

# **¿ES FACTIBLE GENERAR ENERGÍA EN ARGENTINA DE FORMA SOSTENIBLE?**

## **RESUMEN EJECUTIVO**

AUTOR JUAN JOSE CARREON  
CURSO DATA SCIENCE - COMISION 46275



# Agenda

- 01** Contexto y Audiencia
- 02** Preguntas de Interés, Objetivo e Hipótesis
- 03** Metadata
- 04** Análisis Exploratorio (EDA)
- 05** Insights, Recomendaciones y Conclusión

# Contexto y Audiencia



## AUDIENCIA

El área de análisis y control global de CAMMESA, busca asesorar a la gerencia de combustibles para la definición de políticas y acciones concretas que favorezcan el uso más eficiente de los recursos energéticos disponibles en cada una de las provincias y de esta manera lograr una mejor coordinación entre los agentes generadores del MEM.



## CONTEXTO

La empresa que administra en Argentina el mercado eléctrico mayorista (CAMMESA) debe asegurar el correcto suministro de energía de acuerdo a todas las necesidades de los usuarios pero dado el progresivo cambio climático producto del uso de combustibles fósiles exige que lo que se genera sea consistentemente responsable desde el punto de vista medioambiental.

En base a esto se quiere entender como se comporta el segmento de GENERACIÓN del MEM, y para ello CAMMESA suministra mensualmente datos de generación de energía en MWh y emisiones de gases de efecto invernadero en toneladas de CO2. En este caso los datos disponibles son mensuales y van desde Enero del 2020 hasta Julio del 2023 inclusive pero no involucran al 100% de las máquinas de generación en el país.



## LIMITACIONES

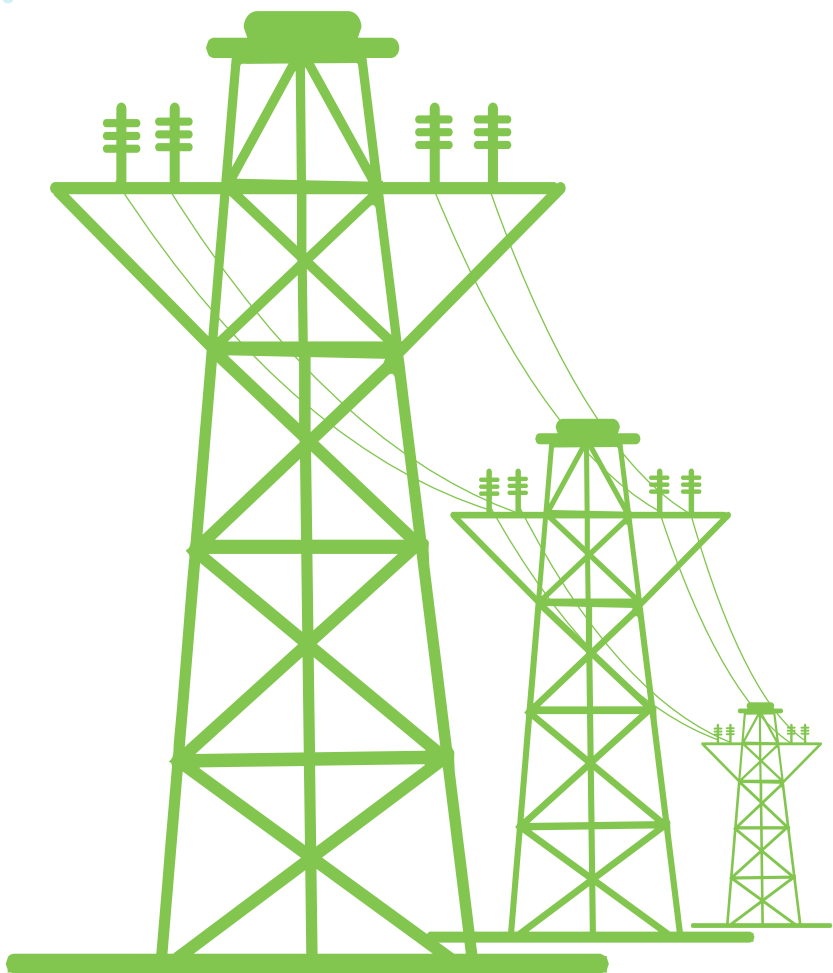
Argentina es un país muy rico en recursos naturales sin embargo las continuas crisis económicas sumado a las regulaciones gubernamentales existentes hacen muy difícil la llegada de inversiones a favor del desarrollo del mercado eléctrico mayorista en términos de energías limpias.

# Objetivo

Modelizar una herramienta de predicción, con algoritmos de clasificación de **Machine Learning (ML)**, que permita identificar a que provincia de Argentina corresponden los datos de generación / emisión que se disponen como parámetros de entrada con el fin de definir planes de acción que las ayuden a mejorar su desempeño en términos de eficiencia energética / medioambiental a nivel país.



# Preguntas de Interés e Hipótesis



## Preguntas Principales

- ¿Es posible controlar la emisión de CO<sub>2</sub> que se origina como contrapartida de la generación de energía del MEM?
- ¿Cuál es la provincia del país más eficiente en términos de emisiones por unidad de energía generada?

## Preguntas Secundarias

- ¿Como es el comportamiento mensual de la energía generada, las emisiones de CO<sub>2</sub> y la demanda?
- ¿La energía generada ha ido en aumento con el transcurso del tiempo? ¿Como fue el comportamiento de las emisiones como contrapartida?
- ¿Existe alguna relación entre las características cuantitativas?
- En base a los combustibles utilizados en el país, ¿existe una dependencia con alguno particular por parte de las provincias? Y a nivel nacional como es la situación?
- ¿Cual es la provincia que más genera y emite en términos absolutos? Y ¿cual es la que menos lo hace? Se puede anticipar en base a los datos cual es la mas eficiente?
- ¿Como se comporta la demanda y generación según la región y las provincias del país?

# Resumen Metadata



21

PROVINCIAS



4

COMBUSTIBLES



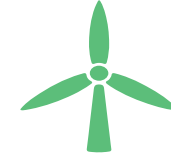
183

AGENTES



190

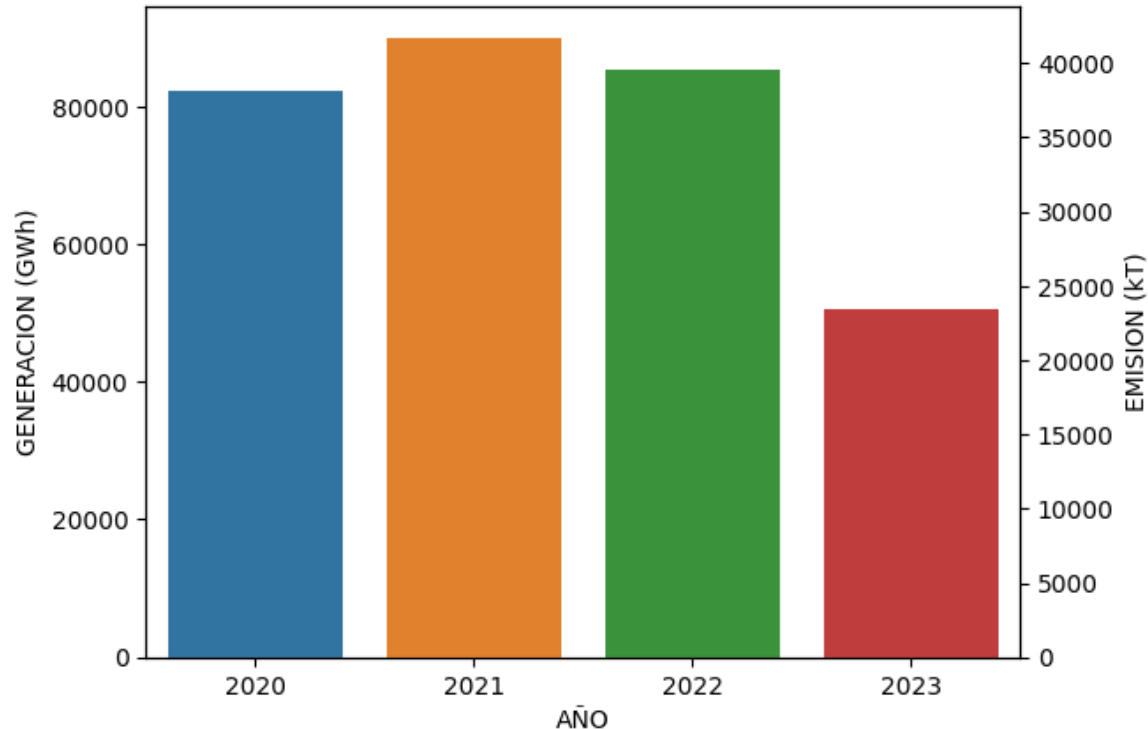
CENTRALES



384

MAQUINAS

GRAFICO DE BARRAS DE GENERACION Y EMISION



## MEDIAS MENSUALES



~7000

GWh  
GENERACION



~3300

kT CO2



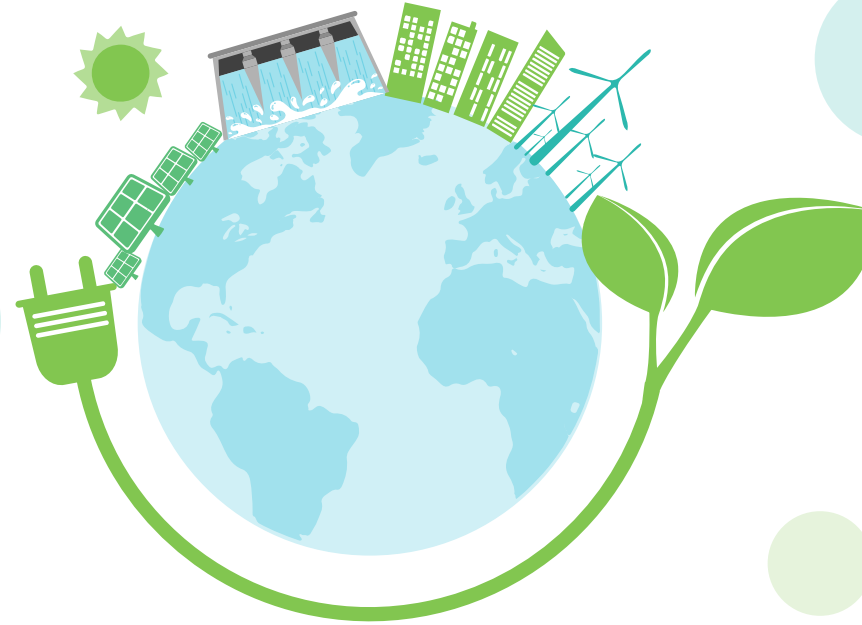
~11300

GWh DEMANDA

TIPO DE MAQUINA  
MAYORITARIA

~41,5% MOTOR  
DIESEL

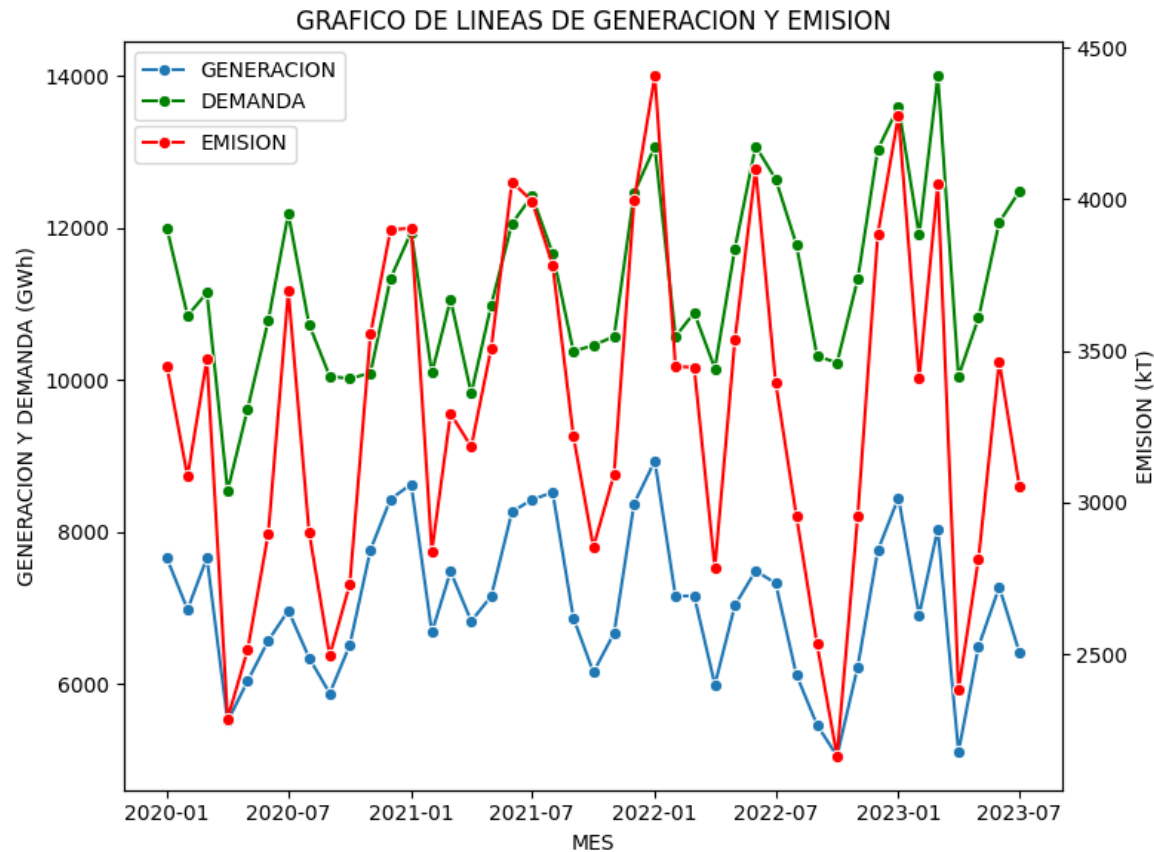




# Análisis Exploratorio

(EDA)

# ¿Como es el comportamiento mensual de la energía generada, las emisiones y la demanda?



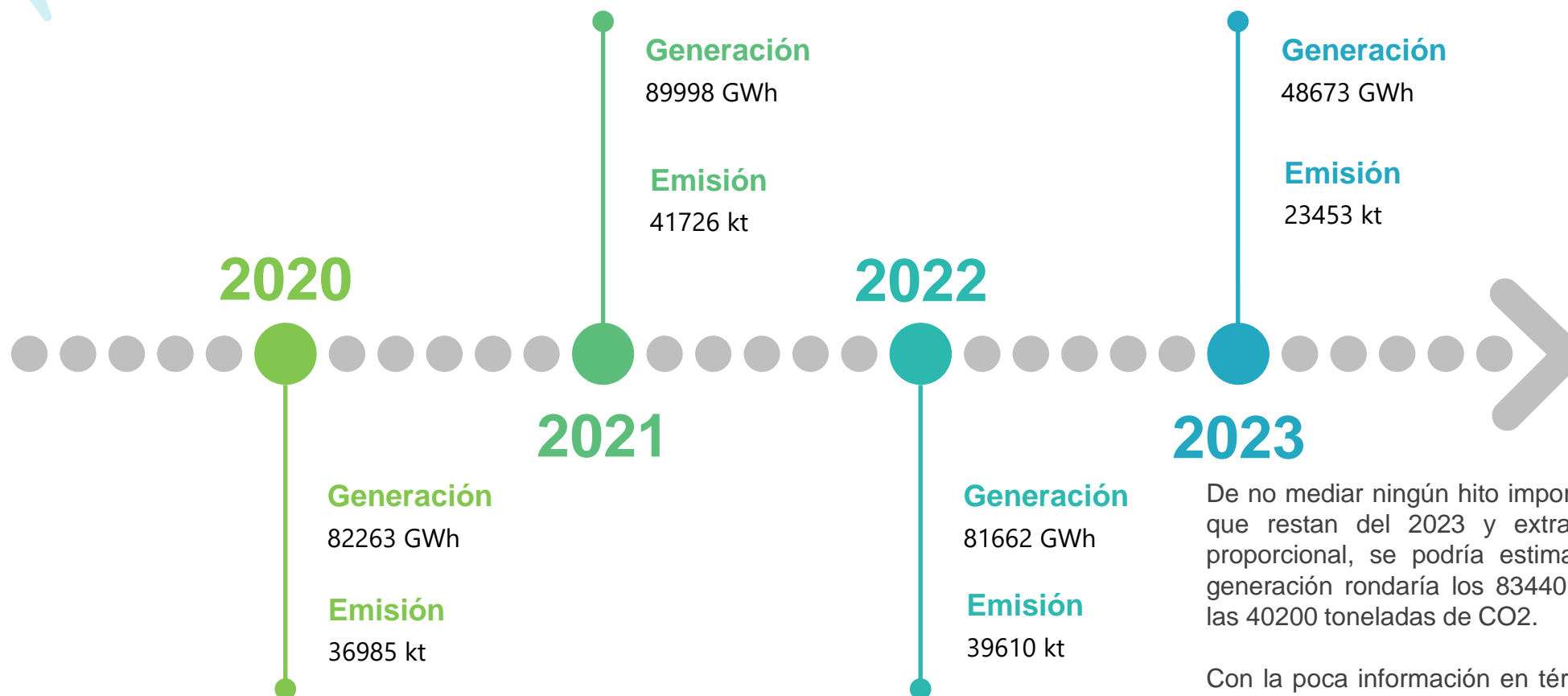
El gráfico de la izquierda permiten entender cuales son los órdenes de generación de energía en GWh y las emisiones de CO2 resultantes en miles de toneladas por mes. Como se mencionó en el resumen metadata, en promedio se generan un poco mas de 7000 GWh de energía por mes, aproximadamente 3300 miles de toneladas de CO2 por mes y la media mensual de la demanda está en el orden de los 11300 GWh.

Al superponer las series de las 3 variables se evidencia que sus comportamientos en el tiempo siguen el mismo patrón lo que parece indicar algún nivel de correlación entre las magnitudes. Esto anticipa una respuesta a lo que se plantea en interrogantes posteriores.





# ¿La energía generada ha ido en aumento con el transcurso del tiempo? ¿Como fue el comportamiento de las emisiones como contrapartida?



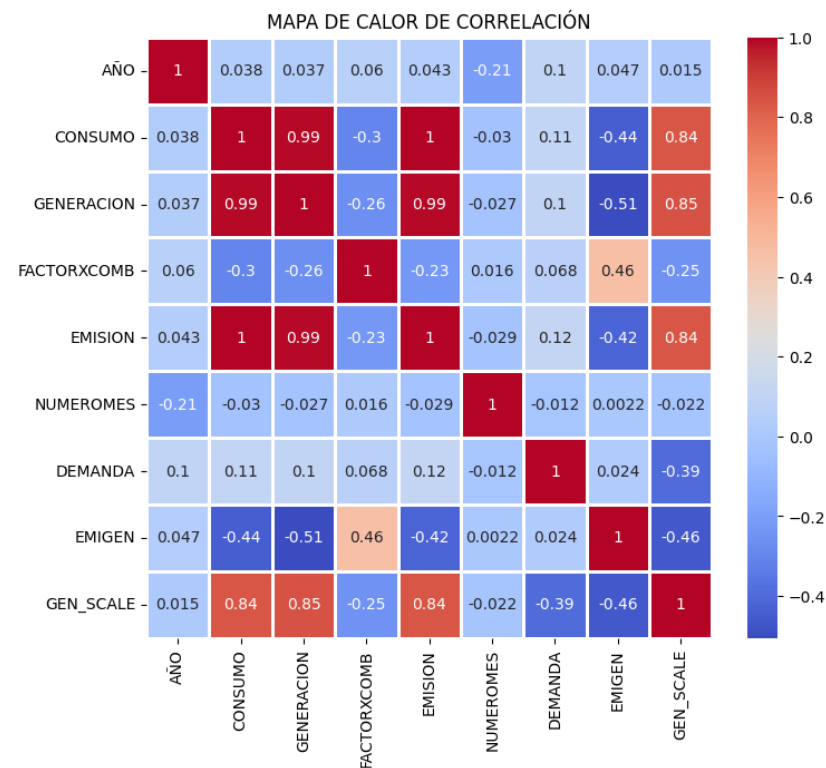
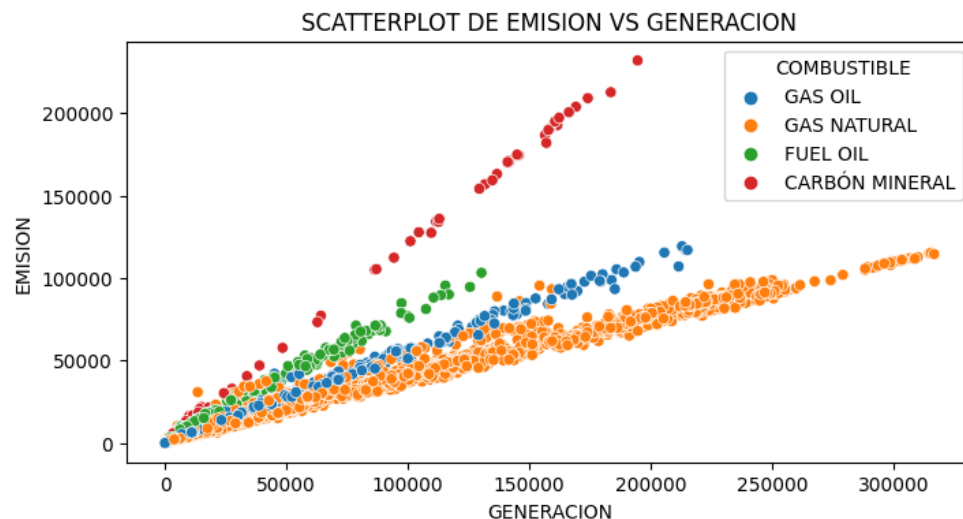
De no mediar ningún hito importante en los meses que restan del 2023 y extrapolando en forma proporcional, se podría estimar que en 2023 la generación rondaría los 83440 GWh y la emisión las 40200 toneladas de CO<sub>2</sub>.

Con la poca información en términos de años que se dispone, en los últimos 4 años no hay mayores cambios en lo generado, es decir no hay una tendencia marcada en términos de generación anual y por el lado de las emisiones habría una leve tendencia alcista al término del 2023.



# ¿Existe alguna relación entre las características cuantitativas?

El mapa de calor de la derecha muestra ordenes de correlación fuertemente positiva entre si para las variables CONSUMO, GENERACION y EMISION pero no se observa correlación entre la variable EMIGEN y el resto de las variables cuantitativas. Por otro lado la generación escalada por demanda también tiene una correlación positiva aunque no tan fuerte como los valores de las primeras variables mencionadas.

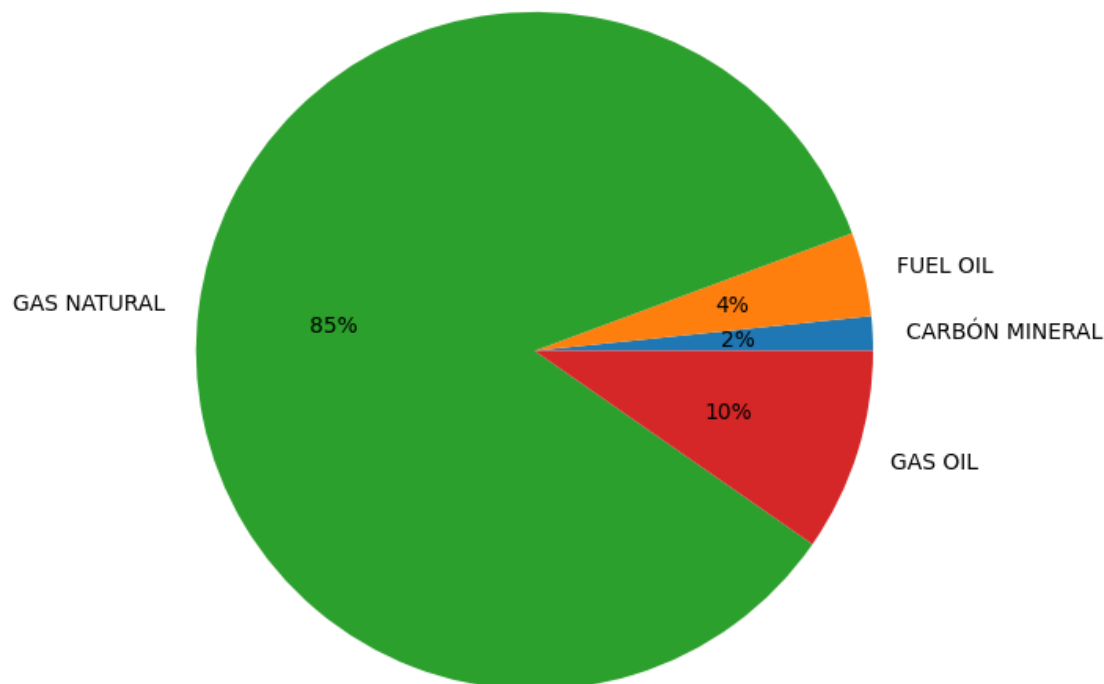


El gráfico de la izquierda denota la fuerte correlación positiva entre las variables GENERACION Y EMISION, el coeficiente de correlación de 0,95 del mapa de calor ya lo confirmaba y se observa que el combustible condiciona la pendiente de la curva notando que carbón mineral a priori genera más CO<sub>2</sub> que el resto de los combustibles y que con el gas natural se genera más energía con el mismo nivel de emisión que gas oil y fuel oil.



# En base a los combustibles utilizados en el país, ¿existe una dependencia con alguno particular por parte de las provincias? Y a nivel nacional como es la situación?

PARTICIPACION DE COMBUSTIBLES PARA LA GENERACIÓN



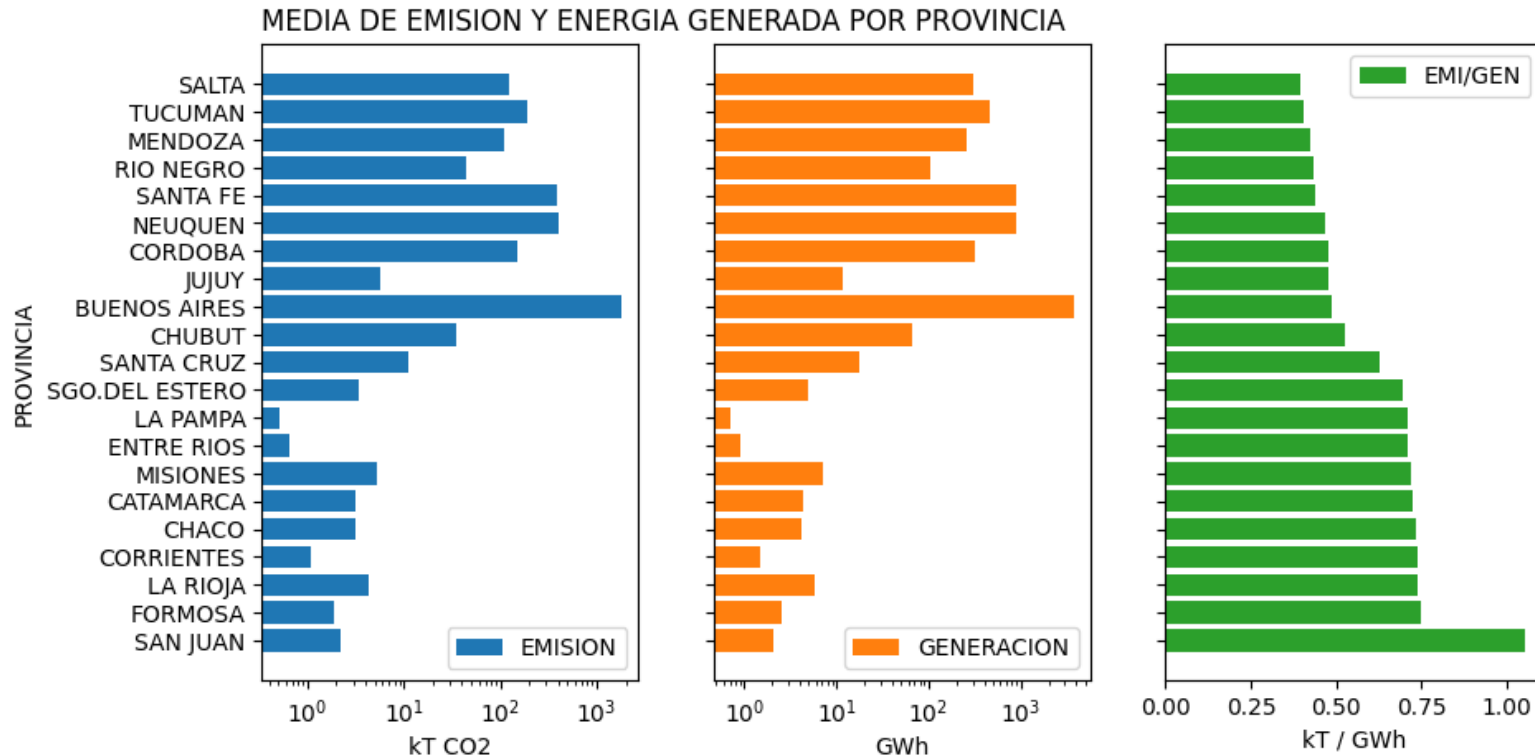
El gas natural es el combustible mayoritariamente utilizado para la generación de energía, con un 85% de participación en el total de los datos de generación del universo de máquinas con emisiones.

En cuanto a la dependencia de cada provincia con cada combustible, los datos indican que muchas provincias dependen únicamente del gas oil (La Pampa, Chaco, Catamarca por ejemplo) mientras que en las que tienen más posibilidades de recursos lo más utilizado es el gas natural (Buenos Aires, Santa Fe, Mendoza por ejemplo).

No todos tienen acceso al gas natural siguiendo con la lógica de la falta de inversión del país en infraestructura asociada y con respecto al carbón mineral solo dos provincias lo utilizan (Santa Cruz y Buenos Aires).



¿Cual es la provincia que más genera y emite en términos absolutos? Y ¿cual es la que menos lo hace? Se puede anticipar en base a los datos cual es la mas eficiente?



En términos relativos para determinar cual es la provincia que genera menor contaminación por unidad de energía generada, se ordenó en el siguiente gráfico a las provincias de menor a mayor en función del valor promedio de la relación de estas dos variables (EMI/GEN). A partir de aquí se visualiza en principio que Salta es la provincia más eficiente/sustentable.

Se observa que Buenos Aires es la provincia que mas energía genera como así también la que mas contamina en términos absolutos. Por lo contrario, La Pampa es la que menos genera y emite.

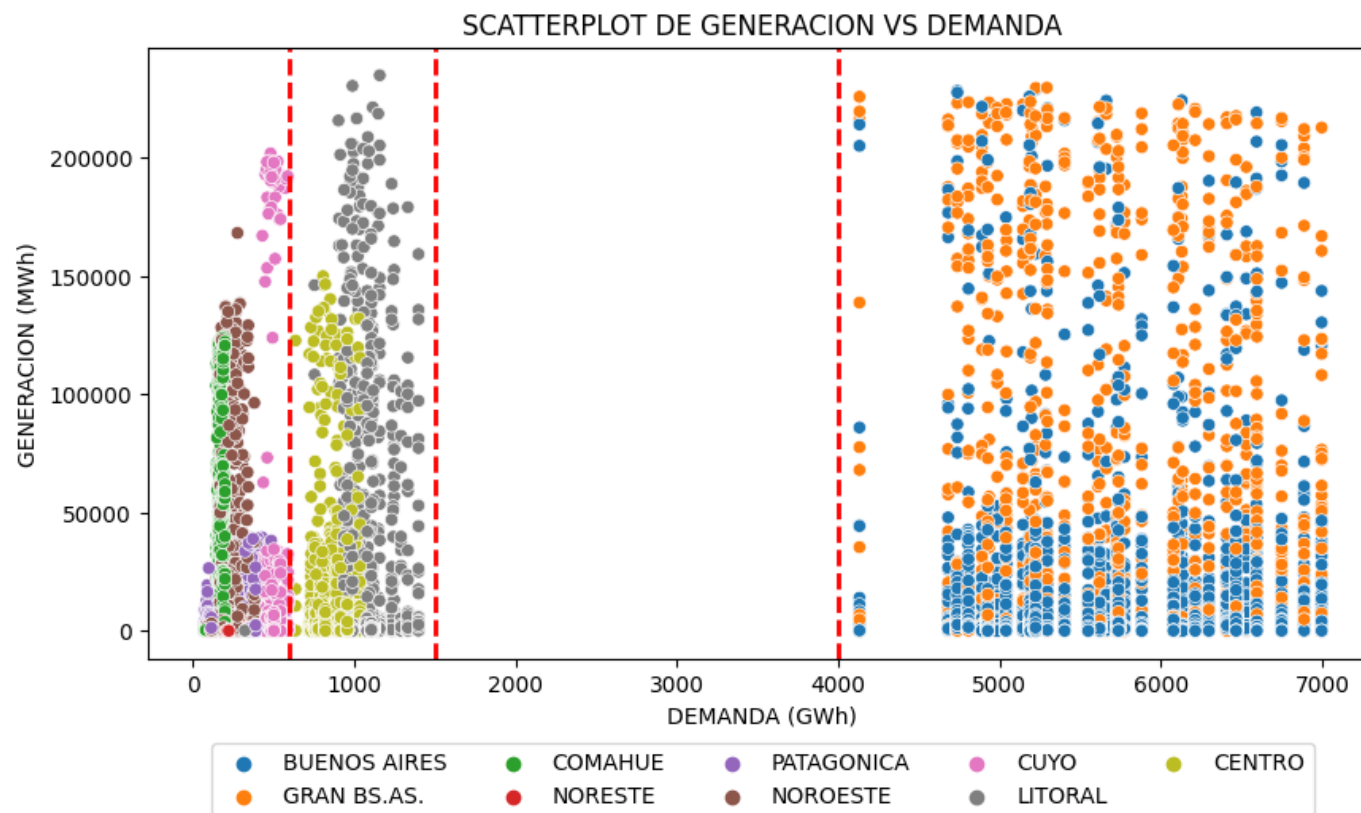
Se utiliza escala logarítmica para poder representar los bajos valores de algunas provincias .

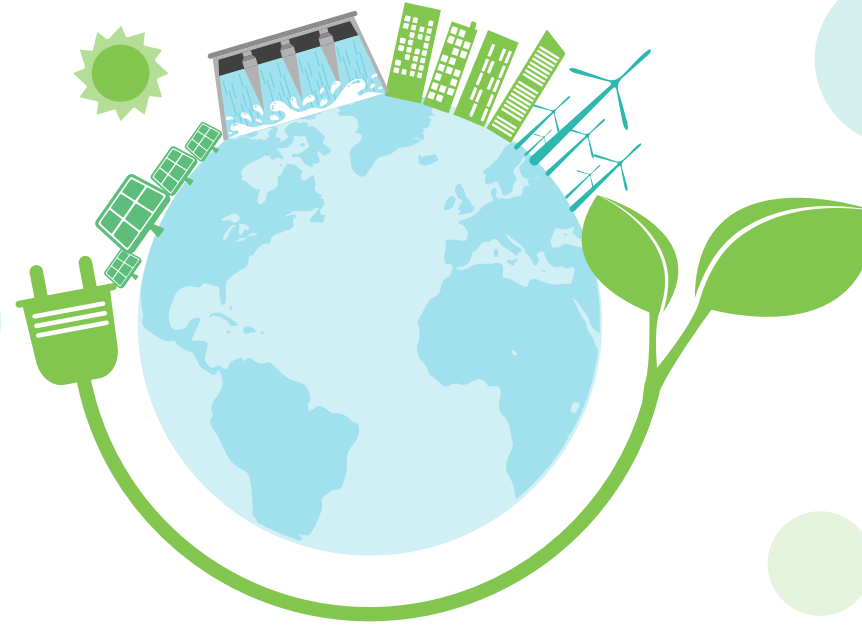


# • ¿Como se comporta la demanda y generación según la región y las provincias del país?

El gráfico indica que si la demanda corresponde al área de buenos aires y gran buenos aires, los valores mensuales de esta variable siempre están por arriba de los 4000 GWh mientras que para el resto de las provincias los valores se encuentran por debajo de los 1500 GWh mensuales.

Analizando la información de demanda por provincia se observan grupos de demanda mensual mayor a 4000 GWh (Buenos Aires), demanda mensual entre 600 GWh y 1500 GWh aproximadamente (Santa Fe y Córdoba) y demanda mensual menor a 600 GWh para el resto de las provincias. De todas formas los datos están muy desbalanceados en términos de región y provincia.





# Insights y Recomendaciones

# Insights y Recomendaciones

## Insights

- Combustible más utilizado para generación: Gas Natural (85% del total generado por universo de maquinas con emisiones).
- Fuerte correlación positiva entre la variable generación y la variable emisión. Es decir que si crece la generación también lo hacen las emisiones.
- El combustible condiciona la pendiente de la correlación anterior, siendo mas sustentable el gas natural y menos sustentable el carbón mineral.
- Marcada estacionalidad en los datos durante los años. Picos de generación, emisión y demanda en Verano e Invierno y menos exigencia en meses primaverales de septiembre/octubre y otoñales de abril/mayo.
- Salta es las provincia más sustentable y San Juan es la menos eficiente.
- Se pueden identificar 3 grupos de provincias según sus órdenes de demanda mensual. Un grupo con demandas superiores a 4000 GWh, otro con demandas entre 600 y 1500 GWh y otro con valores por debajo de 600 GWh.



## Recomendaciones

- Proponer incentivos para la inversión en maquinaria / centrales que utilicen energías renovables para la generación.
- Favorecer aquellas inversiones en generación que se realicen en provincias como Salta, Tucumán, Mendoza y Río Negro ya que son las provincias mas sustentables. De cualquier manera se debe poner el foco en las provincias menos sustentables para mitigar los efectos de su relativa baja eficiencia.
- Evitar el uso de carbón mineral.



# Conclusión





# Conclusión y futuras líneas

---

- Se logró el objetivo de modelizar, mediante algoritmos de clasificación de Machine Learning, una herramienta que permite predecir la provincia con un buen desempeño en base a los datos que se disponen de la operatoria normal del negocio.
- Sin embargo el modelo tiene una limitación para predecir correctamente algunas provincias minoritarias y será necesario contrastar estos resultados con el negocio para continuar con el aprendizaje y mejorarlo identificando que aspectos pueden estar generando esta dificultad.
- Se sabe que CAMMESA dispone de una API, con disponibilidad de datos de otras variables del MEM, a la cual no se tiene acceso por el momento. Sería importante solicitar a los stakeholders, su autorización para poder utilizar esta aplicación de manera de enriquecer aún mas los datos intentando mejorar el aprendizaje del modelo para que sus métricas de desempeño sean mas satisfactorias para aquellos casos de provincias donde todavía hay oportunidades de mejoras en los resultados de predicción.



Muchas Gracias