ENERGÍA

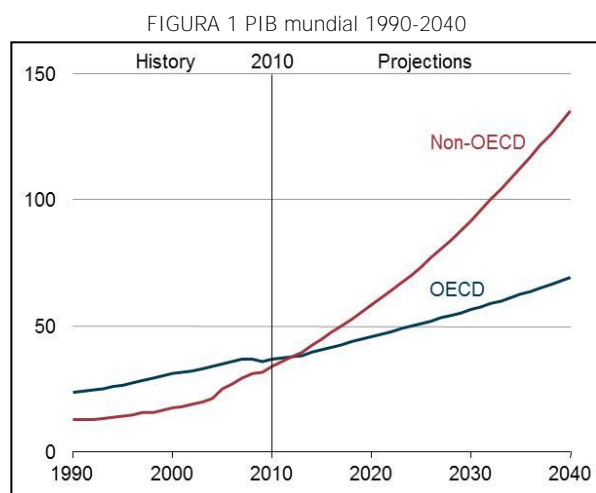
## 1.1. Panorama de consumo mundial de energía

A lo largo de este capítulo se hará una descripción de la situación energética a nivel mundial; para conocer el comportamiento del consumo mundial de energía se tomarán como referencia a los países miembros de la Organización para la Cooperación y el Desarrollo Económicos<sup>3</sup> (OCDE), abarcando el periodo que va de 1990 a 2012, las proyecciones que se mencionan son las estimadas por la Agencia Internacional de Energía (IEA) en 2013.

Se comienza con la evolución del Producto Interno Bruto (PIB) mundial en el periodo referido, así como el consumo de energía durante el mismo, seguido del consumo mundial de energía por fuente, para este rubro se tomaran en consideración los combustibles fósiles: petróleo, gas natural y carbón; y finalmente el consumo mundial de energía de los siguientes sectores: residencial y comercial (descrito como un sector conjunto), industrial y transporte.

### 1.1.1. Perspectivas económicas mundiales

El crecimiento económico mundial ha tenido variaciones importantes a lo largo del periodo de estudio, con un crecimiento que fluctúa entre el 3.8% y 2.8% total. En el análisis elaborado por la IEA, el crecimiento real del PIB en la región de la OCDE ha sido del 2.1%, con aumentos progresivos como lo podemos observar en la *figura 1*.



IEA, 2013

<sup>3</sup> Países miembros: OCDE EUROPA: Alemania, Austria, Bélgica, España, Dinamarca, Eslovenia, Estonia, Finlandia, Francia, Grecia, Hungría, Irlanda, Islandia, Israel, Italia, Luxemburgo, Noruega, Países Bajos, Polonia, Portugal, Reino Unido, República Checa, Suecia, Suiza, Turquía. OCDE ASIA: Australia, Corea, Japón, Nueva Zelanda. OCDE AMERICAS: Canadá, Chile, Estados Unidos, México

Se espera que el desempeño del PIB real en las regiones de América se comporte de la siguiente manera:

- En Estados Unidos un crecimiento anual del 2.5% del PIB real a 2040.
- En las economías Chilena y Mexicana con un PIB combinado aumentos promedio del 3.7% anual a 2040 (IEA, 2013).

El comportamiento a nivel mundial del consumo energético muestra diferencias significativas, entre los países miembros de la OCDE y aquellos que no lo son, estas diferencias están dadas principalmente por:

Dentro de la OCDE

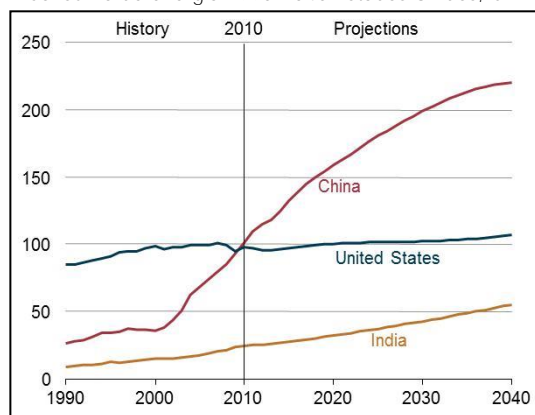
- Lento crecimiento poblacional y poca esperanza poblacional.
- Crecimiento económico lento

Fuera de la OCDE

- Expansión de población.
- Crecimientos económicos altos, se registran aumentos promedio anuales en China de 10.4% e India del 6.4%.

En la *gráfica 2* podemos ver que en 2012, el PIB real de China registro un incremento del 7.2%, en la India este fue de 5.5%. La IEA espera que en los siguientes veinte años estos dos países continúen al frente del crecimiento económico mundial así como del crecimiento de la demanda de energía. En el mismo periodo se observa que la demanda energética de ambos países ha aumentado significativamente, representando en 1990 el 10% y el 24% en el 2010 del total mundial (IEA, 2013).

FIGURA 2 Consumo de energía 1990-2040 Estados Unidos, China e India.

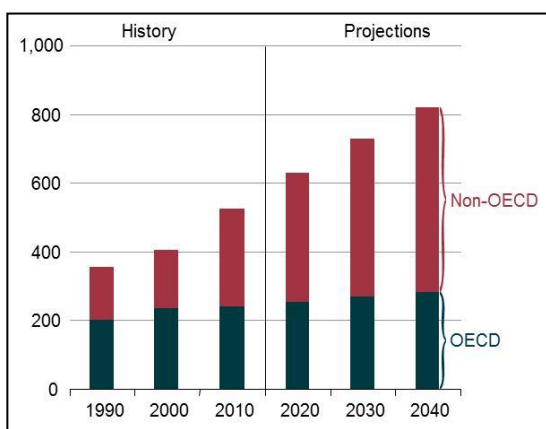


IEA, 2013

En cuanto al PIB mundial la agencia estima un aumento promedio mundial del 3.6% incluyendo a las economías no pertenecientes a la OCDE, la estimación para los países miembros es de 2.1% de crecimiento anual para los siguientes treinta años.

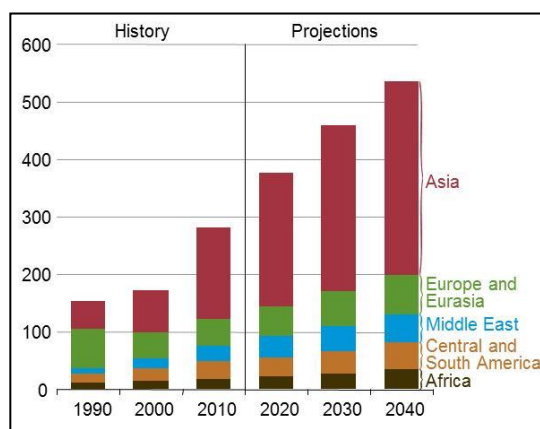
Se considera que el crecimiento de la demanda energética estará liderada por los países no pertenecientes a la OCDE, esto lo podemos observar en la *Figura 3* tomando en consideración que para 2010 la demanda energética de estos fue 16% mayor a la demanda de los países de la OCDE, con lo que se estima que los países no pertenecientes consuman 47% más de energía que las economías de la OCDE. Para 2040 se estima que el consumo sea 88% superior al observado.

FIGURA 3 Consumo mundial de energía 1990-2040



IEA, 2013

FIGURA 4: consumo fuera de la OCDE por países 1990-2040



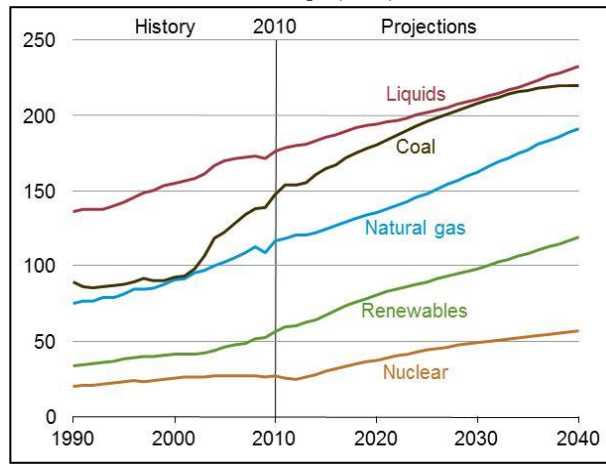
IEA, 2013

Por otro lado en las estimaciones de la IEA (*figura 4*) vemos que el uso de energía en China e India tendrá un incremento de 112%, así mismo se prevé un gran crecimiento en el consumo energético en su mayoría por los países no pertenecientes a la OCDE, esto se debe principalmente a un acelerado crecimiento poblacional; la demanda energética aumenta en 76% en la región del Medio Oriente, 85% en África, en América Central y Sur 62% y 42% para Rusia.

### 1.1.2. Perspectivas para el consumo mundial de energía por fuente

Vemos que en lo referente al uso de las diferentes fuentes de energía, los energéticos con crecimiento lento son: El petróleo y los gases líquidos, registrando un incremento anual promedio de 0.9% a 2040, mientras que el total mundial de la demanda energética tiene un crecimiento de 1.5% anual. El uso de las energías nucleares y renovables son las de más rápido crecimiento a nivel mundial con una tasa de aumento promedio del 2,5% (*Figura 5*).

FIGURA 5: consumo mundial de energía por tipo de combustible 1990-2040



IEA, 2013

## COMBUSTIBLES FÓSILES

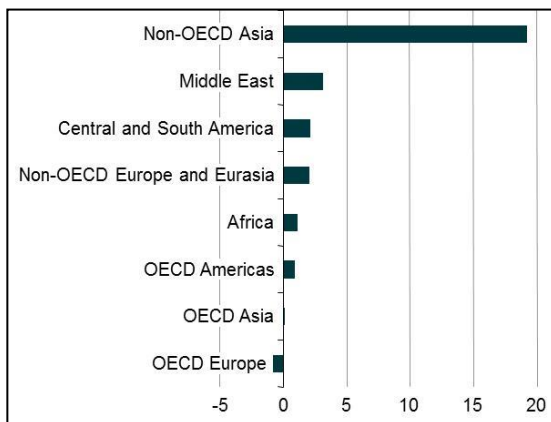
Los combustibles fósiles seguirán aumentando y suministrando la mayor parte de la energía a nivel mundial, para 2040 los combustibles líquidos, el gas natural y el carbón seguirán siendo los energéticos más demandados, siendo estas las mayores fuentes de energía. Su participación en el consumo mundial de energía comercializada registra una disminución del 34% en 2010 y se estima que sea a 28% para 2040.

A nivel mundial, el consumo de combustibles líquidos registra aumentos en el sector industrial y de transporte, mientras que disminuye en el sector residencial y comercial. A nivel mundial el consumo de líquidos para el transporte crece un 1.1% anual de 2010 a 2040 lo que representa el 63% del total del incremento. En lo que respecta al sector industrial este representa el resto del aumento, incrementándose por encima del 1.2% a lo largo de la estimación (IEA, 2013).

### PETRÓLEO: CONSUMO MUNDIAL DE COMBUSTIBLES LÍQUIDOS

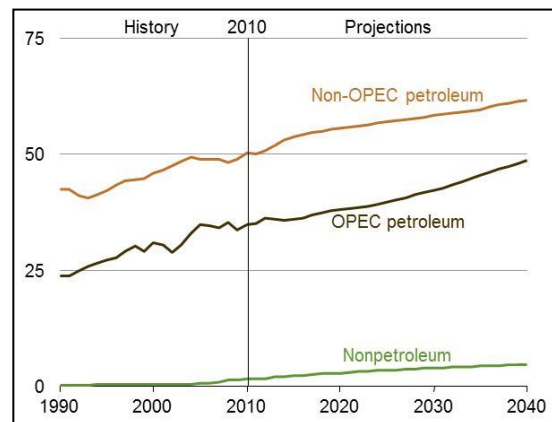
El consumo mundial de petróleo y otros combustibles líquidos incrementan en 87 millones de barriles por día en 2010, 97 millones en 2020 y se prevé el consumo de 115 millones para 2040, la demanda de las economías más maduras en las regiones de la OCDE sigue siendo plana o en declive. Casi el 80% del aumento en el consumo total de líquidos es en los países fuera de la OCDE en especial en Asia y en el Medio Oriente, donde, el fuerte crecimiento de los ingresos (en el caso de Medio Oriente) da acceso a recursos internos amplios y relativamente baratos, con lo que ayuda el aumento de la demanda (figura 6).

FIGURA 6: Consumo mundial de petróleo por región 2010-2040



IEA, 2013

FIGURA 7: Producción por tipo de energético y región 1990-2040

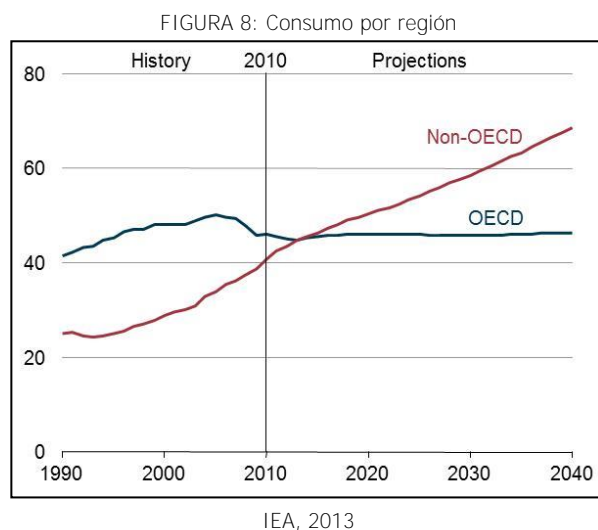


IEA, 2013

En la *figura 7* se observa que el aumento de líquidos aumenta en un tercio, lo que representa 87 millones de barriles en 2010 a 115 millones de barriles por día a 2040. El petróleo y los líquidos, en general dominan la proyección mundial para el periodo establecido a 2040, en el caso de su participación en el consumo mundial de energía primaria disminuye, el aumento en la demanda mundial energética se da en los países que no pertenecen a la OCDE, ya que el fuerte crecimiento económico tiene aumentos en el consumo de los sectores transporte e industrial. Fuera de la OCDE los combustibles mundiales elevan su uso del 47% al 52% en 2020 y casi el 60% en 2040 (IEA, 2013).

El crecimiento de líquidos fuera de la OCDE se encuentra encabezado por los países Asiáticos en especial por China e India, Asia representa el 70% del aumento de la demanda mundial de líquidos, aumentando en más de 19 millones de barriles por día desde 2010 hasta 2040 como muestra en la *figura 8*.

Fuera de la OCDE en Asia y China se tiene el mayor crecimiento absoluto en la demanda de 2010 a 2040, la India tiene el mayor crecimiento del PIB regional, lo que se traduce en el crecimiento más rápido de demanda de líquidos en la región, el crecimiento absoluto en el consumo de líquidos en la India es menor que en China. En 2040 el consumo de líquidos de la India será de 35% de los 9.3 millones de barriles por día en China, en 2040 se espera que el consumo de líquidos de la India sea del 42% de los 19.8 millones de barriles de China por día (IEA, 2013).



Por otro lado los sectores transporte e industrial representaran el 92% de la demanda de combustibles líquidos a nivel mundial para 2040, mientras que los demás sectores de uso final disminuyen su consumo a lo largo de la proyección. El consumo de petróleo y otros combustibles líquidos en los países de la OCDE son relativamente planos a lo largo de la proyección (*figura 7*), estos llegan a representar el 46.4



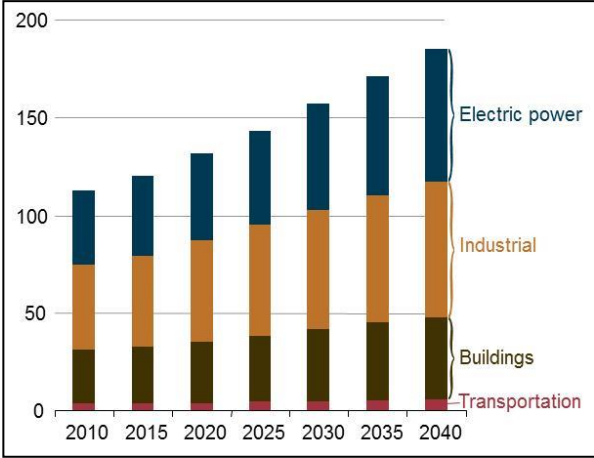
millones de barriles por día en 2040. En la mayoría de los países de la OCDE, el crecimiento es lento y los niveles de población estables, lo que contribuye a la disminución en el consumo de líquidos (IEA, 2013).

**GAS NATURAL: CONSUMO MUNDIAL**

El consumo total de gas natural en el mundo tiene un aumento del 1.7% promedio anual, este aumento se debe principalmente al aumento de suministros de gas natural, y formaciones en Estados Unidos y Canadá, lo que ha ayudado a abastecer a los mercados globales, una parte importante de la producción futura de gas se debe a que se espera que China se prevé abastecerá de gas de esquisto<sup>4</sup> y metano en capas de carbón.

El gas natural es de los combustibles fósiles de más rápido crecimiento, debido a su consumo cada vez mayor, éste se ha dado en los países que no pertenecen a la OCDE donde la demanda aumenta más del doble que en los países que pertenecen a la OCDE, los productores no miembros representan el 70% de la producción mundial en la proyección realizada a 2040 (IEA, 2013) (figura #10).

FIGURA 9: consumo mundial de gas natural por sectores de uso final 2010-2040

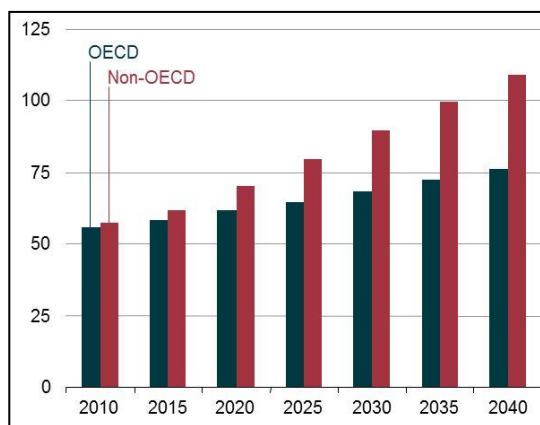


IEA, 2013

<sup>4</sup> Gas esquisto es el gas natural que se encuentra en formaciones de esquisto, que son rocas sedimentarias de grano fino, tienen acumulaciones significativas de petróleo y gas natural con propiedades geológicas y geográficas similares.

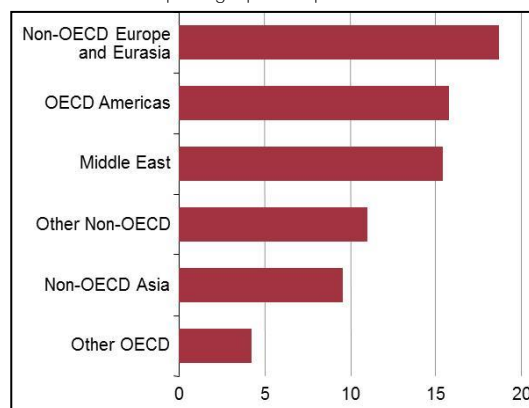
Como resultado de los bajos precios del gas natural, se prevé que su consumo en un futuro aumente, a nivel mundial el uso del gas natural es principalmente para la generación de energía eléctrica, su uso aumenta en un 80% en la proyección de la IEA de 2010-2040, el mayor aumento se da en el sector industrial con un 58%, durante la proyección se espera un incremento total del consumo de gas natural del 77% (figura #9).

FIGURA 10: Consumo de gas natural del mundo, 2010-2040



IEA, 2013

FIGURA 11. Aumento mundial en la producción de gas natural por agrupación país 2010-2040



IEA, 2013

El gas natural es el combustible de elección para la producción de energía eléctrica y de los sectores industriales en muchas de las regiones del mundo. Para el pronóstico realizado por la IEA el mayor consumo de gas natural se da en el sector industrial con un aumento promedio del 1.5% hasta 2040 y el consumo de energía eléctrica con un crecimiento del 2% anual; estos dos sectores en conjunto representan el 77% del aumento total del consumo de gas natural para 2013 (figura 9).

El crecimiento del consumo de gas natural se observa en la figura 11, mostrando que la demanda del energético es mayor en los países que no pertenecen a la OCDE, con un promedio del 2.2% anual en la proyección a 2040, más del doble de rápido que la tasa de crecimiento anual de 1% de la demanda de gas natural en los países miembros de la OCDE, los países que se encuentran fuera representan el 72% en el incremento total mundial, del consumo de gas natural, el incremento del energético pasa del 51% en 2010 al 59% en 2040 (IEA, 2013).

## CARBÓN: CONSUMO MUNDIAL

El carbón ha tenido un papel importante dentro del mercado mundial de energía, en especial en las economías que no pertenecen a la OCDE en la zona Asiática, en donde el crecimiento económico es el principal impulso en el crecimiento de la demanda de carbón. Según la proyección de la IEA el consumo mundial de carbón tendrá un aumento promedio del 1.3% anual desde 2010-2040, a nivel mundial ha tenido un crecimiento del 59% de 2000-2010; este aumento es explicado principalmente por la creciente demanda China, donde la demanda se ha triplicado durante el periodo de 2000-2010, el carbón representó el 23% del consumo mundial de energía en 2000 frente al 38% que representa el consumo de líquidos (IEA, 2013).

En 2010 el consumo mundial de carbón se elevó a una tasa promedio de 1.3% anual, el incremento a corto plazo refleja un aumento significativo en el consumo de carbón de China, India y otros países fuera de la OCDE, el 47% del consumo está dominado por China; en Estados Unidos el consumo es del 14%, India en un 9%; estos tres países representaron el 70% del total del consumo mundial de carbón en 2010, en la proyección su participación aumentaría al 75% en 2040 (IEA, 2013).

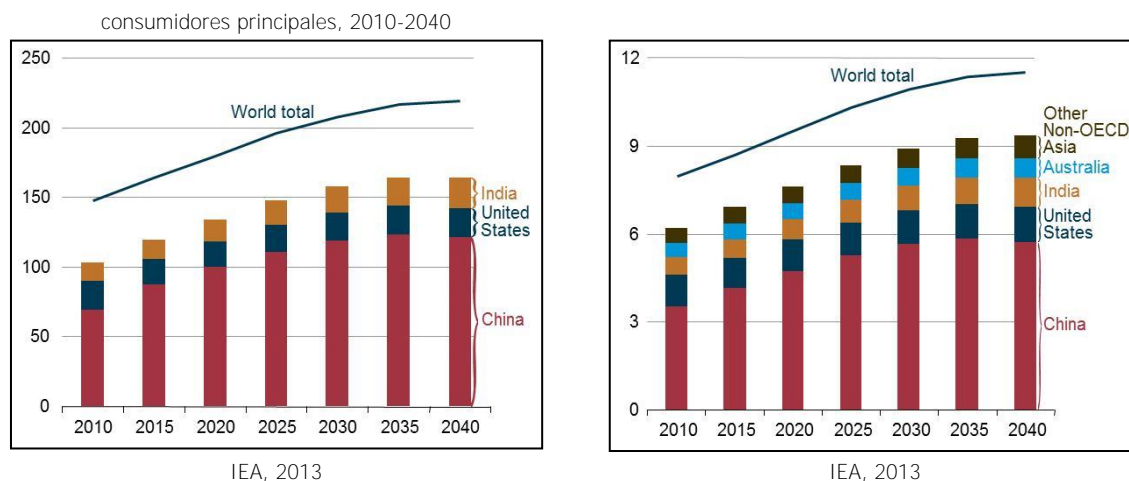
En los países que no pertenecen a la OCDE el consumo del carbón aumentaría a una tasa promedio de 1.8% anual a 2040, la participación en el consumo fuera de la OCDE se encuentra encabezado por China e India en 2010 con el 70%. La participación de China en el crecimiento del consumo mundial de carbón durante el periodo de 2001-2009 es del 88%, la rápida expansión sostenida en el uso del carbón en la India le permitiría superar a Estados Unidos como el segundo país más grande en el consumo de carbón a partir de 2030, lo que llevaría a un aumento significativo en el consumo mundial total de energía (IEA, 2013).

El carbón representa la cuarta parte de la oferta total de energía primaria, de igual manera es utilizado para la generación de un tercio de electricidad; en el consumo total de energía mundial se mantiene con relativa estabilidad representando el 28% del total. Como generador de electricidad representó el 60% del total en 2010. El aumento de su producción varía en cada región siendo la más fuerte la región China y el crecimiento más limitado lo encontramos en Estados Unidos, con un descenso constante en Europa de la OCDE<sup>5</sup>. A nivel mundial el crecimiento en el consumo del carbón es de 65% en 2010, China es el principal consumidor, seguido de Estados Unidos e India (*figura 12*) (IEA, 2013).

FIGURA 12. El consumo mundial de carbón en los países

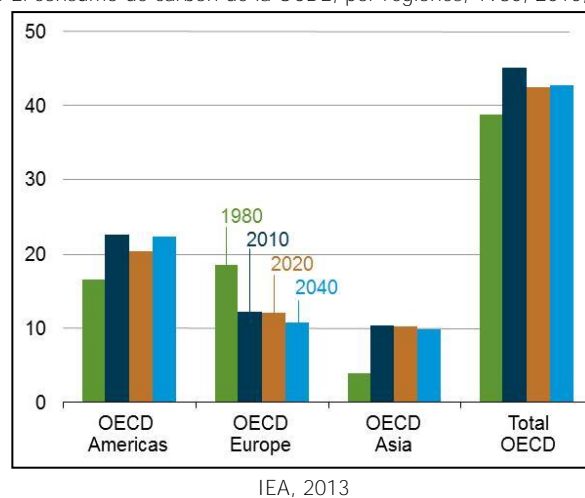
FIGURA 13. La producción mundial de carbón, 2010-2040

<sup>5</sup> OCDE EUROPA: Alemania, Austria, Bélgica, España, Dinamarca, Eslovenia, Estonia, Finlandia, Francia, Grecia, Hungría, Irlanda, Islandia, Israel, Italia, Luxemburgo, Noruega, Países Bajos, Polonia, Portugal, Reino Unido, República Checa, Suecia, Suiza, Turquía.



En lo que se refiere a la OCDE el consumo mundial de carbón disminuye a medida que aumentan los indicadores a favor de las energías renovables, en particular en las regiones de América y Europa. En conjunto la OCDE en Europa y Estados Unidos consumen casi tres cuartas partes del total de la OCDE teniendo un liderazgo hacia un menor consumo. El consumo de carbón en la mayoría de las subregiones o países de la OCDE exceptuando México, Chile y Corea del Sur registra tendencias a la baja (*figura 14*).

FIGURA 14. El consumo de carbón de la OCDE, por regiones, 1980, 2010, 2020 y 2040



### 1.1.3. Perspectivas para el consumo mundial de energía por sector

#### 1.1.3.1. El consumo de energía residencial: mundial

El uso de la energía en el sector residencial se define por el consumo de energía utilizado en los hogares, excluyendo el uso del transporte; en este sector la energía se utiliza en los equipos y aparatos que proporcionan calefacción, refrigeración, iluminación, calentamiento de agua y otras demandas de uso doméstico. En general el

promedio de uso de energía en los países de la OCDE es mayor que los países no pertenecientes debido a los altos niveles de ingreso de los hogares (IEA, 2013).

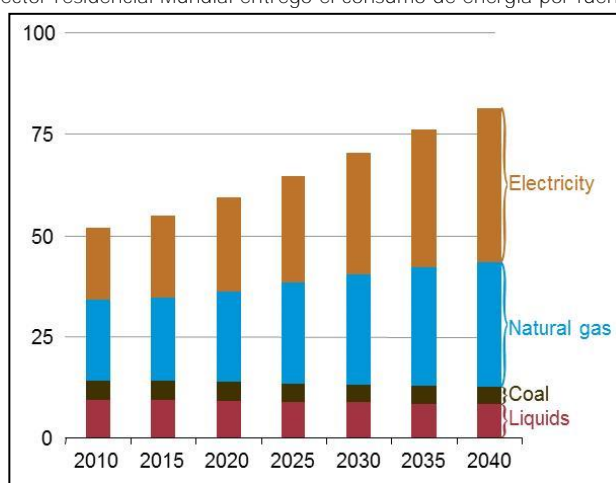
El consumo de energía residencial se ve afectado por:

- Los precios del combustible, si los precios de la energía aumentan, las familias reaccionan en el corto plazo al reducir el consumo de combustibles.
- En el largo plazo pueden cambiar por combustibles menos costosos.

En muchas economías emergentes, los precios afectan el crecimiento del consumo, en especial el consumo de electricidad.

El uso de energía en el sector representa el 14% en la proyección a 2040, en esta referencia no se toman en consideración los combustibles tradicionales. La proyección muestra que el consumo mundial del sector residencial representara el 57% a 2040, como resultado principal del crecimiento de los países fuera de la OCDE teniendo a China e India al frente de este rápido crecimiento económico y demográfico (IEA, 2013).

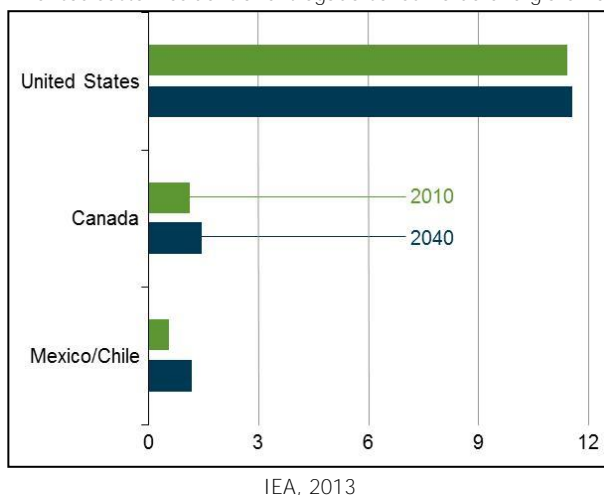
FIGURA 15. Sector residencial Mundial entregó el consumo de energía por fuentes, 2010-2040



IEA, 2013

Las principales fuentes de energía dentro del sector residencial son la electricidad y el gas natural, que en conjunto representan el 72% del total de energía entregado a viviendas en 2010 y en la proyección representaría el 84% a 2040 (*figura 15*), sin embargo encontramos que aún muchos países en desarrollo fuera de la OCDE dependen de los combustibles tradicionales, como lo es la madera y los residuos.

FIGURA 16 OCDE Américas sector residencial entregado consumo de energía en el país, 2010 y 2040



En lo que se refiere a los países Americanos pertenecientes a la OCDE (figura 16) estos representaron un cuarto del total de consumo de energía residencial en 2010, dentro de la región Estados Unidos encabeza el consumo energético de los hogares con un 87% del consumo total de energía en 2010 y se espera una disminución que los situé en 81% de consumo para 2040; el crecimiento en el sector residencial será mínimo entre 2010 y 2040.

En Canadá el uso de energía aumenta principalmente por el uso de calefacción, este aumento representa el 0.8% anual en el caso de la referencia para 2020, el consumo de energía residencial en Canadá supera el consumo de los Estados Unidos, el uso de energía residencial en Canadá disminuye en 0.1% anual en la referencia de 2010 a 2040, en tanto que el descenso promedio de los Estados Unidos es del 0.8%, México y Chile representan el 5% del consumo total de energía residencial en la OCDE en 2010 y su participación se duplica en 2040, estos dos países tienen las tasas más altas de crecimiento del PIB en la OCDE con 3.7% anuales desde 2010 hasta 2040, en contraste al 2.5% anual para Estados Unidos, este crecimiento supone el aumento en los niveles de vida y el aumento de la demanda energética; el aumento del consumo energético residencial en México y Chile es de 2.4% anual.

### **1.1.3.2. El consumo de energía comercial: mundial**

El consumo del sector comercial se centra en la energía consumida por la calefacción, refrigeración, iluminación, calentadores de agua y demás equipos, se asocia al consumo de energía por parte de empresas con y sin fines de lucro, destacan los edificios comerciales, escuelas, tiendas, restaurantes, hoteles, hospitales, oficinas e instalaciones para el ocio y recreativas. Para el caso de la referencia el consumo energético a nivel mundial del sector comercial tendría un crecimiento promedio de

1.8% desde 2010 hasta 2040, siendo así el sector con más dinamismo y con mayor crecimiento de la demanda (IEA, 2013).

La región fuera de la OCDE represento en 2010 el 30% del consumo mundial de este sector, resultado del:

- Aumento demográfico y económico
- Aumento en la necesidad de servicios

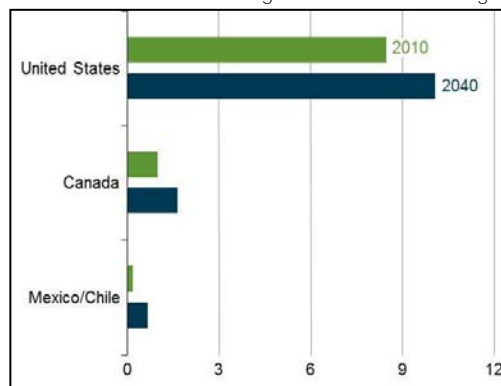
En donde se conformó más del 80% de la población a nivel mundial, representando poco menos de la mitad del PIB mundial en 2010.

Los siguientes aspectos influyen en la entrega de energía comercial:

- Dinámica y tendencias de crecimiento económico y demográfico
- Tasas de empleo y productividad
- Actividad comercial producida

La electricidad es la fuente principal de energía en este sector, esta represento el 51% del consumo mundial en 2010, junto con el gas natural representa cerca del 80% del consumo mundial en 2010.

FIGURA 17 OCDE Américas sector comercial entregado consumo de energía en el país, 2010 y 2040



IEA, 2013

En la región de América que pertenece a la OCDE observamos que en Estados Unidos el uso de energía para el sector comercial fue ocho veces mayor que el de Canadá y 40 veces más que el conjunto de México y Chile (*figura 17*), el crecimiento de 2010 a 2040 sería un tercio de la tasa del sector comercial en Canadá y una séptima parte de la tasa correspondiente a México y Chile, siendo la más alta a lo largo de la proyección, México y Chile tienen una participación del 3% de energía en el consumo comercial en 2010 y se estima un 5% para 2040 (IEA, 2013).

La electricidad es la fuente energética más común en este sector, representando casi la mitad del consumo energético del sector en 2010, se estima que para 2040 México y Chile representen el 80% del total, la combinación energética para Estados Unidos y Canadá muestra el consumo principalmente de gas natural con un tercio del consumo total para los países, en comparación con México y Chile este ocupa el 8%, la mayor parte del consumo de estos países está cubierta por combustibles líquidos en un tercio del consumo comercial en 2010 (IEA, 2013).

### **1.1.3.3. El consumo de energía industrial: mundial**

El sector industrial es el que consume la mayor cantidad de energía con una participación de la mitad de energía agrícola suministrada a nivel mundial, este sector incluye las industrias manufactureras<sup>6</sup> y no manufactureras<sup>7</sup>, la mezcla de combustibles utilizados y el consumo es variable según la región y los países, principalmente por el desarrollo tecnológico.

El consumo de energía en el sector industrial se utiliza para: procesamiento, montaje, producción de vapor, cogeneración, calefacción, aire acondicionado e iluminación en los edificios; la mezcla combustibles del sector incluye gas natural y los diferentes derivados del petróleo que se utiliza como materia prima para producir productos no energéticos como fertilizantes y productos petroquímicos para la fabricación de plásticos.

La mayor parte del crecimiento se produce en países no perteneciente a la OCDE como podemos ver en la *figura 18* la proyección muestra un crecimiento anual del 2.4% estos países representaron en 2010 el 64% del total mundial de energía suministrada, con un 72% en la proyección a 2040, frente al 0.4% de crecimiento anual de los países pertenecientes a la organización (IEA, 2013).

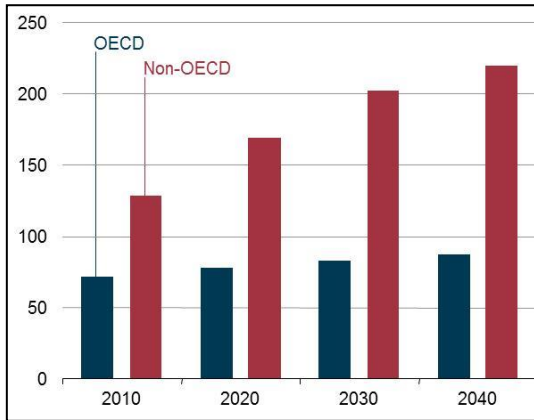
---

<sup>6</sup>Compuesta por las industrias de papel, productos químicos, refinación, hierro, acero, metales no ferrosos, minerales no metálicos y otros.

<sup>7</sup>Incluyen la agricultura, la minería y la construcción

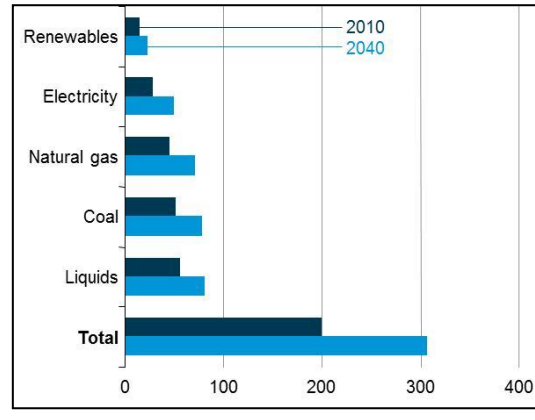


FIGURA 18 Sector industrial de la OCDE y no OCDE entregó el consumo de energía, 2010-2040



IEA, 2013

FIGURA 19 Sector industrial Mundial entregó el consumo de energía por fuentes, 2010 y 2040



IEA, 2013

La combinación de energéticos se compone principalmente de productos derivados del petróleo y líquidos de gas natural utilizados como materia prima y combustible; el sector industrial mostraría aumentos promedio anuales de 1.2% de 2010 hasta 2040, a lo largo de la proyección se ve la disminución en la cuota de líquidos al tiempo que aumenta la participación de la electricidad del sector con un crecimiento de 1.8% anual, con una participación en el consumo total del 14.6% en 2010 y se espera un crecimiento al 16.3% para 2040.

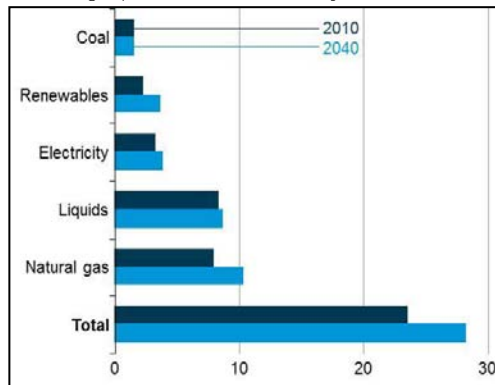
El consumo de gas natural y de carbón muestra incrementos anuales de 1.5% y de 1.4% respectivamente, la mezcla de combustibles se compone en un 38% del consumo energético por países de la OCDE frente al 23% de países que no se encuentran dentro de la OCDE; el carbón representa el 12% del consumo energético dentro de la OCDE en el sector industrial, comparado con el 34% en el mismo sector fuera de la OCDE (*figura 19*) (IEA, 2013).

Las industrias más intensivas de este sector refieren a:

- Productos químicos
- Pulpa y papel
- Hierro y acero
- Refinación y minerales no metálicos

Estas consumen casi la mitad de la energía utilizada en este sector, estas industrias se han centrado en buscar medidas para reducir su consumo energético, ya que este representa gran parte de los costos de producción. A medida que se van desarrollando las economías, el consumo energético del sector industrial aumenta.

FIGURA 20 Consumo de energía por Fuente en México y Chile 2010-2040 (cuatrillones de Btu).



IEA, 2013

En el sector industrial los Estados Unidos es el país con mayor consumo energético que cualquier otro país en la OCDE; en lo que se refiere al crecimiento del sector industrial de Estados Unidos la participación en el total. El petróleo se mantiene como el principal energético, seguido del gas natural, con un ligero descenso en su consumo sustituido por el gas esquisto. En Canadá el consumo de energía tiene un crecimiento promedio del 1.3% anual, en el caso de la referencia éste representa un poco más de la mitad del total entregado (IEA, 2013)

En lo que se refiere a México y Chile, como economía combinada, esta tendría un crecimiento del 3.7% anual desde 2010 hasta 2040 para el caso de referencia, siendo la tasa de crecimiento económico más alta de todos los países de la OCDE en América con un 2.6%, estos dos países también tienen la mayor tasa anual promedio de crecimiento del sector industrial, en cuanto al consumo de energía entregada los combustibles como el petróleo y el gas natural son lo que tienen mayor demanda (*figura 20*).

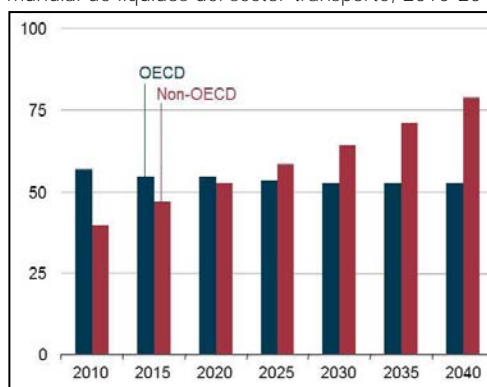
#### **1.1.3.4. El consumo de energía del transporte: mundial**

Dentro del sector transporte la energía que se considera es la consumida por medio del movimiento de personas y mercancías ya sea por carretera, ferrocarril, aire, agua y/o tubería. Ya que el transporte es esencial para el comercio y la competitividad económica estos últimos son los factores más importantes en la determinación de la demanda energética en el sector transporte de carga. También un conjunto de determinantes de la demanda son los que destacan el comportamiento del viaje, los patrones de uso de suelo y la urbanización, la demanda de transporte de pasajeros, los impactos macroeconómicos y los combustibles en el mercado.

En el periodo de referencia el consumo mundial del sector transporte mostraría incrementos en un promedio de 1.1% anual, donde la combinación de combustibles destaca el uso del petróleo y los combustibles líquidos, como principal energético; el sector transporte tiene una mayor participación a nivel mundial representando el 63% del crecimiento total en la proyección de 2010-2040 (*figura 21*) (IEA, 2013). En el caso del análisis, el rápido crecimiento en el consumo energético del sector transporte se produce en China e India, con grandes incrementos anuales de 4.1% y 4.6%, respectivamente, mientras que el consumo de energía en Estados Unidos y la OCDE en Europa tiende a disminuir (IEA, 2013).

El combustible líquido tiene la mayor representación en el consumo de energía represento el 92% en 2010, se espera que en 2040 este representaría el 94%, por lo que la cuota energética fuera de la OCDE tiene crecimientos del 60% en 2040. China es el mayor consumidor de energía para la región fuera de la OCDE, donde encabeza el crecimiento de la demanda mundial de combustible; en 2010, el transporte represento un tercio de la demanda en Estados Unidos y en 2040 se espera un consumo de la misma cantidad para el transporte.

FIGURA 21 Consumo mundial de líquidos del sector transporte, 2010-2040 (cuatrillones de Btu)



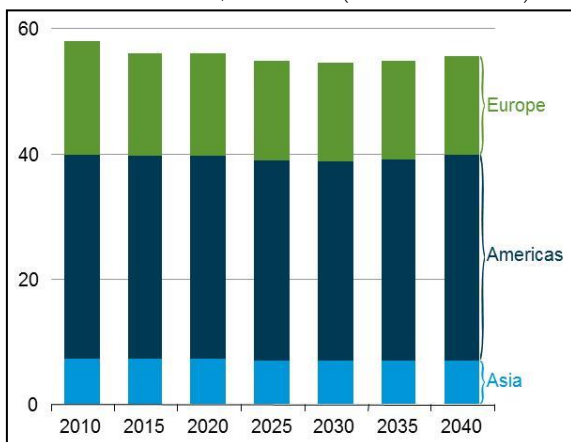
IEA, 2013

Estos son los principales factores que dominan el aumento de la demanda de energía para transporte en las economías en desarrollo fuera de la OCDE:

- Nivel de motorización
- Crecimiento del transporte de mercancías
- Aumento de la actividad económica
- Aumento del ingreso y la demanda de movilidad de personas
- Rápida urbanización
- Crecimiento en el transporte de pasajeros y en transporte de carga.

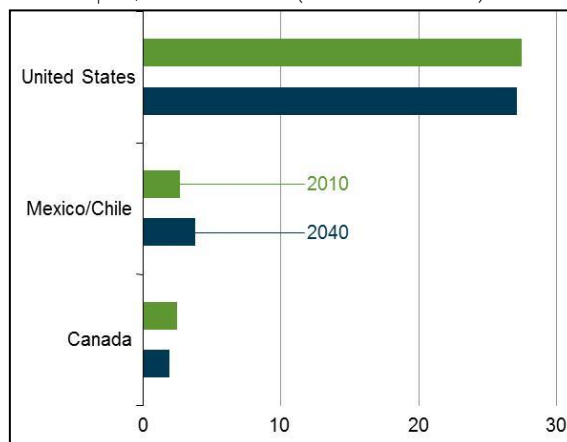
En 2010, los países miembros de la OCDE representaron el 57% del total de demanda de combustible en el sector transporté, el análisis realizado por la IEA, muestra que este consumo disminuiría a lo largo de la proyección representando el 40% en 2040, con reducciones en la demanda un 0.1% anual a lo largo del estudio desde 2010 (*figura 22*) (IEA, 2013).

FIGURA 22 Consumo de energía en el sector transporte dentro de la OCDE, 2010-2040 (cuatrillones de Btu).



IEA, 2013

FIGURA 23 Sector transporte de la OECD en América por país, 2010 and 2040 (cuatrillones de Btu).



IEA, 2013

En la *figura 23* se observa que Estados Unidos es el mayor consumidor de energía de transporte, en 2010 su participación fue del 27% a nivel mundial y a lo largo de la proyección se muestran reducciones que alcanzan el 19% para 2040; en el periodo anterior a la proyección de 1975 a 2010 se observa que la demanda de energía del sector transporté aumento en una tasa promedio de 1.1%. La demanda de energía en Estados Unidos para el total del parque vehicular<sup>8</sup> muestra grandes incrementos resultado de una mayor producción industrial y más bienes de alto valor transportados por camiones de carga.

El caso de Canadá, se caracteriza por una desarrollada infraestructura y altas tasas de propiedad vehicular por habitante, a lo largo del tiempo el sector transporte ha tenido una creciente y sostenida demanda de combustibles líquidos.

Chile y México de manera conjunta han tenido un fuerte crecimiento económico este representa en promedio el 3.7% anual a lo largo de la proyección hacia 2040, en donde el consumo del sector transporte muestra aumentos del 1.2% anuales, contrastado con disminuciones promedio de 0.1% hacia 2040 para el mismo sector, el

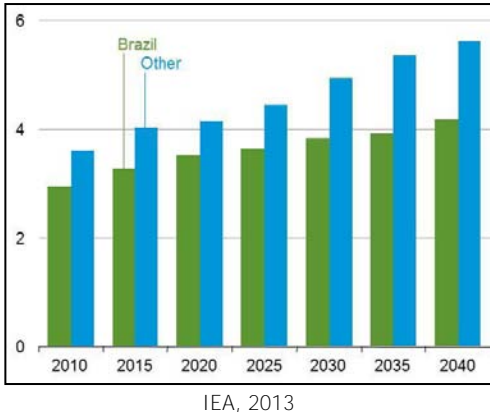
<sup>8</sup> Incluyendo: camiones con remolque, autobuses, vehículos vocacionales y pickups de trabajo pesado.

crecimiento de la demanda de transportes en esta región se da principalmente en el área carretera.

El consumo energético en la región de América Central y del Sur crece en un promedio del 1.3% al año, teniendo como base un crecimiento relativo del PIB del 3.3% y el aumento de un 0.7% del consumo energético; actualmente esta región gasta alrededor del 2% del PIB en infraestructura de transporte, estudios muestran que para apoyar el crecimiento en el largo plazo es necesario del 4 al 6% del PIB (figura 24) (IEA, 2013).

Brasil es un importante consumidor de energía en lo que se refiere al sector transporte con un crecimiento anual del 1.2%; en los últimos años ha logrado la estabilidad económica y con esto el sector transporte ha mostrado un importante desarrollo.

FIGURA 24 Consumo de energía en el sector transporte no-OECD en centro y sur de América, 2010-2040 (cuatrillones de Btu).



### **1.1.1. CONCLUSIONES**

- ✓ El 80% del aumento en el consumo total de líquidos es en los países fuera de la OCDE en especial en Asia y en el Medio Oriente. El crecimiento del uso de líquidos fuera de la OCDE está encabezado por los países Asiáticos en China e India, Asia representa el 70% del aumento de la demanda mundial de líquidos.
- ✓ Los sectores transporte e industrial representarían el 92% de la demanda de combustibles líquidos a nivel mundial para 2040.
- ✓ El consumo mundial de carbón está dominado por China; el consumo en Estados Unidos es del 14%, India en un 9%; estos tres países representaron el 70% del total del consumo mundial de carbón en 2010.
- ✓ Las principales fuentes de energía del sector residencial son la electricidad y el gas natural, que en conjunto representan el 72% del total de energía entregado en 2010.
- ✓ La combinación de energéticos del sector industrial se compone de productos derivados del petróleo y líquidos de gas natural utilizados como materia prima y combustible. Las industrias más intensivas del sector son: productos químicos, pulpa y papel, hierro y acero, refinación y minerales no metálicos. Estas consumen casi la mitad de la energía utilizada en este sector.
- ✓ El combustible líquido tiene la mayor representación en el consumo de energía represento el 92%. China es el mayor consumidor de energía para la región fuera de la OCDE, donde encabeza el crecimiento de la demanda mundial de combustible.

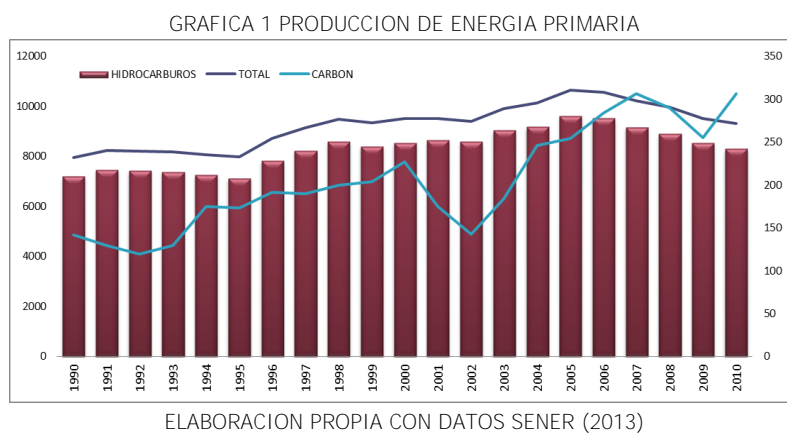
## 1.2. PANORAMA NACIONAL DE PRODUCCION DE ENERGIA

En esta sección se dará a conocer la importancia que ha tenido el sector energético nacional en el periodo que va de 1990 a 2010, tomando en cuenta únicamente los sectores: industrial, transporte, residencial-comercial, así como de la energía fósil: el petróleo crudo, el carbón y el gas natural.

### 1.2.1. PRODUCCION NACIONAL DE ENERGIA

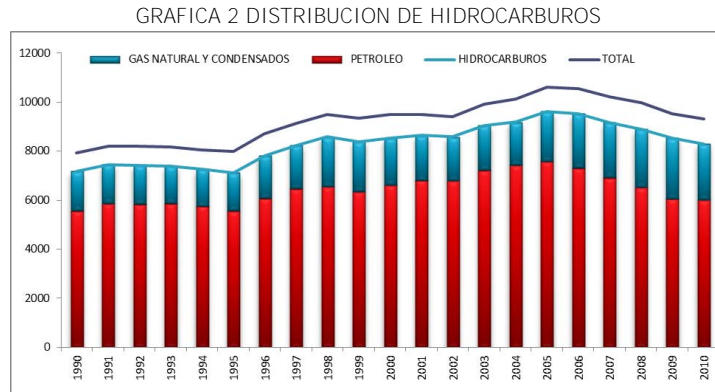
La producción nacional de energía en la *gráfica 1* muestra:

- Un crecimiento promedio anual del 0.49% en el periodo de 1990-2010
- La década de los noventa muestra el mayor dinamismo de la producción, con un crecimiento del 2.36% anual.
- Los hidrocarburos<sup>9</sup> tuvieron una participación del 1.56% durante la década de los noventa.



La *gráfica 2* se muestra la distribución de los hidrocarburos, la diferencia entre el total de hidrocarburos es la parte correspondiente a la producción de carbón a nivel nacional.

<sup>9</sup> Se toma en cuenta al petróleo crudo y el gas natural junto con los condensados dentro del rubro de los hidrocarburos, esto



ELABORACION PROPIA CON DATOS SENER (2013)

El caso del consumo nacional de energía muestra un crecimiento anual del 2.37% en el periodo de 1990-2010.

- El crecimiento total del consumo, fue de 1.56% en el periodo de estudio.
- La oferta bruta por energético total a lo largo del periodo registró un crecimiento promedio anual del 2.46%.
- La oferta de carbón y derivados es la más dinámica a lo largo del periodo, con un crecimiento promedio anual del 6.35%, que representa el 2.58% del total ofertado.

### **1.2.1.1. Consumo nacional de Carbón**

El carbón es uno de los elementos naturales más importantes para el ser humano y para diversos procesos naturales que necesitan de su presencia. A nivel mundial se utiliza en la producción de electricidad, para la producción de acero, fabricación de cemento y principalmente procesos industriales, es un elemento sumamente importante en la actualidad, el sistema productivo y energético se basa en su utilización.

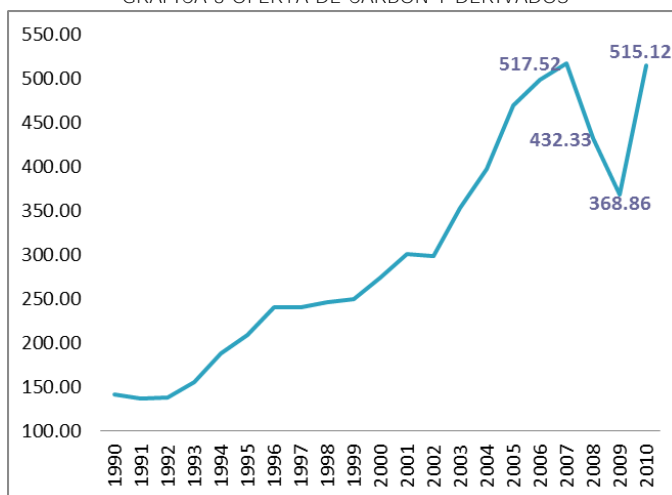
La importancia del carbón radica en su poder energético como combustible y en el hecho de constituir la materia prima fundamental en la elaboración indefinida de artículos.

En el *grafico 3* se observa que:

- La oferta de carbón se ha mantenido de manera creciente y constante.
- En 2007 hubo una disminución en la oferta que represento 8.60% menor que el año anterior.
- A partir de 2008 se conforma el mayor descenso a lo largo del periodo con una disminución total del 10.67% en 2010 se alcanza nuevamente el nivel observado antes de la crisis.

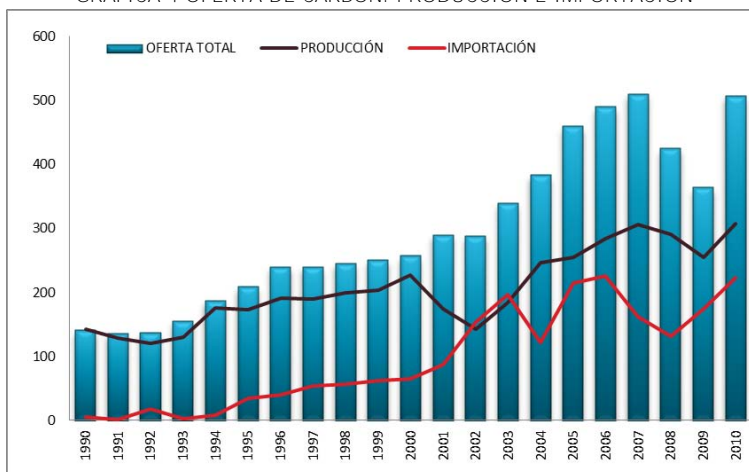


GRAFICA 3 OFERTA DE CARBON Y DERIVADOS



ELABORACION PROPIA CON DATOS SENER (2013)

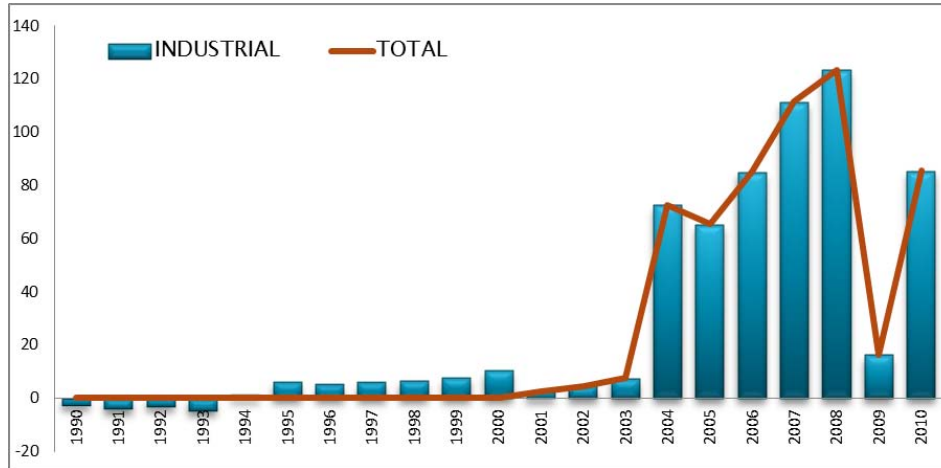
GRAFICA 4 OFERTA DE CARBON: PRODUCCION E IMPORTACION



ELABORACION PROPIA CON DATOS SENER (2013)

En la *gráfica 4* podemos ver el aumento de la oferta total y de las importaciones del energético. En la *gráfica 5*, se muestra el consumo final de carbón, y los sectores que hacen uso del energético, podemos observar que el sector industrial hace uso del 100% del carbón disponible. A partir de 2004 se registró un crecimiento promedio anual de 11.17% hasta 2008 donde se observa una significativa; en 2009 hubo una disminución del 86.81% con respecto al año anterior.

GRAFICA 5 CONSUMO DE CARBON



ELABORACION PROPIA CON DATOS SENER (2013)

A continuación se presentan fragmentos de noticias del periódico "EL UNIVERSAL" en el año 2004 y durante el periodo de 2008-2010 que indican el comportamiento del sector industrial y la producción de carbón en México.

**El 11 de noviembre de 2004,** se registró un aumento en la actividad productiva industrial igual al 5.5% total en el mes de septiembre con respecto al mismo mes del año 2003; el 4.6% corresponde a empresas de transformación, el 10.5% pertenece a las maquiladoras de exportación. Un comunicado muestra que la industria de construcción se eleva en 8.5%, la generación de electricidad, gas y agua en 3.4%. En el caso de la minería esta tuvo crecimientos del 4.4% como resultado de la extracción petrolera y de gas natural, la extracción no petrolera por mayores volúmenes de oro, plata, carbón mineral, yeso, sílice, dolomita y fluorita principalmente.

**El 13 de diciembre de 2004,** durante el mes de octubre de 2004 la industria manufacturera tuvo incrementos del 0.9%, la producción de empresas de transformación mostro un crecimiento de 0.6% y del 4.7% correspondiente a la maquila de importación. El ramo de la construcción se eleva en 5.4% y la parte correspondiente a la generación de electricidad, gas y agua muestra avance del 3.4% en el mes de octubre comparado con el mismo mes del año 2003. De enero a octubre, la actividad industrial del país creció en 3.8% respecto al mismo periodo del año anterior, los componentes de la construcción muestra crecimientos del 5.1%, la manufactura en 3.7%, la minera en 3.3% y la generación de electricidad, gas y agua aumenta en 1.9%.

**Jueves 31 de enero de 2008,** la producción minerometalurgica cayó 7.9% en términos reales en noviembre de 2007 con respecto al mismo mes del año anterior, es

el mayor retroceso desde mayo de 2006 cuando se tuvo una baja del 8.2%, destaca la reducción en producción de los energéticos: plomo, cobre, plata, yeso, carbón no coquizable y coque, aumentando el zinc, fierro, oro, fluorita y azufre en noviembre de 2007.

**Viernes 29 de febrero de 2008**, la producción minerometalurgica cayó 10.7% en términos reales en diciembre de 2007, respecto a igual mes con un año de anterioridad, informe INEGI; destaca la producción de metales y minerales: cobre, zinc, oro y yeso, aumento en la generación de carbón no coquizable, fluorita, azufre, fierro y plomo; INEGI reporto que la producción de coque disminuyo en 1.4%, el fierro creció 3.6% y el carbón no coquizable aumento 16% en el mes de referencia.

**Viernes 28 de marzo de 2008**, la producción minerometalurgica descendió en 15.2% en enero de 2008 en comparación con igual mes de 2007, por el desempeño de los metales y minerales, por la caída de cobre, plata, zinc y oro. INEGI resalto que dentro de los metales y minerales siderúrgicos, la producción de carbón no coquizable reporto un crecimiento del 0.4%.

**Miércoles 30 de abril de 2008**, INEGI informó que el primero bimestre del año mostró que la producción de la industrial minerometalurgica registro una caída de 10.8% en términos respecto a 2007, por baja extracción de cobre, yeso, zinc, azufre, plomo, plata y carbón no coquizable, se tuvieron aumentos de fluorita, fierro, coque y oro

**Lunes 19 de mayo de 2008**, se registró una baja en la producción industrial del 4.9% en marzo, se debió a menos días hábiles con respecto a 2007 por vacaciones de semana santa, la producción manufacturera cayó en 4% por menos producción de equipo de cómputo, comunicación, medición y otros equipos, componentes y accesorios electrónicos, la industria alimentaria, química, prendas de vestir, productos metálicos basados en minerales no metálicos y productos derivados del petróleo y del carbón entre otros, en el sector construcción la disminución fue del 6% en el mes de referencia con relación a la cifra alcanzada en el igual mes de 2007, en el sector construcción en edificación y en obras de ingeniería civil o pesada, la electricidad, agua y suministro de gas por ductos al consumidor final tuvo incrementos del 6.6% tasa anual.

**Lunes 29 de septiembre de 2008**, periódico el universal, página de internet, noticia, INEGI registra una caída del 5.8% en los primeros siete meses del año en curso, se debe a la menor extracción de Cobre, Yeso, Carbon no coquizable, azufre, se tiene un aumento de plomo, oro, fierro, fluorita, plata y coque entre enero y julio, en comparación con el año anterior, en Julio de 2008 la producción minerometalurgica tuvo un crecimiento de 3.2% real respecto al mismo mes del año 2007; destaca el

aumento en la producción de Hierro, carbón no coquizable, oro y coque, disminuye la del cobre, zinc y yeso en dicho mes.

----

**Viernes 27 de febrero de 2009**, durante diciembre de 2008 la producción minerometalurgica en México logro un crecimiento de 12.2% en términos reales, informo INEGI, destaco el incremento en la producción de oro, cobre y plata, contrastando con la caída en la generación de yeso, coque y fierro, concluye que durante todo 2008 la producción minerometalurgica se redujo ligeramente 0.5% en términos reales respecto al año anterior.

**Jueves 30 de abril de 2009**, la producción minerometalurgica en México cayó en febrero 20% real respecto al mismo mes en 2007; INEGI reporto que febrero tuvo caídas en la producción de plata, plomo, oro y fierro, el primer bimestre del año la industria minerometalurgica disminuyo 3.2% en términos reales, hubo menor extracción de fierro, coque, plomo, plata y carbón no coquizable.

**Lunes 31 de agosto de 2009**, la producción minerometalurgica bajo 5.3% en términos reales en junio respecto al mismo mes del año 2008. El primer semestre del año indico que la industria cayó 11.7% en términos reales respecto al mismo lapso de 2008 por menor extracción de oro, lomo, coque, plata, fierro, cobre, zinc, carbón no coquizable y yeso, con aumentos de azufre y fluorita.

---

**Viernes 29 de enero de 2010**, la producción de la industria minerometalurgica registro descensos de 10.1% en términos reales respecto al año anterior, informa INEGI, por menor extracción de metales y minerales como es el oro, cobre, coque, fierro, yeso, plata, carbón, plomo, zinc y fluorita, el azufre es el único que registra aumentos del 7.7%

**Viernes 26 de febrero de 2010**, actualiza los datos de industria antes mencionados, se registra una disminución de 9.6% en términos reales, por reducción en la extracción de los energéticos anteriores, disminuye: cobre, oro, fluorita, fierro y yeso, se tienen aumentos de: coque, zinc, carbón no coquizable, plomo, plata y azufre.

**Martes 31 de agosto de 2010**, la producción de la industria minerometalurgica en México se incrementó 7.4% a junio comparado con el mismo mes del 2009 según INEGI resultado del comportamiento entre los distintos minerales, se elevó la producción de coque, oro y pellets de fierro, contrastado con la contracción en la producción de yeso, carbón no coquizable y azufre.

**Viernes 29 de octubre de 2010**, INEGI reporta que la producción minerometalúrgica registro un crecimiento de 13.2% los primeros ocho meses del año, por avances en la extracción de oro, coque, plomo, plata, pellets de fierro y zinc, la producción del carbón no coquizable se elevó en 5.8% en agosto.

Los periodos de disminución en la producción de carbón se deben a una menor producción del sector industrial por reducciones en la extracción de minerales, a finales de 2010 se comienza a ver aumentos en la extracción de los energéticos.

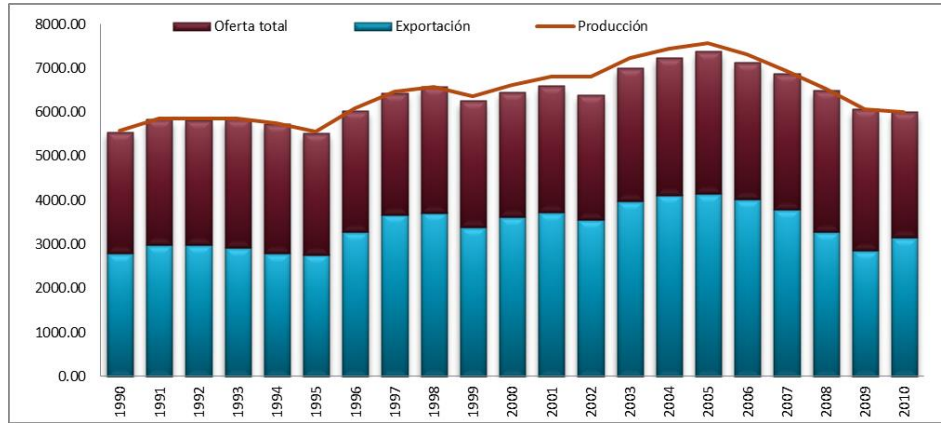
#### **1.2.1.2. Consumo nacional de Petróleo**

El petróleo es un recurso natural no renovable y actualmente la principal fuente de energía en los países desarrollados, debido a la importancia fundamental para la industria manufacturera y el transporte, el incremento en el precio del petróleo puede ser responsable de grandes variaciones en las economías locales y provoca un fuerte impacto en la economía global.

El petróleo y sus derivados tienen múltiples y variadas aplicaciones, constituye una materia prima fundamental en la industria, pues a partir de este se pueden elaborar diversos productos. Después de la refinación en plantas petroquímicas se obtienen los siguientes derivados: Gases utilizados para combustible doméstico y de locomoción, gasolinas, queroseno, gas-aceite, aceites lubricantes, asfaltos, parafinas y carbón de coque, vaselina.

La *gráfica 6* muestra el comportamiento de la producción de petróleo en México con una tasa de crecimiento anual del 0.36% para dar un total de crecimiento en el periodo de 1990 a 2010 del 7.81%, la producción de petróleo crudo representa el mayor dinamismo en el periodo de estudio.

GRAFICA 6 OFERTA DE PETROLEO



ELABORACION PROPIA CON DATOS SENER (2013)

El caso del crudo y los petrolíferos se observa en la *gráfica 7* mostrando importantes fluctuaciones a lo largo del periodo. La década del 2000 inicia con un aumento en la oferta del 42.22% con respecto del año anterior, dos años después se registra decrecimiento más significativo del periodo, con una disminución del 33% en la oferta del crudo y los petrolíferos.

El periodo que va de 1999 a 2003 muestra importantes cambios en cuando a la producción de petróleo así como en su oferta y demanda, para resumir este periodo se consultó la página de internet:

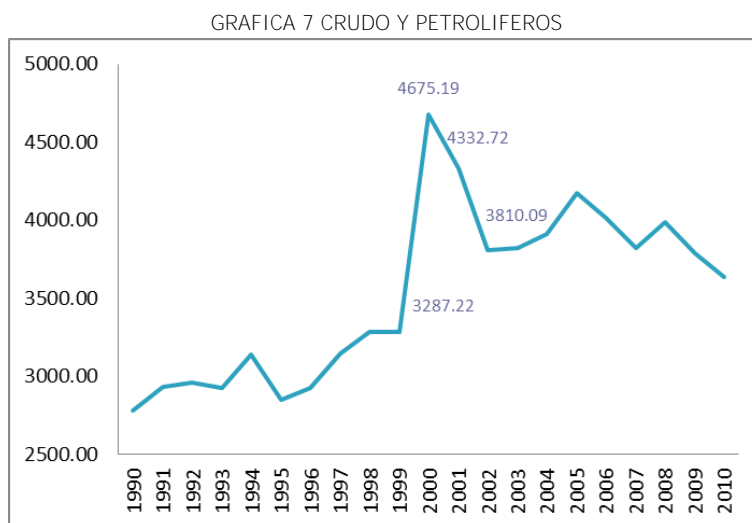
<http://petroleo.colmex.mx/index.php/linea/58> presentada el 5 de noviembre de 2008 por el centro de estudios históricos de EL COLEGIO DE MEXICO, el siguiente fragmento es tomado de manera textual te la página antes mencionada.

1997: El complejo Cantarell se consolida como los más importantes de México, pues su producción abarca una gran proporción de los volúmenes totales producidos anualmente. Más adelante, 2000 y 2004 los aportes de Cantarell en la producción de PEO se incrementaron de 47% a más de 61%.

2001-2004: Pese al aumento en la producción y las exportaciones petroleras, el gobierno destina el grueso de los recursos de PEMEX para pagar los déficit de la Secretaría de Hacienda y Crédito Público, la cual fracasó en llevar a cabo una reforma fiscal y acentuó su dependencia de los ingresos petroleros hasta alcanzar más del 30% del total de los ingresos federales. Como consecuencia, PEMEX no dispuso de fondos suficientes para una modernización integral ni para los costosos gastos de exploración de nuevos campos con potencial de desarrollo.

2004: El mercado petrolero internacional enfrenta una serie de circunstancias que ocasionaron una alta volatilidad en los precios del petróleo, ubicándose en los niveles que no se tenían desde la década de los ochenta. La guerra en Irak y otros conflictos internacionales fueron la causa fundamental de la volatilidad. La demanda creciente de petróleo por China y la India contribuyeron al alza sostenida de precios. En octubre se alcanzó el precio más alto, 53.24 dólares por barril para el West Texas Intermediate (WTI) y 38.93 dólares por barril para el promedio de la canasta de crudos mexicanos. Este nivel de precios se vinculaba con una tendencia al alza iniciada desde diciembre de 1998, mes en el cual los precios habían alcanzado su cotización más baja de los últimos 25 años: el West Texas Intermediate (WTI) se vendía entonces en 11.30 dólares por barrilla mezcla y la mezcla mexicana en 7.89 dólares por barril. En diciembre se decreta la devaluación del peso a raíz de la fuga de capitales que había sufrido el país en el último año del sexenio de Carlos Salinas de Gortari. La acumulación de una deuda a corto plazo gigantesca (de 30 mil millones de dólares en tesobonos) se destina a cubrir el déficit de la Secretaría de Hacienda y Crédito Público.

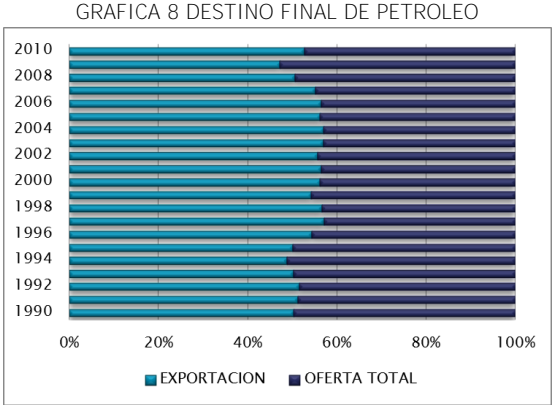
La oferta que se dio en el año 2000 fue la mayor del periodo. El crecimiento de la oferta total de crudo y de petrolíferos fue del 30.57%, con un aumento promedio anual de 1.28%.



ELABORACION PROPIA CON DATOS SENER (2013)

A nivel nacional se observa que la producción ha tenido un crecimiento promedio anual del 3.74%, la oferta total muestra un crecimiento promedio anual del 6.28%, el comportamiento de la oferta total es positiva casi todos los años del periodo de estudio. El petróleo es el energético que más se exporta, se observa en la *gráfica 8* un aumento de 13.40% en el total de exportaciones, lo que equivale a un crecimiento promedio anual de 0.60% de crecimiento promedio anual.

El monto de las exportaciones representan aproximadamente el 52% del total de producción, dejando para consumo nacional, menos de la mitad de lo producido esto equivale al 45%<sup>10</sup>, a nivel nacional la oferta ha tenido un aumento total del 2.95% y aumentos en la demanda del 1.91% a lo largo del periodo, el petróleo representa el energético más importante a nivel nacional.



ELABORACION PROPIA CON DATOS SENER (2013)

**1.2.1.3. Consumo nacional de gas natural y condensado**

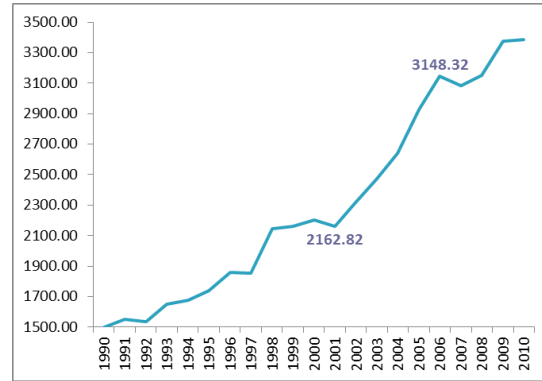
El caso del gas natural tiene diversas aplicaciones en la industria, el comercio, la generación eléctrica, el sector residencial y en el transporte de pasajeros; actualmente es visto como una de las principales y más relevantes fuentes de energía, su uso es diverso, abarcando el uso doméstico, industrial y comercial. Al igual que el petróleo y el carbón es un recurso no renovable, se encuentra vinculado con una gran variedad de actividades que requieren de su uso.

Entre sus ventajas están: facilidad de extracción, gran disponibilidad y bajo costo. Respecto al gas natural y los condensados, se observa en el *grafico 9* que el aumento en la oferta ha sido del 3.95% promedio anual. El periodo que sobresale es de 2001 a 2006 donde se registra un aumento promedio anual del 6.46%.

<sup>10</sup> Las sumas de los porcentajes no se igualan al 100%, la diferencia corresponde a la pérdida de energía por transporte, distribución y almacenamiento



GRAFICA 9 GAS NATURAL Y CONDENSADOS



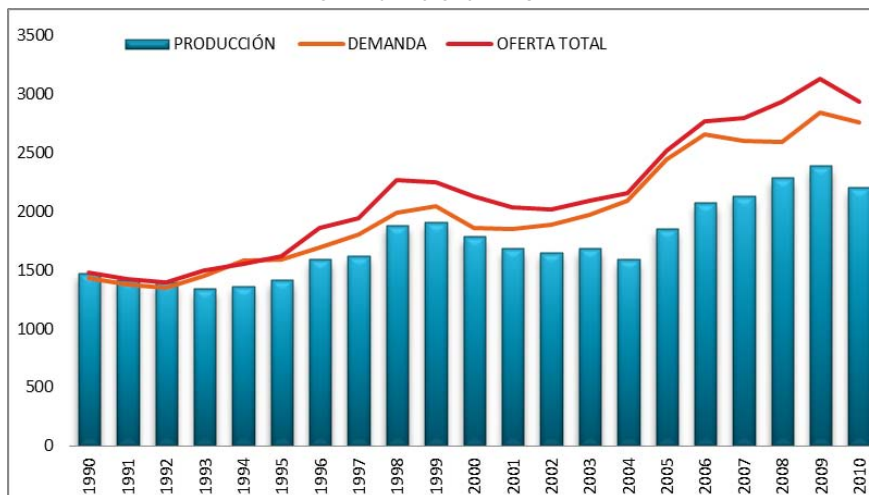
ELABORACION PROPIA CON DATOS SENER (2013)

Debido a la versatilidad del energético, puede ser utilizado directa o indirectamente en la vida cotidiana de la población, podemos observar en el *grafico 10* que la demanda de este energético ha ido en aumento, superando a la producción nacional.

- La producción ha tenido un crecimiento de 1.92% promedio anual
- La demanda ha tenido un crecimiento del 3.19% promedio anual

A partir del año 1993 la demanda de este energético supera la producción nacional, por lo que fue necesario completar la demanda por medio de otras fuentes, estas fuentes complementarias son: el gas residual de plantas de gas, y el gas de formación empleado por PEP<sup>11</sup>. En la *gráfica 11* se muestra la participación de las fuentes complementaria en la oferta total de gas natural a nivel nacional.

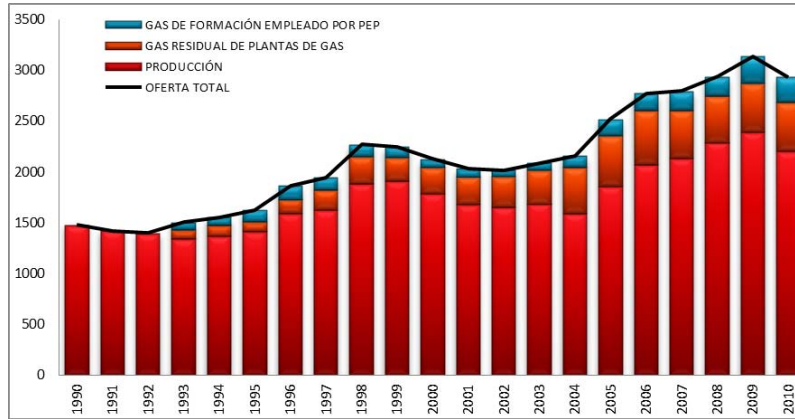
GRAFICA 10 GAS NATURAL



ELABORACION PROPIA CON DATOS SENER (2013)

<sup>11</sup> PEP: PEMEX exploración y producción.

GRAFICA 11 OFERTA DE GAS NATURAL



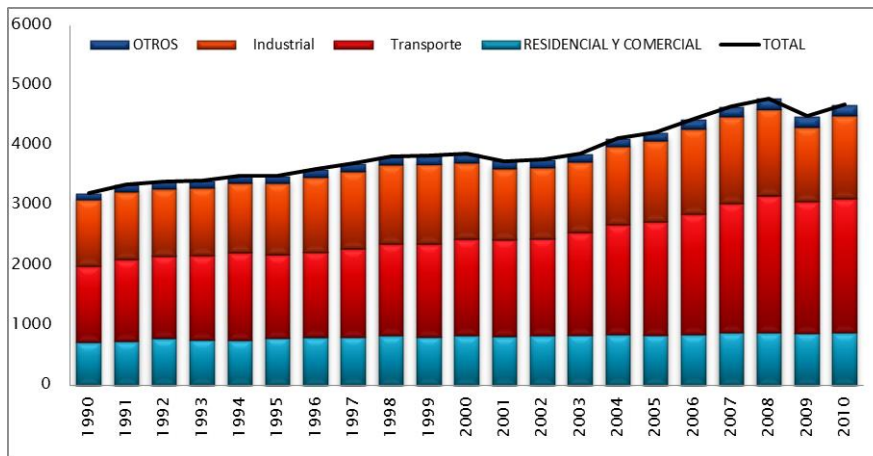
ELABORACION PROPIA CON DATOS SENER (2013)

### 1.2.2. CONSUMO ENERGETICO POR SECTOR

El sector energético se ha convertido, en parte fundamental para el desarrollo nacional, debido a que la energía requerida para el funcionamiento de sectores clave es cada vez mayor como lo son la industria y el transporte; datos del Instituto Nacional de Ecología (INE) nos indican que:

- Las ramas de transporte e industria de forma conjunta han tenido un ritmo de crecimiento promedio anual del 3%.
- Estos sectores representan el 75.46% del consumo nacional de energía.
- El sector transporte ha tenido un crecimiento de 2.72%, representando el 41.87% del consumo nacional de energía.
- El transporte automotor representa la mayor concentración del consumo energético (INE 2006).

GRAFICA 12 CONSUMO FINAL POR SECTOR



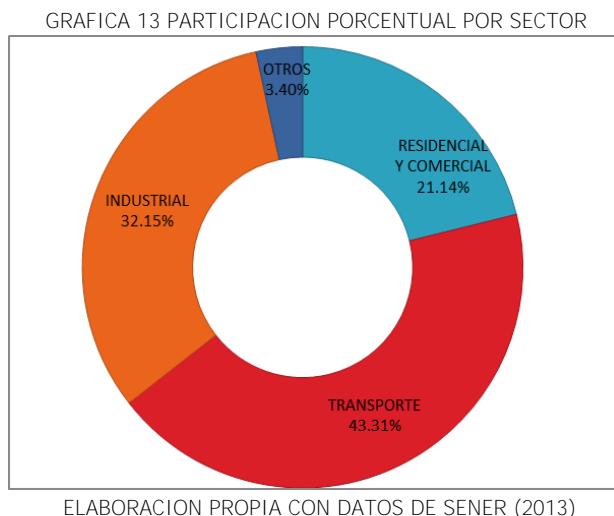
ELABORACION PROPIA CON DATOS DE SENER (2013)

En la *gráfica 12* muestra que el consumo nacional ha tenido un incremento constante con un aumento promedio anual del 1.82%. La participación de los diferentes sectores de la economía se observa:

- El crecimiento más representativo es el del sector transporte con 2.72% anual, con un crecimiento del 75.75% el total del sector con mayor participación en el consumo de energía representa el 41.87% del total.
- El sector industrial con 32.36%.
- El sector conjunto residencial-comercial con 21.39%.
- Finalmente el 3.39% de otros sectores en los que se incluye los sectores público y agropecuario, el sector residencial y comercial.

Las tasas de crecimiento de los sectores industrial y el conjunto residencial-comercial, tienen comportamientos similares; el primero tiene una tasa de crecimiento anual del 1.06% dando un total de 24.82% a lo largo del periodo de estudio, en el segundo caso registra un crecimiento total del 23.33% dando una tasa de crecimiento promedio anual del 1%.

La participación en el consumo de cada uno de los sectores, podemos observarlo en la *gráfica 13* en donde observamos que más del 50% del total pertenece a los sectores industrial y de transporte, seguidas por el sector conjunto residencial-comercial con participaciones iguales al 21.14% y otros sectores<sup>12</sup>.

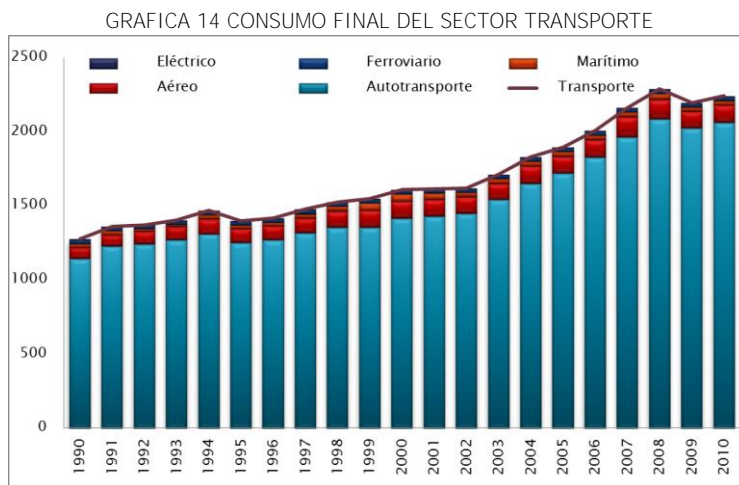


### **1.2.2.1. SECTOR TRANSPORTE**

<sup>12</sup> Los sectores otros hace referencia a los sectores: agropecuario, público y energético.

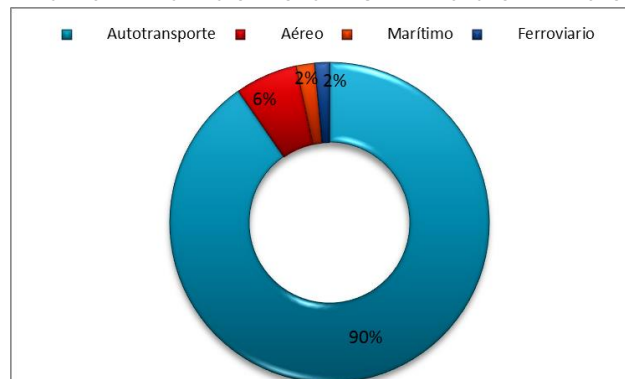
Es sector transporte tiene a su vez los siguientes sub-sectores: autotransporte, aéreo, marítimo, ferroviario y eléctrico.

- El autotransporte el sub-sector con mayor crecimiento total a lo largo del periodo con un aumento del 80.19%, su participación es del 90% del total del sector y muestra crecimientos promedio anuales de 2.84%.
- Le sigue el sector aéreo con una participación del 6.33% y crecimientos anuales del 2.12% dando un aumento total del 55.43% con respecto al año de 1990.
- El sub-sector ferroviario alcanza apenas el 1.46% del total, a lo largo del periodo se muestra un decrecimiento anual total de -1.73% de 1990-2010.
- El sub-sector marítimo, muestra aumentos anuales de 0.79% que a lo largo del periodo de estudio representa un aumento del 17.93%.



ELABORACION PROPIA CON DATOS DE SENER (2013)

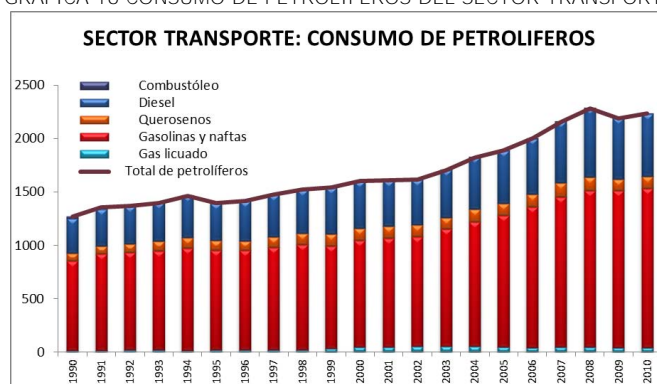
GRAFICA 15 PARTICIPACION PORCENTUAL DEL SECTOR TRANSPORTE



ELABORACION PROPIA CON DATOS DE SENER (2013)

La *gráfica 15* muestra la participación porcentual de cada sub-rama, del sector transporte, en donde se observa que el sub-sector autotransporte tiene una participación del 90% del total del sector, seguido del aéreo y finalmente el marítimo y ferroviario con la misma participación del 2% del total. Los requerimientos energéticos para este sector están compuestos por gasolinas y diésel, estos son los combustibles que más se emplean con participaciones porcentuales de 64 y 27% respectivamente (SENER, 2013).

GRAFICA 16 CONSUMO DE PETROLIFEROS DEL SECTOR TRANSPORTE



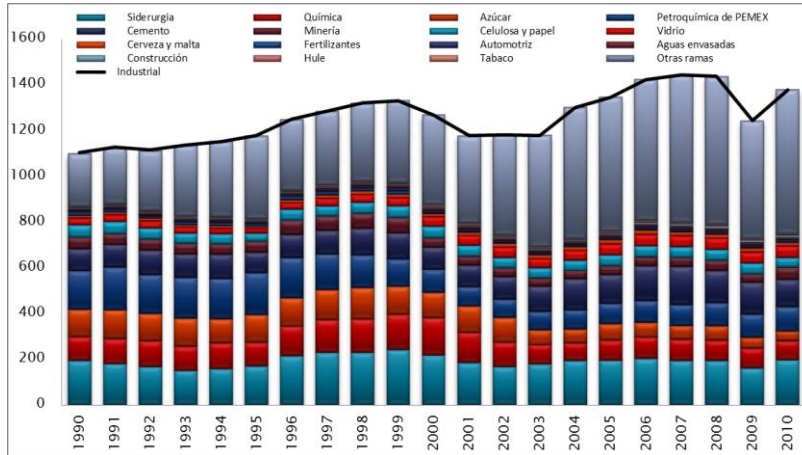
ELABORACION PROPIA CON DATOS DE SENER (2013)

El petróleo tiene la mayor participación en el consumo del sector, en la *gráfica 16*, se observa que las gasolinas y las naftas ocupan el mayor porcentaje de consumo con una participación del 66.72% del total, seguido del diésel con el 26.28%, estas muestran una tasa de crecimiento total en el periodo del 0.78% y 0.81% respectivamente, finalmente se registra una tasa de crecimiento promedio anual del 2.78% para las gasolinas y las naftas y del 2.86% en el caso del diésel (SENER, 2013).

### 1.2.2.2. **SECTOR INDUSTRIAL**

En este sector vemos que el sub-sector construcción es el más dinámico, con promedio de crecimiento anual de 3.55% dando al final un aumento del 107.95% a lo largo del periodo, el sub-sector con mayor participación es el de la siderurgia con 15.27%, su tasa de crecimiento anual apenas llega al 0.06% para dar un aumento total del 1.32% fertilizantes con un total de -81.52%, decreciendo anualmente -7.73% el sub-sector azucarero que tiene disminuciones anuales de -4.83%, este sub-sector consume el 7.86% del total industrial (*gráfica 17*).

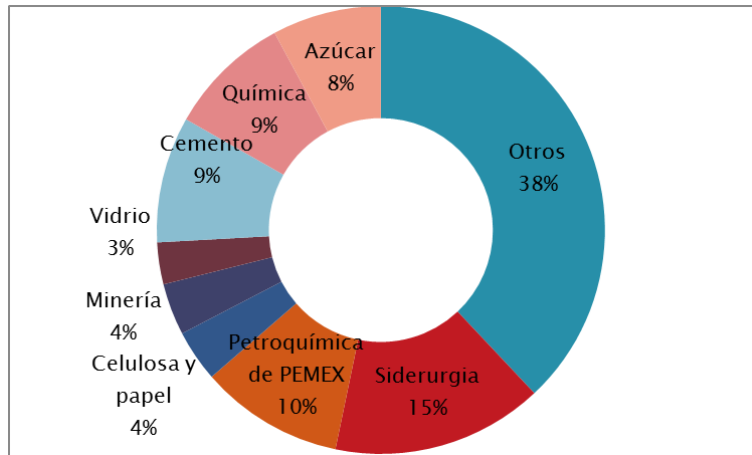
GRAFICA 17 CONSUMO FINAL DEL SECTOR INDUSTRIAL



ELABORACION PROPIA CON DATOS DE SENER (2013)

La *grafica 18* muestra el promedio de participación de los sub-sectores más representativos del sector industrial en el periodo 1990-2010, los cuales representan el 95% del total del consumo energético del sector, se observa que los sub-sectores de celulosa-papel y minería tienen una participación igual del 4%, seguido de los sub-sectores correspondientes al azúcar que representa el 8%, la menor participación es del sub-sector del vidrio 3%, siendo el sub-sector siderúrgico el que cuenta con una mayor participación, está representa el 15%.

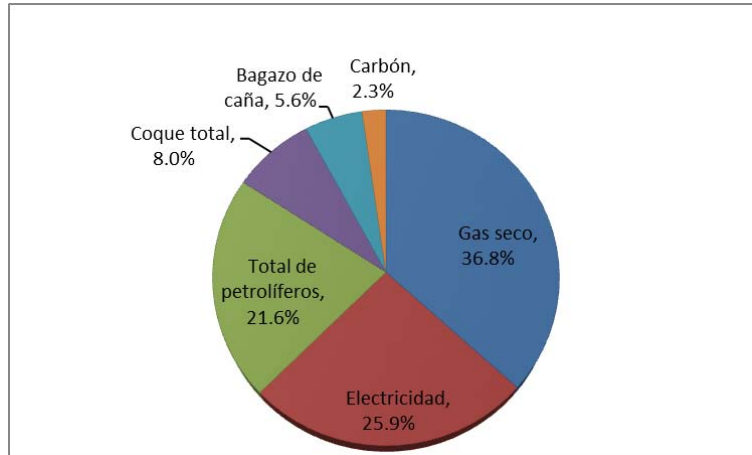
GRAFICA 18 PARTICIPACION PORCENTUAL DEL SECTOR INDUSTRIAL



ELABORACION PROPIA CON DATOS DE SENER (2013)

En cuanto a los requerimientos energéticos de este sector se observan en la *gráfica 19* donde más del 50% del total se concentra en el uso de gas seco y la electricidad, si bien a participación del carbón es importante dentro de este sector, como se observó anteriormente, la demanda del sector industrial con respecto al energético es de apenas el 2.3% en promedio a lo largo del periodo de 1990-2010.

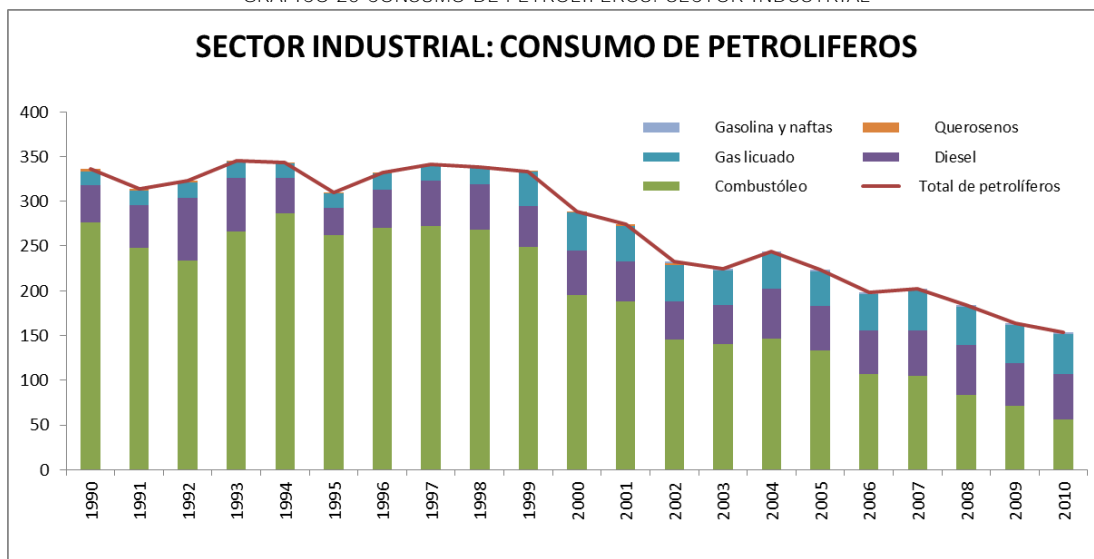
GRAFICO 19: CONSUMO ENERGETICO: SECTOR INDUSTRIAL



ELABORACION PROPIA CON DATOS DE SENER (2013)

Los energéticos más representativos del sector industrial, son: petrolíferos, conformados por; combustóleo, diésel, gas licuado, querosenos, gasolinas y naftas, se observa en el *grafico 20* que a lo largo del periodo de estudio el uso de petrolíferos ha ido disminuyendo, la tasa promedio de crecimiento del periodo es igual a -54.28% para el total de petrolíferos, con una disminución anual promedio del -3.66%, siendo los energéticos con mayor participación: el combustóleo, diésel y gas licuado, de donde se observa una gran disminución en el consumo de combustóleo, este ha sido de -79.74% total, en tanto que el uso del gas licuado ha ido en aumento, con un promedio de crecimiento anual igual al 5.31%, el caso del diésel, este tiene una participación del 48% del consumo industrial, su comportamiento ha sido discreto a lo largo del periodo con un crecimiento promedio anual de apenas el 0.90%, para un aumento total del 20.79% de 1990-2010

GRAFICO 20 CONSUMO DE PETROLIFEROS: SECTOR INDUSTRIAL



ELABORACION PROPIA CON DATOS DE SENER (2013)

### **1.1.3. CONCLUSIONES**

- ✓ La producción nacional de energía en ha tenido un crecimiento promedio anual del 0.49% en el periodo de 1990-2010. El consumo nacional muestra un crecimiento anual del 2.37%, el crecimiento del consumo total, ha sido del 1.56% en el periodo de estudio.
- ✓ En el periodo de 1990 a 2010 la producción de petróleo crudo fue de 7.81%, este periodo representa el mayor dinamismo en la producción de petróleo, la oferta total tiene un crecimiento promedio anual del 6.28%. Las exportaciones de petróleo representan el 52% del total de producción, representa el energético más importante a nivel nacional.
- ✓ Los sectores transporte e industrial representan el 28% del consumo nacional de energía, el transporte automotor representa la mayor concentración del consumo energético.
- ✓ El sector transporte representa el 41.87%, el industrial con 32.36%. residencial-comercial con 21.39%.
- ✓ El sub-sector autotransporte muestra el mayor crecimiento con un aumento del 80.19%, su participación es del 90% del total del sector y muestra crecimientos promedio anuales de 2.84%.
- ✓ En el sector industrial el sub-sector construcción es el más dinámico, con promedio de crecimiento anual de 3.55% con mayor participación es el de la siderurgia con 15%.



## CAPITULO 2: METODOLOGIA

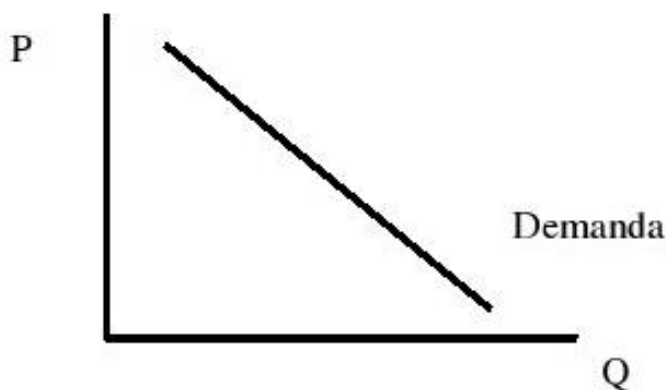
### 2.1. LA ECUACION DE DEMANDA:

La función de demanda es la relación entre la cantidad demandada (lo que los consumidores están dispuestas a comprar) y los diferentes precios e ingresos de las personas. Al analizar la demanda, se estudia como varía la cantidad de un bien comprado por un individuo a medida que fluctúa el precio, suponiendo que se mantienen todos los demás factores constantes. La demanda debe reunir determinadas características, que se pueden observar y probar por medio de restricciones sobre el comportamiento de la demanda.

La curva de demanda representa la cantidad demandada a cada nivel de precio, de modo que a medida que aumenta el precio del bien en cuestión, la cantidad demandada se ve disminuida. Entre más barato sea el bien (o servicio) mayor será la cantidad que se comprará; entre más caro sea, la cantidad que se compre será menor. (Stiglitz, Joseph).

La cantidad demandada se mide en el eje de las abscisas (eje x) y el precio en el eje de las ordenadas (eje y); estos puntos se conectan por medio de una curva lisa.

FIGURA 1: CURVA DE DEMANDA



ELABORACION PROPIA

Los principales determinantes de la demanda ajenos al precio son:

- El ingreso
- Los cambios en las expectativas de los precios relativos futuros.
- El precio de productos relacionados.
- La población

Existen diferentes tipos de bienes, estos son:

- Bienes normales: su demanda aumenta al aumentar el ingreso.
- Bienes inferiores: su demanda disminuye al aumentar el ingreso.
- Bienes sustitutos: si aumenta el precio de uno aumenta la demanda de otro que lo sustituye.
- Bienes complementarios: si aumentan el precio de un bien disminuye la demanda de otro bien que es su complemento.

Algunas características de la demanda son las siguientes:

- Es la relación de tasas de compra planeadas, una modificación en la cantidad demandada se da por la variación en el precio.
- Los cambios en la cantidad demanda son desplazamientos sobre la curva de demandada frente a los cambios en el precio.
- El movimiento de la cantidad demandada se da cuando aumenta el precio de un bien, o se reduce, considerando los demás factores constantes.
- Un cambio de cualquier factor distinto del precio de un bien, desplazará toda la curva de demanda, y se modificará la cantidad de demanda a cada precio.

La distinción entre las variaciones provocadas por un desplazamiento de la curva y las variaciones provocadas a lo largo de la curva de demanda es fundamental para poder entender el funcionamiento de la economía, esta distinción nos permite comprender la determinación de las cantidades y precios al combinar los análisis de oferta y demanda (Stiglitz, año??).

Uno de los determinantes de la demanda es el precio del bien que se estudiara, se puede comparar por medio del precio relativo de un bien, se refiere al número de unidades de algún bien que se requiere para adquirir un segundo bien, es decir el precio relativo del bien  $i$ , se mide en términos de unidades por adquirir el bien  $j$ , por lo que podemos obtener la relación precio de la siguiente forma

$$\frac{p_i}{p_j} = \frac{\$i \text{ unidad}}{\$j \text{ unidad}} = \frac{\$}{\text{unidad}_i} = \frac{\text{unidad}_j}{\$} = \frac{\text{unidades}_j}{\text{unidades}_i} \quad (1)$$

Con relación al ingreso real, nos referimos al número máximo de unidades de un bien que el consumidor podrá adquirir si destina todo su ingreso monetario a la compra de dicho bien. Si  $Y$  es el ingreso del consumidor (en términos monetarios), entonces la relación  $\frac{Y}{P_i}$  es conocida como ingreso real en términos del bien  $i$ . (PINDYCK, 2001).

Por lo tanto:

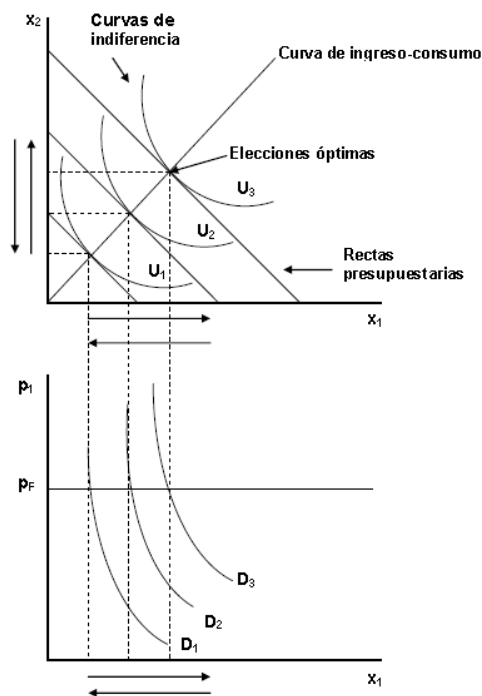
$$\frac{Y}{P_i} = \frac{\$}{\text{\$unidades}_j} = \text{unidades de } j \quad (2)$$

Siguiendo lo anterior la ecuación de consumo y maximización de utilidad es afectada por los precios relativos y el ingreso real (PINDYCK, 2001).

### 2.1.1. CAMBIOS EN EL INGRESO:

Para determinar los cambios en el ingreso se supone la existencia de dos bienes  $(x_1, x_2)$  cuyas cantidades dependen de los precios de dichos bienes  $(p_1, p_2)$  y del ingreso de un individuo  $Y$ . Al mantener constantes los precios de los bienes y aumentar el ingreso, la cantidad de los bienes también aumentará. Se presenta el desplazamiento de las curvas de demanda de un bien, ante los cambios que se dan en el ingreso mientras los precios de los bienes se mantienen fijos.

FIGURA 2: CURVAS DE INDIFERENCIA

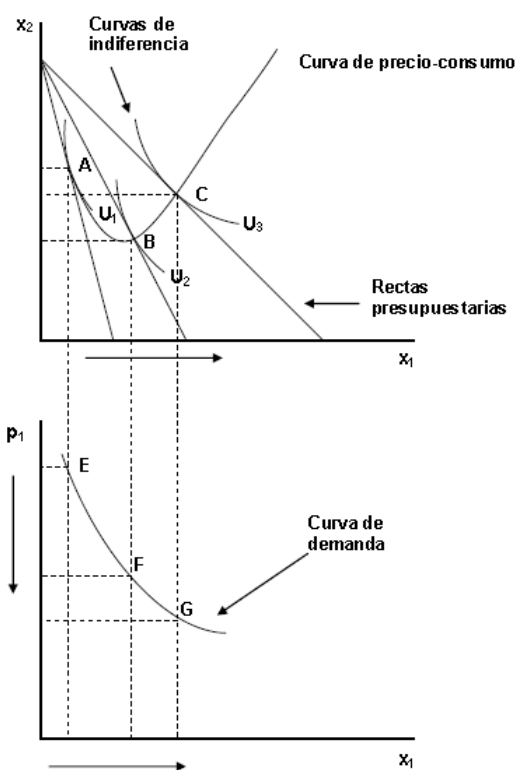


ELABORACION PROPIA

### 2.1.2. CAMBIOS EN EL PRECIO:

La demanda de un individuo se estudia desde el precio del bien, el cual varía constantemente. Si se mantiene fijo el precio del bien 2 y el ingreso del individuo mientras el precio del bien 1 disminuye, como efecto directo se tiene que la cantidad del bien 1 aumenta, el caso contrario, si disminuye el precio del bien 2 provocará un aumento en la demanda de dicho bien; en el caso que el precio del bien aumentará, la cantidad demandada del bien 1 será menor. En la *figura 3* se muestra la demanda del bien 1, cuando existen cambios en el precio mientras que el precio del segundo bien y el ingreso permanecen constantes.

FIGURA 3 VARIACION DEL PRECIO



ELABORACION PROPIA

En lo que se refiere a la demanda agregada o de mercado esta se define como la suma de la demanda de todos los consumidores, por lo que al igual que en la demanda individual, la demanda agregada está en función de los precios y de la distribución del ingreso, y se puede representar de la siguiente manera:

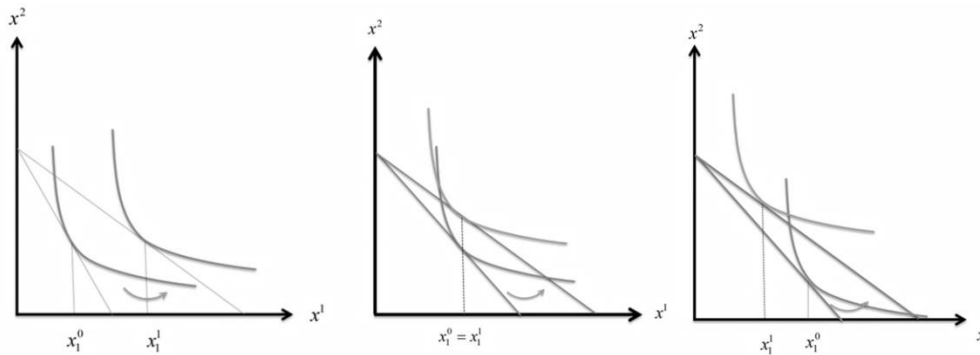
$$X^1(p_1, p_2, m_1, \dots, m_n) = \sum_{i=1}^n x_i^1(p_1, p_2, m_i)$$

### 2.1.3. EFECTO INGRESO Y EFECTO SUSTITUCIÓN:

Podemos determinar la demanda de un bien en función de los cambios en el ingreso y sobre los precios, esto nos da como consecuencia dos efectos *el efecto sustitución* que se da cuando disminuye el precio del bien 1 y se renuncia al consumo de una parte del bien 2, para consumir más del bien 1.

*El efecto ingreso:* se da al disminuir del precio del bien 1, por lo cual es posible comprar una mayor cantidad de éste, el poder adquisitivo del individuo aumenta, aunque el ingreso no varía.

FIGURA 4 EFECTO INGRESO



ELABORACION PROPIA

*Efecto sustitución:* la disminución en el precio del bien 1, altera el precio relativo de este bien con respecto al bien 2, de manera que el bien 1 es comparativamente más barato, por lo que se comprara una mayor cantidad del bien 1, por ser relativamente más barato, la variación en los precios de los bienes no afecta el ingreso real del consumidor (PINDYCK, 2001).

En cuanto a la elasticidad de la demanda está se define como: la forma en que los cambios en una variable afectan otra; en general la elasticidad de una variable con respecto a otra, se muestra como el cambio porcentual de dicha variable provocado por un cambio en un punto porcentual en la otra variable.

$$E = \frac{\Delta B/B}{\Delta A/A} \quad (3)$$

#### **Elasticidad precio de la demanda**

La elasticidad precio de la demanda mide esa respuesta del cambio en la cantidad demandada que se provoca por cambios en el precio, es el cambio porcentual de la

cantidad de un artículo demandado, inducido por una modificación de un punto porcentual en su precio.

$$E_{Q,P} = \frac{\Delta Q/Q}{\Delta P/P} \quad (4)$$

Esta elasticidad indica el comportamiento de la cantidad demandada como respuesta a un cambio porcentual en el precio. Precio y cantidad se desplazan en sentido opuesto;  $E_{Q,P} < 0$ .

Una distinción entre los valores de  $E_{Q,P}$  cuando son menores, iguales o mayores que (-1) se presenta en la *tabla 1*.

TABLA 1 ELASTICIDAD DE LA DEMANDA

VALOR DE $E_{Q,P}$ EN LA CURVA DE DEMANDA	TERMINOLOGÍA EN ESTE PUNTO
$E_{Q,P} < -1$	Elástica
$E_{Q,P} = -1$	Elástica unitaria
$E_{Q,P} > -1$	Inelástica

ELABORACION PROPIA

- En el caso de una curva no elástica, el precio tiene aumentos proporcionales mayores a la cantidad que disminuye
- En el caso de una curva elástica el precio afecta a la cantidad
- La curva no es elástica cuando el precio no tiene mucho efecto sobre la cantidad.

Es probable que los cambios en precios tengan efectos importantes sobre la cantidad de bienes adquiridos se dice entonces que la demanda es elástica, y la curva de demanda de mercado será relativamente plana; la elasticidad precio de la demanda proporciona un modo adecuado para comparar las respuestas en la cantidad que se demanda de un artículo a los cambios en su precio.

Los productos con bienes sustitutos cercanos muestran importantes efectos, debido a los cambios de precios, los artículos para los que hay pocos bienes sustitutos estos tienen efectos pequeños; la demanda de estos productos no es elástica con respecto a cambios en los precios.

### ***Elasticidad ingreso de la demanda***

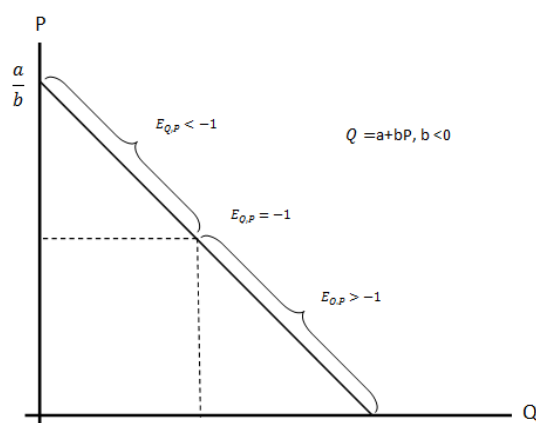
La elasticidad ingreso de la demanda es la relación entre los cambios en el ingreso y los cambios de las cantidades, representa otra aplicación de la definición general, es el

cambio en el porcentaje de la cantidad demandada en respuesta a un aumento de los ingresos, en términos porcentuales:

$$E_{Q,I} = \frac{\Delta Q/Q}{\Delta I/I} \quad (6)$$

Los aumentos en los ingresos provocan incrementos en la demanda del bien, en caso de que sea un bien inferior ( $E_{Q,I} < 0$ ), los mayores ingresos llevan a cantidades menores de demanda, los bienes en los que la elasticidad es mayor a 1 ( $E_{Q,I} > 1$ ) se consideran bienes de lujo.

FIGURA 5 ELASTICIDAD DE LA DEMANDA



ELABORACION PROPIA

Varios autores han estudiado la demanda de energía, a continuación se presentan estudios relevantes, las variables a considerar y los países de estudio a partir de 1980 así como la conclusión sobre la importancia de las variables en la demanda energética.

VARIABLES	AUTOR Y AÑO	PAIS DE ESTUDIO	CONCLUSIONES
Consumo de energía PIB	Yu y Hwang, 1984	✓ Estados Unidos	✓ No existe causalidad del consumo al PIB
Consumo de energía PIB	Yu y Choi, 1985	✓ Estados Unidos ✓ Reino Unido ✓ Polonia ✓ Corea del Sur ✓ Filipinas	✓ No existe causalidad de producto a energía en: Estados Unidos, Reino Unido y Polonia ✓ Existe Causalidad de producto a energía en Corea del Sur

			✓ Existe causalidad de energía a producto en Filipinas
Consumo de energía PIB	Erol y Yu, 1987	✓ Japón ✓ Alemania ✓ Italia ✓ Canadá ✓ Francia ✓ Reino Unido	✓ Existe causalidad unidireccional de consumo a ingreso en Alemania occidental ✓ Existe causalidad de PIB a energía en Italia y Japón ✓ Existe neutralidad en los demás países
Consumo de energía PIB Tendencia	Lopez, 1996	✓ España	✓ La variable tendencia es negativa y se interpreta como ahorro de energía
Consumo de energía PIB	Glasure y Lee, 1997	✓ Corea del sur ✓ Singapur	Pruebas de cointegración con Johansen y Engle-Granger ✓ Existe causalidad bidireccional. Prueba de no causalidad de Granger convencional muestra que : ✓ No existe causalidad entre el producto y la energía para Corea ✓ Existe causalidad en el sentido de energía a producto para Singapur
Consumo de energía PIB	Cheng, 1997	✓ México ✓ Venezuela ✓ Brasil	✓ No existe causalidad entre el consumo de energía y producto en México y Venezuela ✓ En Brasil la energía determina al PIB
Consumo de energía PIB Precios	Asafu-Adjeye, 2000	✓ India ✓ Indonesia ✓ Filipinas ✓ Tailandia	✓ Existe correlación entre el consumo de energía, producto y precios ✓ Existe causalidad unidireccional en el corto plazo de energía a producto en: india e indonesia ✓ Existe causalidad bi-direccional en el sentido de Granger en: Tailandia y Filipinas
PIB Inversión Empleo	Stern, 2000	✓ Estados Unidos	✓ Existe importancia de la energía para el crecimiento de la economía y no puede ser excluido



Consumo de energía Empleo total Índice de producción industrial	Chang, Fang, Wen, 2001	✓	Taiwán	✓	Existe causalidad bi-direccional entre el empleo y el índice de producción y empleo a la energía
PIB Gasto del gobierno Precios del petróleo	Glasure, 2002	✓	Corea	✓	Los precios del petróleo son los principales determinantes del producto y del consumo de energía ✓
Consumo de Energía PIB Precios al consumidor	Hondroyannis, Lobs y Papapetrou; 2002	✓	Grecia	✓	En el largo plazo existen relaciones entre las variables: energía, producto y precios al consumidor ✓
Consumo de energía PIB	Soytas y Sari, 2003	✓	Países del G-7	✓	Causalidad en el largo plazo de energía a producto en: Turquía, Francia, Alemania y Japón ✓
PIB Inversión Empleo	Oh y Lee, 2004	✓	Corea	✓	Inversión y trabajo no son variables importantes ✓

La mayoría de los estudios toman como variables que determinan la demanda energética, el producto y el ingreso como variables principales, a partir del año 2000 se considera la participación de los precios como determinante de la demanda, en el estudio desarrollado por Asafu-Adjeye.

A continuación se mostrara el desarrollo metodológico de un modelo de vector autorregresivo (VAR) mismo que se utilizara en este trabajo. Se comenzará por describir las características del VAR, para su desarrollo es necesario conocer el orden de integración de las series, por lo que se describirán las características sobre el orden de integración de las series, seguido del desarrollo de pruebas de raíz unitaria y de hipótesis, finalmente el desarrollo del modelo VAR, propuesto por Johansen en 1988

Este modelo se conoce como autorregresivo por la aparición del valor rezagado en la variable dependiente y el uso del vector, porque se trabaja con un vector de dos o más variables. Para comenzar es necesario conocer si las variables están cointegradas, es necesario que las series sean individualmente de integración (1) (Gujarati, 2008)

#### VENTAJAS

- Es un método simple: todas las variables son endógenas
- La estimación es simple: MCO es aplicable a cada ecuación por separado
- Las predicciones son mejores que en el caso de los modelos con ecuaciones simultaneas

#### DESVENTAJAS

- Son modelos ateóricos; utilizan menos información
- Son menos apropiados para analizar políticas; se enfoca en pronósticos
- Es un problema la selección optima de rezagos
- Todas las variables deben ser estacionarias en forma conjunta, en primeras diferencias se omiten variables potencialmente importantes y la estimación de los parámetros pueden sufrir sesgo por variables omitidas
- Importancia de la función impulso-respuesta, estudia el impacto de la variación estándar de los errores en la ecuación y el efecto en los periodos siguientes. Se cuestionan la utilidad de este análisis aunque es central en el estudio del VAR.

Estas son las características principales de las series  $I(0)$  e  $I(1)$  son:

#### **SERIES $I(0)$**

- Tienen varianza finita e independiente del tiempo
- Tienen memoria limitada
- Fluctúa alrededor de la media, puede incluir tendencia determinista
- Muestra auto correlaciones que disminuyen rápidamente a medida que el retardo se incrementa

#### **SERIES $I(1)$**

- La varianza depende del tiempo y tiende ser finita a medida que el tiempo es infinito
- Los cambios afectan permanentemente sus procesos
- Tiene grandes oscilaciones
- Su Autocorrelacion tiende a ser uno, en valor absoluto para cualquier orden de retardo

## 2.2. PRUEBAS DE RAIZ UNITARIA:

### 2.2.1. Dickey Fuller y Dickey Fuller aumentada (DF y ADF)(Dickey-Fuller, 1981)

- Se considera un modelo autorregresivo de orden (1) es:  $Y_t = \rho Y_{t-1} + u_t$ ;
  - Dónde:
    - $Y_t$  =variable de interés
    - $\rho$  =coeficiente; Sí  $\rho = 1$ ; existe raíz unitaria y es no estacionario
    - $t$  = tiempo
    - $u_t$  =termino de error
- Modelo de regresión puede ser escrito como:  $\nabla Y_t = (\rho - 1)Y_{t-1} + u_t = \delta Y_{t-1} + u_t$ ;
  - Dónde:
    - $\nabla$  =operador de primera diferencia
- Existen tres versiones de esta prueba:
  1. Raíz unitaria:  $\nabla Y_t = \delta Y_{t-1} + u_t$
  2. Raíz unitaria con constante:  $\nabla Y_t = \alpha_0 + \delta Y_{t-1} + u_t$
  3. Raíz unitaria con constante y tendencia , es temporal determinista:  
 $\nabla Y_t = \alpha_0 + \alpha_1 t + \delta Y_{t-1} + u_t$
  - Las pruebas de hipótesis son las siguientes:
    - $H_0 \rightarrow \delta = 0$ ; **existe una raíz unitaria**
    - $H_1 \rightarrow \delta \neq 0$ ; **no existe raíz unitaria**
- Si la serie es estacionaria, entonces tiene una tendencia a volver a una constante:
  - Los valores grandes estarán seguidos por valores pequeños
  - Valores pequeños seguidos por valores más grandes
- Si la serie está integrada, los cambios positivos y negativos ocurrirán con probabilidades que no dependen del nivel actual de la serie.
  - $\nabla Y_t = \alpha_0 + u_t \rightarrow Y_t = Y_0 + \sum_{i=1}^t u_i + \alpha_0 t$ 
    - Dónde:
      - $\alpha_0 t$  : es la tendencia determinística
      - $Y_0 + \sum_{i=1}^t u_i$  : es el termino de intersección estocástico, la tendencia estocástica

La extensión de la prueba Dickey-Fuller elimina los efectos estructurales en la serie de tiempo, la prueba Dickey Fuller Aumentada contempla la posibilidad de que los errores estén autocorrelacionados. El procedimiento es el mismo que para la prueba Dickey-Fuller, aplicado al modelo:

- $\Delta Y_t = \alpha + \beta t + \gamma Y_{t-1} + \partial_1 \Delta Y_{t-1} + \dots + \partial_{\rho-1} Y_{t-\rho+1} + \varepsilon_t$ 
  - Dónde:
    - $\alpha$ : constante
    - $\beta$ : coeficiente sobre una tendencia temporal
    - $\rho$ : orden de retraso del proceso auto regresivo
- Las restricciones:
  - $\alpha = 0, \beta = 0$  corresponden a modelar un camino aleatorio
  - $\beta_0$  modela un paseo aleatorio con una constante

Al igual que la prueba anterior, existen tres versiones de esta:

- Incluye retardos de orden  $\rho$  en ADF, esto permite procesos autorregresivos de orden superior. Es necesario determinar la longitud del retardo  $\rho$  para aplicar la prueba<sup>13</sup>.

Las pruebas de raíz unitaria se dan bajo la siguiente hipótesis:

- $H_0 \rightarrow \gamma = 0$
- $H_1 \rightarrow \gamma < 0$

El valor de la prueba estadística  $DF_T = \frac{\hat{\gamma}}{SE(\hat{\gamma})}$  se compara con el valor crítico de la prueba

DF, si el resultado es menor que el valor crítico, entonces la  $H_0 \rightarrow \gamma = 0$  es rechazado y la serie no presenta raíz unitaria.

---

<sup>13</sup> Para determinar los posibles retardos óptimos es posible la utilización de los criterios de información: Akaike, Bayes, Hannan-Quinn.

### 2.2.2. Pilliphs-perron (PP) (Phillips-Perron, 1988)

- Sea  $Y_t = \alpha Y_{t-1} + u_t$ 
  - Donde
    - $\alpha = 1$
    - $t = (1, 2, \dots, n)$
  - Se establece que  $t = 0$  y  $Y_0$  puede ser cualquier variable aleatoria, incluyendo una constante
- Se consideran dos regresiones por mínimos cuadrados:
  - $Y_t = \hat{\mu} + \hat{\alpha} Y_{t-1} + \hat{u}_t$
  - $Y_t = \hat{\mu} + \hat{\beta} \left(t - \frac{1}{2}T\right) + \hat{\alpha} Y_{t-1} + \hat{u}_t$ 
    - Donde
      - $(\hat{\mu}, \hat{\alpha}), (\hat{\mu}, \hat{\beta}, \hat{\alpha})$  son coeficientes convencionales estimados por mínimos cuadrados.
- La estimación por mínimos cuadrados está basado en una serie de tiempo de n-observaciones, el parámetro de Autocorrelacion está dado por  $\hat{\alpha}_n$  definido como:
  - $$\hat{\alpha}_n = \frac{\sum_{i=1}^n Y_{i-1} Y_i}{\sum_{i=1}^n Y_i^2}$$

Al igual que en las pruebas anteriores se puede excluir la constante o incluir un término de tendencia.

### 2.2.3. Kwiaatkowski.Phillips-Schmidt-Shin (KPSS) (Kwiaatkowski, 1992)

Se considera la regresión:

$$\text{➤ } Y_t = \alpha + \delta t + \rho Y_{t-1} + u_t$$

La raíz unitaria está dada por  $\rho = 1$

El estadístico LM para la hipótesis de estacionalidad se da de la siguiente manera:

Sea  $Y_t$ ,  $t=1,2,3,\dots,T$  la serie observada. Asumimos que es posible descomponer la serie en la suma de una tendencia determinística, una caminata aleatoria y un error estacionario.

➤  $Y_t = \xi t + r_t + u_t$

○ Dónde:

▪  $r_t = r_{t-1} + u_t$  es una caminata aleatoria y el termino de error es iid  $(0, \sigma_u^2)$

- El valor inicial  $r_0$  es tratada como fija y toma el rol del intercepto
- La hipótesis de estacionalidad es  $\sigma_u^2 = 0$ ,  $u_t$  se asume como estacionaria bajo la hipótesis nula de  $Y_t$  es de tendencia estacionaria
- Se considera el caso en donde  $u_t = 0$  bajo la hipótesis nula  $Y_t$  es estacionario alrededor de un nivel  $r_0$  en lugar de alrededor de una tendencia.

### 2.3. MODELO DE VECTORES AUTOREGRESIVOS: VAR

Se comienza por plantear un vector autorregresivo con un rezago, VAR (1):

$$y_t = a_{11}y_{t-1} + a_{12}z_{t-1} + \varepsilon_{yt} \dots (1)$$

$$z_t = a_{21}y_{t-1} + a_{22}z_{t-1} + \varepsilon_{zt} \dots (2)$$

En donde se asume que  $\varepsilon_{yt}$  y  $\varepsilon_{zt}$  son ruido blanco; es decir se comportan  $iid \sim (0, \Omega)^{14}$ .

Por simplicidad la constante fue ignorada, utilizando el operador rezago la ecuación 1 y 2 pueden ser transformadas de la siguiente manera:

$$y_t = a_{11}Ly_t + a_{12}Lz_t + \varepsilon_{yt} \dots (3)$$

$$z_t = a_{21}Ly_t + a_{22}Lz_t + \varepsilon_{zt} \dots (4)$$

Al dejar todo en términos de los errores ( $\varepsilon_{yt}$  y  $\varepsilon_{zt}$ ), se obtiene:

$$(1 - a_{11}L)y_t - a_{12}Lz_t = \varepsilon_{yt} \dots (5)$$

$$-a_{21}Ly_t + (1 - a_{22}L)z_t = \varepsilon_{zt} \dots (6)$$

Expresado de forma matricial las ecuaciones 5 y 6 se muestran de la siguiente manera:

$$\begin{bmatrix} (1 - a_{11}L) & -a_{12}L \\ -a_{21}L & (1 - a_{22}L) \end{bmatrix} \begin{bmatrix} y_t \\ z_t \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} \varepsilon_{yt} \\ \varepsilon_{zt} \end{bmatrix} \quad \text{Es decir: } BY_t = u_t$$

Dónde:

$$B = \begin{bmatrix} (1 - a_{11}L) & -a_{12}L \\ -a_{21}L & (1 - a_{22}L) \end{bmatrix}, \quad Y_t = \begin{bmatrix} y_t \\ z_t \end{bmatrix}, \quad u_t = \begin{bmatrix} \varepsilon_{yt} \\ \varepsilon_{zt} \end{bmatrix}$$

Resolviendo para  $Y_t$ :

$$B^{-1}BY_t = B^{-1}u_t$$

Dado que  $B^{-1}B = I$ , el sistema para  $Y_t$  queda resuelto de la siguiente manera:

$$Y_t = B^{-1}U_t$$

<sup>14</sup> Independientes e idénticamente distribuidos con media cero y varianza constante.

Para encontrar la solución de  $Y_t$  es necesario invertir la matriz  $B$ :

$$B^{-1} = \frac{1}{(1-a_{11}L)(1-a_{22}L)-a_{12}a_{21}L^2} \begin{bmatrix} (1-a_{22}L) & a_{12}L \\ a_{21}L & (1-a_{11}L) \end{bmatrix}$$

Una vez obtenida  $B^{-1}$ , la solución para  $Y_t$  es igual a:

$$y_t = \frac{(1-a_{22}L)\varepsilon_{y_t} + a_{12}L\varepsilon_{z_t}}{(1-a_{11}L)(1-a_{22}L)-a_{12}a_{21}L^2} \dots (7)$$

$$z_t = \frac{a_{21}L\varepsilon_{y_t} + (1-a_{11}L)\varepsilon_{z_t}}{(1-a_{11}L)(1-a_{22}L)-a_{12}a_{21}L^2} \dots (8)$$

Se observa que las dos variables tienen la misma ecuación inversa característica:  $(1-a_{11}L)(1-a_{22}L)-a_{12}a_{21}L^2$ . Si ésta última se iguala a cero, se resuelven los operados rezagos  $L$  y se transforma la ecuación a raíces características, siguiendo la definición de que:  $\lambda = \frac{1}{L}$ , la ecuación característica se expresa del siguiente modo:

$$\lambda^2 - (a_{11} + a_{22})\lambda + (a_{11}a_{22} - a_{12}a_{21}) = 0 \dots (9)$$

Sí se asume que  $\lambda = 1$ ,  $y_t$  quedará de la siguiente manera:

$$y_t = \frac{[(1-a_{22}L)\varepsilon_{y_t} + a_{12}L\varepsilon_{z_t}]}{(1-L)(1-\lambda_2L)} \dots (10)$$

Multiplicando por  $(1-L)$ :

$$(1-L)y_t = \frac{[(1-a_{22}L)\varepsilon_{y_t} + a_{12}L\varepsilon_{z_t}]}{(1-L)(1-\lambda_2L)} \dots (11)$$

La ecuación (11) es estacionaria sí  $|\lambda_2| < 1$ .

Restringiendo a:  $a_{11} - 1 = \frac{-a_{12}a_{21}}{(1-a_{22})}$  y aplicando diferencias en variables endógenas, se obtiene:

$$\begin{bmatrix} \Delta y_t \\ \Delta z_t \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} a_{11} - 1 & a_{12} \\ a_{21} & a_{22} - 1 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} y_{t-1} \\ z_{t-1} \end{bmatrix} + \begin{bmatrix} \varepsilon_{y_t} \\ \varepsilon_{z_t} \end{bmatrix}$$



Sustituyendo la restricción en la matriz anterior, el sistema quedará de la siguiente manera:

$$\Delta y_t = \left[ -\frac{a_{12}a_{21}}{(1-a_{22})} \right] y_{t-1} + a_{12}z_{t-1} + \varepsilon_{y_t} \dots (12)$$

$$\Delta z_t = a_{21}y_{t-1} + (a_{22}-1)z_{t-1} + \varepsilon_{z_t} \dots (13)$$

Las ecuaciones 12 y 13 se conocen como el Modelo Corrector de Errores (VECM), el cual contienen las relaciones de largo plazo de las series. En la mayoría de los libros de textos y artículos el VECM, para el caso del VAR, se representa de la siguiente manera:

$$\Delta Y_t = \Gamma \Delta Y_{t-1} + \Pi Y_{t-1} + \mu + \varepsilon_t \dots (14)$$

Si  $Y_t \sim I(1)$ , por lo tanto  $\Delta Y_t \sim I(0)$  implicando que  $\Pi$  no puede tener un rango igual al número de variables en el sistema; esto provocaría una inconsistencia lógica en la ecuación 14. Es decir, el número de variables estacionarias no pueden ser igual al número de variables no estacionarias. Se tienen dos opciones  $\Pi = \mathbf{0}$  ó este último debe ser reducido a un rango:

$$\Pi = \alpha\beta$$

Donde  $\alpha$  y  $\beta$  son matrices de dimensión  $p \times r$ , y  $r \leq p$ . Por lo tanto, bajo la hipótesis  $I(1)$ , el modelo VAR cointegrado está dado por:

$$\Delta Y_t = \Gamma \Delta Y_{t-1} + \dots + \Gamma_{k-1} \Delta Y_{t-k+1} + \alpha\beta Y_{t-1} + \mu + \varepsilon_t \dots (15)$$

Una característica del VECM es que analiza variables en diferencias y niveles en el mismo modelo, lo que permite hacer inferencia de los efectos en los datos, tanto en el corto como en el largo plazo. Cuando dos variables comparten la misma tendencia estocástica, es posible encontrar una combinación lineal que cancele las tendencias, a esto se le llama cointegración; que precisamente es la parte  $I(1)$  del VECM (Juselius, 2006).

No obstante, muchas variables económicas muestran una tendencia determinística en los datos además de una tendencia estocástica. Estadísticamente hablando no siempre es fácil distinguir entre ambas tendencias, especialmente en periodos cortos de tiempo.

En algunos casos el comportamiento de la tendencia se captura con una tendencia estocástica, otras veces se captura con una tendencia determinística; y en la mayoría de las ocasiones se hace una combinación de ambas (Juselius, 2006). En 1995 Johansen desarrolló cinco modelos con las combinaciones lineales ya mencionadas, debido a que

son los más utilizados con variables económicas. A continuación se presentan cuatro de los cinco modelos propuestos:

1. El modelo  $H_0 = (p)$  no muestra constante ni tendencia, se tiene como resultado que no hay nada en la parte I(0) y en I(1)
2. El modelo  $H_z = (p)$  contiene una constante restringida sin tendencia, esto da como resultado en I(0) nada, y una constante  $-(\alpha' \alpha)^{-1} \alpha' \mu_0$  en la parte I(1).
3. El modelo  $H_{lc} = (p)$  en la especificación lleva una constante no restringida sin tendencia, dando como resultado: una constante  $C \mu_0$  en I(0), y una tendencia lineal  $-(\alpha' \alpha)^{-1} \alpha' (\Gamma C - I_p) \mu_0$  en I(1).
4. El modelo  $H_l = (p)$  contiene una constante no restringida y una tendencia restringida, lo que resulta una tendencia lineal  $C m_0 + (CG - I_p) b(b'b)^{-1} (\alpha' \alpha)^{-1} \alpha' m_1 = g$  en I(0), y una tendencia lineal  $-(\alpha' \alpha)^{-1} \alpha' (\Gamma \gamma - \mu_0 - \mu_1 t)$  en la parte I(1).
5. El quinto modelo se omitió debido a que es un caso poco probable en datos económicos, y no hay forma de explicarlo dentro de la teoría económica (el resultado es una tendencia cuadrática en I(0) y una tendencia lineal en I(1)).

El modelo final VAR(1) se expresa de la siguiente manera:

$$\Delta Y_t = \alpha \beta Y_{t-1} + \mu_0 + \mu_1 t + \varepsilon_t \dots (16)$$

Con constante  $\mu_0$  y tendencia  $\mu_1 t$ , los efectos dinámicos de corto plazo dados por:  $\Gamma_i$  donde  $i = 1, \dots, k-1$  se asumen que es cero.

### 2.3. MODELO VECTOR DE CORRECCION DE ERRORES: VEC

Un ejemplo de modelo VEC Como ejemplo sencillo, vamos a considerar un sistema con dos variables con una ecuación de cointegración y sin términos de diferenciación alguno, para el ejemplo no se incluyen los valores retardados de las variables endógenas. Así la ecuación de cointegración es:

$$y_{2,t} = \beta y_{1,t}$$

Que sólo se cumplirá a largo plazo. Por tanto, el error para corregir será:

$$y_{2,t} - \beta y_{1,t}$$

Y el vector de corrección del error (VEC) es:

$$\Delta y_{1,t} = \alpha_1 (y_{2,t-1} - \beta \cdot y_{1,t-1}) + \varepsilon_{1,t}$$

$$\Delta y_{2,t} = \alpha_2 (y_{2,t-1} - \beta \cdot y_{1,t-1}) + \varepsilon_{2,t}$$

En este modelo tan simple, la única variable que aparece en la parte derecha de la ecuación es el término de corrección del error. En el equilibrio a largo plazo, este término toma el valor cero. Sin embargo, si  $y_1$  e  $y_2$  se desvían del equilibrio a largo plazo en el periodo actual, el término de corrección del error es distinto de cero y cada variable se ajusta parcialmente para restablecer la relación de equilibrio.

Los coeficientes  $\alpha_1$  y  $\alpha_2$  miden, precisamente, la velocidad de este ajuste. En este modelo, se supone que las dos variables endógenas  $y_{1,t}$  e  $y_{2,t}$  tendrán un valor medio distinto de cero, pero la ecuación de cointegración tendrá un término independiente nulo.

Como alternativa, puede admitirse que las dos variables endógenas  $y_{1,t}$  e  $y_{2,t}$  no tienen tendencia y se considera que la ecuación de cointegración tiene término independiente. En este caso, el vector de corrección del error tiene la siguiente expresión:

$$\Delta y_{1,t} = \alpha_1 (y_{2,t-1} - \mu - \beta \cdot y_{1,t-1}) + \varepsilon_{1,t}$$

$$\Delta y_{2,t} = \alpha_2 (y_{2,t-1} - \mu - \beta \cdot y_{1,t-1}) + \varepsilon_{2,t}$$

Otra especificación diferente de un VEC podría asumir que las series presentan tendencia y un término constante en las dos ecuaciones del VEC:

$$\Delta y_{1,t} = \delta_1 + \alpha_1(y_{2,t-1} - \mu - \beta \cdot y_{1,t-1}) + \varepsilon_{1,t}$$

$$\Delta y_{2,t} = \delta_2 + \alpha_2(y_{2,t-1} - \mu - \beta \cdot y_{1,t-1}) + \varepsilon_{2,t}$$

En forma similar, otras variantes adicionales pueden establecerse suponiendo un término de tendencia en la ecuación de cointegración, pero no por separado en las dos ecuaciones del VEC. Maddala(1992)

### CAPITULO 3: EVIDENCIA EMPIRICA INTERNACIONAL Y NACIONAL

En esta sección se hará una revisión de la evidencia empírica internacional y nacional, en donde se mostraran trabajos con metodología similar a la que se utilizara en este trabajo; se mostrara también el desarrollo de la ecuación de la demanda y finalmente la metodología de cointegración propuesta por Johansen en 1988 que se utilizara en este trabajo.

#### 3.1. EVIDENCIA EMPIRICA INTERNACIONAL:

*Articulo* "Electricity consumption, employment and real income in Australia evidence from multivariate Granger causality test"

Autores	Paresh Kumar Narayan, Russell Smyth
Publicado en	Energy Policy, (2003)
Objetivo	<ul style="list-style-type: none"> <li>➤ Examinar la relación entre el consumo de energía, empleo e ingreso real en Australia;</li> <li>➤ Determinar si existe un equilibrio estacionario de largo plazo entre el consumo de electricidad, empleo e ingreso</li> <li>➤ Examinar la causalidad temporal entre las variables</li> </ul>
Metodología	Engle-Granger (1987) Cointegración Pearson y Shine (1994) límites de cointegración
Modelo	Se utilizan datos anuales de 1966-1999, todas las variables se transformaron en logaritmos. <ul style="list-style-type: none"> <li>➤ Se estima un modelo ARIMA para cada una de las primeras diferencias, en donde <math>(p, q)</math> se determinan con el criterio de Schwarz.</li> <li>➤ Se espera una causalidad en al menos una dirección.</li> <li>➤ Se estima un pronóstico ARIMA per capita para el consumo de electricidad en la década de 2000-2010, visualmente se encuentra estabilidad en el largo plazo.</li> </ul>
Resultados	Existe causalidad unidireccional de largo plazo entre el empleo y el ingreso al consumo de electricidad.

Artículo

**"Energy consumption and GDP: causality relationship in G-7 countries and emerging markets"**

Autores	Ugur Soytaş, Ramazan Sari
Publicado en	Energy Economics, (2003)
Objetivo	Examinar la relación causal entre el producto y el consumo de energía en los países miembros del G-7
Metodología	Johansen (1988) Johansen y Juselius (1990)
Modelo	VAR
Resultados	<ul style="list-style-type: none"><li>➤ Existe causalidad unidireccional del consumo al producto en: Turquía, Francia, Alemania y Japón.</li><li>➤ Existe causalidad unidireccional del producto al consumo en: Italia y Corea.</li><li>➤ Causalidad bidireccional en Argentina.</li></ul>
Artículo	<b>"Cointegration and causality between electricity consumption and GDP: empirical evidence from Malawi"</b>
Autores	Charles B.L. Jumbe
Publicado en	Energy Economics, (2004)
Objetivo	Examinar la relación de cointegración y causalidad entre el consumo de energía, el producto total, el producto agrícola y el producto no agrícola.
Metodología	Engle-Granger (1987)
Modelo	Se estudia el periodo de 1970-1990, utilizando las variables del consumo de electricidad medido en kwh, el producto: total, agrícola y no agrícola.
Resultados	<ul style="list-style-type: none"><li>➤ El consumo de electricidad está cointegrado con el Producto total y el producto no agrícola</li><li>➤ Existe causalidad bidireccional en el sentido de Granger entre el consumo de electricidad y el producto</li><li>➤ Existe causalidad unidireccional en el sentido de Granger entre el producto no agrícola y el consumo de electricidad.</li></ul>

Artículo

*"Estimating residential demand for electricity in Greece"*

Autores	Hondroyiannis George
Publicado en	Energy Economics (2004)
Objetivo	Examinar la demanda energética residencial en Grecia
Metodología	Johansen (1987)
Modelo	<ul style="list-style-type: none"><li>➤ Se utilizan datos mensuales en el periodo de 1986-1999.</li><li>➤ Se utilizó una especificación doble logarítmica para el ingreso, precio y la temperatura media ponderada.</li><li>➤ Se estima una función de demanda de energía, las variables que utiliza son: el consumo residencial de electricidad, ingreso real, precio de electricidad, temperatura media ponderada.</li></ul>
Resultados	<ul style="list-style-type: none"><li>➤ En el largo plazo, la demanda de energía se ve afectada por cambios en el ingreso real, el nivel de precios y la temperatura media ponderada</li><li>➤ El modelo de corrección de errores muestra que en el corto plazo la demanda residencial de electricidad en Grecia es inelástica e independiente al precio.</li><li>➤ La dinámica en la demanda residencial de electricidad no muestra cambios a lo largo del periodo.</li><li>➤ Las pruebas de estabilidad en el corto y largo plazo muestran que la ecuación de la demanda residencial es estable en el corto y largo plazo.</li></ul>

### 3.2. EVIDENCIA EMPIRICA NACIONAL:

Artículo *"El consumo de energía y la economía mexicana, análisis empírico con VAR"*

Autores	Luis Miguel Galindo; Luis Sánchez
Publicado en	EconomiaMexicana/2005/vol14/no2/4.pdf
Objetivo	Analizar las relaciones que se establecen entre el consumo de energía, el producto, los precios relativos de energía y el empleo en México, durante el periodo de 1961-2001.
Metodología	<ul style="list-style-type: none"> <li>❖ Johansen 1988; vector de cointegración</li> <li>❖ Johansen y Hansen 1993; vector de cointegración con cambio estructural</li> <li>❖ Pruebas de exogeneidad débil: relación entre consumo de energía y producto, precios relativos y empleo, relación bidireccional entre cambios del producto y el consumo de energía.</li> </ul>
Modelo	Se estima un VAR que incluye: el consumo de energía, el producto, los precios relativos de energía, el empleo con dos rezagos y una dummy de tendencia.
Resultados	<ul style="list-style-type: none"> <li>❖ Interdependencia entre el conjunto de variables.</li> <li>❖ Precios relativos y el empleo presentan exogeneidad débil con respecto a la demanda de energía.</li> <li>❖ El proceso de crecimiento económico implica consumo adicional de energía.</li> <li>❖ Los precios relativos y el empleo pueden ser medidas de control del consumo energético.</li> <li>❖ La evidencia empírica muestra una relación estable de largo plazo entre el consumo energético, ingreso, empleo, precios relativos.</li> <li>❖ La exogeneidad débil indica que los precios relativos y el empleo no rechazan la hipótesis nula (<math>H_0</math>) en donde el consumo de energía e ingreso se determinan simultáneamente.</li> <li>❖ El consumo de energía, producto y empleo son procesos complementarios.</li> </ul>



Artículo *"Short and long run demand for energy in Mexico: a cointegration approach"*

Autores	Luis Miguel Galindo
Publicado en	Energy Policy 33 (2005)
Objetivo	Estimar la demanda de los diferentes consumos energéticos en la economía mexicana en el periodo 1965-2001
Metodología	<p>Johansen (1988)  Hansen-Johansen (1993)  Metodología de cointegración para identificar elasticidades de corto y largo plazo</p>
Modelo	<p>Se estima una función de consumo de energía por medio de un VAR, relacionando el producto de cada sector: transporte, residencial, industrial y agrícola; y los precios relativos de energía.</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>❖ Los sectores agrícola e industrial están relacionados con la producción de su sector.</li> <li>❖ Los sectores transporte y residencial se relacionan con la producción nacional.</li> <li>❖ Ambos incluyen los precios relativos de energía.</li> </ul>
Resultados	<ul style="list-style-type: none"> <li>❖ El vector de cointegración para cada tipo de consumo energético indica una fuerte y positiva relación con el ingreso con elasticidad negativa.</li> <li>❖ La demanda de energía en México exceptuando el sector industrial está impulsada por la producción.</li> <li>❖ La elasticidad de precios indica que los subsidios a la energía generan mayor nivel de consumo energético en el sector industrial</li> <li>❖ Es posible utilizar el precio como instrumento económico para controlar la demanda energética, esta variable influye a corto y largo plazo.</li> <li>❖ Los precios relativos son estadísticamente significativos en todos los casos con excepción del consumo energético residencial en el corto plazo.</li> <li>❖ Los cambios en los precios afectan la demanda de energía en el corto plazo por la falta de alternativas a la sustitución de energía, con excepción del sector industrial.</li> </ul>

Artículo *"El consumo de energía en México y sus efectos en el producto y los precios"*

Autores	Karina Caballero, Luis Miguel Galindo.
Publicado en	Problemas del desarrollo. Vol.38, núm. 148, 2007
Objetivo	Analizar las relaciones entre el consumo de energía, el producto y los precios en la economía mexicana en el periodo de 1965-2004
Metodología	<ul style="list-style-type: none"> <li>❖ Johansen 1988; vector de cointegración</li> <li>❖ Johansen y Hansen 1993; vector de cointegración con cambio estructural</li> </ul>
Modelo	<p>Se estimó un modelo multiecuacional:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>❖ 1ra ecuación: demanda de energía tradicional. <math>C = f^d(Y, PRE)</math></li> <li>❖ 2da ecuación: especificación del producto, donde el crecimiento económico está asociado a la evolución de la inversión, tipo de cambio real, dinámica económica mundial (utilizando PIB USA) y el efecto de los precios relativos de energía.</li> <li>❖ 3ra. Ecuación: determina el nivel de precios general, donde los determinantes del nivel de precios e México son: tipo de cambio nominal, salario mínimo nominal, precios relativos de energía y el agregado monetario M2, como validación del ritmo de crecimiento de los precios</li> </ul> <p>Se estima un VAR, para realizar simulaciones sobre los efectos macroeconómicos en el cambio en el nivel de precios de energía.</p>
Resultados	<ul style="list-style-type: none"> <li>❖ El nivel de precios se ajusta positivamente al aumento en el tipo de cambio nominal, salarios, M2 y los precios relativos de energía</li> <li>❖ Los efectos de los aumentos de precios de la energía tienen consecuencias negativas en el producto y los precios.</li> <li>❖ Es posible establecer relaciones estables de largo plazo</li> <li>❖ Existe una fuerte dependencia y asociación entre el consumo de energía y el producto.</li> </ul>

### 3.3. MODELO ECONOMETRICO: DEFINICION DE VARIABLES

Las variables que se utilizaron para este trabajo fueron las siguientes:

- ✓ PIB nacional: producto interno bruto nacional a precios de 2008 (INEGI)
- ✓ PIB industrial: producto interno bruto del sector industrial a precios de 2008 (INEGI).
- ✓ PIB residencial y comercial: producto interno bruto del sector residencial y comercial a precios de 2008 (INEGI).
- ✓ PIB transporte: producto interno bruto del sector transporte a precios de 2008 (INEGI).
- ✓ Ingreso nacional (SENER, SIE).
- ✓ Ingreso industrial (SENER, SIE).
- ✓ Ingreso residencial y comercial (SENER, SIE).
- ✓ Ingreso transporte (SENER, SIE).
- ✓ Precios relativos de energía (SENER, SIE).

Se estimó una función de demanda de energía a nivel nacional y por cada uno de los sectores, cada función contiene una constante, el producto del sector, el ingreso y los precios relativos de energía.

- ✓ Función de demanda de energía nacional:

$$f(d_{e_{nal}}) = \alpha_0 + PIB_{nal} + Y_{nal} - PRE$$

- ✓ Función de demanda de energía sector industrial:

$$f(d_{e_{ind}}) = \alpha_0 + PIB_{ind} + Y_{ind} - PRE$$

- ✓ Función de demanda de energía sector residencial y comercial:

$$f(d_{e_{ryc}}) = \alpha_0 + PIB_{nal} + Y_{ryc} - PRE$$

- ✓ Función de demanda de energía sector transporte:

$$f(d_{e_{transp}}) = \alpha_0 + PIB_{transp} + Y_{transp} - PRE$$

En la siguiente sección se presenta el resultado gráfico de la estimación del filtro Hodrick-Prescott, para cada una de las series utilizadas, este filtro es utilizado para el análisis de las series de tiempo, consiste en la descomposición de la serie por medio de un componente de tendencia y un componente cíclico.

En la *gráfica 1*, se observa que el ciclo de ambas series es muy similar, sobre todo en los periodos de expansión; el primero de ellos inicia en 1977, durante el gobierno de J. López Portillo inicia con un buen manejo de las finanzas gubernamentales, se registran bajas tasas de inflación, crecientes exportaciones que contribuyeron a la obtención de una balanza comercial positiva y una disminución del 50% en el déficit, este comportamiento se extendió los siguientes cinco años, en el ingreso y el consumo. Durante el primer informe de gobierno del presidente en turno, José López Portillo reveló de manera oficial el aumento de las reservas probadas que ascendían a 14,000 millones de barriles, con esto se inició un plan de desarrollo petrolero que consideraba duplicar la refinación y triplicar la producción de petroquímicos, así mismo se pretendía la construcción de un gran gasoducto.

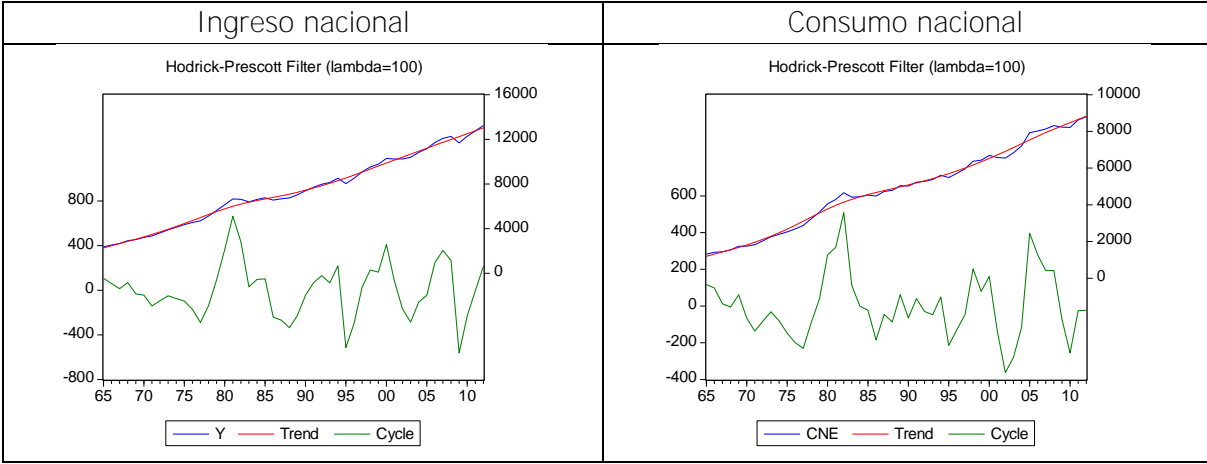
Se observa que llegado al año de 1982 comienza un periodo de recesión, como consecuencia del desorden económico y financiero acumulado hasta ese año. Con motivo del auge petrolero se optó por una política económica de carácter expansionista: las exportaciones eran cada vez mayores y las importaciones disminuían; con un panorama optimista, la oferta de crédito fue mayor y el Gobierno aumento significativamente la deuda, está llegó a ser tres veces mayor que al inicio del periodo; en 1976 la deuda representaba el 28.59% del PIB, para 1982 alcanzó el 91.57% del PIB.

A nivel internacional la sobreoferta de petróleo genero una reducción de precios; como consecuencia de esta disminución de precios y aunado a la disminución de la demanda del mercado, a nivel nacional se registró una disminución en los ingresos petroleros. Al tiempo que la percepción internacional sobre el déficit de cuenta corriente, y el crecimiento de la deuda hacia insostenible el financiamiento en el desequilibrio de los nuevos préstamos, lo que propicio el inicio de la fuga de capitales, el inicio de una nueva crisis económica y la inminente devaluación de la moneda.

La crisis que sufrió México en 1993 fue causada en gran medida por la apertura comercial que se dio con la firma del TLC, el clima económico propiciaba la entrada a nuevas inversiones por lo que el gobierno se financió a través de Tesobonos y Cetes, estos representaron deudas a corto plazo, protegidos contra los efectos de una posible devaluación, se compraban en la moneda nacional (pesos) se cotizaban en dólares y al momento del cambio se hacía al tipo de cambio vigente, con el objetivo de prevenir una devaluación. La crisis tuvo como consecuencias la sobrevaloración el peso, lo que desincentivo la inversión directa, provocando una caída en las exportaciones directas e indirectas. La principal repercusión fue la devaluación para mantener el tipo de cambio, provocando una caída en las reservas internacionales consecuencia de las fugas de capital e inflación. Como medida para salir de la crisis de 1993 conocida como *Efecto Tequila*, se dio la Alianza para la Recuperación Económica, donde se plantean tarifas graduales para la gasolina, así como otros energéticos y en bienes públicos.

La producción de petróleo en México es uno de los grandes referentes en materia energética, durante el periodo de 2000 a 2006, se registró una de las coyunturas más favorables para México derivada de los altos precios internacionales que mostro el mercado internacional, así como de la elevada producción que se dio a nivel nacional, este periodo de auge se debe principalmente a los ingresos extraordinarios que se dieron por concepto de divisas, provocado por el aumento de exportaciones petroleras que alcanzaron los 70 mil millones de dólares.

Grafica 1 Filtro Hodrick-Prescott del ingreso y consumo nacional



Elaboración propia con el programa eviws

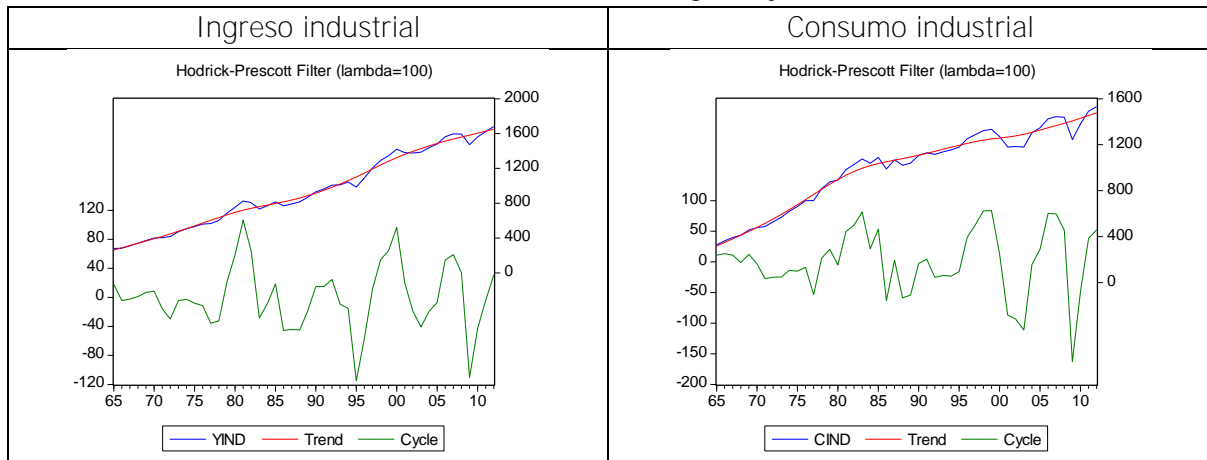
En la *gráfica 2* se observa que el ingreso del sector industrial tiene un periodo de expansión significativo a partir de 1977, su duración es similar al del PIB nacional; este comportamiento positivo del sector se atribuye al momento económico que viva el país, se observa que el comportamiento de la actividad económica nacional es similar al del sector industrial debido a que este es el primer sector en donde se observa la dinámica económica, a partir de 1992 una crisis en cuanto a producción industrial la cual se mantiene hasta 1995, donde comienza la recuperación de dicho periodo, la recuperación para este sector bien se puede explicar con la firma del tratado de libre comercio (TLC) con este tratado se inicia la apertura de la economía mexicana dando pie a la entrada de grandes empresas que trajeron capitales e insertaron nuevas tecnologías, al tiempo que se generaban fuentes de trabajo.

Con la apertura comercial que se dio en este periodo la economía mexicana mostró una fuerte dependencia al desempeño de la economía internacional, condicionando el crecimiento económico nacional a factores externos, este es el caso observado en la desaceleración de la actividad industrial en los Estados Unidos en 2008; ya que las exportaciones del sector industrial en México abastecen las manufacturas estadounidenses, enfatizando la dependencia mutua de ambos sectores. Durante la segunda mitad del año 2008 se observa una disminución en la producción minera, en

especial en la extracción de petróleo y gas, aunado al bajo desempeño de las manufacturas dejaba ver las perspectivas negativas para la actividad industrial en los meses siguientes.

El periodo de auge tras la crisis de 2008 se dio, gracias al aumento de las exportaciones mexicanas, y al avance en las industrias: mineras, de electricidad, agua y suministro de gas. De los subsectores el mayor beneficiado fue el de la industria automotriz.

Grafica 2 Filtro Hodrick-Prescott del ingreso y consumo industrial

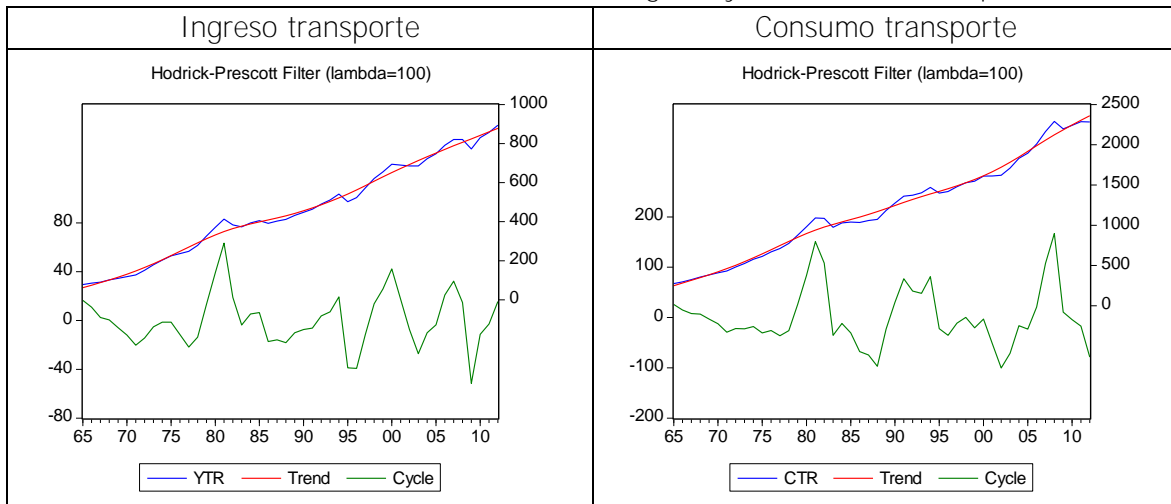


Elaboración propia con el programa eviws

Se observa en la *gráfica 3* que al igual que en los casos anteriores el ingreso del sector transporte a partir de 1978 existe un periodo de auge que tiene una duración de tres años para 1981 se observan dos años de recesión a partir de 1983 se inicia un periodo de relativa estabilidad que se extiende hasta 1994 donde nuevamente se observa un periodo de crisis, para el año de 1996 inicia un periodo de auge que se extiende hasta 2004 donde se registra el inicio de una recesión con una duración de tres años, en 2003 se observa un periodo de expansión en el ingreso del sector transporte, el último periodo de recesión en el ingreso del transporte tiene una duración de dos años inicia en 2007, y en 2010 comienza nuevamente el periodo de auge.

Para el caso del consumo energético del sector transporte, primero periodo de auge en el estudio va de 1977 a 1981, la recesión posterior a este periodo es en un inicio de manera sostenida durante dos años, los siguientes cinco años se observa una disminución continua, para 1987 comienza un periodo de auge con una duración de tres años, el periodo que se sigue se caracteriza por mostrarse con diversas fluctuaciones, para 2005 se observa nuevamente un periodo de auge con una duración de tres años, para 2008 inicia nuevamente un periodo de crisis. Estos periodos de crisis y auge coinciden en su mayoría con las épocas de crisis antes descritas, si bien para cada sector el impacto fue de magnitudes diferentes, cada crisis manifestó de diferentes maneras sus efectos, alcanzando a todos los sectores de la economía.

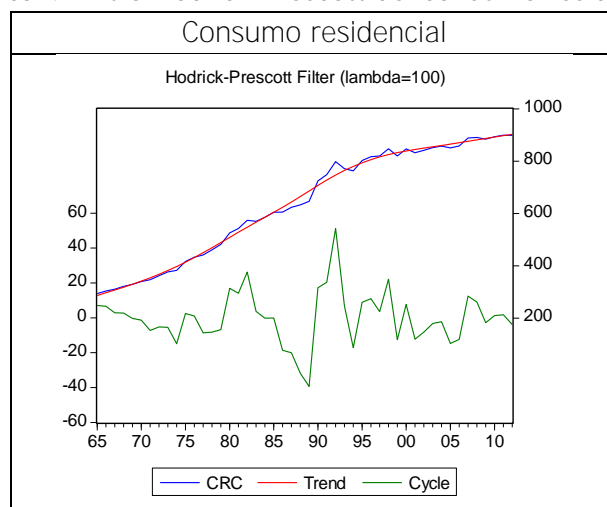
Grafica 3 Filtro Hodrick-Prescott del ingreso y consumo de transporte



Elaboración propia con el programa eviws

La *grafica 4* muestra el consumo del sector residencial, se observa un largo periodo de fluctuaciones negativas, que inician a partir de 1982 este periodo se explica principalmente por el desorden económico que se vivía; gran parte del consumo energético residencial se encuentra conformado por familias, por lo que los crecientes precios que se daban en la época, consecuencia de los altos niveles de inflación provocaron una caída en el consumo energético residencial, para finales de la década se observa un periodo de recuperación sostenida en el consumo energético del sector conjunto residencial-comercial, este periodo de auge se dio en el lapso de cuatro años, ya que para el año de 1993 se observa nuevamente un periodo de recesión, consecuencia del Efecto Tequila.

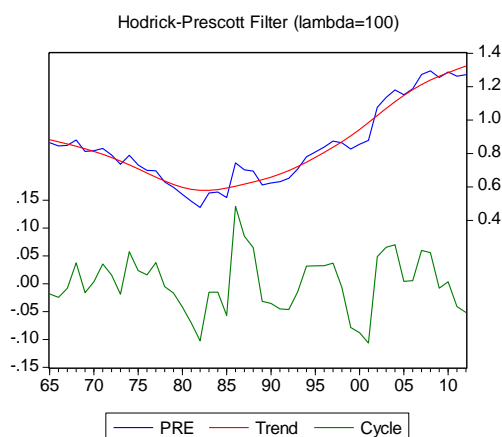
Grafica 4 Filtro Hodrick-Prescott del consumo residencial



Elaboración propia con el programa eviws

El comportamiento de los precios se observa en la *gráfica 5* muestra que durante el periodo que va de 1979 a 1982 hubo una disminución en los precios relativos de energía, provocado principalmente por la sobreoferta mundial de petróleo provocando una disminución en los precios internacionales del energético, para este último año comienza una etapa de corto auge; en 1986 el aumento de los precios fue superior a lo observado, sin embargo este aumento no fue sostenido, al año siguiente comenzó un declive sostenido de los precios hasta 1999, con una ligera estabilización entre 1993 y 1997 donde se da la firma del tratado de libre comercio y la devaluación de la moneda que afecta significativamente en los precios de la energía, este periodo de crisis se extiende hasta 2001, donde se observa nuevamente un aumento del precio de la energía, en gran medida explicado por el comportamiento a nivel mundial en los precios de este sector, como se ha mencionado anteriormente con la apertura comercial en 1994 la economía mexicana se insertó dentro del mercado mundial; gran parte de la economía se encuentra basada en la producción petrolera, por lo que el entorno mundial con respecto a la producción energética afecta significativamente el entorno económico mexicano, por la alta dependencia que se tiene en la producción petrolera, es por esto que en cuanto a precios es más notorio el aumento o las disminuciones.

Gráfica 5 Filtro Hodrick-Prescott del precio relativo de energía



Elaboración propia con el programa eviws



A continuación se presentan los resultados de las estimaciones para cada una de las series, las pruebas de raíz unitaria, las pruebas de cointegración que siguen el método utilizado por Johansen, así como la ecuación normalizada y los resultados de los modelos de corto plazo.

El cuadro 1 nos muestra las pruebas de raíz unitaria que indican el orden de integración de las series; es decir, si son o no estacionarias, se busca que sean estacionarias; es decir que la media y la varianza de los datos sea constante en el tiempo, la gran mayoría de las variables macroeconómicas son de tipo no estacionarias, por lo que es necesario efectuar una diferenciación de las variables  $(Y_t - Y_{t-1})$  tantas veces como sea necesario.

CUADRO 1 PRUEBAS DE RAIZ UNITARIA

	ADF			PP			KPSS	
	A	B	C	A	B	C	A	B
LCNE	<b>-3.55</b>	<b>-1.48</b>	<b>-3.55</b>	<b>-3.34</b>	<b>-1.50</b>	<b>-3.34</b>	0.86	<b>0.21</b>
$\Delta$ LCNE	<b>-3.08</b>	<b>-5.58</b>	<b>-3.08</b>	<b>-4.93</b>	<b>-5.58</b>	<b>-4.93</b>	0.52	0.09
LCIND	<b>-3.52</b>	-2.31	3.79	<b>-4.53</b>	-2.36	3.21	0.81	<b>0.22</b>
$\Delta$ LCIND	<b>-6.33</b>	<b>-7.09</b>	<b>-5.08</b>	<b>-6.35</b>	<b>-7.09</b>	<b>-5.15</b>	0.59	<b>0.11</b>
LCRC	-2.97	-0.05	5.43	-2.97	0.041	4.31	0.86	<b>0.23</b>
$\Delta$ LCRC	<b>-6.12</b>	<b>-7.38</b>	<b>-2.24</b>	<b>-6.23</b>	<b>-7.37</b>	<b>-4.30</b>	0.69	0.08
LCTR	<b>-3.88</b>	-2.12	2.42	-3.49	-1.97	4.06	0.87	<b>0.2</b>
$\Delta$ LCTR	<b>-4.12</b>	<b>-4.79</b>	<b>-2.90</b>	<b>-4.06</b>	<b>-4.79</b>	<b>-2.78</b>	0.51	0.09
LPRE	-0.30	-1.61	-0.68	-0.42	-1.58	-0.76	0.49	<b>0.22</b>
$\Delta$ LPRE	<b>-6.77</b>	<b>-7.13</b>	<b>-6.76</b>	<b>-6.78</b>	<b>-7.13</b>	<b>-6.78</b>	<b>0.37</b>	0.07
LY	-3.26	-2.09	5.75	-3.09	-2.08	5.54	0.88	<b>0.2</b>
$\Delta$ LY	<b>-4.91</b>	<b>-5.45</b>	<b>-3.74</b>	<b>-4.91</b>	<b>-5.41</b>	<b>-3.66</b>	0.5	0.09
LYIND	-2.47	-2.67	3.97	-3.46	-1.71	4.58	0.89	<b>0.19</b>
$\Delta$ LYIND	<b>-5.25</b>	<b>-5.73</b>	<b>-4.36</b>	<b>-5.21</b>	<b>-5.79</b>	<b>-4.34</b>	0.36	0.09
LYRC	-2.17	-2.25	2.45	-2.40	-1.89	3.57	0.86	<b>0.19</b>
$\Delta$ LYRC	<b>-5.09</b>	<b>-5.42</b>	<b>-4.04</b>	<b>-5.03</b>	<b>-5.29</b>	<b>-4.04</b>	0.45	0.05
LYTR	<b>-4.11</b>	-2.06	2.19	<b>-3.83</b>	-1.84	3.56	0.85	<b>0.2</b>
$\Delta$ LYTR	<b>-3.95</b>	<b>-4.59</b>	<b>-2.82</b>	<b>-3.87</b>	<b>4.41</b>	<b>-2.67</b>	0.61	0.1

Las pruebas que se aplicaron fueron: ADF, PP y KPSS, en negrita se muestra el rechazo de la hipótesis nula al 5%; para el caso de las primeras dos pruebas los valores críticos son: con constante -1.95, con constante y tendencia -2.89 y ninguna -1.95 (Maddala y Kim, 1988); para la prueba KPSS los valores críticos son: 0.463 para  $\eta_\mu$  y 0.146 para  $\eta_i$  [Kwiatkowski, 1992]

Las series de tiempo de carácter macroeconómico presentan un componente irregular, por lo que es necesario analizar la raíz unitaria, ya que es un indicador de series no estacionarias que tengan un orden de integración igual a uno I(1).

Para fines de este trabajo se emplean las pruebas Dickey-Fuller Aumentada (ADF); Phillips-Perron (PP) y la prueba Kwiatkowski, Phillips, Smichdt y Shin (KPSS). La prueba Dickey-

Fuller puede ser estimada de tres formas diferentes, bajo tres especificaciones diferentes: como un camino aleatoria, incorporando tendencia e intercepto; como camino aleatorio, únicamente se incorpora el intercepto y finalmente como un camino aleatorio con tendencia; siendo este último modelo el más completo.

Para cada especificación la hipótesis nula es que existe una raíz unitaria (es decir que la serie es no estacionario) y la hipótesis alternativa es que  $\gamma > 0$ , lo que representa la estacionalidad de la serie, con media distinta a cero y con una tendencia determinística. En cuanto al mecanismo de corrección de errores, el término de error del modelo se espera que sea Ruido Blanco, es decir que tuviera media cero, varianza constante y que no esté correlacionada.

De acuerdo a la prueba de la traza, se observa en el cuadro 2, que al menos existe un vector de cointegración para todos los casos; al tomar en cuenta el primer vector de cointegración y normalizando; se presenta en el cuadro 3 las relaciones de largo plazo el consumo nacional de energía y en cada sector, las ecuaciones normalizadas muestran que existe una elasticidad negativa con respecto a los precios y positiva en el ingreso.

	CNE		CIND		CRC		CTR	
	TRAZA	0.95	TRAZA	0.95	TRAZA	0.95	TRAZA	0.95
r=0	31.807*	29.797	35.963*	29.797	32.838*	29.797	29.369*	29.797
r<=1	10.143	15.494	9.7990	15.494	14.615	15.494	12.384	15.494
r<=2	0.0729	3.8414	0.7071	3.8414	4.9464	3.8414	0.0212	3.8414

La prueba de la traza con (\*) indica el rechazo al 5% de nivel de significancia  
r; es el numero de vectores de cointegracion  
El numero de rezagos utilizados fue de 4 en el VAR, para el periodo de 1970-2012

Se observa en el *cuadro 3* que la elasticidad de los precios relativos de energía se encuentra cercana a -0.15 con excepción del sector industrial, que muestra una elasticidad del -.40; lo que quiere decir que, en la mayoría de los casos la variación de los precios en el largo plazo es estable y no afecta significativamente el consumo energético de los sectores, por el contrario se mantiene con relativa estabilidad para el consumo nacional, residencial-comercial y de transporte; lo que significa que en el corto plazo, los sectores antes mencionados tienden a adaptarse más rápidamente a los cambios dados por el precio de la energía.

En el caso del sector industrial, este muestra una elasticidad precio más alta que las demás ecuaciones, no existe estabilidad en el largo plazo dado por los incrementos en el precio de la energía tendrán un efecto negativo en el consumo del sector industrial del -40%, la tendencia muestra que en el corto plazo no se adapta tan fácilmente a los aumentos ocurridos en el precio de la energía. Lo cual indica que en el largo plazo el consumo energético de los sectores estudiados no se ajusta rápidamente a los aumentos en los precios relativos de energía, se encuentra determinado fundamentalmente por el comportamiento del ingreso.

Los resultados muestran que los coeficientes obtenidos en la ecuación normalizada, se estimaron los mecanismos de corrección de errores (mce) para cada sector, estos se utilizaron para la corrección de los desequilibrios que se puedan presentar en el largo plazo a lo largo de la estimación de los modelos de corto plazo.

CUADRO 3 ECUACION NORMALIZADA

	CNE	CIND	CRC	CTR
B1	-0.149021	-0.400289	-0.172178	-0.150801
B2	1.155793	0.819519	0.709226	0.743135

Para todos los casos B1 representa el logaritmo de los precios relativos de energía y B2 el logaritmo del ingreso del sector

En el *cuadro 4* se presenta la estimación de los modelos econométricos finales; se observa que los modelos muestran un buen ajuste, el coeficiente de determinación ( $R^2$ ) es mayor a .50 en todos los casos, en cuanto a las pruebas de diagnóstico; el término de error en los modelos muestra normalidad, no existe evidencia de Autocorrelación ni Heterocedasticidad.

CUADRO 4 MODELOS DE CORTO PLAZO

	NACIONAL		INDUSTRIAL		TRANSPORTE		COMERCIAL Y RESIDENCIAL	
C	-0.85	(0)	0.43	(0)	0.24	(0.06)	0.03	(0)
MCE(-1)	-0.47	(0)	-0.33	(0)	-0.09	(0.07)	-0.14	(0)
DLY	0.62	(0)	----	----	----	----	0.15	(0.11)
DLYIND	----	----	0.46	(0)	----	----	----	----
DLYTR	----	----	----	----	0.47	(0)	----	----
DLCTR(-1)	----	----	----	----	0.16	(0.05)	----	----
DLPRE	-0.21	(0)	-0.17	(0.05)	----	----	-0.07	(0.07)
DLPRE(-2)	----	----	----	----	-0.06	(0.14)	----	----
DLPRE(-3)	0.12	(0.01)	----	----	----	----	----	----
D70	-0.04	(0.05)	----	----	----	----	----	----
D01	----	----	-0.11	(0.02)	----	----	----	----
D09	----	----	-0.15	(0)	----	----	----	----
D83	----	----	----	----	-0.10	(0)	----	----
D89	----	----	----	----	0.05	(0.02)	----	----
D90	----	----	----	----	----	----	0.09	(0)
D92	----	----	----	----	----	----	0.06	(0.01)
$r^2$	0.77	----	0.58	----	0.82	----	0.61	----
DW	1.55	(0)	1.97	(0)	1.59	(0)	2.41	(0)
JB	0.18	(0.91)	0.19	(0.91)	2.04	(0.36)	5.06	(0.08)
LM(2)	1.04	(0.36)	0.22	(0.8)	1.22	(0.31)	1.81	(0.18)
ARCH(2)	0.92	(0.41)	0.98	(0.38)	0.97	(0.39)	0.15	(0.86)

D70, D01, D09, D83, D89, D90, D92, son variables dummies para los años: 1970, 2001, 1983, 1989, 1990 y 1992 respectivamente. Las pruebas de diagnóstico: JB para normalidad, LM autocorrelación, ARCH heterocedasticidad; entre parentesis se encuentra el número de resagos con los que se aplicó la prueba. Para todos los casos entre parentesis se encuentra la probabilidad de los coeficientes del modelo y de las pruebas de diagnóstico.

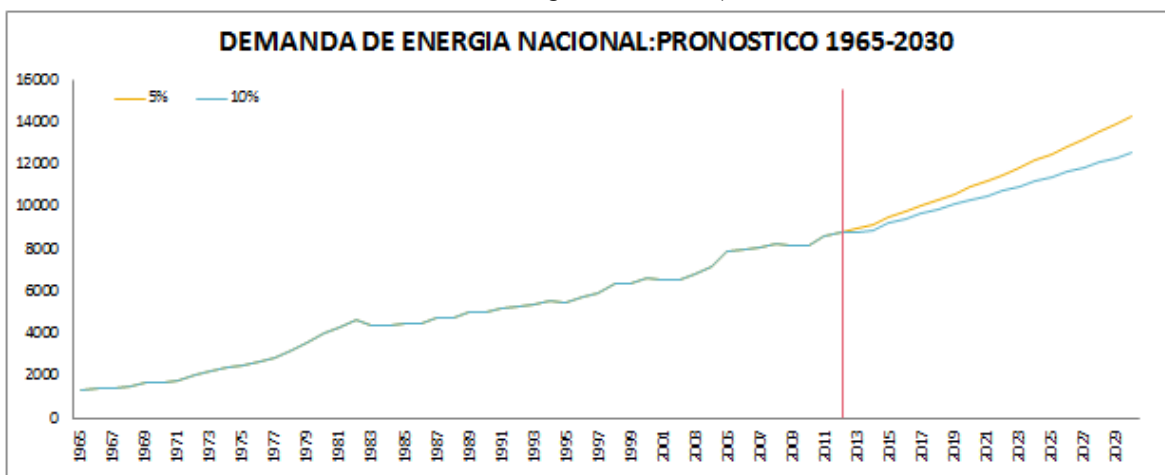
### 3.3.1. RESULTADOS DE PRONOSTICOS

La estimación de los pronósticos de este trabajo plantea dos escenarios, con aumentos en los precios relativos de energía del 5 y 10%; en ambos casos se plantea un aumento en el ingreso del 3%, basados en los ajustes realizados por el Banco de México en Noviembre de 2011 se informa por medio de una minuta del Banco de México el ajuste de proyecciones relativas al crecimiento económico para el país en 2011 y 2012, como consecuencia de la desaceleración que experimentó Estados Unidos, la nueva estimación es de 3.5%-4%, la proyección anterior estimaba un crecimiento de 3.8% a 4.8%. Para 2015 analistas del Banco de México han ajustado la expectativa de crecimiento al 3.08%.

En la *gráfica 6* se muestra el comportamiento de la demanda nacional de energía, así como los pronósticos realizados con aumentos en los precios relativos del 5% y 10%, se observa que con un aumento en los precios del 5% el crecimiento en la demanda energética tendrá un crecimiento más acelerado, el promedio de crecimiento anual durante los años de la proyección es de .71% mostrando un total de 59% durante los años de la proyección; para la estimación que contempla el aumento del 10% en los precios muestra un crecimiento promedio anual de .54% que significa un crecimiento total del 43% en los años de la proyección.

Se observa que el comportamiento de la serie es sostenido y creciente para ambos casos, un aumento en los precios del 5% el aumento de la demanda es mayor que con el aumento a 10% este representa un crecimiento más lento, con una diferencia de .16% anual, durante la proyección. Lo que sugiere de acuerdo a los resultados presentados en el *cuadro 3* que un aumento en los precios no afecta significativamente el consumo energético.

Grafica 6: Demanda de energía nacional: pronóstico 1965-2030

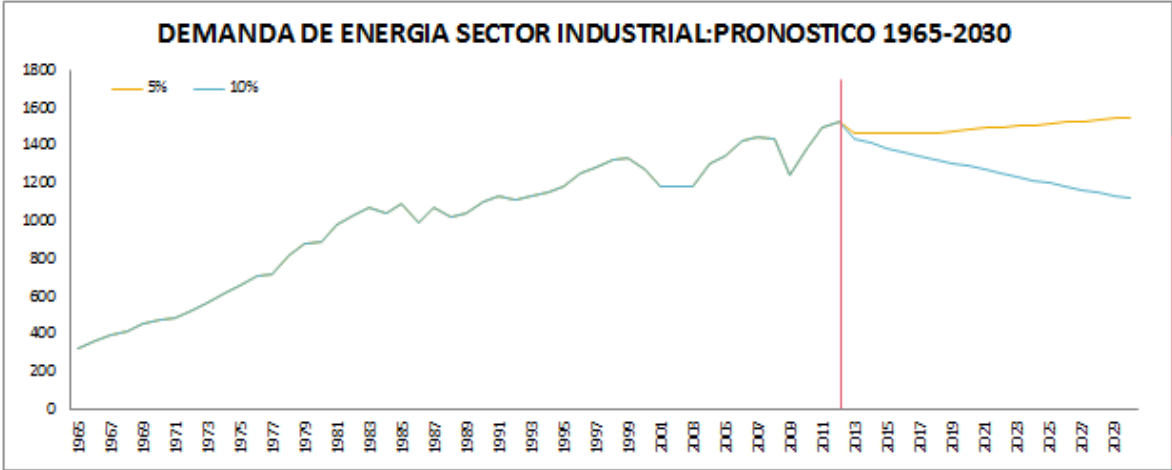


Elaboración propia con datos de SIE-SENER

Se observa en la *gráfica 7* la demanda del sector industrial; con un aumento del 5% en los precios durante los años de la proyección, se registra un crecimiento promedio anual del .09%, durante los años de la proyección se tiene un aumento total del 6%; para el escenario que contempla el aumento de los precios en un 10%, se registra una disminución en la demanda energética del .38% anual, dando un total durante los años de la proyección de -22%.

Como se muestra en el *cuadro 3*, la elasticidad precio de la demanda es más alta que en los demás sectores dejando ver que en el corto plazo no existe estabilidad para la demanda energética industrial, la diferencia observada entre las proyecciones es de .46%, en ambos casos la demanda es decreciente, el escenario donde los precios aumentan en 10% muestra una mayor disminución que el caso del aumento en precios del 5%.

Grafica 7: Demanda de energía del sector industrial: pronóstico 1965-2030

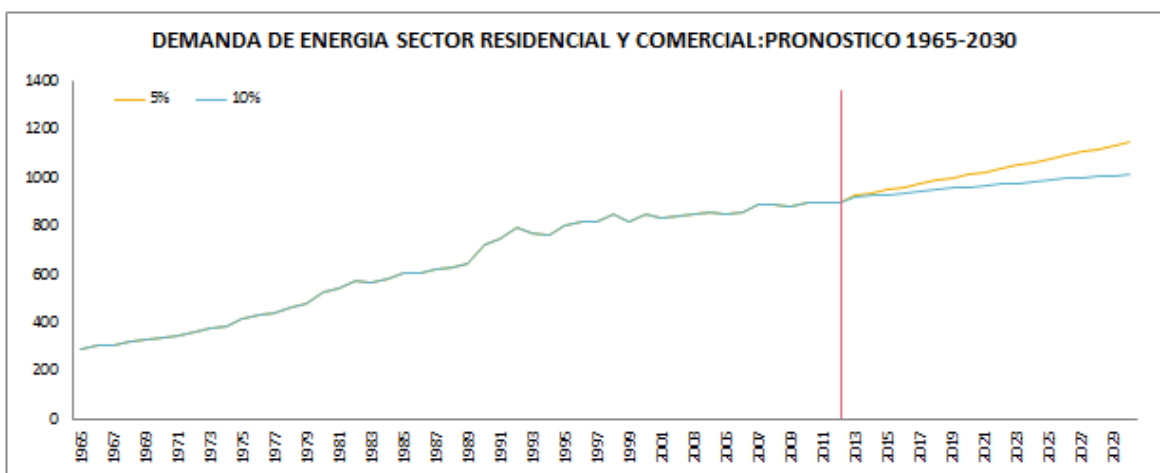


Elaboración propia con datos de SIE-SENER

De manera similar al anterior, el comportamiento del sector conjunto residencial-comercial, muestra que no existe estabilidad en la demanda energética en el corto plazo, se observa en la *gráfica 8* que el escenario al 5% muestra aumentos promedio anual de .33%, lo que permite que se mantenga estable en largo plazo; para el caso de un aumento del 10%, el promedio de crecimiento anual es de .15%, por lo que la disminución en la demanda energética es mayor en un menor tiempo.

La demanda energética de este sector, se encuentra fundamentalmente determinado por el ingreso del mismo, el *cuadro 3* muestra que la elasticidad ingreso de la demanda es del 70%, mientras que los precios influyen en apenas un 17% al comportamiento.

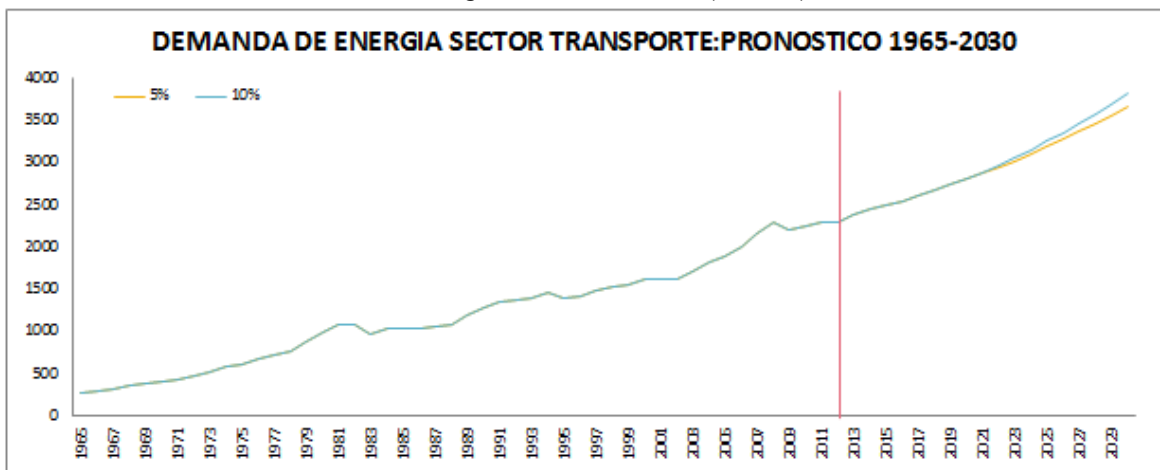
Grafica 8: Demanda de energía del sector residencial-comercial: pronóstico 1965-2030



Elaboración propia con datos de SIE-SENER

El comportamiento del sector transporte se observa en la *gráfica 9*, la cual muestra una rápida adaptación de la demanda en el corto plazo, bajo un escenario donde los precios aumentan en 5%, se espera un crecimiento anual de la demanda energética de .65% en los años de la proyección; mientras que con un aumento del 10% en los precios, se espera un aumento del .71% anual. Para ambos casos se observa una demanda creciente y sostenida, el *cuadro 3* muestra que la relación entre la demanda del sector y lo precios tiende a ser estable en el largo plazo ya que no afecta significativamente en el consumo energético, lo que supone que en el corto plazo el sector se adaptará más rápidamente. La brecha entre la proyecciones es de .06% lo que confirma que, en el corto plazo existe una mejor adaptación de la demanda energética del sector.

Grafica 9: Demanda de energía del sector transporte: pronóstico 1965-2030



Elaboración propia con datos de SIE-SENER

### **3.1.1. OBSERVACIONES FINALES**

- ✓ La demanda energética nacional muestra crecimientos más acelerados, con un aumento en los precios, la demanda energética tiende a adaptarse al producto.
- ✓ El comportamiento del sector industrial se encuentra determinado por el comportamiento del ingreso, por lo que un aumento en los precios influye en un 40% en la demanda energética industrial.
- ✓ La demanda del sector conjunto residencial-comercial está determinado por el ingreso del sector; la demanda es proporcional al aumento del ingreso del sector. Se mantiene estable a lo largo de la proyección.
- ✓ En el corto plazo el sector transporte muestra una rápida adaptación en la demanda energética.

### 3.4. CONCLUSIONES FINALES

- ✓ Existe una extensa evidencia empírica internacional con respecto al estudio de la energía, en especial en el estudio de la energía en los países industrializados, con relación a los países en vías de desarrollo, la información así como el estudio es menor.
- ✓ Para el caso de estudio mexicano, al igual que la evidencia internacional, la ecuación normalizada, muestra que los precios tienen elasticidad negativa y positiva en el ingreso; en todos los casos.
- ✓ Los pronósticos obtenidos de las muestras muestran que las ecuaciones de consumo tienen una tendencia positiva y con incrementos constantes, en ambos escenarios sucede lo mismo, varía en la proporción del incremento. El ingreso y el consumo energético tienden a moverse juntas.
- ✓ Las elasticidades ingreso de los modelos son positivas con un valor cercano a 1, en cuanto a las elasticidades precio estas se muestran negativas para todos los casos, con un valor promedio de  $-0.20$ , siendo el sector industrial el que cuenta con la mayor elasticidad precio.
- ✓ El comportamiento del consumo nacional y de los sectores estudiados muestra que el desarrollo de la economía mexicana se encuentra fuertemente ligado al consumo energético, de no haber innovación tecnológica para el proceso de: producción, distribución y consumo energético; el consumo seguirá incrementando.



## **CAPITULO 4: CONCLUSIONES FINALES Y COMENTARIOS**

En el desarrollo de este trabajo, el objetivo fue es conocer el comportamiento de la demanda energética nacional, así como de los sectores industrial, residencial-comercial y de transporte frente a un aumento de los precios. Ya que este sector se ha convertido en parte fundamental del desarrollo nacional, principalmente por la gran cantidad de energía requerida para el funcionamiento de los sectores clave a nivel nacional, como lo son la industria y el transporte que cada vez es mayor; datos del Instituto Nacional de Ecología (INE 2006) nos indican que las ramas de transporte e industria han tenido un gran dinamismo durante el periodo 1996 a 2006, en el que se ha tenido un ritmo de crecimiento promedio anual del 3%, que actualmente representa el 28% del consumo nacional de energía, en el sector transporte observamos un crecimiento de 3.4% para dicho periodo, representando el 24% del consumo nacional de energía, la mayor concentración del consumo energético se observó en el transporte automotor. Cada sector tiene diferentes requerimientos energéticos sobre las fuentes de abastecimiento de combustibles, para los transportes el uso de los combustibles es significativo; las gasolinas y el diésel son los combustibles que más se emplean con participaciones porcentuales de 64 y 27% respectivamente; en cuanto al sector industrial, el gas natural es el energético que más se utiliza con una participación del 34%, seguido de la electricidad que ocupa un 28%, el coque de petróleo 10% y el diesel 3.1% (SENER, 2012).

Las principales tendencias del sector energético muestran que la demanda de energía se concentra en los sectores de transporte (24%) e industria (45.4%); estos sectores han registrado un crecimiento sostenido en el consumo de energía. la mayoría de la energía empleada actualmente proviene de los combustibles fósiles, estos se utilizan en el transporte, para generar electricidad, calentar ambientes, cocinar, etc.

Para conocer el desarrollo del sector se estimó una función básica de demanda en función del consumo energético del sector y de los precios relativos de energía; los sectores observados fueron: industrial, residencial-comercial y transporte, esto debido a que en los tres sectores se concentra la mayor demanda energética. La evidencia empírica en cuanto a la relación de energía, producto y precios a nivel internacional es bastante extensa, sobre todo para el estudio de países desarrollados y en vías de desarrollo; a nivel nacional estudios relacionados con la energía son muy pocos. Este trabajo nos deja ver las tendencias de crecimiento energético a nivel nacional y en los sectores antes mencionados mostrando que existe una tendencia ascendente paralelo al PIB.

Entre las limitaciones que plantea este trabajo para el desarrollo de un análisis más completo, se encuentra el conocer la infraestructura generadora de energía, con la que se cuenta, el nivel de intensidad energética nacional, el grado de innovación tecnológica del sector, el grado de uso de energías limpias, cuidado de yacimientos petroleros y reservas energéticas, entre otras.

Ya que el sector energético plantea nuevos retos, es necesario ahora evaluar seriamente la realidad energética y establecer una línea de acción que garantice el suministro adecuado para la economía nacional; sin duda el uso de energías limpias será un tema que en poco estará en la mesa de debate, la necesidad de adaptar el suministro energético a las diferentes áreas y regiones de la economía, será otro de los grandes retos a enfrentar.

Es importante para el desarrollo y crecimiento del sector el conocimiento adecuado del comportamiento de los precios no solo nacionales sino también internacionales, sobre todo del petróleo, ya que México se encuentra entre los primeros diez productores de petróleo a nivel mundial. Podemos observar que a nivel mundial los países que se encuentran dentro de la OCDE muestran que el sector industrial posee una tendencia positiva al consumo del petróleo así como de gas natural, estos energéticos son utilizados como materia prima para abastecer la demanda de las industrias como lo son: la de productos químicos, pulpa y papel, hierro y acero, refinación y minerales no metálicos; fuera de la OCDE, China encabeza el consumo de petróleo mostrando una tendencia creciente.

Así mismo el presente trabajo únicamente muestra el comportamiento de la energía fósil a nivel nacional, dejando de lado la energía nuclear y electricidad, al considerar las reservas energéticas e incluir la producción de los energéticos antes mencionados, provee de un panorama más completo y permite hacer análisis más exacto del comportamiento del consumo energético a nivel nacional, así mismo al tomar en cuenta los sectores agrícola y público permite ampliar el análisis del sector energético. Al considerar los aspectos antes mencionados, será posible desarrollar mejoras en las políticas públicas, en el subsidio al precio de la energía, así como en la generación y distribución del energético necesario para cada sector. Siguiendo una línea de estudio, al establecer lo anterior será posible analizar el comportamiento de la energía y su impacto en el medio ambiente, como emisiones de gases de efecto invernadero, para posteriormente generar políticas ambientales adecuadas, al comportamiento de la economía nacional.

## REFERENCIAS

Asafu-Adjaye, J. (2000), "The relationship between energy consumption, energy prices and economic growth: Time series evidence from Asian developing countries", *Energy Economics*, 22, 615-625.

Autores Ugur Soytaş, Ramazan Sari, (2003); "Energy consumption and GDP: causality relationship in G-7 countries and emerging markets" *Energy Economics*

Balance nacional de energía; SENER 2012;  
[http://sener.gob.mx/res/PE\\_y\\_DT/pub/2012/Balance%20Nacional%20de%20Energia%202012%20\(Vf\).pdf](http://sener.gob.mx/res/PE_y_DT/pub/2012/Balance%20Nacional%20de%20Energia%202012%20(Vf).pdf)

Caballero Karina, Galindo Luis Miguel, (2007); "El consumo de energía en México y sus efectos en el producto y los precios"; *Problemas del desarrollo*. Vol.38, núm. 148.

Chang, T., W. Fang y L.F. Wen (2001). "Energy consumption, employment, output, and temporal causality: Evidence from Taiwan based on cointegration and error-correction modeling techniques", *Applied Economics*, 33, 1045-1056.

Cheng, B.S. (1997). "Energy consumption and economic growth in Brazil, Mexico and Venezuela: A time series analysis", *Applied Economic Letters*, 4, 671-674.

Dickey, D.A. y W.A. Fuller (1981). "Likelihood ratio statistics for autoregressive time series with a unit root", *Econometrica*, 49, 1057-1072.

Erol, U. y E.S.H. Yu (1987), "On the causal relationship between energy and income for industrialized countries", *Journal of Energy Development*, 13, 113-122.

Galindo Luis Miguel; (2005) "Short and long run demand for energy in Mexico: a cointegration approach"; *Energy Policy* 33.

Galindo Luis Miguel; Sánchez Luis, (2005); "El consumo de energía y la economía mexicana, análisis empírico con VAR"; *Economía Mexicana/2005/vol14/no2/4.pdf*

Geoffrey A. Jehle, Philip J. Rey; (2000); "Advanced Microeconomic Theory"; Prentice Hall.

Glasure Y.U. y A.R. Lee (1997), "Cointegration, error correction and the relationship between GNP and energy: the case of South Korea and Singapore, *Resource Energy Economics*, 20, 17-25.

Glasure, Y.U. (2002). "Energy and national income in Korea: Further evidence on the role of omitted variables", *Energy economics*, 24, 355-365.

Hondroyanis, G., S. Lolos, y E. Papapetrou (2002). "Energy consumption and economic growth: Assessing the evidence from Greece", *Energy Economics*, 24, 319-336.

**Hondroyannis George(2004) "Estimating residential demand for electricity in Greece";**  
*Energy Economics*

International Energy Agency (IEA) (2013), *International energy outlook 2013*;  
[http://www.eia.gov/forecasts/ieo/pdf/0484\(2013\).pdf](http://www.eia.gov/forecasts/ieo/pdf/0484(2013).pdf)

Johansen, S. (1988). "Statistical analysis of cointegration vectors", *Journal of Economic Dynamics and Control*, 12, 231-254.

Juselius Katarina (2006); *The Cointegrated VAR Model: Methodology and Applications*;  
Oxford University Press

Kwiatkowski, D., P.C.B. Phillips, P. Schmidt e Y. Shin (1992). "Testing the null hypothesis of stationary against the alternative of a unit root", *Journal of Econometrics*, 1, 159-178.

López, L. (1996), *Una Aplicación para España de un Modelo de Demanda de Energía (1964 – 1987)*, Universidad Nacional de Educación a Distancia, Madrid.

Maddala, G.S.(1992). *Introduction to Econometrics*, 2nd edition. Prentice-Hall Inc. New Jersey.

**Oh, W. y K. Lee (2004), "Causal relationship between energy consumption and GDP revised: the case of Korea 1970-1999",** *Energy Economics*, 26, 51-59.

**Paresh Kumar Narayan, Russell Smyth (2003); "Electricity consumption, employment and real income in Australia evidence from multivariate Granger causality test;** *Energy Policy*

Phillips, P.C.B. y P. Perron (1988). "Testing for unit roots in time series regression", *Biometrika*, 75, 335-346.

**Soytas, U. y R. Sari (2002), "Energy consumption and GDP: causality relationship in G-& countries and emerging markets",** *Energy Economics*, 25, 33-37.

Stern, D.I. (2000). "A multivariate cointegration analysis of the role of energy in the US macroeconomy", *Energy Economics*, 22, 267-283.

Yu, E.S.H. y B.K. Hwang (1984). "On the relationship between energy and GNP: further results", *Energy Economics*, 6, 186-190.

Yu, E.S.H. y J.Y. Choi (1985). "The causal relationship between energy and GNP: an international comparison", *Journal of Energy and Development*, 10, 249-272.

## ANEXO

### PRUEBAS DE HPOTESIS

NORMALIDAD:

➤ *Estadístico Jarque-Bera*

$$JB = \frac{N-k}{6} \left[ S^2 + \frac{(k-3)^2}{4} \right] \quad \text{sí } JB < 5.99 \text{ no se rechaza}$$

N: tamaño de la muestra

k: curtosis

S: simetría

$$H_0 : \rho\text{-value} > .05 \rightarrow u_t \sim N$$

$$H_1 : \rho\text{-value} < .05 \rightarrow u_t \neq N$$

AUTOCORRELACIÓN:

➤ *Estadístico Durbin-Watson*

$$DW = \frac{\sum_{t=2}^T (\hat{u}_t - \hat{u}_{t-1})^2}{\sum_{t=1}^T \hat{u}_t^2} \cong 2(1-\rho) \rightarrow \begin{cases} DW \cong 2 \text{ sí } \rho=0 \\ DW \cong 0 \text{ sí } \rho=1 \\ DW \cong 4 \text{ sí } \rho=-1 \end{cases}$$

$H_0$  = no existe autocorrelación

$H_1$  = existe autocorrelación

$$d_U < DW < 4 - d_U \rightarrow \text{Se acepta } \rho > 0$$

$$DW < d_L \begin{cases} \text{Se rechaza } \rho=0 \\ \text{Se acepta } \rho > 0 \end{cases}$$

$$DW > 4 - d_L \begin{cases} \text{Se rechaza } \rho=0 \\ \text{Se acepta } \rho < 0 \end{cases}$$

➤ *Estadístico LM: lagrange multiplier*

$$Y_t = \beta_1 x_{1t} + \beta_2 x_{2t} + \dots + \beta_k x_{kt} + u_t.$$

Se asume que los errores son autorregresivos de orden  $\rho$ .

$$u_t = \theta_0 + \theta_1 u_{t-1} + \dots + \theta_\rho u_{t-\rho} + v_t$$

Se estima la siguiente regresión:

$$u_t = \theta_0 + \eta_1 x_{1t} + \eta_2 x_{2t} + \dots + \eta_k x_{kt} + \theta_1 e_{t-1} + \dots + \theta_p u_{t-p} + v_t$$

$H_0 : \theta_0 = \theta_1 = \dots = \theta_p = 0$  no existe autocorrelación

$H_1 : \theta_0 \neq \theta_p$  existe autocorrelación

$$LM \sim \chi^2(\rho) = nR^2$$

#### HETEROCEDASTICIDAD

➤ Estadístico ARCH:

El modelo  $Y = x\beta + u$  depende del cuadrado de los errores observados en el pasado  $\sigma_t^2 = v(u_t) = d_0 + d_1 u_{t-1}^2 + \dots + d_p u_{t-p}^2$  si  $d_1 = \dots + d_p = 0$  no existe efecto ARCH es decir, no existe Heterocedasticidad.

El contraste ARCH ( $\rho$ ) comienza estimando los residuos  $u_t$  y se realiza la regresión auxiliar  $u_t^2 = d_0 + d_1 u_{t-1}^2 + \dots + d_p u_{t-p}^2$ , existe homoscedasticidad si la prueba F acepta la nulidad conjunta de los parámetros.