

Análisis del Consumo de Energía Eléctrica por Entidad Federativa y su correlación con el Producto Interno Bruto (PIB)

Diplomado: “Analítica y Ciencia de Datos”

12 de octubre de 2024

Juan Manuel Mendoza Ramos

Contenido

- 1. Selección y Justificación de la Base de Datos.**
 - a. Búsqueda de la base de datos.
 - b. Justificación de la selección.
- 2. Preparación y limpieza de los datos.**
 - a. Descripción de la base de datos.
 - b. Limpieza de datos.
- 3. Análisis exploratorio de datos (EDA).**
 - a. Análisis descriptivo.
- 4. Visualización de datos.**
 - a. Herramienta de visualización.
 - b. Principales visualizaciones.
- 5. Interpretación y conclusiones.**
 - a. Resultados de análisis
 - b. Conclusiones

1. Selección y Justificación de la Base de Datos.

He elegido realizar el análisis de este apasionante tema: El consumo de energía eléctrica y su correlación con el crecimiento económico, dicho análisis acotado a nivel entidad federativa y Nacional.

El objetivo es: Demostrar que en condiciones normales la correlación entre el PIB y el consumo de energía eléctrica debe ser positiva, tanto a nivel nacional como por entidad federativa. Ahora bien, en los casos que no sea así, determinar la causa raíz.

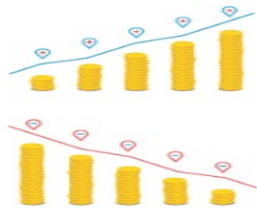
Iniciemos con lo referente al consumo de energía eléctrica. El consumo final de energía eléctrica se refiere a la energía eléctrica vendida a través de CFE suministradores y esquemas de autoabastecimiento. Es importante señalar que, la planeación del desarrollo del sector eléctrico parte del análisis del consumo de electricidad para el mediano y largo plazo. Ello permite diseñar de manera óptima el desarrollo y la expansión de capacidad de las actividades de generación, transmisión, distribución y comercialización de energía eléctrica.

El crecimiento del consumo de energía eléctrica está sujeto a diversos factores entre los más determinantes se encuentran:

- **Crecimiento poblacional.** Consiste en la tasa de crecimiento del número de habitantes dentro de un territorio.
- **Estacionalidad.** Los factores climáticos, temperaturas extremas, nevadas, lluvias, tienden a elevar la demanda y consumo de un Sistema Eléctrico de Potencia.
- **Electromovilidad.** La movilidad eléctrica, presenta una alternativa tangible para mejorar la movilidad y la reducción de emisiones al medio ambiente.
- **Crecimiento económico.** Cuando la población tiene una mejora en su ingreso económico, las ventas de servicios y productos se dinamizan.
- **Pandemias.** Los eventos ocurridos en 2009 y 2020 (Influenza y COVID-19), han impactado directamente el consumo de energía eléctrica.

1. Selección y Justificación de la Base de Datos.

Producto Interno Bruto (PIB)



El **PIB** es la suma del valor del dinero de todos los bienes y servicios de uso final que genera un país o entidad federativa durante un periodo, generalmente anual o trimestral.

¿Para que sirve? Es muy importante saber si la economía del país esta creciendo o no, es decir, si se produjo más o menos que el año anterior. El cambio en el PIB a lo largo del tiempo, es uno de los indicadores económicos más importantes del crecimiento económico.

Un crecimiento en el PIB, significa que se producirán más bienes y servicios, que habrá más empleo y actividad económica. Por el contrario, si el PIB disminuye, habrá menos actividad económica y más desempleo.

En 2020, las actividades terciarias representan el 64 % del PIB de México, seguidas por las actividades secundarias con el 32 % y las primarias con el 4 %.



Actividades económicas en el PIB:

- **Primarias.** Agricultura, ganadería, explotación forestal, pesca y acuicultura.
- **Secundarias.** La construcción, las industrias manufactureras, la distribución y transmisión de energía eléctrica y el suministro de gas por ductos.
- **Terciarias.** El comercio, servicios, las comunicaciones y los transportes.

SENER: Secretaria de Energía

- INEGI:** Instituto Nacional de Estadística y Geografía

- La base de datos obtenida del INEGI, muestra los datos del PIB por entidad federativa durante el periodo de 2003 a 2022 a precios constantes tomando como referencia 2018, contiene 34 columnas (32 estados, total nacional, en formato moneda MDP y la correspondiente al periodo en formato número), incluye 21 filas (encabezado y 20 años del periodo 2003-2022).

Referente a la base de datos obtenida de SENER, muestra el consumo de energía eléctrica por estado durante el periodo de 2003 a 2016, contiene 34 columnas (32 estados, total nacional y la correspondiente al periodo), incluye 15 filas (encabezado y 14 años del periodo 2003-2016). Formato 33 columnas son valores en número, Gigawatts-hora, la otra columna son valores numericos correspondiente al año.

Consumo de energía eléctrica por entidad federativa (gigawatts-hora)												
Entidad federativa	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014
Aguascalientes	1 726.9	1 887.3	2 043.9	2 215.8	2 320.3	2 387.1	2 337.9	2 286.4	2 420.2	2 448.5	2 428.5	2 628.6
Baja California	7 522.3	8 066.3	8 496.3	9 055.9	9 233.1	9 488.1	9 900.3	9 488.1	9 856.5	9 825.2	9 815.6	10 071.8
Baja California Sur	1 073.6	1 250.4	1 338.4	1 448.3	1 578.0	1 700.0	1 750.4	1 793.2	1 920.9	2 009.3	2 116.5	2 201.7
Campeche	627.2	758.7	889.3	918.1	960.4	1 032.1	1 084.7	1 104.4	1 223.3	1 239.3	1 284.8	1 340.8
CDMX	8 243.2	8 864.3	9 552.3	10 264.3	10 880.3	11 544.3	12 044.3	12 544.3	13 044.3	13 544.3	14 044.3	14 544.3
Chiapas	1 220.1	1 280.5	1 339.9	1 426.2	1 482.2	1 534.4	1 515.8	1 486.4	1 550.2	1 585.6	1 758.6	1 797.3
Colima	1 513.9	1 773.2	2 116.2	2 248.0	2 380.6	2 370.2	2 599.5	2 737.2	2 771.6	2 824.6	2 912.4	3 054.6
Coahuila	2 030.7	2 173.9	2 317.9	2 461.9	2 605.9	2 749.9	2 893.9	3 037.9	3 181.9	3 325.9	3 469.9	3 613.9
Estado de México	12 522.0	13 302.5	13 965.5	14 737.0	15 508.5	16 280.0	17 051.5	17 823.0	18 594.5	19 366.0	20 137.5	20 909.0
Durango	2 291.6	2 450.2	2 586.9	2 722.5	2 789.9	2 689.4	2 851.1	2 936.8	3 061.2	3 146.9	3 232.6	3 318.3
Guanajuato	6 080.1	7 001.4	7 575.1	7 954.2	8 252.3	8 673.2	8 569.5	8 489.0	10 442	10 804.0	10 506.0	10 946.6
Guerrero	1 055.3	1 251.5	1 351.5	1 451.5	1 551.5	1 651.5	1 751.5	1 851.5	1 951.5	2 051.5	2 151.5	2 251.5
Hidalgo	1 348.1	1 588.1	1 698.1	1 708.1	1 808.1	1 908.1	1 958.1	2 008.1	2 108.1	2 208.1	2 308.1	2 408.1
Jalisco	10 575.9	11 530.7	12 585.5	13 640.3	14 695.1	15 749.9	16 804.7	17 859.5	18 914.3	19 969.1	21 023.9	22 078.7
Estado de México	12 522.0	13 302.5	13 965.5	14 737.0	15 508.5	16 280.0	17 051.5	17 823.0	18 594.5	19 366.0	20 137.5	20 909.0
Michoacán	4 294.1	4 544.1	4 794.1	5 044.1	5 294.1	5 544.1	5 794.1	6 044.1	6 294.1	6 544.1	6 794.1	7 044.1
Morelos	1 951.3	2 033.5	2 115.6	2 200.7	2 282.8	2 364.9	2 447.0	2 529.1	2 611.2	2 693.3	2 775.4	2 857.5
Nayarit	794.3	850.5	972.6	1 038.6	1 095.5	1 181.6	1 200.1	1 202.5	1 321.7	1 341.3	1 380.5	1 451.1
Nuevo León	11 563.1	12 518.1	13 473.1	14 428.1	15 383.1	16 338.1	17 293.1	18 248.1	19 203.1	20 158.1	21 113.1	22 068.1
Oaxaca	1 770.3	1 952.4	2 141.9	2 331.4	2 520.9	2 710.4	2 900.9	3 090.4	3 280.9	3 470.4	3 660.9	3 850.4
Puebla	5 863.4	6 156.3	6 451.2	6 746.1	7 041.0	7 335.9	7 630.8	7 925.7	8 220.6	8 515.5	8 810.4	9 105.3
Quintana Roo	1 075.0	1 224.8	1 374.6	1 524.4	1 674.2	1 824.0	1 973.8	2 123.6	2 273.4	2 423.2	2 573.0	2 722.8
Quintana Roo	1 075.0	1 224.8	1 374.6	1 524.4	1 674.2	1 824.0	1 973.8	2 123.6	2 273.4	2 423.2	2 573.0	2 722.8
Quintana Roo	1 075.0	1 224.8	1 374.6	1 524.4	1 674.2	1 824.0	1 973.8	2 123.6	2 273.4	2 423.2	2 573.0	2 722.8

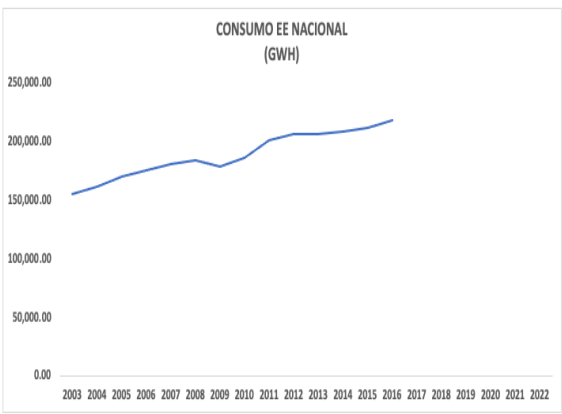
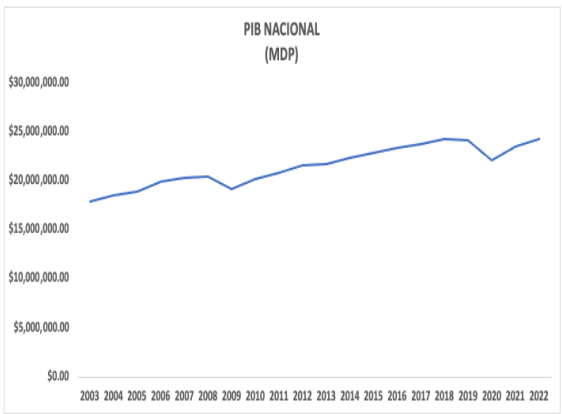
3. Análisis exploratorio de datos (EDA).

Al disponer de las bases de datos originales, se ajustaron con base a los requerimientos y se generaron las bases actualizadas. Posteriormente, utilizando excel se realizó el análisis estadístico para obtener media, mediana, desviación estándar y factor de correlación. A continuación, se muestran como ejemplo el resultado a nivel nacional y el estado de Jalisco.

PIB (Producto interno bruto MDP)	Consumo de Energía Eléctrica (GWH)	PIB (Producto interno bruto MDP)	Consumo de Energía Eléctrica (GWH)
Estadísticas descriptivas (media, mediana, moda, desviación estándar)	Estadísticas descriptivas (media, mediana, moda, desviación estándar)	Estadísticas descriptivas (media, mediana, moda, desviación estándar)	Estadísticas descriptivas (media, mediana, moda, desviación estándar)
Media = \$21,467,038.78	Media = 188,791.93	Media = \$1,512,113.50	Media = 11,284.10
Mediana = \$21,630,794.20	Mediana = 185,275.73	Mediana = \$1,501,344.70	Mediana = 11,138.71
Desviación estandar = \$2,021,940.05	Desviación estandar = 19,907.77	Desviación estandar = \$188,314.56	Desviación estandar = 1,274.97

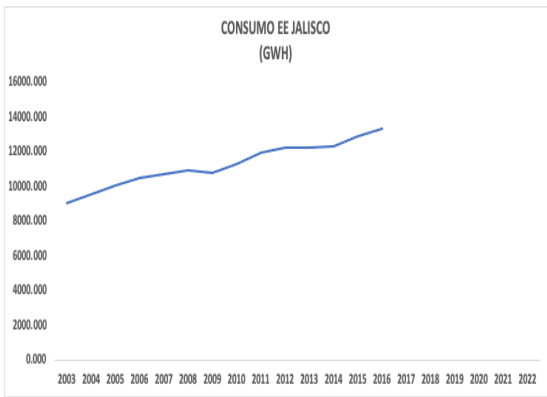
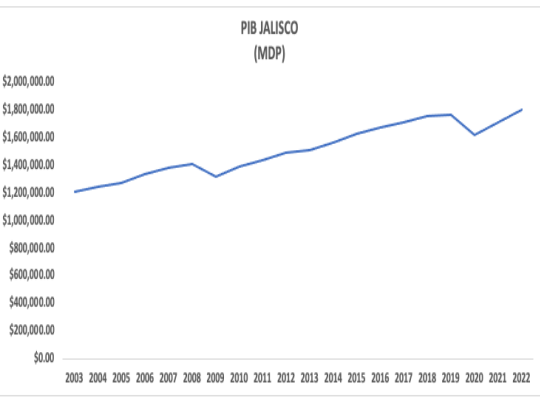
Coefficiente de correlación entre ambas bases de datos (PIB v.s. Consumo EE)

Coefficiente = 0.972294455



Coefficiente de correlación entre ambas bases de datos (PIB v.s. Consumo EE)

Coefficiente = 0.971255285



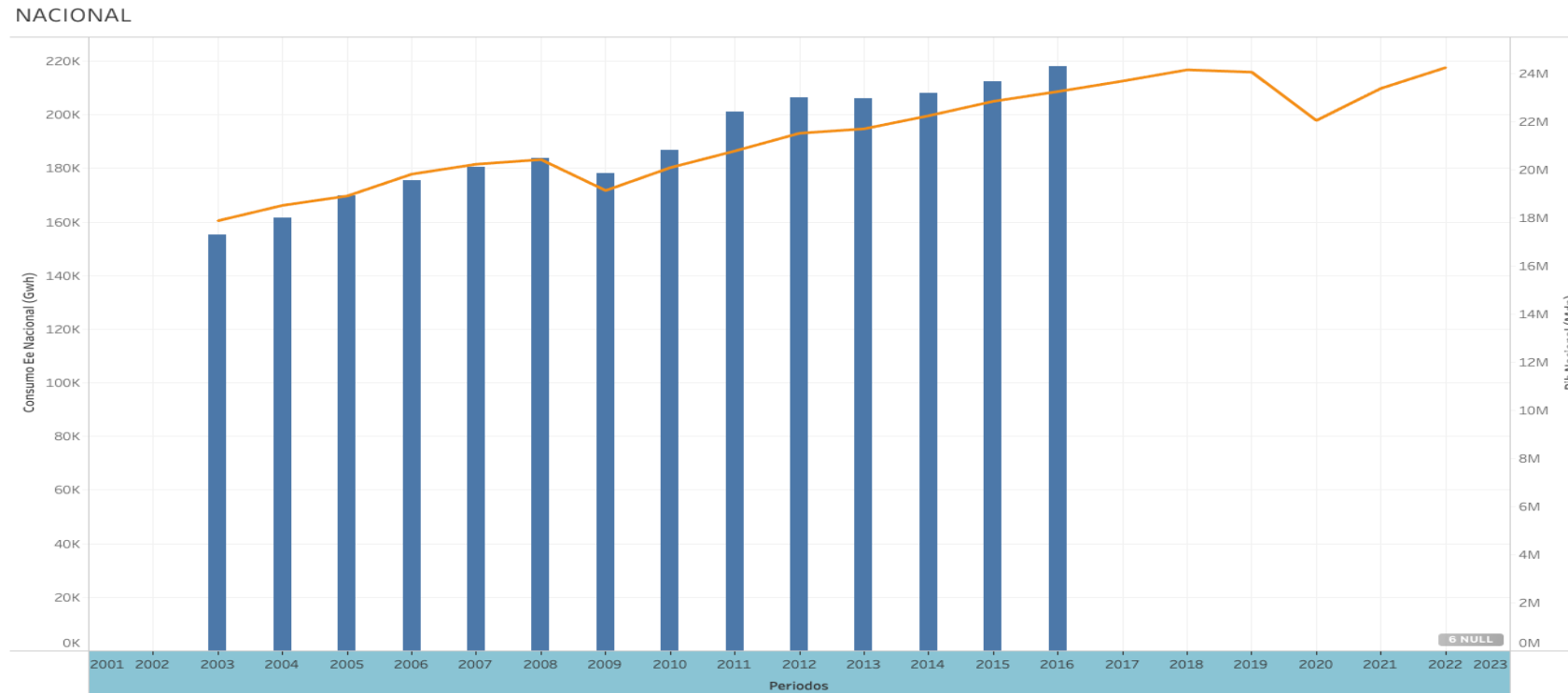
3. Análisis exploratorio de datos (EDA).

Cabe mencionar que, utilizando python también se realizó el citado análisis. En esta sección se muestran parcialmente los datos estadísticos y el mapa de calor obtenidos en python.



4. Visualización de datos.

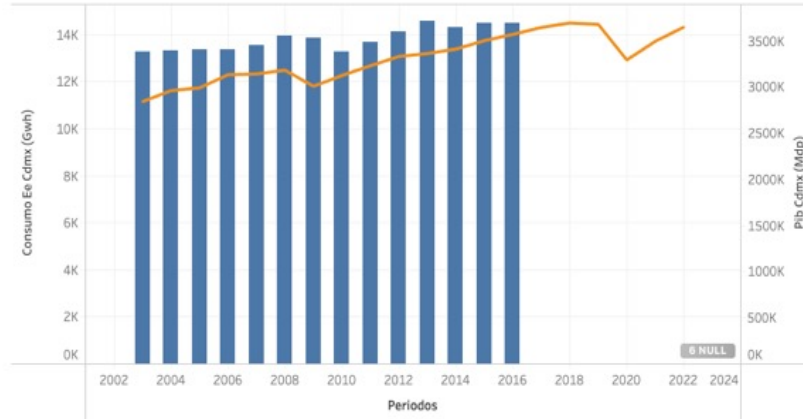
Si bien en los análisis estadísticos realizados en excel y la parte de python, se obtienen algunas gráficas, la visualización completa se realizó en tableau. A continuación, se muestran imágenes de unos de los dashboards elaborados. Cabe mencionar que, para incluir gráficas de los 32 estados y anivel nacional. Utilice gráficas combinadas, barras para representar el consumo de energía eléctrica y líneas para indicar el PIB.



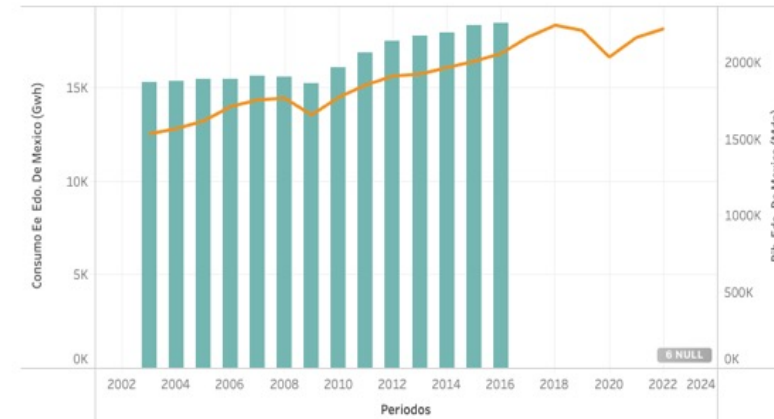
4. Visualización de datos.

Este Dashboard, integra los cuatro estados que más aportan al PIB nacional.

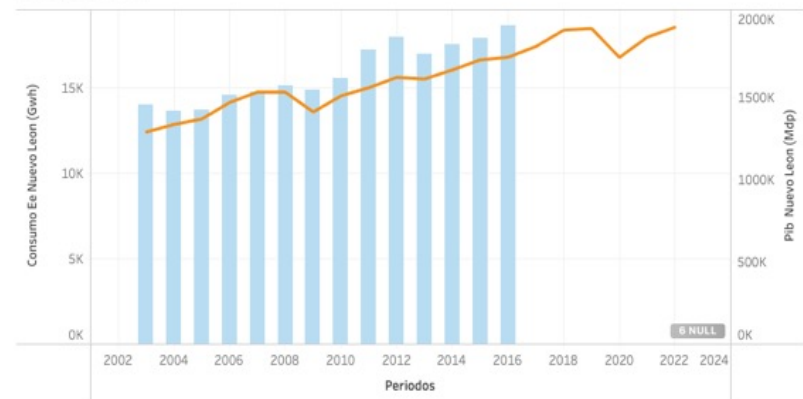
CDMX



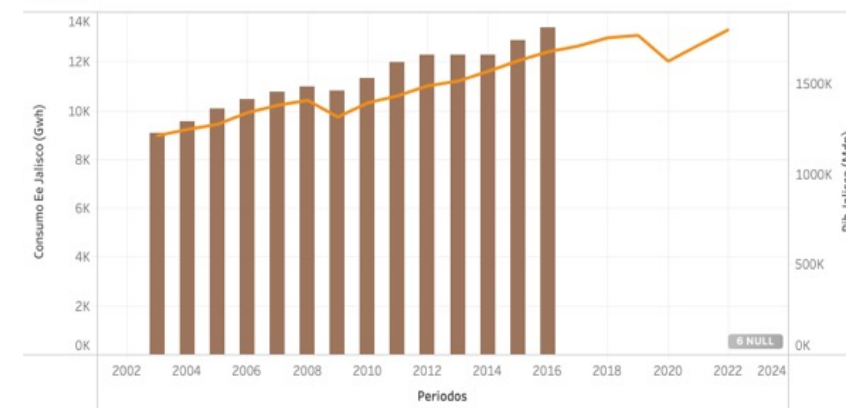
ESTADO DE MEXICO



NUEVO LEON



JALISCO



5. Interpretación y conclusiones

El PIB a nivel nacional al cierre de 2022 fue de \$24,268,261.335 MDP, es decir \$24.26 Billones de pesos, derivado del análisis se observa en la siguiente tabla la mayor aportación al PIB.

La aportación de los nueve estados fue de \$14,513,254.760 MDP, que representa el 60% del total.

ESTADO	CONTRIBUCIÓN AL PIB (MDP)
CDMX	\$3,650,106.891
Estado de México	\$2,220,002.448
Nuevo León	\$1,926,151.315
Jalisco	\$1,798,206.222
Guanajuato	\$1,109,908.061
Veracruz	\$1,043,010.288
Coahuila	\$935,373.432
Baja California	\$920,338.120
Chihuahua	\$910,158.006

Referente al consumo nacional de energía de 2016 (último dato certero) fue de 218,072.29 GWH, derivado del análisis se observa en la siguiente tabla la mayor aportación al consumo de energía.

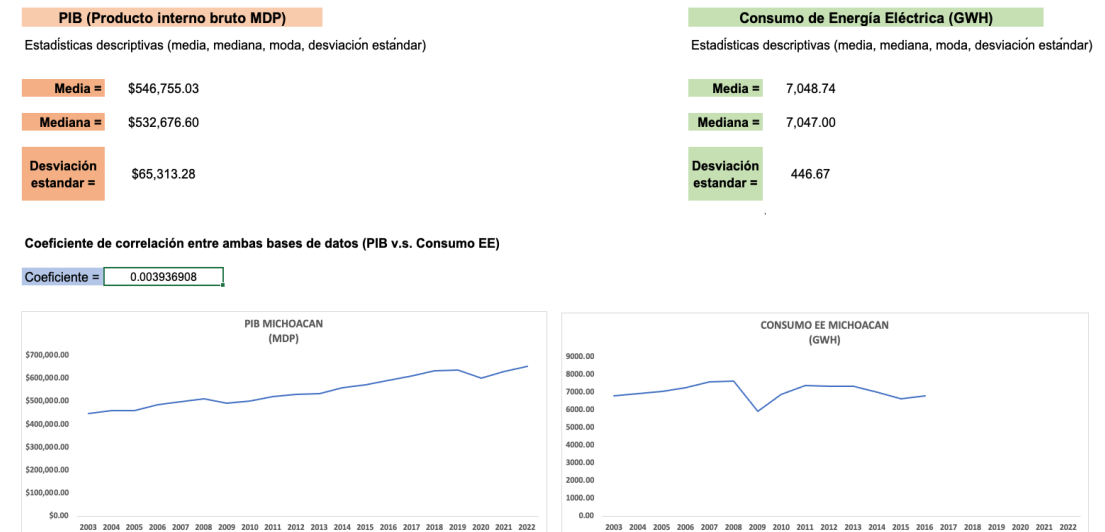
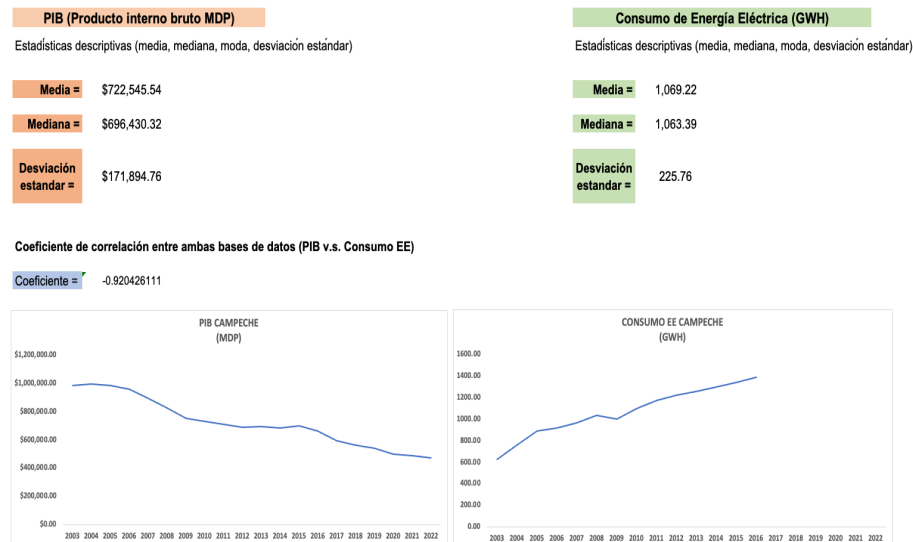
La aportación de los nueve estados al consumo fue de 120,115.67 GWH, que representa el 55% del total.

ESTADO	CONSUMO DE E.E. (GWH)
Estado de México	18,428.51
Nuevo León	17,864.14
CDMX	14,500.02
Jalisco	13,370.62
Chihuahua	12,197.42
Guanajuato	11,943.12
Veracruz	11,142.22
Baja California	10,457.72
Coahuila	10,211.89

5. Interpretación y conclusiones

Estado de Campeche: En la figura se muestra una correlación negativa y se observa que a partir de 2003 el PIB tiene una tendencia a la baja, caso contrario al consumo de energía que tiende a incrementarse desde 2003. La causa de la caída en el PIB de manera constante durante los últimos años, es por la baja producción petrolera, el PIB dependía en un 80% de la actividad petrolera, por ello la economía del estado ha colapsado y se adapta al nuevo entorno económico.

Estado de Michoacan: Las figura muestra una correlación minima y un comportamiento del PIB incrementandose de manera natural desde 2003, con las caidas en 2009 y 2020 causadas por las pandemias de influenza y COVID-19 respectivamente. Ahora bien, el consumo de energía presenta una caída muy pronunciada. Al ser un estado poco industrializado, prácticamente solo la industria siderúrgica del puerto Lázaro Cárdenas es el principal impulsor. La caída en el consumo en 2009 interrumpió la tendencia al alza que se venía presentando y la recuperación aún no ha llegado, esto por diversos factores, la inseguridad y las huelgas que aquejan a esa industria.



5. Interpretación y conclusiones

● LECCIONES APRENDIDAS

1. Como resultado del análisis podemos concluir que el Comportamiento del producto interno bruto (PIB) y el consumo de energía eléctrica en una región y durante un periodo, **presentan una correlación positiva**, hay contadas excepciones que no se cumple y donde la causa raíz es un evento atípico que influye en el comportamiento de las variables mencionadas. Importante resaltar que, el histograma formado con los factores de correlación obtenidos en el análisis estadístico, el 96.96% presenta un correlación positiva.
2. Con base a lo anterior, podemos afirmar que sin energía eléctrica para actividades primarias, secundarias o terciarias no hay crecimiento económico sostenido, no hay generación de empleos y en si, generación de riqueza en una región.
3. La relocalización de empresas que actualmente están o estaban en China y han optado por instalarse en nuestro país (NEARSHORING), buscan instalarse en sitios donde se disponga de entre otras cosas, de red eléctrica para formar parques industriales que satisfagan la demanda de energía eléctrica. Asimismo, buscan condiciones de servicios básicos como agua, seguridad, certidumbre jurídica y acceso a medios de transporte con rutas a Estados Unidos de America principalmente.
4. México dispone de un potencial para generar energías limpias (Sol y viento), a continuación se muestran mapas con potencial eólico y solar. Asimismo, el mapa final, muestra el pronóstico de crecimiento por región del consumo de energía eléctrica.

5. Interpretación y conclusiones

Figura 8.1. Zonas con alto potencial de generación solar

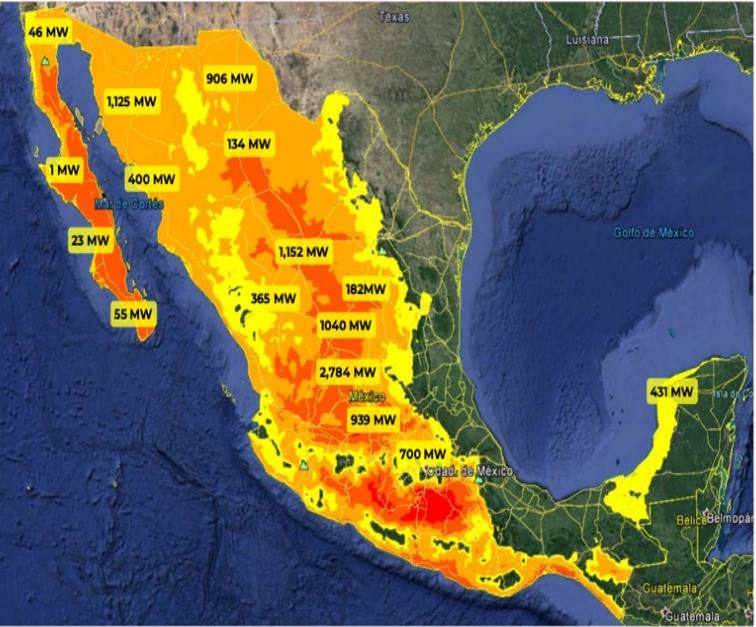


Figura 8.2. Zonas con alto potencial de generación eólica

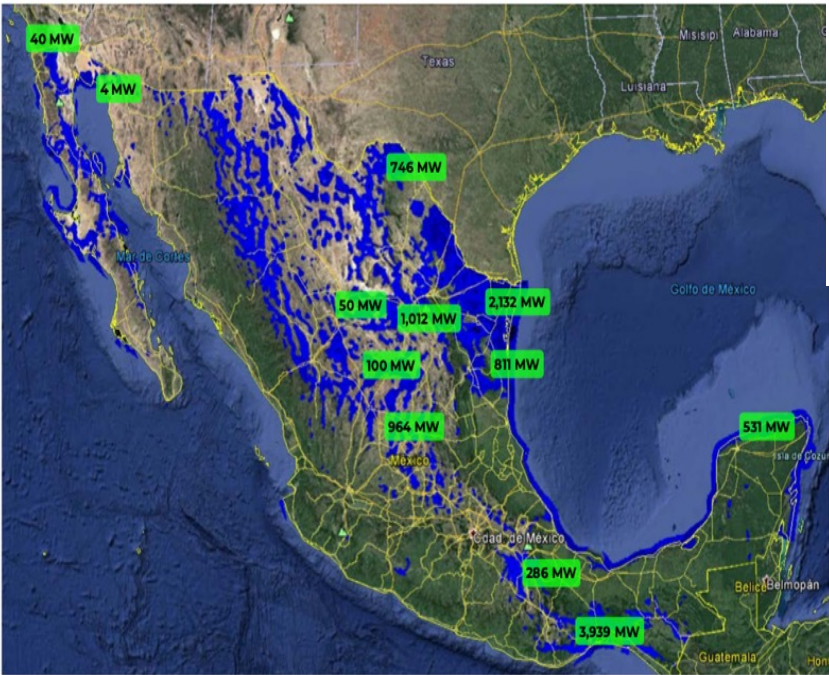


FIGURA 3.23 PRONÓSTICO REGIONAL DEL CONSUMO NETO 2024-2029 Y 2024-2038, ESCENARIO DE PLANEACIÓN



SEN, TMCA (%) ^{1/}	
2.6	2024 - 2029
2.4	2024 - 2038
SIN, TMCA (%) ^{1/}	
2.5	2024 - 2029
2.4	2024 - 2038

^{1/}tmca, año de referencia 2023.
FUENTE: Elaborado por SENER con información de CENACE.

5. Interpretación y conclusiones

PASOS A SEGUIR

1. Con la entrada de la nueva administración, se espera que estén disponibles nuevamente las bases de datos del consumo de energía eléctrica por estados y municipios.
2. Con base a lo anterior, realizar un nuevo análisis y contrastarlo con los mapas actuales donde se indique el potencial de energías limpias (Solar y eólica).
3. El país requiere de energía para estar en movimiento, con este análisis se tienen identificadas las zonas donde hay bajo crecimiento económico y que se dispone de red y capacidad eléctrica, igualmente zonas en las que estratégicamente se debe desarrollar infraestructura eléctrica. Un reto del próximo Gobierno, es hacer inversiones públicas, privadas o mixtas, bienvenidas por el bien de México.