



ESCUELA UNIVERSITARIA DE POSGRADO

**“GENERACIÓN DE ENERGÍA TERMOELÉCTRICA Y LAS
EMISIONES DE CO2 EN EL PERU 2019”**

TESIS PARA OPTAR EL GRADO ACADÉMICO DE:

DOCTOR EN MEDIO AMBIENTE Y DESARROLLO SOSTENIBLE

AUTOR:

MG. MANUEL AUGUSTO VILLAVICENCIO CHAVEZ

ASESOR: Dr. ANWAR YARIN ACHACHAGUA

JURADOS:

DRA. TAFUR ANZUALDO, VICENTA IRENE

DR. JAVE NAKAYO, JORGE LEONARDO

DR. BOLÍVAR JIMÉNEZ, JOSÉ LUIS

LIMA-PERÚ

2021

DEDICATORIA

El presente trabajo lo dedico principalmente a Dios, por ser el inspirador y darnos fuerza para continuar en este proceso de obtener uno de los anhelos más deseados.

A mis padres, por su amor, trabajo y sacrificio en todos estos años, gracias a ellos he logrado llegar hasta aquí y convertirme en lo que soy.

A mis hermanos por estar siempre presentes, acompañándonos y por el apoyo moral, que me brindaron a lo largo de esta etapa de mi vida.

A todas las personas que nos han apoyado y han hecho que el trabajo se realice con éxito en especial a aquellos que nos abrieron las puertas y compartieron sus conocimientos.

AGRADECIMIENTOS

Agradecemos a Dios por bendecirnos la vida, guiarnos a lo largo de nuestra existencia, el apoyo y fortaleza en momentos de dificultad.

Gracias a mis: padres, por ser mi inspiración, confiar y creer en nuestras expectativas, por los consejos, valores y principios que me han inculcado.

Agradecemos a nuestros docentes del doctorado de Medio Ambiente por sus conocimientos a lo largo de la preparación, quienes han guiado con su paciencia, y su rectitud, así como a nuestros colegas que siempre estuvieron apoyándonos.

INDICE DE CONTENIDOS

DEDICATORIA.....	ii
AGRADECIMIENTOS.....	iii
INDICE DE CONTENIDOS.....	iv
INDICE DE TABLAS.....	v
RESUMEN.....	viii
ABSTRACT.....	ix
RESUMO.....	x
I INTRODUCCIÓN.....	1
1.1 Planteamiento del problema.....	4
1.2 Descripción del problema a nivel global y local.....	7
1.3 Formulación del problema.....	12
1.4 Antecedentes.....	12
1.5 Justificación de la investigación.....	19
1.6 Limitaciones de la investigación.....	21
1.7 Objetivos.....	21
1.7.1 Objetivo general.....	21
1.7.2 Objetivo específico.....	22
1.8 Hipótesis.....	22
1.8.1 Hipótesis general.....	22
1.8.2 hipótesis específicas.....	22
II MARCO TEORICO.....	23
2.1 Matriz energética.....	23
2.1.2 Centrales termoeléctricas clásicas.....	25
2.1.3 Tipos de centrales térmicas.....	26
2.1.4 Central de turbina a gas.....	26
2.1.5 Central de ciclo combinado.....	27
2.1.6 Central a vapor.....	28

2.2	Tecnologías de captura de CO2	28
2.2.1	Gestión Ambiental	31
2.2.2	Economía de las emisiones	34
2.3	Marco conceptual.....	42
III	METODO.....	44
3.1	Tipo de Investigación.....	44
3.2	Población y Muestra.....	45
3.3	Operacionalización de variables	46
3.4	Instrumentos	47
3.5	Procedimientos.....	47
3.6	Análisis de Datos.....	48
3,7	consideraciones éticas.....	49
IV	RESULTADOS.....	51
4.1	presentación de resultados	51
4.2	Contrastación de hipótesis	65
V	DISCUSIÓN DE RESULTADOS.....	73
VI	CONCLUSIONES	75
VII	RECOMENDACIONES	80
VIII	REFERENCIAS	83

INDICE DE TABLAS

Tabla 1	Ventajas de los ciclos combinados.....	28
Tabla 2	Generación zona norte del Perú	51
Tabla 3	Generación zona centro del Perú.....	52
Tabla 4	Generación termoeléctrica sur del Perú.....	53
Tabla 5	Generación termoeléctrica oriente	53
Tabla 6	Generación termoeléctrica del sur-oriente del Perú.....	54

Tabla 7 Centrales térmicas por Combustible	54
Tabla 8 Emisiones de CO2 por uso de combustible	59
Tabla 9 Ciclo termodinámico del generador	62
Tabla 10 Marca del generador	64
Tabla 11 Calculo según el tipo de variables en SPSS	66
Tabla 12 Escala de valores del coeficiente de correlación	67
Tabla 13 Pruebas de normalidad	68
Tabla 14 Hipótesis general.....	68
Tabla 15 Pruebas de normalidad.....	69
Tabla 16 Hipótesis especifica 1	70
Tabla 17 Pruebas de normalidad	71
Tabla 18 Hipótesis especifica 2	71
Tabla 19 Pruebas de normalidad	72
Tabla 20 Hipótesis especifica 3	73

INDICE DE FIGURAS

Figura 1 Emisiones y proyecciones Perú 201-2030	7
Figura 2 Cambios en el nivel del mar	33
Figura 3 Impuesto al carbono en América Latina	35
Figura 4 Financiamiento destinado a la gestión de emisiones	38
Figura 5 Esquema simplificado del funcionamiento de BECCS.	40
Figura 6 Operacionalización de variable	46
Figura 7 Centrales térmicas por combustible	55
Figura 8 Consumo de combustible M ³ /AÑO	56
Figura 9 Consumo de combustible TON/AÑO	57
Figura 10 Combustible usado en la generación de energía	58
Figura 11 Potencia generada en MW/H por ciclo termodinámico	59
Figura 12 Emisiones de CO ₂ por uso de combustible	60
Figura 13 Potencia generada por combustible	61
Figura 14 Emisiones en TNCO ₂ /AÑO	62
Figura 15 Ciclo termodinámico del generador	63
Figura 16 Potencia generada en MW/H por ciclo termodinámico	64
Figura 17 Marca del generador	65

RESUMEN

El presente trabajo determina la relación que se da entre los generadores de energía termoeléctrica y las emisiones de CO₂ en el Perú, las actividades que se están realizando para su mitigación en el marco de las emisiones mundiales y los planes que se tienen desde el punto de vista de los compromisos contraídos por el Perú en el COP 21. El estudio es cuantitativo no experimental transeccional y se fundamenta en una revisión bibliográfica identificando la data correspondiente a las centrales termoeléctricas del sistema eléctrico interconectado nacional (SEIN), de 19 empresas generadoras que operan en el sistema interconectado, y 42 centrales termoeléctricas principales que funcionan con petróleo, gas natural y carbón. Los resultados estadísticos indican un p-valor = 0.000 < 0.05, con una asociación entre las variables de 0.986 lo cual indica correlación positiva perfecta entre las variables de estudio, los resultados obtenidos están referidos a necesidad de un planeamiento energético con ciclos combinados, con combustible a gas que aún se requieren, con el ingreso de nuevas tecnologías CCS y de la mejora con impuestos al CO₂

Palabras Clave: Emisiones, captura de CO₂, energía termoeléctrica.

ABSTRACT

This work determines the relationship between thermoelectric power generators and CO₂ emissions in Peru, the activities that are being carried out to mitigate them within the framework of global emissions, and the plans that are in place from the point of view of in view of the commitments made by Peru at COP 21. The study is quantitative, non-experimental, transactional and is based on a bibliographic review identifying the data corresponding to the thermoelectric plants of the national interconnected electricity system (SEIN), of 19 generating companies that operate in the interconnected system, and 42 main thermoelectric plants that run on oil, natural gas and coal. The statistical results indicate a p-value = 0.000 < 0.05, with an association between the variables of 0.986 which indicates a perfect positive correlation between the study variables, the results obtained refer to the need for energy planning with combined cycles, with fuel gas still required, with the entry of new CCS technologies and improvement with CO₂ taxes.

Key Words: Emissions, CO₂ capture, thermoelectric energy.

RESUMO

Este trabalho determina a relação entre os geradores termelétricos e as emissões de CO₂ no Peru, as atividades que estão sendo realizadas para mitigá-los no âmbito das emissões globais e os planos que estão em vigor do ponto de vista dos compromissos. feita pelo Peru na COP 21. O estudo é quantitativo, não experimental, transversal e se baseia na revisão bibliográfica identificando os dados correspondentes às usinas termelétricas do Sistema Interligado Nacional (SEIN), das 19 empresas geradoras que operam no sistema interligado, e das 42 usinas termelétricas principais, eles trabalham com petróleo, gás natural e carvão. Os resultados estatísticos indicam um valor de $p = 0,000 < 0,05$, com associação entre as variáveis de 0,986 o que indica uma correlação positiva perfeita entre as variáveis de estudo, os resultados obtidos referem-se à necessidade de planejamento energético com ciclos combinados, com gás combustível ainda obrigatório. com a entrada de novas tecnologias de CAC e com uma melhor taxa de imposto para o CO₂.

Palavras-chave: Emissões, captura de CO₂, energia termelétrica.

CAPITULO I

I INTRODUCCIÓN

El presente trabajo analiza la relación significativa que existe entre la muestra de 49 principales centrales termoeléctricas y sus emisiones de CO₂, que suministran electricidad al Sistema interconectado nacional del Perú (SEIN); Proponiéndonos como hipótesis, la relación significativa de ambas variables y como objetivo general la relación que se da entre los generadores y emisiones de CO₂ en el Perú al 2019.

La distribución porcentual del consumo evaluada por tipo de combustible en toneladas corresponde a gas natural 87,3%, Bio gas 0.8%, bagazo 10,2%, carbón 0.5%, diésel 0.8%, R500 0,3 %.

Los datos provienen de la operación real de las centrales termoeléctricas tabulados y ordenados en Excel y procesados estadísticamente con el software SPSS (Statistical Package for the Social Sciences), que indica una correlación principal termoeléctrica-emisiones significativa porque el p-valor =0.000 < 0.05 y el grado de asociación entre las variables es de 0.986 indicando una correlación positiva perfecta entre las dos variables además la energía termoeléctrica se relaciona significativamente con las emisiones de CO₂ en el Perú el 2019. Bajo el mismo procedimiento cada tipo de generador por combustible se relaciona significativamente con sus emisiones contrastándose así de los objetivos y las hipótesis planteadas satisfactoriamente.

El análisis entre las termoeléctricas a gas natural, carbón y diésel, muestran una distribución porcentual por ciclo termodinámico de 22,4% en ciclo simple 63,5% ciclo combinado y 14,1 % en otros ciclos termodinámicos, las emisiones, 25,1% ciclo simple, 70,7% ciclo combinado

y 4,3% en otros combustibles, para una potencia generada MWH de 20.2% en ciclo simple, 76.8% de ciclo combinado y 3% en otros. Las emisiones de ambos ciclos tienen aproximadamente la misma proporción y una eficiencia global de 8% mayor del ciclo combinado sobre el ciclo simple. La termoeléctrica del sur consume 0,5 % de carbón, genera 0,2% en MWH y 0,5% en emisiones, su ratio de consumo es 2,5 ton Carbón/MWH que duplica las ratios convencionales de operación, siendo susceptible de ser transformado a ciclo combinado y gas natural.

La planificación moderna de termoeléctricas en otros países como Argentina, se basan en el uso racional de energía, cambio de combustible a gas natural, energías renovables e incluyendo tecnologías CCS (carbón capture and storage of CO₂, tecnología aun no incluida en el planeamiento del Perú).

De acuerdo al COP 21, al 2050 Europa debe reducir emisiones entre 80-95%; El Perú en su tercera comunicación bienal a las Naciones Unidas informa su compromiso de reducir emisiones en 30% al 2030 con financiamiento interno y externo de un 10%, el financiamiento ascendió a USD 755,3 millones durante el periodo 2005-2013. Las acciones nacionales apropiadas de mitigación (NAMAs), se aplican a los sectores de residuos sólidos, transporte, energía, vivienda y agricultura; los mercados de carbono venden reducciones de emisiones GEI o permisos para emitir CO₂ en ton; los mecanismos de desarrollo limpio (MDL) y el mercado voluntario de los países en vías de desarrollo, permite a países industrializados con metas de emisiones, comprar emisiones de países en vías de desarrollo reduciendo costos comprometidos estas se venden a precios de ton de CO₂ eq reducida y se denominan Certificados de Emisiones Reducidas (CER).

Los MDL peruanos suman 10,6 millones de tCO₂eq anuales y al 2015 solo se pudo emitir 4'502,342 CERs que corresponde a 79% de proyectos de energía renovable y 13% de eficiencia energética.

Las nuevas tecnologías deben de ser también tomadas en cuenta como la CCS y la BECCS bioenergía con captura, usadas en grandes fuentes estacionarias emisoras de CO₂ como centrales térmicas, cementeras y refinerías de petróleo. El reto está más bien en identificar los mejores métodos y sitios para captura y almacenamiento el CO₂ a largo plazo, en recuperación mejorada de pozos petroleros EOR, almacenamiento donde se ha explotado el gas asociado al carbón. El norte del país como Piura y Talara muestran una oportunidad para EOR, inyección en acuíferos salinos profundos y almacenamiento en cavernas de sal, La oportunidad se presenta en este caso en el centro y sur del país, incluyendo la llegada del gas natural al sur con ciclos combinados para una mayor performance.

Finalmente, la consideración del impacto económico de impuestos, que ya ha sido adoptada por Argentina Chile, Colombia y México entre 2.5-10 \$/ton CO₂ debe ser estudiado a fin poner a precio de mercado los combustibles fósiles y disponer de dinero para la investigación e innovación en materia ambiental incluyendo modelos matemáticos para el planeamiento de las nuevas centrales.

1.1 Planteamiento del problema

En conjunto, el uso de combustibles fósiles representa el 84,7% del total de energía primaria consumida a nivel mundial. Finalmente, la energía nuclear representó el 4,4% del consumo de energía primaria, el 2018, el consumo global de energía en el mundo creció un 2,9% (The World Bank, 2013), asimismo las emisiones oficiales de CO₂eq al año 2014 indicaban una cifra de 35,500 millones de toneladas de CO₂. (Rodríguez, Víctor; Sola, 2018).

El informe del Programa de Naciones Unidas sobre el Medio Ambiente (PNUMA) acerca de la diferencia entre los compromisos de reducción de CO₂ de los países y de lo que necesita el planeta para frenar el cambio climático, concluye que se necesita una disminución de los gases de efecto invernadero de un 2,7% anual a nivel global para limitar el aumento de la temperatura a 2 grados centígrados (°C) y de hasta el 7,6 por ciento anual para quedarse por debajo de 1,5°C (Europa Press, 2020)

Para reducir el cambio climático y evitar un calentamiento global mayor se requieren actuaciones de mitigación, definidas como intervenciones humanas para reducir fuentes emisoras o mejorar sumideros de gases de efecto invernadero. En la Conferencia de París sobre el clima del 2015, 195 países firmaron como objetivo de mitigación del cambio climático para mantener el aumento de la temperatura media mundial por debajo de 2°C respecto a niveles preindustriales, y de ser posible por debajo de 1,5°C, objetivo a lograr conjuntamente mediante los esfuerzos voluntarios de cada uno de los firmantes. Del año 2017 al 2020 se ha notado una estabilización de las emisiones con un crecimiento muy bajo que no ha ocurrido antes de 1.4 % que es bastante alentador para lo que ocurra en los años subsiguientes (Morales Guillen & Pacheco Cruz, 2015).

China primer emisor de CO₂ del mundo verterá a la atmósfera este año 10.300 millones de toneladas, un 2,6 % más, lo que le sitúa en una línea de crecimiento sostenido, ya que es un incremento similar al de los últimos tres años. La mayoría son por carbón, pero ya se están saliendo de los límites también sus emisiones de petróleo (un 6,9 % más) y de gas (un 9,1 % más). Estados Unidos y la Unión Europea consiguen reducir sus emisiones, en ambos casos un 1,7 %, gracias a ese menor uso del carbón, lo que les permite estar como segundo y tercer emisores mundiales con 5.300 y 3.400 millones de toneladas, la India por su parte, eleva en 2019 sus emisiones de dióxido de carbono en un 1,8 %, hasta 2.700 millones de toneladas, aunque la subida es menor a la de años anteriores por el debilitamiento de la economía, el resto del mundo es responsable de los 15.100 millones de toneladas restantes, con un aumento conjunto del 0,5 %. La atmósfera acumula cada vez más dióxido de carbono porque antes de la revolución industrial(1750), se calculaban en 277 partes por millón, hoy en el 2019 se espera que alcancen unas 410 partes por millón, lo que significa un aumento global del 2,2 % respecto al año pasado, y del 48 % respecto al nivel de hace dos siglos (RTVE, 2019).

Según (Coespt, 2018) en el Perú las proyecciones de demanda del sistema eléctrico interconectado nacional (SEIN), bajo diferentes escenarios de crecimiento, con información de proyectos proporcionada por los agentes, estima una Máxima Demanda de 10,822 MW para el año 2028 (con una tasa de crecimiento promedio de 4.2% anual) y de 10,316 MW. Para el 2026 que es un año horizonte intermedio vinculante, no se presentan racionamientos ni congestiones importantes, durante el periodo de evaluación (2021-2024) y la tasa de crecimiento promedio anual de la máxima demanda del SEIN hasta el 2024 es de 6,4% ; se estima que el incremento promedio anual de la máxima demanda será de 500 MW y sería abastecida principalmente por las centrales hidroeléctricas y centrales térmicas a gas natural,

con participaciones promedio de 60% térmico y 40%, hídrico tanto para el año 2024 como para el año 2028 respectivamente, entendiéndose que los recursos energéticos renovables (RER) están compartidos con ambas en el monto en el cual sea proyectado 5-10% . La estimación del consumo promedio de gas natural de Camisea para el año 2021 será de 373 millones de pies cúbicos por día (MMPCD), el cual se incrementa a 582 MMPCD.

(Minam, 2016) muestra las emisiones en la (figura 1) del inventario nacional de gases de efecto invernadero (INGEI) así como la proyección de emisiones al 2020, 2025 y 2030, donde se les observa con crecimiento en todos los sectores, derivando en una tendencia creciente y sostenida a nivel nacional. La inversión, la producción y el nivel de consumo de la población inciden en las emisiones del gas de efecto invernadero (GEI), según el producto bruto interno (PBI) al 2030. Dentro del crecimiento de la población hasta 2030 el instituto nacional de estadística e informática (INEI) estimó la participación de la población urbana y rural. La mitad de las emisiones provienen del sector uso de suelo, cambio de uso de suelo y silvicultura (USCUSS), donde se considera, al igual que en el INGEI, emisiones y remociones de GEI. La estimación de las emisiones se apoya con modelos econométricos que consideran, entre otros, la proyección de la deforestación, PBI sectorial y población. La regeneración de los bosques secundarios que se basan en la interpretación visual de imágenes satelitales. En el año 2030 se estiman emisiones totales de 298,3 millones de tCO₂eq, de las cuales 158,9 millones de tCO₂eq están asociadas al sector Uso del Suelo, Cambio de Uso del Suelo y Silvicultura (USCUSS), lo que representa 53 % de las emisiones para este año, derivadas principalmente de la deforestación. El sector Energía (incluyendo Transporte) representará un 25 % de las emisiones, mientras que Agricultura un 11 % (asociado a la producción de cultivos y ganado) y el sector desechos (contabilizando las emisiones derivadas

de los residuos sólidos y aguas residuales) un 6 %. Finalmente, el sector Procesos Industriales representará un 5 %. Es preciso señalar que las proyecciones realizadas serán sujetas a revisión en la fase de implementación de las Contribuciones Nacionales.

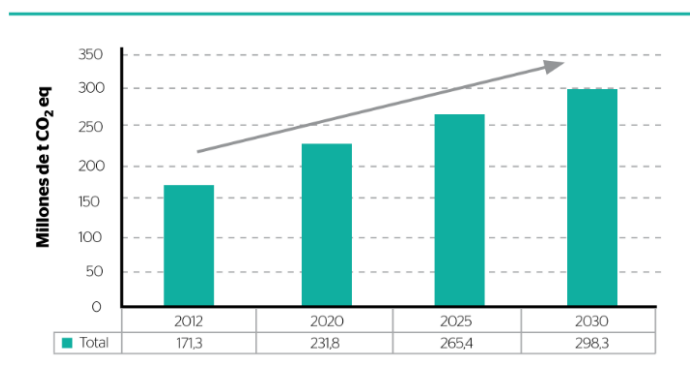


Figura 1 Emisiones y proyecciones Perú 201-2030
Fuente: (MINAM, 2016)

1.2 Descripción del problema a nivel global y local

(Aires, 2020) La generación eléctrica volvió a crecer en 2017, aunque de forma ligera (0,6%), tras haber caído el año anterior. Consecuencia del cambio en los componentes del consumo energético, el peso de cada fuente de generación cambió en la misma línea. Debido a ello, la generación de electricidad a partir de energía hidroeléctrica pasó a representar un 6,7%, frente al 13,25% del año anterior. Esta caída se vio compensada con aumentos notables de la electricidad generada a partir del carbón, que creció un 20% hasta una cuota del 16,3% (frente al 13,6% del año anterior) y el gas natural (22,9% frente al 19,2% de 2016). Por su parte, las renovables, la energía nuclear y el petróleo mantuvieron un peso similar en los componentes del año anterior. Como consecuencia de un mayor nivel de consumo de energías menos limpias, las emisiones de CO₂ en España crecieron en 2017 hasta un 6,9%, la mayor ratio

desde el año 2012, y el quinto ritmo de ascenso más alto de la Unión Europea tras los crecimientos en Estonia, Portugal, Bulgaria y Rumanía (Honty, 2019) durante el 2018 el consumo de energía a nivel global creció un 2,9%, casi el doble de la tasa media de la última década que había sido de 1,5%. Como ha ocurrido en los últimos años, India y China son dos de los principales motores del aumento de la demanda. Pero este año, Estados Unidos también ingresa con un crecimiento de su demanda energética de 3,5%, el mayor aumento en los últimos 30 años. El consumo de petróleo en Estados Unidos aumentó en medio millón de barriles diarios y su producción de gas natural creció un 5,2%, el mayor crecimiento anual ocurrido en un país en toda la historia. Estos datos informan la tendencia real de los últimos cuatro años, en los cuales se evidencia que los países en desarrollo son los mayores responsables del aumento del consumo de energía.

(IEA, 2018) En el escenario de nuevas políticas, de electricidad renovables y mejoras en eficiencia que contienen el crecimiento del consumo de carbón, este repuntó el 2017 pero concluidos los proyectos de carbón estos disminuirán drásticamente después del 2020 y luego se tendrá un ligero aumento hasta el 2040, estabilizándose, con descensos en China, Europa y Norteamérica por los aumentos en la India y el Sudeste Asiático. Las transiciones energéticas rápidas costo mínimo requieren una aceleración de las inversiones en tecnologías energéticas más limpias, más inteligentes y más eficientes. Los cambios de curso en el sector de la electricidad exigen unos diseños de mercado son robustos, incluso a medida que los sistemas eléctricos eliminando las emisiones de CO₂. Más del 70% de 2 billones de dólares al año de inversiones mundiales de suministro energético proviene de entidades dirigidas por el Estado responde a unos ingresos garantizados, total o parcialmente, por vía normativa; las autoridades públicas determinan las mejoras en eficiencia energética y la innovación

tecnológica, así las políticas y preferencias gubernamentales desempeñarán un papel crucial a la hora de modelar el mundo hacia el que nos dirigimos a partir de ahora.

Según (Rodriguez, Victor ; Sola, 2018) El cambio climático se refiere a un cambio en el estado del clima que puede identificarse mediante pruebas estadísticas y que persiste por un periodo prolongado. Debido a estas emisiones de origen antropogénico la concentración de dióxido de carbono, gas de efecto invernadero con mayor potencial calentamiento global (GWP), ha aumentado un 30 % desde las primeras mediciones en 1958, Según la “Nasa Climate”, la media mundial ha aumentado 0,9 °C respecto a los valores de finales del siglo XIX. que es un valor similar a otros organismos, incluidos al del propio Panel Intergubernamental del Cambio Climático (IPCC) que indicó un aumento de 0,85 °C, en el informe de Cambio Climático 2013. Para reducir el cambio climático y evitar un calentamiento global mayor se requieren actuaciones de mitigación, definidas como las intervenciones humanas reduciendo fuentes emisoras o mejorando sumideros de gases de efecto invernadero.

El protocolo de Kioto de 1997 establece un calendario de reducción de las emisiones de gases de efecto invernadero (GEI), en función de las emitidas por cada país, los gases en cuestión son seis: dióxido de carbono (CO₂), metano (CH₄), óxido nitroso (N₂O), carburos hidro fluorados (HFC), carburos per fluorados (PFC) y hexafluoruro de azufre (SF₆). Pero el peso de CO₂ es determinante, pues es el 80% de todas las emisiones de GEI. Según la Agencia Europea del Medio Ambiente (AEMA) el sector energético es responsable del 80% de las emisiones totales de GEI en la Unión Europea, debido al protagonismo que tiene los combustibles fósiles. El Perú cuenta con una Estrategia Nacional de Cambio Climático (ENCC) mediante el Decreto Supremo No 086-2003-PCM, y La Política Nacional del

Ambiente mediante el Decreto Supremo 012-2009-MINAM que entre sus objetivos incentiva la aplicación de medidas para la mitigación y adaptación al cambio climático con un enfoque preventivo, establecer sistemas de monitoreo, alerta temprana y respuesta oportuna frente a desastres asociados al cambio climático. El 2010 se establece el Plan de Acción de Adaptación y Mitigación frente al cambio climático. El Plan Estratégico de Desarrollo Nacional (Plan Bicentenario) aprobado en 2011, considera al cambio climático uno de sus ejes estratégicos. En 2013 se presentó el proyecto de Ley Marco para el cambio climático (Magrin O, 2015).

Según el (DS-064-2010-EM, 2011) política energética del Perú 2010-2040, cuya visión es un sistema energético que se soporta en la planificación en la investigación e innovación tecnológica continúa, cuyos objetivos de la política energética del Perú son:

- Lograr una matriz energética diversa, con fuentes renovables y eficiencia energética
- Contar con un abastecimiento energético competitivo.
- Acceso universal al suministro energético
- Contar con la mayor eficiencia en la cadena productiva y de uso de la energía
- Lograr la autosuficiencia en la producción de energéticos.
- Desarrollar un sector energético con bajas emisiones hacia un Desarrollo Sostenible.
- Desarrollar el gas natural, domiciliario, transporte, industria, generación eléctrica.
- Fortalecer la institucionalidad del sector energético.
- Integrarse con los mercados energéticos de la región, en una visión de largo plazo.

Haciendo referencia al objetivo N° 6. Desarrollar un sector energético con mínimo impacto ambiental y cuyos lineamientos de política son:

- Uso de energías limpias que eviten la biodegradación de los recursos.
- Medidas para la mitigación de emisiones provenientes de las actividades energéticas.
- Promover proyectos energéticos de reducción de emisiones con certificados (CERs).
- Normativas compatibles con Políticas Nacionales y estándares internacionales.
- Promover el perfeccionamiento de las normas de seguridad en el uso de energéticos.
- Promover el uso de residuos sólidos y líquidos para la producción de energía.
- Promover prácticas de responsabilidad social en las actividades energéticas.
- Promover las relaciones del estado con comunidades y empresas del sector energía.

El Perú ratificó el convenio el 12 de setiembre del 2002. En el contexto de la COP 2015 realizada en París, y los compromisos contraídos para el COP 2021, el Perú y los países en vías de desarrollo están comprometidos a desarrollar un plan de reducción de emisiones en función a sus capacidades y conocimientos, es así que el Perú ha comprometido reducir sus emisiones de gases efecto invernadero en 30% al 2030 con el apoyo de dinero proveniente de sus inversiones propias así como de financiamiento externo de un 10%, razón por la cual no deben de estar ausentes los diferentes estudios y proyectos que viabilicen tanto la mitigación como la reducción de las emisiones del parque de generación eléctrica (Ortiz, 2019).

En el caso de los bonos de carbono el COP 25 no ha logrado mantener una regulación al concluir la cumbre sin embargo muchos países mantienen una intensidad muy grande en la adquisición de los bonos de carbono (Clim & Cumbre, 2020).

1.3 Formulación del problema

Problema general

¿Cuál es la relación que se da entre los generadores de energía termoeléctrica y las emisiones de CO₂ en el Perú 2019?

Problemas específicos

¿Cuál es la relación que se da entre los generadores de energía termoeléctrica por carbón y las emisiones de CO₂ en el Perú 2019?

¿Cuál es la relación que se da entre los generadores de energía termoeléctrica por petróleo y las emisiones de CO₂ en el Perú 2019?

¿Cuál es la relación que se da entre los generadores de energía termoeléctrica por gas natural y las emisiones de CO₂ en el Perú 2019?

1.4 Antecedentes

(Gonzales Gonzales, 2014) Análisis desde el punto de vista económico-financiero de una central térmica de carbón con captura de CO₂. El objetivo del estudio es analizar el posible interés económico para desarrollar una planta de carbón con captura de CO₂ en España. El sistema eléctrico español cuenta hoy en día con una sobrecapacidad instalada, principalmente por una caída de la demanda. A medida que la economía nacional se recupere, es razonable pensar que la demanda volverá a crecer y será necesario instalar nueva potencia de agujero

térmico (ciclos de gas, centrales de carbón). Dado que el periodo medio de permitting de una central de carbón se puede estimar en unos 6 años y añadiendo 3 años más de construcción de la central es necesario anticiparse lo máximo posible a las necesidades de nueva capacidad. Por esto mismo se ha decidido estudiar el caso en un horizonte temporal que empieza en 2023. Asimismo, dado que el reciente desarrollo de nueva capacidad se ha basado en centrales de gas, el análisis de una central de carbón con captura supone un cambio radical en el modo de afrontar dicha tarea. El primer objetivo de este proyecto será indicar en qué horizonte temporal es necesario desarrollar la nueva capacidad. El segundo, y principal, es saber si la construcción de una planta de carbón con captura es viable económica-financieramente. Para ello se van a evaluar una serie de indicadores de rentabilidad, comúnmente empleados para la toma de decisiones, (VAN, TIR) teniendo en cuenta diferentes escenarios macroeconómicos, regulativos y de desarrollo tecnológico. En cuanto al estado de la técnica, en este proyecto se presentan las tres técnicas principales de captura de CO₂: precombustión, postcombustión y oxidación. En el caso particular de este proyecto, la captura se realizaría por medio de la oxidación. Los datos técnicos de la central de captura, transporte y almacenamiento que se van a emplear son los de un central tipo.

(Álvarez Tamargo, 2017) Modelo energético de España para el cumplimiento de los objetivos europeos sobre clima y energía a 2050. El cambio climático y la fuerte influencia en el mismo por las actividades humanas es una realidad que está modificando nuestra economía, salud y comunidades de formas diversas (aumento de temperaturas, incremento de fenómenos extremos, pérdida de biodiversidad, etc.). El primer paso para solucionar este grave problema ya se ha dado: Al reconocer la concreción del mismo con la firma del Acuerdo de París, alcanzado en la XXI Conferencia de las Partes (COP21) de la Convención Marco de las

Naciones sobre el Cambio Climático en diciembre de 2015, el cual incluye el compromiso de alcanzar la neutralidad de emisiones de GEI entre 2050 y 2100 para contener el incremento de la temperatura de la Tierra. La Unión Europea ha venido mostrando un liderazgo a la hora de asumir compromisos medioambientales, estableciendo objetivos de reducción de emisiones a 2020, 2030 y 2050, que constituyen los hitos más visibles de su hoja de ruta de descarbonización. Para 2020 se fijó como objetivo reducir las emisiones de gases de efecto invernadero (GEI) un 20% respecto al 1990, en el horizonte 2030 se produjo un aumento de la emisión y la UE marcó el objetivo de reducir las emisiones GEI un 40% respecto a ese mismo año base. En 2050 las emisiones europeas deberán situarse entre un 80-95% por debajo de las de 1990. Los objetivos a 2050 suponen un enorme reto que requerirá abordar una transición energética hacia una combinación prácticamente descarbonizada. Esta transformación se enmarca en el cumplimiento del objetivo europeo de reducción de emisiones de GEI y en la consideración de otros aspectos clave de la política energética: la seguridad de suministro y la competitividad del sistema energético. El objetivo de este trabajo es dar una visión a largo de qué supone el cumplimiento medioambiental de la UE en el horizonte 2050, a la vez que se proponen los mecanismos que se consideran más adecuados para que puedan servir de referencia para la transición. La metodología llevada en este estudio ha sido la aplicación de la “Identidad de Kaya”, una expresión matemática que se utiliza para describir la relación entre los factores que influyen en las emisiones de dióxido de carbono (CO₂) que se emiten a la atmósfera. Con esta expresión se evalúan dos de los escenarios descritos por la Agencia Internacional de la Energía (AIE) y se llega a unos resultados que indican que un objetivo de reducción del CO₂ para España en 2050 no cumpliría ni con el escenario más exigente “450

Scenario”, ni con el que supuestamente se alcanzaría el objetivo de limitar la temperatura global a 2°C para el 2050.

(Serrano, E. 2017) Aportaciones para justificar el suministro renovable en el sistema eléctrico español y conseguir un modelo energético altamente descarbonizado. En este trabajo de tesis comienzo analizando las bases teóricas como el balance neto, el autoconsumo o las redes inteligentes, así como la normativa que afecta sobre todo a la generación distribuida. Detallo la producción nacional de energía eléctrica en los últimos años y las centrales más importantes existentes en nuestro país. Para terminar este estado del arte, hago una referencia a otros trabajos e informes sobre previsiones de demanda de energía eléctrica en España. Una vez definido el problema-objetivo, obtenemos, analizando variables, los costes de generación y el impacto medioambiental, la composición de productores de energía eléctrica ideal para el año 2050. Pretendemos que esta generación de energía eléctrica reduzca las emisiones de CO₂ actuales pero que siga siendo rentable económicamente y viable desde el punto de vista técnico. Para su realización analizamos previamente la evolución de la demanda de energía eléctrica en función de varios parámetros como son, la evolución prevista de la población o del PIB. Se analiza la futura demanda energética en tres escenarios distintos, uno conservador donde la evolución del incremento de energía es moderada otro, menos conservador, donde este crecimiento es ligeramente mayor y el tercero y último mucho más agresivo con una demanda más elevada. Como resultado detectamos una tendencia al alza en la generación a partir de energías renovables hasta el año 2050, la disminución considerable de la producción mediante ciclos combinados de gas natural y la desaparición de la generación térmica con ciclos convencionales de carbón o fuel. Sin embargo, se propone una generación mediante lo que se ha llamado “carbón limpio”, donde en una central térmica de carbón se rescataría la

producción de CO₂, así como de otros gases y partículas que puedan ser agresivos para el medio ambiente. La generación eléctrica de origen nuclear también desaparece, al ir cumpliendo su vida útil las centrales que actualmente están en funcionamiento. Una segunda parte del desarrollo de la tesis doctoral es el diseño de la transición, hasta el año 2050, en la generación de energía eléctrica para cada uno de los escenarios propuestos, así como definir la nueva potencia a instalar en cada una de las tecnologías. De esta forma, a partir del resultado obtenido en la parte anterior y la vida útil de las actuales instalaciones se define una evolución, año tras año, en la generación eléctrica, pretendiendo que sea viable económica y técnica, buscando una combinación de generadores propuestos mucho más respetuosos con el medio ambiente. Del análisis de las variables que repercuten sobre este tipo de generadores de producción de energía eléctrica, se concluye que el reparto de producción entre las distintas tecnologías depende de una función muy compleja en la que intervienen, entre otras, variables fundamentales como el coste de generación y el impacto medioambiental. Resumiendo, en el 2050 posiblemente no se pueda tener un sistema de generación eléctrica totalmente descarbonizado, un 1,91 % de la energía eléctrica estaría generada con gas natural, pero estarán muy cerca de conseguirlo y esto será un gran logro para la sociedad, pero sobre todo para las generaciones venideras.

(Arias, 2017) Reducción de las emisiones de gases con efecto invernadero (GEIs) en el sector energético mediante tecnologías no convencionales. Históricamente, en la provincia de Santa Fe en Argentina, las demandas de electricidad se satisfacen importando energía generada en otras provincias ya que carece de una matriz energética propia. Se conoce que en Argentina el 52 % de la electricidad se produce en centrales térmicas, que funcionan a gas o diésel; el 43 % en usinas hidroeléctricas, y apenas el 4 % es energía nuclear. A partir del año 2003 las

demandas eléctricas en la mayoría de las provincias, incluyendo Santa Fe, se incrementaron fuertemente como consecuencia del crecimiento económico experimentado en diferentes sectores productivos tales como el agro, la construcción y la industria. Esto obligó tanto al gobierno nacional como provincial a impulsar un nuevo plan estratégico con el principal objetivo de aumentar la producción de electricidad y así poder reducir los efectos negativos de la crisis energética que afecta a todo el territorio nacional. A pesar de que las centrales de ciclo combinado operan con gas natural y en consecuencia son las que menos contaminan respecto a plantas que operan con carbón, requieren que los gases de combustión generados deban ser tratados necesariamente antes de ser emitidos al ambiente. La corriente de gases exhaustos contiene uno de los principales responsables del calentamiento global. Diferentes estudios revelan que para las próximas décadas la concentración de CO₂ en el ambiente aumentaría a ritmos más acelerados en caso que no se adopten las medidas y acciones necesarias tendientes a disminuir dichas emisiones. De este modo resulta evidente la imperiosa necesidad de investigar y proponer soluciones efectivas para reducir las emisiones de gases con efecto invernadero. Algunas de las acciones tendientes a reducir las emisiones de CO₂ que proceden de la combustión de combustibles fósiles para la producción de energía, debieran ser: 1) uso racional de la energía generada (aumento de la eficiencia en los procesos de conversión), 2) utilizar combustibles que tengan menores emisiones (energías renovables, gas natural), 3) captura y almacenamiento del CO₂ procedente de la combustión. En este sentido, esta tesis se enmarca en el punto 3) ya que se propone investigar y desarrollar procesos eficientes para tratar las emisiones generadas en las plantas de producción de energía eléctrica que contribuyen al efecto invernadero, en especial el CO₂.

(Manassaldi, 2017) Informa sobre la aplicación de técnicas de programación matemática y métodos de integración de procesos para determinar la síntesis y el diseño óptimo de una planta de cogeneración de ciclo combinado. La presente tesis trata sobre el modelado matemático, simulación y optimización de ciclos combinados operando en forma desacoplada y acoplada a otros procesos, como, por ejemplo, sistemas de utilidad y planta de captura de CO₂. Precisamente, la tesis presenta modelos matemáticos utilizando programación matemática y metodologías “alternativas” para optimizar la configuración y el diseño de sistemas de cogeneración de vapor y electricidad. El planteamiento del problema de optimización se resolverá postulando una superestructura de configuraciones alternativas considerando la posibilidad de intercambios de calor en paralelo, serie y serie-paralelo entre la corriente de gas que abandona la turbina de gas y el fluido circulante del ciclo de vapor. De esta manera, la superestructura embebe numerosas alternativas para la configuración de los equipos las cuales son tenidas en cuenta simultáneamente por el algoritmo de optimización. La ventaja principal de este tipo de planteo es que al modificar las especificaciones de diseño permite determinar en forma automática la configuración óptima correspondiente. Durante el desarrollo de la tesis, se proponen y resuelven diferentes problemas de optimización considerando diferentes funciones objetivas y considerando fija la demanda de electricidad, según se detalla a continuación: 1) minimización del área total de transferencia de calor, 2) minimización del consumo de combustible, 3) minimización del costo total (inversión y costo de operación). Los modelos y metodologías de solución se aplican a la optimización de la configuración, diseño y operación de un sistema de cogeneración acoplado a distintos procesos, por ejemplo, a un proceso de captura de CO₂ utilizando aminas. Finalmente, la metodología es aplicada también para optimizar la síntesis y diseño de plantas de “utility”

(configuración del ciclo combinado y configuración del sistema de turbinas y válvulas) considerando diferentes niveles de demandas de potencia y vapor. Las metodologías de solución se componen de procedimientos sistemáticos basados en el empleo de técnicas de Programación Mixta Entera No Lineal (MINLP), utilizando variables binarias para imponer restricciones de diseño de tipo estructural (configuración de los equipos) y variables continuas relacionadas con las condiciones de operación. Los resultados encontrados son comparados con los obtenidos por otros revolvedores tradicionales para modelos MINLP.

1.5 Justificación de la investigación

(Otterbach, 2014) nos dice que en la actualidad la producción y el consumo diario de petróleo son enormes. El mundo entero produce y consume 86 millones de barriles al día, los cuales cuando se queman liberan 27 millones de toneladas de CO₂ a la atmosfera diarios, por ejemplo Estados Unidos el consumidor más grande de petróleo en el mundo necesita 20 millones de barriles por día para satisfacer sus necesidades básicas, aunque produce solo 8 millones de barriles; esto significa su emisión diaria total de CO₂ es mayor a 6 millones de toneladas por día y se espera que su consumo crezca 50% para el 2030, un barril con 125 Kg. De petróleo produce 1700Kw/h y libera casi 2.5 veces su peso (317 Kg.) de CO₂ en la atmosfera, el gas natural produce 29% menos de CO₂ que el petróleo y 44% menos de CO₂ que el carbón.

(Amestoy Alonso, 2010) el 16 de febrero del 2009, Chris Field miembro del IPCC comunico en prensa latina en Washington que el calentamiento global es mucho más grave de lo pensado y sus consecuencias pueden ser incalculables, el académico informo que en el futuro las temperaturas serán más altas de lo pronosticado y causaran serios daños ambientales,

como la pérdida de selvas tropicales e incremento del deshielo ártico, con la consiguiente trascendencia económica y social, los científicos calculan que, entre el 2000 y 2010, el mundo incorporo alrededor de 100 mil millones de toneladas de carbono a la atmosfera.

(Buchanan, 2018) hace más de 100 años, en el apogeo industrial las personas comenzaron a consumir grandes cantidades de combustibles, se construyeron fábricas y maquinas.

Producían las mercancías más rápido y a un precio más justo que antes. Inmensas cantidades de combustibles se consumieron para fabricar estas mercancías. Las personas de todo el mundo querían comprar productos a precios más bajos. Se dio una explosión en la construcción de rutas y en el transporte. Esto implico el uso de más combustible. Luego, llegaron el automóvil y la bombilla eléctrica. Aparecieron plantas de energía eléctrica en todo el mundo. Estas plantas consumían combustibles fósiles para generar electricidad. Avances como estos cambiaron el mundo. Pero el consumo de combustibles fósiles liberó más gases de efecto invernadero al aire. En la actualidad se usan más combustibles fósiles que nunca antes. Es posible que esto haga que el efecto invernadero se eleve fuera de control. Hay un 30% más de dióxido de carbono en el aire hoy que hace 150 años.

Como dice (MEM, 2017) al año 2025, el porcentaje de energía primaria de origen renovable no convencional eólica, solar, biomasa y geotérmica no superará el 5% del total de la energía primaria. Por el contrario, en valores netos, entre el año 2014 y 2025, la energía primaria de origen renovable no convencional se reducirá de 105 PJ a 68 PJ, No incluye las emisiones de CO₂ ni nuevas tecnologías de captura y secuestro de CO₂ – CCS, ni tampoco el marco regulatorio incluye incentivos o penalidades destinadas a una reducción importante del CO₂ emitido a diferencia de otros países por tanto al 2040 no hay tampoco una previsión significativa de reducción de emisiones por encima del 5% por concepto de renovables.

En el año 2016, el consumo de energía eléctrica en el país creció 7,8 % respecto al año anterior. En la generación, se destaca el consumo del Diésel B5, Petróleo Industrial y de Gas Natural que tuvo crecimiento en 27,2%, 12,5% y 8,8%, respectivamente. Asimismo, al igual que el 2015, con aún mayor margen en el 2016, el gas natural superó como fuente de energía para la generación eléctrica a la hidroenergía, por todo ello la investigación se justifica en lo ambiental por el CO₂ capturado y no emitido, conservación de la biodiversidad y la conservación de suelos. En lo social económico mejores condiciones de vida, promover el conocimiento científico sobre los efectos del GEI y en lo institucional mejorar la relación con el sector académico y promover el cumplimiento de los compromisos internacionales.

1.6 Limitaciones de la investigación

La falta de unidad común en la información de los combustibles ya sea m³, kg o toneladas no nos permite un buen criterio de análisis del rendimiento en todo caso nos damos la tarea de uniformizar unidades para referir el rendimiento a un valor que al final de cuentas podría ser en \$/Mw. o \$/GW. No se presenta un inventario de emisiones en tiempo real para poder tomar las medidas o hacer planeamientos ambientales con anticipación. Así como en este caso el estudio por razones de atraso en la data se tendrá que referir al año 2018 pues el reporte del 2019 estará listo a finales del 2020 o el 2021.

1.7 Objetivos

1.7.1 Objetivo general

Determinar la relación que se da entre los generadores de energía termoeléctrica y las emisiones de CO₂ en el Perú 2019

1.7.2 Objetivo específico

Determinar la relación que se da entre los generadores de energía termoeléctrica por carbón y las emisiones de CO₂ en el Perú 2019

Determinar la relación que se da entre los generadores de energía termoeléctrica por petróleo y las emisiones de CO₂ en el Perú 2019

Determinar la relación que se da entre los generadores de energía termoeléctrica por gas natural y las emisiones de CO₂ en el Perú 2019

1.8 Hipótesis

1.8.1 Hipótesis general

La generación de energía termoeléctrica se relaciona significativamente con las emisiones de CO₂ en el Perú 2019

1.8.2 hipótesis específicas

La generación de energía termoeléctrica por carbón se relaciona significativamente con las emisiones de CO₂ en el Perú 2019

La generación de energía termoeléctrica por petróleo se relaciona significativamente con las emisiones de CO₂ en el Perú 2019

La generación de energía termoeléctrica por gas natural se relaciona significativamente con las emisiones de CO₂ en el Perú 2019

II MARCO TEORICO

2.1 Matriz energética

la energía eléctrica en la actualidad se usa en la industria, en los hogares, en el comercio o en los medios de transporte. Se caracteriza por su controlabilidad, por su versatilidad y por su limpieza. Puede ser generada en grandes cantidades, de forma concentrada en determinados lugares y transmitida fiable y económicamente a grandes distancias, siendo finalmente adaptada de forma fácil y eficiente, para iluminación y para trabajo mecánico (Barrero González, 2004)

La energía la obtenemos por conversión, a partir de las fuentes de energía primaria. El calor liberado en la combustión del carbón, del petróleo o del gas natural (combustibles fósiles), o a partir de la fisión de un material nuclear, es convertido primero en energía mecánica de rotación, mediante un ciclo termodinámico. En las centrales hidroeléctricas, la energía potencial contenida en el agua almacenada en un embalse es convertida en energía mecánica de rotación en las turbinas hidráulicas. En cualquier caso, la energía mecánica obtenida se transforma en energía eléctrica mediante dispositivos electromecánicos denominados generadores (Barrero González, 2004)

Una central eléctrica es una instalación capaz de transformar la energía primaria (térmica, solar eólica, nuclear, del mar, hidráulica etc.) en energía mecánica que a su vez, mediante una posterior transformación, producirá energía eléctrica apta para el consumo (Rosas, 2003)

Según (Osorio, 2008) una central hidroeléctrica es una instalación cuya misión es convertir la energía potencial y cinética del agua en energía eléctrica disponible, la central hidroeléctrica está conformado por todos los elementos que intervienen desde la captación del agua hasta su

devolución al cause todo el equipamiento que interviene en la transformación energética hasta la entrega de la energía eléctrica donde la compañía eléctrica disponga.

Según (Herranz, 2009) una central térmica convierte la energía química de los combustibles fósiles en energía eléctrica, durante la combustión se produce vapor de agua a alta presión cuya energía cinética mueve una turbina acoplada al alternador electricidad según la ley de la inducción electromagnética Faraday Lenz.

Durante los próximos años no se esperan grandes cambios. Según la Agencia Internacional de la Energía (AIE), en su escenario base del World Energy Outlook de 2011, el petróleo registrará una contracción de 5 puntos porcentuales en la matriz energética de 2035 respecto a 2009. Por su parte, el gas natural alcanzará una participación del 23% sobre una demanda energética total estimada en 16.961 millones de toneladas equivalentes de petróleo.

La matriz energética en el Perú según (MINEM, 2019) está basada en la composición de producción y consumo de la energía. Debemos tener presente que la energía, que mueve la economía de nuestro país es en principio la energía eléctrica, la Térmica, el Gas natural, el Carbón, el Diésel, etc. Es necesario que Perú cuente con una matriz energética balanceada entre fuentes de energías renovables y no renovables. Hay que reforzar la matriz energética con energía renovable como son la energía solar, eólica, y otras. Según el Ministerio de Energía y Minas el planeamiento energético es una herramienta de apoyo al Estado en la definición de políticas públicas, que a partir de simulaciones del comportamiento del sector ante diferentes escenarios permite detectar necesidades futuras de infraestructura energética, desarrollar una estrategia para satisfacer las demanda de energía proyectada, evaluar la fortaleza de la infraestructura energética del país para atender la demanda ante eventos extremos, mejorar la capacidad de atraer capitales para el sector al reducir los riesgos

sistémicos, y mejorar la productividad y competitividad del país al permitir que la infraestructura energética se prevea de forma oportuna, suficiente y competitiva.

2.1.2 Centrales termoeléctricas clásicas

Son las centrales más antiguas empleadas para la generación de energía eléctrica, utilizando combustibles fósiles sólidos (carbón), líquidos (fueloil u otros derivados del petróleo) y gases.

Las centrales termoeléctricas clásicas o convencionales producen energía eléctrica a partir de la combustión del carbón, petróleo o gas en una caldera diseñada a tal efecto (Mujal Rosas, 2003)

Una central termoeléctrica es una instalación industrial para la generación de electricidad a partir de la energía liberada en forma de calor, mediante la combustión de algún combustible fósil. El calor se emplea para producir vapor, el vapor mueve una turbina acoplada a un generador que finalmente produce energía eléctrica, en el proceso de generación de energía eléctrica ocurren emisiones de contaminantes a la atmósfera en gran volumen e impacto en la calidad de aire a nivel local y regional (Zuk et al., 2006)

Son consideradas las centrales más económicas y rentables, por lo que su utilización está muy extendida en el mundo, a pesar de las críticas debido a su elevado impacto medio ambiental.

Si bien es cierto que el funcionamiento de las centrales termoeléctricas convencionales es el mismo, independientemente del combustible que se utilice. Hay muchas diferencias entre ellas que comienzan con el ciclo termodinámico de funcionamiento, la combinación de ellas también la forma como actúan en el sistema interconectado ya sea como equipos de carga base o equipos de punta, la influencia por el tratamiento previo que se hace al combustible y en el diseño de los quemadores de las calderas de las centrales. Así se tienen: centrales de

carbón, centrales diésel, centrales de gas natural, centrales que pueden quemar tanto el petróleo, como el gas natural y el carbón (OSINERGMIN, 2017)

2.1.3 Tipos de centrales térmicas

Según (Severns, Degler, & Miles, 2007) la energía calórica puede obtenerse mediante la combustión correcta de los combustibles comerciales, y cuando se emplea los equipos adecuados, parte de esta energía puede transformarse en trabajo. Cada máquina principal de una central térmica utilizada para la conversión de la energía calórica en trabajo mecánico útil se denomina maquina motriz. Las centrales térmicas se clasifican en tres grupos: Centrales térmicas de vapor, centrales de motores de combustión interna y centrales de turbina a gas.

2.1.4 Central de turbina a gas

Como dice (Fernández Diego & Robles Díaz, 2018) las centrales con turbinas de gas tienen la ventaja de que prácticamente no contaminan. Además, como apenas tienen inercia térmica se utilizan como centrales de punta o como centrales de reserva, es decir para sustituir total o parcialmente a las centrales hidráulicas o térmicas de base en el caso de escasez de agua o de avería. Las turbinas de gas funcionan siguiendo un ciclo de Brayton, la diferencia esencial del ciclo Brayton con el Rankine es que en el primero el fluido de trabajo es un gas proveniente de la quema de combustible con el aire y esta mezcla gaseosa a unos 1000 °C acciona la turbina que mueve al generador montado en su eje, mientras que en el segundo caso el combustible se quema con el aire en un caldero el cual evapora el agua que es el vapor que ingresa a la turbina acoplada a un generador de potencia completando así el ciclo combinado. El vapor que ya pasó por la turbina irá hacia el condensador para volver al caldero como condensado e iniciar un ciclo continuo. El ciclo Brayton es el que de mayor temperatura y

directamente en la fase gaseosa que en el ciclo Rankine por realizarse en la fase gaseosa y fase líquida respectivamente.

2.1.5 Central de ciclo combinado

Una central de ciclo combinado es aquella en la que la energía térmica del combustible es transformada en electricidad mediante el acoplamiento de dos ciclos termodinámicos individuales, un ciclo Brayton que opera a alta temperatura y otro Rankine con menores temperaturas de trabajo. El calor residual del ciclo Brayton en su proceso de generación de trabajo se utiliza en la caldera del ciclo Rankine aprovechando de esta manera un calor residual que de otra manera se perdería. El ciclo Brayton de alta temperatura entrega los gases residuales que se aprovechan en su mayor parte en un intercambiador de calor que es el caldero el que da el vapor para producir trabajo en la turbina a vapor denominado un ciclo termodinámico Rankine de baja temperatura, en la práctica, el término ciclo combinado se reserva de forma casi universal a la conjunción en una única central térmica de dos ciclos termodinámicos, Brayton y Rankine, que trabajan con fluidos diferentes: gas de combustión y agua-vapor. El ciclo que trabaja con aire-gases de combustión (Brayton) opera a mayor temperatura cerca de 1000°C y el otro cuyos gases se usan para generar el vapor usa este vapor-agua (Rankine) y ambos están acoplados por el intercambiador de calor gases/agua-vapor, que es la caldera de recuperación de calor. La unión termodinámica de estos ciclos termodinámicos conduce generalmente a la obtención de un rendimiento global superior a los rendimientos de los ciclos termodinámicos individuales que lo componen, las ventajas de estas centrales frente a las térmicas convencionales pueden resumirse en la (tabla 1) (Fernández Diego & Robles Díaz, 2018)

Tabla 1 Ventajas de los ciclos combinados

Ventajas de los ciclos combinados	Ciclos combinados	Centrales clásicas de ciclo agua/vapor
Mayor eficiencia energética	55-57%	35-40%
Menores emisiones atmosféricas, en especial de CO ₂	360 g CO ₂ /kWh	850 g CO ₂ /kWh
Menor consumo de agua, por ser menor la necesidad de refrigeración	435 m ³ /h (400 MW)	875 m ³ /h (400 MW)
Bajo coste de inversión específico	400-600 €/kW	> 1000 €/kW
Menor plazo de construcción	2 años	3-4 años
Alto grado de automatización	5 €/kW-año	27 €/kW-año
Mayor aceptación social, bajo requerimiento de espacio: facilidad de ubicación próxima al consumo	100000 m ² (400 MW)	260000 m ² (400 MW)

Fuente: (Fernández Diego & Robles Díaz, 2018)

2.1.6 Central a vapor

Estas centrales emplean turbinas o máquinas de pistón, o ambas cosas a la vez, no solamente como máquinas motrices, sino también para mover máquinas auxiliares, como bombas, hogares mecánicos, ventiladores y excitatrices. El vapor, el cual es conducido por medio de canalizaciones se produce en la caldera quemando el combustible en los hogares, las máquinas motrices de las centrales térmica de vapor pueden trabajar sin condensador o con condensador (Severns et al., 2007)

2.2 Tecnologías de captura de CO₂

Según (Hannessey, 2010) el CO₂ permanece en el sistema climático por un tiempo relativamente largo, del orden de un siglo o más. Si se mantuviera las emisiones antropogénicas globales en los niveles actuales se llegaría a una tasa casi constante de aumento de las concentraciones atmosféricas durante dos siglos por lo menos, alcanzando unas 500 partes por millón (ppm) para finales del siglo XXI (aproximadamente el doble de la concentración preindustrial de 280 ppm). Los modelos del ciclo del carbono muestran que la

estabilización inmediata de la concentración de CO₂ en su nivel actual solo podrá lograrse mediante una reducción inmediata de sus emisiones del 50% al 70% y procediendo con actividades que reduzcan emisiones a velocidades mayores con métodos tradicionales, nuevas e innovadoras tecnologías y con una inteligencia apropiada para la obtención de recursos económicos.

(Hannessey, 2010) (como se citó en la generación del cambio climático, 2010) diseñaron un esquema de cuñas que demuestran que simplemente frenando los actuales patrones de consumo, aplicando nuevas tecnologías y creando nuevas políticas, se pueden reducir los actuales niveles de CO₂ en la atmosfera, este estudio expone 15 puntos potenciales que podrían solucionar los problemas climáticos en los próximos 50 años usando las tecnologías actuales, una de ellas es aplicando tecnologías de captura de CO₂.

A la vista de que la disminución del consumo de energía eléctrica de manera drástica es claramente una utopía, la disminución de las emisiones se basa en dos estrategias principales: la mejora de la eficiencia energética de los ciclos de potencia y la captura y el almacenamiento de CO₂. (Romeo, Lisboa, Guedea, Lupiañez, & Bolea, 2010)

Como dice (Bartolomé Muñoz, Mora Peris, & Alcalde Rodríguez, 2011) el almacenamiento de CO₂ sólo es posible si esta especie química está lo suficientemente concentrada como para que sea posible su compresión hasta alcanzar un estado denominado supercrítico (densidad de 760 kg/m³ a 21,1 °C). Por este motivo, los sistemas de captura tienen como objetivo la obtención de una corriente concentrada en CO₂ preparada para su transporte y almacenamiento permanente. Estos sistemas incluyen un proceso de separación de gases a gran escala que acaba generando una corriente pura concentrada de CO₂. Los sistemas de captura de CO₂ se suelen clasificar en: **Precombustión:** El combustible debe transformarse y

pasar a tener un bajo o nulo contenido en carbono. En el proceso se obtiene H₂ y CO₂, el primero queda disponible para su combustión en turbinas de gas y el segundo se captura para su posterior almacenamiento.

Oxicombustión parcial y total: La combustión se realiza en presencia de oxígeno puro o con una mezcla enriquecida en oxígeno en lugar de aire. El resultado en ambos casos es un gas efluente con un alto contenido en CO₂ (su concentración dependerá del contenido de O₂ en la mezcla utilizada en la combustión). En ambos casos es necesario utilizar técnicas de separación de gases para capturar el CO₂ de los gases efluentes. Las técnicas que se utilicen dependerán de la concentración de CO₂ de los mismos.

Postcombustión: Se trata de técnicas que se aplican al final del proceso de combustión. El objetivo es separar el CO₂ que se encuentra diluido en los gases efluentes del resto de componentes del gas mediante técnicas de separación de gases: membranas, absorción química, adsorción física, ciclos de calcinación-carbonatación, etc. Aunque no existen barreras tecnológicas infranqueables en ninguna de las tres rutas, se estima que no todas sean de aplicación al sector del cemento. La diferencia entre todos los procesos estriba en la tecnología disponible y en los costes de su aplicación.

Según el (MINEM, 2018) para el periodo 2013 – 2017, las emisiones de dióxido de carbono, provenientes de la transformación de energía primaria en secundaria y el consumo propio, se incrementaron hasta alcanzar 17,7 mil millones de kilogramos en el año 2017. Puede notarse un incremento sostenido de las emisiones en transformación y consumo propio principalmente, debido al incremento de la generación eléctrica a partir del gas natural.

En nuestro país se viene desarrollando una política energética con una visión a largo plazo, que promueve la producción y el uso eficiente de la energía en un marco de desarrollo sostenible.

2.2.1 Gestión Ambiental

En los 70 se inician las actividades medioambientales y de sostenibilidad en el planeta, en el año 1972 se realiza la conferencia de la ONU sobre el ambiente alcanzándose en el 2002 la declaración de desarrollo sostenible en Johannesburgo (Puterman, 2010)

Así mismo, la conferencia de las naciones unidas, da cuenta de una cooperación internacional para acelerar el desarrollo sostenible en los países en desarrollo con políticas internas conexas informándose en este entonces una asignación de 8,800' para los programas de sostenibilidad (ONU, 1992) en la Fig. 1 se muestra la línea de tiempo del desarrollo sostenible

(Minam, 2011) el plan de acción ambiental (PLANAA) Perú 2011-2021 es el instrumento de planificación ambiental nacional de largo plazo, que implementa la Política Nacional del Ambiente a través del establecimiento de metas, acciones estratégicas e indicadores.

Constituye el marco orientador de las acciones en materia ambiental que se vienen desarrollando en el país, en el corto, mediano y largo plazo, en los tres niveles de gobierno. El logro de los objetivos y metas del PLANA es de responsabilidad compartida por todas las entidades del estado, quienes deben asegurar la provisión y asignación de los recursos económicos y financieros necesarios, con la participación de otros actores del sector privado y de la sociedad civil. Con la finalidad de adecuarlo al contexto nacional actual, el documento fue revisado y puesto en consulta pública y aprobado por decreto supremo N° 014 -2011- Minam.

(Salas & Maldonado, 2020) informa que, desde el inicio de la revolución industrial en 1750, intensificó los gases de efecto invernadero (GEI) en la atmósfera. Actualmente, el objetivo para minimizar o evitar desastres relativos al clima, es mantener el calentamiento global por debajo de los 2°C en comparación con los niveles preindustriales, la combinación del método documental con el contexto presenta un procedimiento adecuado para este análisis, las actividades del desarrollo humano desde mediados del siglo XVIII han aumentado la presencia de GEI como CO₂ en aproximadamente un 35%, en gran parte por el uso de combustibles fósiles.

Según (Salas & Maldonado, 2020) el Panel Intergubernamental sobre Cambio Climático (IPCC) demuestra el aumento de la temperatura media mundial en el aire y el océano, el derretimiento generalizado de la nieve y el hielo y el aumento del nivel medio del mar, la superficie de océanos y tierra se ha calentado en un promedio de 0,85°C entre 1880 y 2012, este aumento de temperatura está derritiendo el hielo marino ártico en 5% cada 10 años y el aumento del nivel del mar en 0,003 metros por año el aumento de la temperatura ha llegado a 3Km de los océanos que está absorbiendo el 80% del aumento, entre 1961-2003, los niveles del mar han aumentado, en promedio, 1,8 milímetros por año. Pero de 1993 a 2003, el aumento promedio del nivel del mar alcanzó los 3.1 milímetros por año como se muestra en la (figura 2), si el aumento de la temperatura actual continúa sin disminuir, las costas y los ecosistemas, las reservas de agua, la producción de alimentos y la salud sufrirán efectos dramáticos se ha estimado que el impacto del cambio climático en la economía mundial oscila entre el 5 y el 20 por ciento del PIB mundial Según el Programa de las Naciones Unidas para el Desarrollo (PNUD), muchos de los ecosistemas más importantes del mundo ya están amenazados, para el 2050 los niveles de CO₂ podrían duplicarse y triplicarse para 2100. El

calentamiento global promedio, considerando un alto nivel de emisiones de CO₂ combinado con las emisiones de otros GEI, podría alcanzar entre 3-6°C, una rápida adopción de fuentes de energía alternativas, diferentes a las basadas en combustibles fósiles, podría causar una disminución del calentamiento global que se produciría a fines de este siglo y más allá.

Keeling estimó que aproximadamente el 55% de las emisiones de los combustibles fósiles permanecerían en la atmósfera y predijo que duplicar las concentraciones de CO₂ podrían aumentar el promedio de la temperatura del planeta entre 5 y 6 °C, un resultado consistente con las predicciones actuales.

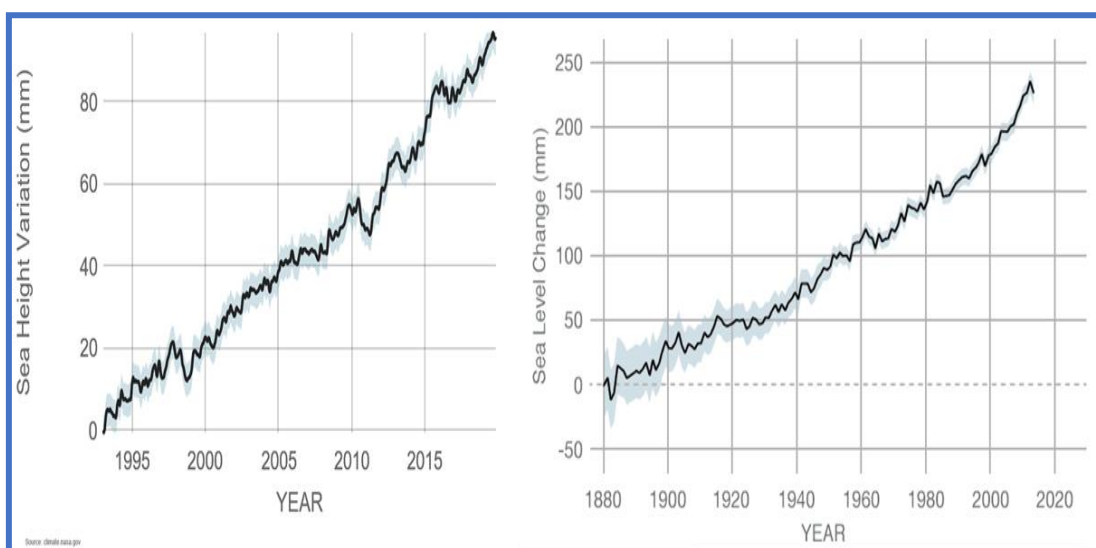


Figura 2 Cambios en el nivel del mar
Fuente: (SEAL-NASA, 2020)

(Salas & Maldonado, 2020) la ciencia del cambio climático, la respuesta política global y regional, proporcionarán los recursos necesarios para esta mitigación en la actualidad la cobertura de emisiones de GEI la última década ha aumentado por la introducción de mecanismos de reducción de emisiones en todo el mundo, la cobertura aumentó de más de 2 GtCO₂-e en 2005 a casi 5 GtCO₂-e en 2015, lo que representa el 12% de las emisiones anuales mundiales, en la actualidad, 17 ETS(Emission Trade System) están vigentes en todo

el mundo. En total, 34 países, 13 estados / provincias y 7 ciudades están cubiertos por mecanismos ETS, El valor total de los esquemas globales de reducción de emisiones de GEI alcanza los US \$ 30 mil millones.

2.2.2 Economía de las emisiones

(Trinidad & Ortiz, 2019) el precio al carbono ha sido por mucho tiempo aclamado por los economistas como el modo costo eficiente de reducir las emisiones de gases de efecto invernadero. Cada vez más países prestan atención a las recomendaciones de los investigadores, al implementar precios al carbono por medio de impuestos a las emisiones o esquemas de permisos negociables. Alrededor del mundo, existen 57 iniciativas de precio al carbono, que cubren alrededor del 20 % de las emisiones globales. La Unión Europea, diversos estados federales de los Estados Unidos, además de Chile, Colombia y México han adoptado precios al carbono. De manera más reciente, nuevos esquemas de precio al carbono se iniciaron en Argentina, Sudáfrica, Singapur, así como en diversas provincias y territorios canadienses.

Lo relevante es que la Argentina cuenta hoy con un instrumento de precio al carbono que ha sido introducido por ley dentro del sistema impositivo nacional. Más allá de que el impuesto al CO₂ no tenga en la actualidad impacto real sobre los precios finales de la mayor parte de los productos energéticos, su visibilidad en los medios de comunicación y en las herramientas de comunicación de la Administración Federal de Ingresos Públicos, entre otros organismos, introduce señales que indican que hay vientos de cambio. Al incluir los costos sociales de las emisiones de carbono en los cálculos de las empresas y los consumidores, un precio al carbono permite una competencia de mercado justa para las fuentes de energía renovable,

como la eólica y la solar. Un precio al carbono podría generar importantes ingresos públicos que pueden ser empleados para financiar gastos verdes adicionales, la expansión financiera de bienes públicos, como la salud, la educación y la protección social, o reducir los impuestos para las empresas y los consumidores, especialmente para los hogares de bajos ingresos. Este volumen recopila diversas contribuciones que evalúan el precio al carbono en el contexto de América Latina, da cuenta de las experiencias como Argentina, Chile, Colombia y México como se indica en la (figura 3). El Perú examina las opciones de implementación. De este modo puede continuar su aspiración de tener una política climática efectiva y costo eficiente sin comprometer su desarrollo económico.

Tabla 1
Impuestos al carbono en América Latina

País	Año de inicio	Metas	Entidades reguladas	Precio
Argentina	2017	– Neutro para los ingresos ⁶	Productores e importadores de combustibles fósiles (excepto el gas natural y el <i>jet fuel</i>)	USD 10.0/tCO ₂
Chile ⁷	2017	– Financiar la reforma educativa – Establecer el marco para otros impuestos ecológicos	Plantas con más de 50MWt de capacidad potencial (calderas y turbinas)	USD 5.0/tCO ₂
Colombia	2017	– Desalentar el uso de combustibles fósiles – Promover la innovación tecnológica	Productores e importadores de combustibles fósiles (excepto el carbón)	Aproximadamente USD 7.0/tCO ₂
México	2014	– Reducir las emisiones de GEI – Aumentar los ingresos del gobierno	Productores e importadores de combustibles fósiles	Aproximadamente USD 2.5/tCO ₂

Figura 3 Impuesto al carbono en América Latina
Fuente: (Trinidad & Ortiz, 2019)

(Salas & Maldonado, 2020) investigó el nivel de apoyo que el público tenía hacia los acuerdos destinados a limitar o reducir la cantidad de emisiones de GEI. en Australia, los resultados mostraron un fuerte apoyo general al gobierno que firmó el acuerdo de París: 84% de los australianos más jóvenes y 75% de los australianos de mayor edad. Otros resultados importantes sugieren que las personas en países de altos niveles de emisiones de CO2 per cápita, como los Estados Unidos de América, Australia, Canadá y Rusia, están menos preocupadas por el cambio climático. Y los Estados Unidos los mayores emisores de carbono per cápita entre los países encuestados, es uno de los menos preocupados por el cambio climático y sus efectos. Finalmente, la disposición a pagar los costos de la protección ambiental ha sido un tema de estudio. Más personas en los países ricos están dispuestas a apoyar económicamente las prácticas de protección ambiental que en los países pobres, debido a que, la capacidad económica también es mayor en los países ricos.

(Trinidad & Ortiz, 2019) los diversos mecanismos orientados a la reducción de emisiones de GEI, a nivel internacional, los programas de captura y comercio son la opción más extendida, en oposición a los impuestos al carbono, los cuales son impopulares entre los responsables políticos y los gobiernos. En un programa de captura y comercio, el gobierno determina qué instalaciones o emisiones están cubiertas por el programa y establece un objetivo general de emisiones, o "límite", para las empresas responsables de las emisiones. Este límite es la suma de todas las emisiones permitidas de todas las instalaciones incluidas. Aunque los programas de captura y comercio son los más populares de los mecanismos desarrollados para la reducción de emisiones, estos no han cumplido el objetivo para el cual fueron creados. Los créditos negociables manejados en este tipo de programas difícilmente han logrado alcanzar un valor significativo de mercado. Este es el caso de los derechos de emisiones emitidos en la

Unión Europea de captura y comercio cuyos precios han sufrido de una elevada volatilidad. Esta volatilidad en ciertas ocasiones se debe a la sobre emisión de derechos, lo cual empuja los precios de estos hacia la baja. La cobertura de emisiones de GEI durante la última década ha aumentado debido a la introducción de mecanismos de reducción de emisiones en todo el mundo. La cobertura de emisiones de GEI aumentó de más de 2 GtCO₂-e en 2005 a casi 5 GtCO₂-e en 2015, lo que representa aproximadamente el 12% de las emisiones anuales mundiales. En la actualidad, 17 sistemas de comercio de emisiones (ETS) están vigentes en todo el mundo. En total, 34 países, 13 estados / provincias y 7 ciudades están cubiertos por mecanismos ETS. El valor total de los esquemas globales de reducción de emisiones de GEI alcanza los US \$ 30 mil millones.

(MINAM, 2016) en la tercera comunicación Nacional del Perú a las Naciones del Unidas se encuentra delimitada su gestión ambiental con sus compromisos ambientales respecto de los gases GEI que incluye el CO₂. El financiamiento ascendió a USD 755,3 millones durante el periodo 2005-2013, incluyendo los USD 283 millones comprometidos en 2013. La segunda fuente de financiamiento fue la Banca Multinacional de Desarrollo con un total de USD 252,7 millones, el BID (USD 251,3 millones), el Banco Mundial (USD 1,2 millones) y la CAF (USD 203 millones) y el presupuesto peruano con USD 39 millones (figura 4)

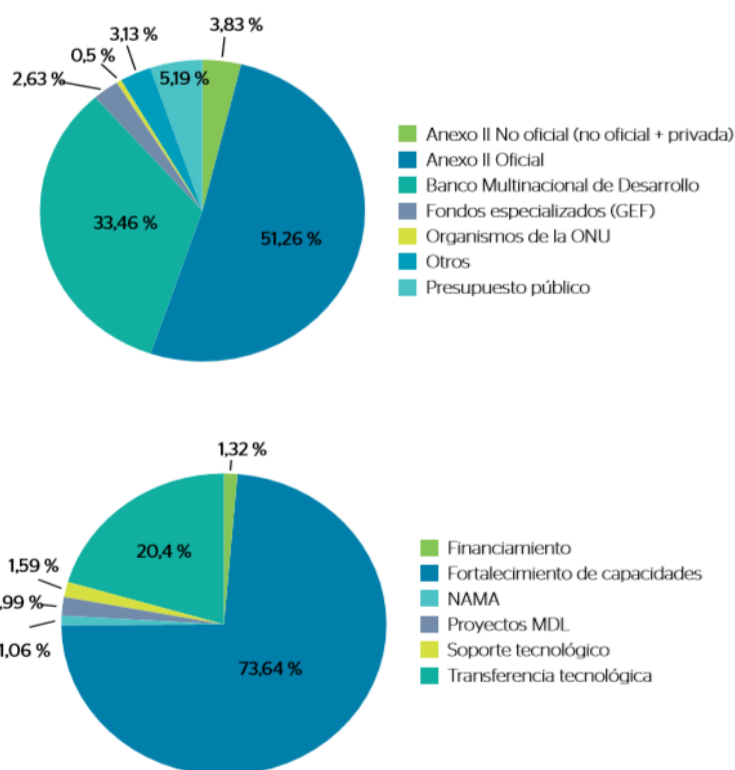


Figura 4 Financiamiento destinado a la gestión de emisiones
Fuente; (Minam, 2016)

(Minam, 2016) medidas de mitigación apropiadas para cada país sobre acciones nacionales apropiadas de mitigación (NAMA) en caso de que se requiera incluir un NAMA en el registro de la convención marco de las naciones unidas sobre el cambio climático (CMNUCC), este deberá solicitarlo también a través del MINAM. Este procedimiento será institucionalizado durante el año 2016. Actualmente, el Perú cuenta con NAMA para los sectores de residuos sólidos, transporte, energía, vivienda y agricultura, las cuales están principalmente en etapa de diseño. Mercados de carbono Los mercados de carbono permiten canalizar financiamiento directo en acciones de gestión de emisiones a través de la venta de reducciones de emisiones de gases de efecto invernadero o de permisos para emitir y se expresan en toneladas de CO₂ equivalente. Balance del estado actual del mecanismo de desarrollo limpio (MDL) y el

mercado voluntario, el mercado de carbono más relevante en los países en vías de desarrollo como el Perú ha sido el regulado por el MDL. Este es uno de los mecanismos flexibles para lograr las metas de reducción establecidas en el Protocolo de Kioto que establecía que los países industrializados, los cuales tenía metas cuantificables de emisiones, podían comprar reducciones de emisiones certificadas provenientes de proyectos de países en vías en desarrollo y, de esta manera, aminorar el costo de implementación de sus compromisos. Las unidades que se venden equivalen a un ton. de CO₂ eq. reducida y se denominan Certificados de Emisiones Reducidas (CER).

Según (MINAM, 2016) los proyectos MDL peruanos registrados ante la CMNUCC suman un potencial de reducción de emisiones de 10,6 millones de tCO₂eq anuales; sin embargo, hasta septiembre de 2015 solo se pudo emitir 4 502 342 CERs. El mayor potencial de reducción de emisiones de GEI anuales corresponde a los proyectos de energía renovable (79 %), seguidos por los proyectos de eficiencia energética (13 %).

(Rodríguez, Victor; Sola, 2018) la reducción de emisiones del sector energético, principal contribuyente de las emisiones globales, se realiza mediante las estrategias de reducción de demanda, sustitución de combustibles e implementación de energías bajas en emisiones de CO₂ como las energías renovables, nuclear y CCS. Recientemente la Agencia Internacional de la Energía realizó una propuesta sobre la contribución en la reducción de emisiones de cada una de las acciones mencionadas para lograr evitar un aumento de la temperatura media del planeta por encima de 2°C respecto valores preindustriales.

(Rodríguez, Victor ; Sola, 2018) la captura y almacenamiento del CO₂ de la producción de bioenergía con captura y almacenamiento de carbono (BECCS), es un proceso que captura y almacena geológicamente las emisiones de CO₂, secuestradas previamente de la atmósfera, de

la combustión de materia biogénica. BECCS supone una técnica de geoingeniería de eliminación de CO₂ en la atmósfera, en inglés Carbon Dioxide Removal (CDR), que permite producir energía con emisiones negativas (Figura 5).

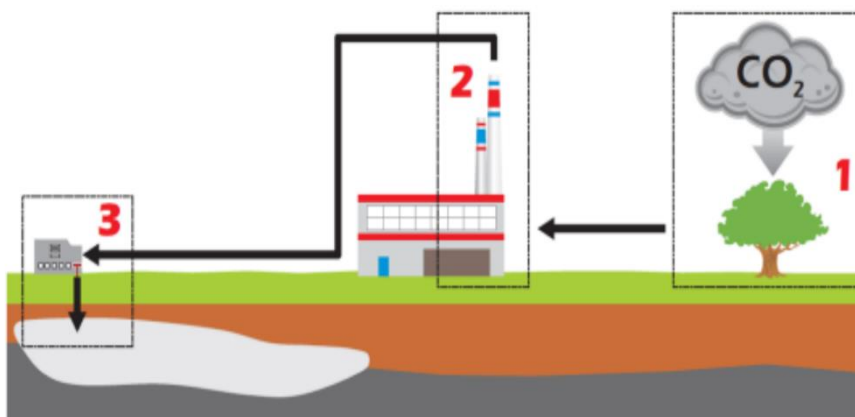


Figura 5 Esquema simplificado del funcionamiento de BECCS.
Fuente: (Rodríguez, Víctor ; Sola, 2018)

Según (Serrano, A. 2017) el principal objetivo de las tecnologías de captura y almacenamiento de CO₂ (CCS) es generar una corriente concentrada de CO₂ en condiciones adecuadas para su posterior transporte y almacenamiento de forma permanente y de manera segura. Esta tecnología es la más adecuada para grandes fuentes estacionarias emisoras de CO₂ tales como centrales térmicas, cementeras y refinerías de petróleo que normalmente utilizan fuentes de energía fósil como materia prima. Fuentes emisoras de CO₂ móviles y de menor tamaño se consideran fuera del campo de aplicación de las tecnologías CCS ya que su aplicación resulta más costosa y complicada. Sin embargo, estas fuentes móviles de emisiones verían reducidas sus emisiones de CO₂ de una manera considerable si se sustituyese el combustible fósil actual por otro vector energético como el hidrógeno obtenido a partir de procesos energéticos que incluyan la captura y almacenamiento de CO₂ en su proceso

productivo. La etapa de captura de CO₂ es de vital importancia en todo el sistema CCS ya que representa en torno de 80% del coste total de captura, transporte y almacenamiento.

Los efectos antropogénicos sobre el clima según (Mariño-Martínez & Moreno-Reyes, 2018) pueden ser mitigados a través de diversas medidas, entre ellas la captura de CO₂ en medios geológicos de captura y secuestro de carbono (CCS). Las estructuras geológicas para captura de CO₂ realmente no necesitan ningún desarrollo tecnológico importante, porque la tecnología se ha desarrollado y aplicado por la industria energética para exploración y producción de hidrocarburos. El reto está más bien en identificar los mejores métodos y sitios para captura y almacenamiento de CO₂ a largo plazo. Existen algunas formas para el almacenamiento de CO₂ en medios geológicos, entre los que se destacan: utilización en operaciones de recobro mejorado EOR, eliminación en reservorios agotados de petróleo y gas, almacenamiento en capas donde se ha explotado el gas asociado al carbón (CBM), inyección en acuíferos salinos profundos y almacenamiento en cavernas de sal. Son varios los criterios a tener en cuenta al evaluar el potencial de una cuenca sedimentaria de almacenamiento de CO₂: su ajuste tectónico y geológico, el régimen geotérmico de la cuenca, el régimen hidrodinámico de aguas de formación, el potencial de hidrocarburos y madurez de cuenca, los aspectos económicos relativos al acceso, infraestructura y las condiciones sociopolíticas. En la cuenca de los Llanos (Tauramena, Casanare) existen las condiciones para la implementación del método de almacenamiento de CO₂, dada la presencia de varios miembros de la formación Carbonera con buenos espesores y permeabilidad, y adicionalmente cuenta con el sello regional de la Formación León y el desarrollo de tecnologías en la industria de los hidrocarburos, favoreciendo la selección de esta cuenca para posibles proyectos pilotos y posterior aplicación comercial del método CCS.

2.3 Marco conceptual

Carbón: Compuesto principalmente por carbono, hidrógeno, nitrógeno, oxígeno y azufre, se origina en transformaciones físicas y químicas de grandes acumulaciones vegetales depositados en ambientes palustres (pantanos), lagunares o deltaicos. El grado distinto de carbonización (incremento de contenido de carbón en cuanto disminuye el contenido de volátiles) divide a los tipos de carbón. Por ejemplo, el poder calorífico normalizado del carbón bituminoso es de 6000 [kcal/kg]. Era el recurso más importante hasta mediados del SXX. Toma actualmente el 25% de la Energía Primaria. Sus reservas son grandes (400 años). Es el principal recurso en la generación eléctrica (40 %), fabricación de cemento y acero. Está limitado actualmente su uso por los EIA (CO₂), aunque hay nuevas tecnologías más limpias (gasificación). El CO₂ producido en su combustión en centrales eléctricas, puede ser secuestrado y almacenado en reservorios ya usados de gas o bajo el fondo del mar. Esta tecnología está en proyectos. El carbón continuará siendo muy importante en diversas economías, tales como la China, India, etc. (Ministerio de Energía y Minas, 2005)

Petróleo: El petróleo y el gas natural son productos de acumulaciones extraordinarias de animales microscópicos (plancton) y plantas del mar, muertos y sepultados hace unos 100 millones de años y que se fosilizaron (no provienen de los dinosaurios). Presentan dos características principales: su densidad y su contenido de sulfuros. El petróleo es una mezcla de productos que para poder ser utilizados en las diferentes industrias y motores de combustión debe sufrir una serie de tratamientos. Muy a menudo la calidad y características de un petróleo crudo dependen en gran medida de su origen, color, viscosidad y contenido. Por ello, el crudo a pie de pozo no puede ser utilizado si no es transformado. Y por lo mismo es indispensable la utilización de pasos disímiles, procesos e innovaciones para la producción

del mayor número de beneficios de una valiosa cuantía operativa. Esta es la base de las razones dentro de la historia del hombre y del petróleo que han estado unidos desde la antigüedad, cuando apareció de forma natural en diversas regiones del Oriente Medio: Arabia Saudita, Bahrein, Emiratos Árabes Unidos, Irán, Irak, Israel, Jordania, Kuwait, Líbano, Omán, Catar, Siria y Yemen. Hace 6.000 años en Asiria, Babilonia, el petróleo se usaba para la pega de ladrillos y piedras, también en la medicina y en el calafateo de embarcaciones. En Egipto engrasaban pieles; las culturas precolombinas de México pintaban esculturas; y los chinos ya lo utilizaban como combustible (Jaimes, 2012)

Gas natural: Es una mezcla de hidrocarburos que se encuentran en el subsuelo en estado gaseoso o en disolución con el petróleo: Gas Natural Asociado, se produce acompañando al Petróleo. Gas Natural No Asociado, se produce sin presencia de Petróleo. Su principal componente es el metano, es una de las fuentes de energía más abundante, limpia y competitiva (Perupetro, 2010)

III METODO

En adelante describimos en forma ordenada las metodologías y la conjunción de ellas que utilizamos para la elaboración del presente trabajo

3.1 Tipo de Investigación

El estudio enmarco en una investigación de tipo aplicada, de enfoque cuantitativo, con nivel de investigación correlacional y diseño no experimental transeccional.

El estudio que le damos es de tipo aplicativo y busca el conocimiento por el conocimiento mismo, más allá de sus posibles aplicaciones prácticas. Usamos esto como objetivo para ampliar y profundizar cada vez nuestro saber de la realidad, en tanto este saber construimos es un saber científico, esto lo realizamos con el propósito de obtener generalizaciones cada vez mayores (hipótesis, leyes, teorías) (Guzman Arboleda, 2013).

Tenemos que utilizar un enfoque cuantitativo por que usamos la recolección de datos para probar una hipótesis con base a la medición numérica y el análisis estadístico, para establecer patrones de comportamiento y probar teorías (Dzul Escamilla, 2006)

Los estudios correlacionales los utilizamos en la pretensión de responder a preguntas de investigación como: ¿Cuál es la relación que se da entre los generadores de energía termoeléctrica y las emisiones de CO₂ en el Perú 2019? Nuestra finalidad es conocer la relación o grado de asociación que existe entre dos o más conceptos, categorías o variables en una muestra o contexto en particular. En ocasiones sólo se analiza la relación entre dos variables, pero en cierto momento incluimos más variables, ya que el enfoque nos permite entre tres, cuatro o más variables (Hernández Sampieri, Fernández Collado, & Batista Lucio, 2014)

El diseño que planteamos aquí es no experimental porque lo realizamos sin manipular deliberadamente variables. Nos basamos fundamentalmente en la observación de fenómenos tal y como se dan en su contexto natural y hemos utilizado categorías, conceptos, variables, sucesos, comunidades o contextos que ya ocurrieron o se dieron sin nuestra intervención y la llamaremos por su nombre investigación «ex post facto» (hechos y variables que ya ocurrieron), al observar variables y relaciones que encontramos en su contexto (Dzul Escamilla, 2006)

Hemos realizado también un diseño transeccional pues durante el proceso nuestra investigación se ha centralizado en analizar cuál es el nivel o estado de nuestras variables en un momento dado y también la relación entre un conjunto de variables en un punto en el tiempo, de aquí el nombre de transeccional. En este tipo de diseño se recolectan datos en un solo momento, en un tiempo único (Dzul Escamilla, 2006)

3.2 Población y Muestra

La población que he considerado está compuesta por las centrales termoeléctricas conectadas al sistema interconectado nacional (SEIN) y mi muestra no probabilística será de 37 centrales térmicas.

He definido una población, en términos más precisos mi población objetivo, que es un conjunto finito de elementos con características comunes para los cuales haré extensivas las conclusiones de mi investigación. Luego en adelante quedo delimitado por el problema y por mis objetivos del estudio muestra: “La muestra es un subconjunto representativo y finito que se extrae de la población accesible” (Arias Fidias, 2012)

Muestras no probabilísticas nos permiten seleccionar casos característicos de una población limitando la muestra sólo a estos casos. Se utiliza en escenarios en las que la población es muy variable y consiguientemente la muestra es muy pequeña luego no será utilizada en adelante (Otzen & Manterola, 2017).

3.3 Operacionalización de variables

VARIABLE	DIMENSIONES	INDICADOR
Variable Independiente GENERACION DE ENERGIA TERMOELECTRICA	Generación termoeléctrica por carbón	GWh
	Generación termoeléctrica por petróleo	GWh
	Generación termoeléctrica por gas natural	GWh
Variable Dependiente EMISIONES DE CO2 EN LA GENERACION ELECTRICA	Emisiones de CO2 en la Generación térmica por carbón	Ton. CO2
	Emisiones de CO2 en la generación térmica por petróleo	Ton. CO2
	Emisiones de CO2 en la generación por gas natural	Ton. CO2

Figura 6 Operacionalización de variables
Fuente: Elaboración propia

3.4 Instrumentos

Las herramientas, que utilizamos son instrumentos documentales reales de procesos de operatividad del sistema termoeléctrico peruano que utilizo para esta investigación me permite como apoyo para mi investigación; su utilización permite alcanzar los resultados esperados. Para la presente investigación utilizo instrumentos documentales reales adicionales de otros sectores como Osinergmin, y Minem y el Inei que disponen también datos de proceso de operatividad del sistema termoeléctrico Peruano.

Esta Herramienta documental la utilizó para recolectar la información de la muestra original real del comportamiento de las variables y seleccionarlas para resolver el problema de investigación.

3.5 Procedimientos

La investigación documental obtenida se apoya en la recopilación de información a través de documentos gráficos formales que tienen su origen en el resultado de las operaciones diarias del sistema interconectado SEIN.

Esto me permite fundamentar y complementar la investigación ayudado con los aportes de diferentes autores. La característica distintiva de la investigación de carácter documental es que obtuve la información mediante fuentes de tipo escrito, solamente como fuentes bibliográficas, no iconográficas, ni fonográficas pero si con medios digitales (Muñoz Razo, 2011)

El estudio después de una exhaustiva revisión de fuentes nos ha permitido realizar una adecuada contextualización en el marco nacional e internacional. A partir de la revisión bibliográfica, he construido una base de datos. En primera instancia identificando la data

correspondiente a las centrales termoeléctricas del SEIN, en donde se aprecian 19 empresas generadoras que operan en el sistema interconectado, adicionalmente he podido encontrar una muestra de 42 centrales térmicas que ya he mencionado en las limitaciones dentro de mi muestra y ámbito de estudio. El tipo de combustible reconocido en uso de estas centrales en el petróleo, gas natural y carbón. También hay otros combustibles como el bagazo el biodiesel y la biomasa que no se tomarán en cuenta en este estudio.

3.6 Análisis de Datos

Según (Muñoz Razo, 2011) para realizar el presente análisis de datos usamos un manejo estadístico para interpretar los datos obtenidos. Apropiadamente ya realizada la agrupación y luego de haber segmentado en rangos definidos y significativos los concentramos para tener un estadístico adecuada selección y una interpretación útil.

Para los efectos del proceso general de mi presente investigación sólo se consideró cuatro casos: estadística descriptiva, estadística probabilística, estadística multidimensional y proyecciones para los datos correspondientes.

Debido a la característica de los datos ya obtenidos considero la estadística descriptiva mediante el cual puedo interpretar fielmente los datos, presentando gráficas, cuadros. Aquí, los datos presentamos sin que se modifique ninguno de ellos, tal y como se obtuvimos en la realidad. Luego utilizo la estadística inferencial probabilística. Esto nos permitió inferir utilizando el estadístico adecuado probar la hipótesis planteada en el estudio. Una vez que los datos se han codificado, transferido a una matriz, guardado en un archivo y limpiado de errores, procedemos a analizarlos. En la actualidad, el análisis cuantitativo de los datos se

lleva a cabo por computadora, El proceso de análisis de datos se esquematizó considerando las siguientes fases:

Fase 1: Seleccionamos un programa estadístico en computadora para analizar los datos obtenidos del sector.

Fase 2: Ejecutamos el programa estadístico en SPSS-24.

Fase 3: Exploramos los datos: a) Analizar descriptivamente los datos por variable. b) Visualizar los datos por variable.

Fase 4: Analizamos mediante pruebas estadísticas las hipótesis planteadas (análisis estadístico inferencial).

Fase 5: Realizamos análisis adicionales.

Fases 6: Preparamos los resultados para presentarlos (tablas, graficas, cuadros, etcétera)

3,7 consideraciones éticas

En el estudio consideramos los aspectos éticos como:

- Confidencialidad: tener claro hasta dónde se pueden divulgar algunos datos y proceder en consecuencia.
- Anonimato: si así es exigido por el informante o por la investigación misma, se debe preservar la identidad, evitando toda pista.
- Legalidad: se debe seguir los conductos regulares o contar con los permisos, cuando sea necesario. La legalidad también tiene que ver con dar los créditos y referencias estrictas y respetar la propiedad intelectual. Por esto se ha tomado la estadística que se encuentra en las bases de datos del SEIN y que son de libre disponibilidad

- Profesionalismo: las conductas del investigador se deben acoplar a las exigencias y normas profesionales, según el campo en que se realiza la investigación. Estas estadísticas también en su origen son las cuales han sido revisadas por el organismo supervisor Osinergmin.

Según (Niño Rojas, 2011) todo proyecto de investigación se encuentra con aspectos de ética, debido principalmente a que se involucran a personas, empresas y activos públicos y privados lo cual se hace evidente cuando se tienen que observar conductas humanas, en este sentido se debe solicitar su origen el diligenciamiento de instrumentos con lo que piensa o sabe la gente y aplicarles entrevistas, para evitar tocar sus fibras internas y susceptibilidades que los pueden molestar o maltratar asimismo procurar siempre aportar en forma ética y favorable para no ocasionar perjuicios innecesario.

IV RESULTADOS

Los resultados obtenidos son sistemáticos ya que en primera instancia los recopilamos de la Data del COES-SEIN así como otras organizaciones como el MINEM, el INEI y algunas agencias Internacionales como el AEI, Banco mundial Informaciones de Chile, y Argentina entre otras las cuales hemos ordenado convenientemente , evaluados sus parámetros fundamentales y las salidas en CO2 para luego contrastar revisar la magnitud del problema, contrastar las hipótesis y de esta manera analizar los resultados.

4.1 presentación de resultados

Las principales centrales que hemos incluidas con sus principales parámetros de operación en base al funcionamiento del Sistema Interconectado COES, los realiza con la finalidad de evaluar y contrastar las estadísticas de emisiones utilizando parámetros internacionales de referencia de conversión, se segmentó la data peruana en forma regional para mantener la estrategia de segmentación del COES y que a su vez corresponde con segmentos de alta generación con altas emisiones como apreciamos en la tabla 2.

Tabla 2 Generación zona norte del Perú

GENERACION TERMoeLECTRICA NORTE PERU																			
Nombre de la Empresa	Region	Marca	Nombre de la Central	Energía (GW.h)	Datos Del Combustible					Rendimiento	Ratio de Emision	Emision total	Ciclo	Numero de Equipos	Potencia Instalada	Descripción			
					Consumo		Valor Calorico	Densidad	Tipo								Precio	kgCO ₂ / MWH	TonCO ₂ / AÑO
					M ³ (1) (2)	TON	TJ/Gg	g/cm ³									US\$/ TON		
ELECTROPERU	NORTE	MAK	Tumbes	2,7	593,9	582,1	40,7	1,0	R500/D2	550,0	4473,9	120,5	73300,0	1737,3	MCI	2,0	18,6	2 MCI DIESEL	
ENEL GENERACION PIURA	NORTE	SIEMENS	R.F. Talara	124,3	39000,9	28860,7	48,0	0,7	GN	17,4	3186,5	4,0	56100,0	77716,0	TG	1,0	180	1 TG MW	
ENEL GENERACION PIURA	NORTE	SIEMENS	R.F. Talara	1,9	597,6	519,9	43,0	0,9	D2	550,0	3250,5	147,2	73300,0	1638,7	TG	1,0	180	1 TG MW	
ENEL GENERACION PIURA	NORTE	SIEMENS	Malacas 1	133,4	35424,1	26213,8	48,0	0,7	GN	16,0	3764,5	3,2	56100,0	70588,6	TG	1,0	53	1 TG MW	
ENEL GENERACION PIURA	NORTE	SIEMENS	Malacas 2	348,6	91544,8	67743,1	48,0	0,7	GN	16,0	3808,3	3,1	56100,0	182418,7	TG	1,0	105,9	1 TG 105,9 MW	
PLANTA ETEN	NORTE	GE	R.F. Eten	0,7	216,4	188,3	43,0	0,9	D2	550,0	3417,2	140,0	73300,0	593,4	TG	2,0	227,1	1 TG 227.1 MW	
TOTAL				611,6													584,6		

Fuente: Elaboración Propia

La zona centro es una región en la cual se concentra la mayor capacidad instalada es decir 3,892.2 MW, una generación de 17,857.9 GWH con la mayor cantidad de emisiones de 7'059,336.7 Ton/año. Esta cantidad nos coincide con el alto consumo del sector industrial de la zona centro que abarca el sector manufacturero y agro industrial que se encuentra concentrado en Lima incluyendo los productores informales que están en diferentes lugares de la ciudad, toda la data de potencia y emisiones esta referenciada en la tabla 3

Tabla 3 Generación zona centro del Perú

GENERACION TERMOELECTRICA CENTRO PERU																		
Nombre de la Empresa	Region	Marca	Nombre de la Central	Energía (GW.h)	Datos Del Combustible					Rendimiento	Ratio de Emision	Emision total	Ciclo	Numero de Equipos	Potencia Instalada	Descripción		
					Consumo		Valor Calorico	Densidad	Tipo								Precio	
					M ³ (1) (2)	TON	TJ/Gg	g/cm ³									US\$/TON	
						kWh / m ³ (3) (4)	US\$/MWH	kgCO2/ TJ	TonCO2/ AÑO			MW						
AIPSA	CENTRO	SIEMENS	Paramonga	89,6	298216,0	298216,0	11,6	0,1	BZ	10,0	0,3	33,3	75860,0	262422,9	TV	1,0	23	1 CALDERO 120 Ton/H +TV 23MW, 8.5 SEIN
ENEL GENERACION PERU	CENTRO	SIEMENS	Santa Rosa	59,9	19412,3	14365,1	48,0	0,7	GN	39,1	3083,5	9,4	56100,0	38682,4	TG	1,0	188,21	1 TG 188.21 MW
ENEL GENERACION PERU	CENTRO	UTI	Santa Rosa	1,9	610,0	530,7	43,0	0,9	D2	550,0	3114,8	153,6	73300,0	1672,7	TG	1,0	52,1	1 TG 52.1 MW
ENEL GENERACION PERU	CENTRO	SIEMENS	Santa Rosa	6,4	2043,8	2002,9	43,0	1,0	D2	550,0	3155,7	170,8	73300,0	6313,0	TG	1,0	188,21	1 TG 188.21 MW
ENEL GENERACION PERU	CENTRO	UTI	Santa Rosa	2,4	717,5	624,2	43,0	0,9	D2	550,0	3297,6	145,1	73300,0	1967,4	TG	1,0	53,1	1 TG 53.1 MW
ENEL GENERACION PERU	CENTRO	UTI	Santa Rosa	0,1	33,4	24,7	48,0	0,7	GN	28,6	1588,5	13,3	56100,0	66,6	TG	1,0	52,1	1 TG 52.1 MW
ENEL GENERACION PERU	CENTRO	WEST	Santa Rosa II	565,4	157671,7	116677,0	48,0	0,7	GN	39,1	3585,6	8,1	56100,0	314187,9	TG	1,0	121,02	1 TG MW
ENEL GENERACION PERU	CENTRO	SIEMENS	Ventanilla	3097,3	596346,9	441296,7	48,0	0,7	GN	17,4	5193,8	2,5	56100,0	1188323,7	CC	1,0	485	1 CC 2 TG 312.5 MW 1 TV 185 MW
ENGIE	CENTRO	SIEMENS	Chilca 2	378,7	73325,4	54260,8	48,0	0,7	GN	36,3	5164,1	5,2	56100,0	146113,4	CC	1,0	112,8	1 TV + 1TG
ENGIE	CENTRO	SIEMENS	Chilca 1	3394,9	591731,4	437881,2	48,0	0,7	GN	36,3	5737,3	4,7	56100,0	1179126,5	CC	1,0	851,8	1 TV + 3 TG 2 TG 185.5 MW+1TV 204 MW
FENIX POWER PERU	CENTRO	GE	Fenix	15,9	2864,4	2492,0	43,0	0,9	D2	550	5551,0	86,2	73300,0	7854,5	CC	2,0	575	2 TG 185.5 MW+1TV 204 MW
FENIX POWER PERU	CENTRO	GE	Fenix	3897,6	692693,1	512592,9	48,0	0,7	GN	43,2	5626,8	5,7	56100,0	1380310,2	CC	2,0	575	1 TV + 1TV 204 MW
KALLPA GENERACION	CENTRO	SIEMENS	Las Flores	314,3	89081,9	65920,6	48,0	0,7	GN	39,8	3528,3	8,3	56100,0	177510,9	TG	1,0	192,5	1 TG 1.83
KALLPA GENERACION	CENTRO	SIEMENS	Kallpa	3974,3	739580,0	547289,2	48,0	0,7	GN	39,8	5373,7	5,5	56100,0	1473740,3	CC	1,0	879	1TV 293 + 3 TG 193 195 198 MW
PETRAMAS	CENTRO	CAT	Huaycoloro	30,3	20214,1	14958,5	48,0	0,740	BG	33,4	1496,5	16,5	73300,0	52629,9	MCI	3,0	4,8	1 MCI 4.8 MW
PETRAMAS	CENTRO	CAT	La Gringa	14,1	9048,7	6696,1	48,0	0,7	BG	33,4	1556,1	15,9	73300,0	23559,4	MCI	2,0	3,2	1 MCI 3.2 MW
PETRAMAS	CENTRO	CAT	D. Catalina	6,3	3692,2	2732,2	48,0	0,7	BG	33,4	1697,1	14,6	73300,0	9613,1	MCI	2,0	2,4	1 MCI 2.4 MW
SDF ENERGIA	CENTRO	SIEMENS	Oquendo	3,5	1114,8	969,9	43,0	0,9	D2	550,0	3130,5	152,9	73300,0	3057,0	CG	1,0	31	1 COGEN 2 TV DIF 31 MW
SDF ENERGIA	CENTRO	SIEMENS	Oquendo	213,5	61385,3	45425,1	48,0	0,7	GN	71,6	3477,8	15,2	56100,0	122320,7	CG	1,0	31	1 COGEN 2 TV DIF 31 MW
TERMOCHILCA	CENTRO	SIEMENS	Olleros	1791,7	336163,7	248761,1	48,0	0,7	GN	22,0	5329,8	3,1	56100,0	669864,0	CC	1,0	317,3	1TG+1TV
TOTAL				17857,9									7059336,7				3892,2	

Fuente: Elaboración propia

La región sur se encuentra con un tercio de la generación con 2,446.4 Mw instalados y fundamentalmente con consumo de diésel y carbón tiene en su demanda un sector minero muy grande, pero a su vez bastante disperso la data se encuentra consignada en la tabla 4.

Tabla 4 Generación termoeléctrica sur del Perú

GENERACION TERMOELECTRICA SUR PERU																			
Nombre de la Empresa	Region	Marca	Nombre de la Central	Energía	Datos Del Combustible					Rendimiento			Ratio de Emisión	Emisión total	Ciclo	Numero de Equipos	Potencia Instalada	Descripción	
					Consumo		Valor Calorico	Densidad	Tipo	Precio	kgCO2/ Tj	TonCO2/ AÑO							MW
					(GW.h)	m ³ (1) (2)	TON	Tj/Gg	g/cm ³	US\$/ TON									
CERRO VERDE	SUR	GE	Recka	4,6	1336,5	1162,7	43,0	0,9	D2	550,0	3454,1	138,5	73300,0	3664,8	TG	1,0	181,3	1 TG 181.3 MW	
EGASA	SUR	ALSTOM	Pisco	84,6	28329,8	20964,1	48,0	0,7	GN	37,2	2987,4	9,2	56100,0	56452,1	TG	2,0	74,8	2 TG 37.4	
EGASA	SUR	BBC	Chilina	0,1	15,5	13,5	43,0	0,9	D2	550,0	3906,1	122,5	74100,0	42,9	CC	1,0	17,7	2 TV AEG + 1TG BBC U83(SOLO TG)	
EGASA	SUR	MIRRLEES	Mollendo	0,6	122,5	106,6	43,0	0,9	D2	550,0	4502,6	106,3	74100,0	339,5	MCI	3,0	31,8	3 MCI 10.6 MW	
EGASA	SUR	MIRRLEES	Chilina	0,8	99,2	97,2	40,7	1,0	R500/D2	550,0	7849,6	68,7	73300,0	290,2	MCI	2,0	10,4	2 MCI 5.2	
EGESUR	SUR	Wartsila	Independenci	148,0	32637,8	24152,0	48,0	0,7	GN	20,0	4533,6	3,3	56100,0	65036,4	MCI	4,0	22,9	4 MCI OTTO 5.73 MW	
ENGIE	SUR	GE	Ilo 2	43,1	15810,6	15810,6	34,3	0,9	CP	200,0	2727,3	73,3	112000,0	37629,2	TV	1,0	135	1 TV 135 MW	
ENGIE	SUR	SIEMENS	Nepi	18,0	5510,0	4793,7	43,0	0,9	D2	550,0	3261,1	146,7	73300,0	14087,3	TG	3,0	719,1	3 TG 189.6	
ENGIE	SUR	GE	R.F. Ilo	3,2	962,8	837,7	43,0	0,9	D2	550,0	3350,5	142,8	73300,0	2640,3	TG	3,0	568,8	3 TG 189.6 MW	
MINERA CERRO VERDE	SUR	GE	Recka	4,6	1336,5	1162,7	43,0	0,9	D2	550,0	3454,1	138,5	73300,0	3664,8	TG	1,0	181,3	1 TG 181.3 MW	
SAMAY I	SUR	GE	Puerto Bravo	42,2	12270,0	10674,9	43,0	0,9	D2	550,0	3439,8	139,1	73300,0	33646,2	TG	4,0	616	4 MCI 154 MW	
SHOUGESA	SUR	GE	San Nicolas	24,7	9118,8	8936,4	40,7	0,98	R500	550,0	2706,3	199,2	73300,0	26673,2	TV	3,0	67,3	3TV 19MW 18.2 MW 25.7 MW	
SHOUGESA	SUR	CUMMINS	San Nicolas	0,1	36,4	31,7	43,0	0,9	D2	550,0	3002,5	159,4	73300,0	99,9	MCI	1,0	1,3	1 MCI 1.3 MW	
TOTAL				374,5										244266,7			2627,7		

Fuente: Elaboración propia

El oriente peruano tiene una generación donde Maple etanol y Aguaytía muestran una generación eficiente la cual es entregada al sistema interconectado (ver Tabla 5)

Tabla 5 Generación termoeléctrica oriente

GENERACION TERMOELECTRICA ORIENTE PERU																			
Nombre de la Empresa	Region	Marca	Nombre de la Central	Energía	Datos Del Combustible					Rendimiento			Ratio de Emisión	Emisión total	Ciclo	Numero de Equipos	Potencia Instalada	Descripción	
					Consumo		Valor Calorico	Densidad	Tipo	Precio	kgCO2/ Tj	TonCO2/ AÑO							MW
					(GW.h)	m ³ (1) (2)	TON	Tj/Gg	g/cm ³	US\$/ TON									
AGROAURORA	ORIENTE	SIEMENS	Maple Etanol	4,2	23639,5	23639,5	11,6	0,1	BZ	10,0	0,2	55,8	75860,0	20802,2	TV	1,0	37,5	1 TV 37.5 MW	
IYEPSA	ORIENTE	CAT	Rf Pucallpa	4,9	1583,4	1377,6	43,0	0,9	D2	550,0	3067,3	156,0	73300,0	4342,0	MCI	25,0	45,6	25 MCI	
TERMOSELVA	ORIENTE	ALSTOM	Aguaytia	370,7	127040,5	94010,0	48,0	0,7	GN	26,7	2918,3	6,8	56100,0	253150,0	TG	2,0	191,9	2 TG	
TOTAL				379,8										278294,2			275,0		

Fuente: Elaboración propia

El sur oriente maneja un ciclo diésel con una cantidad de once motores de combustión interna y generan alrededor de 20.1 Mw, la razón es que es una zona bastante aislada y el petróleo es un combustible accesible por tierra, pero tiene una diversidad de biomasa que puede ser puesta en valor para una reforestación estable, que permita la recuperación de los bosques

Interpretación: Según la tabla 6

Tabla 6 Generación termoeléctrica del sur-oriente del Perú

GENERACION TERMOELECTRICA SUR PERU																		
Nombre de la Empresa	Region	Marca	Nombre de la Central	Energía (GW.h)	Datos Del Combustible					Rendimiento kWh / m ³ (3) (4)	Ratio de Emision kgCO2/ TJ	Emision total TonCO2/ AÑO	Ciclo	Numero de Equipos	Potencia Instalada MW	Descripción		
					Consumo		Valor Calorico	Densidad	Tipo								Precio	
					M ³ (1) (2)	TON	TJ/Gg	g/cm ³									US\$/ TON	
IYEPSA	SURORIENTE	CAT	Rf Pto Maldonado	0,8	239,6	208,4	43,0	0,9	D2	550,0	3409,5	140,3	73300,0	656,9	MCI	11,0	20,1	MCI 1.83 MW
TOTAL				0,8										656,9			20,1	

Fuente: Elaboración propia

En la tabla 7 aun cuando los pesos son diferentes puedo notar aún una gran cantidad de centrales a Petróleo los cuales podrían ser susceptibles de un pequeño estudio que permita su reforma, y la central única de carbón probablemente cambie a modo gas natural para una buena reducción de sus emisiones (ver la tabla7)

Tabla 7 Centrales térmicas por Combustible

		Frecuencia	Porcentaje	Porcentaje válido	Porcentaje acumulado
Válido	Petróleo	19	45,2	45,2	45,2
	Gas Natural	17	40,5	40,5	85,7
	Carbón	1	2,4	2,4	88,1
	Otros	5	11,9	11,9	100,0
	Total	42	100,0	100,0	

Fuente: Elaboración propia

El resultado visible de 45.24% del total de centrales térmicas pequeñas que utilizan petróleo, el 40.48% del total de centrales térmicas utilizan gas natural, el 2.38% del total de centrales térmicas utilizan carbón y el 11.9% utilizan otros combustibles, pueden confirmarme una vez más el análisis realizado en el párrafo anterior de la tabla 6 los resultados también muestran otros que se refieren a biogás y bagazo y leña que también son agentes de contaminación y que en adelante podrían ser también estudiados ver en la (Figura 7).

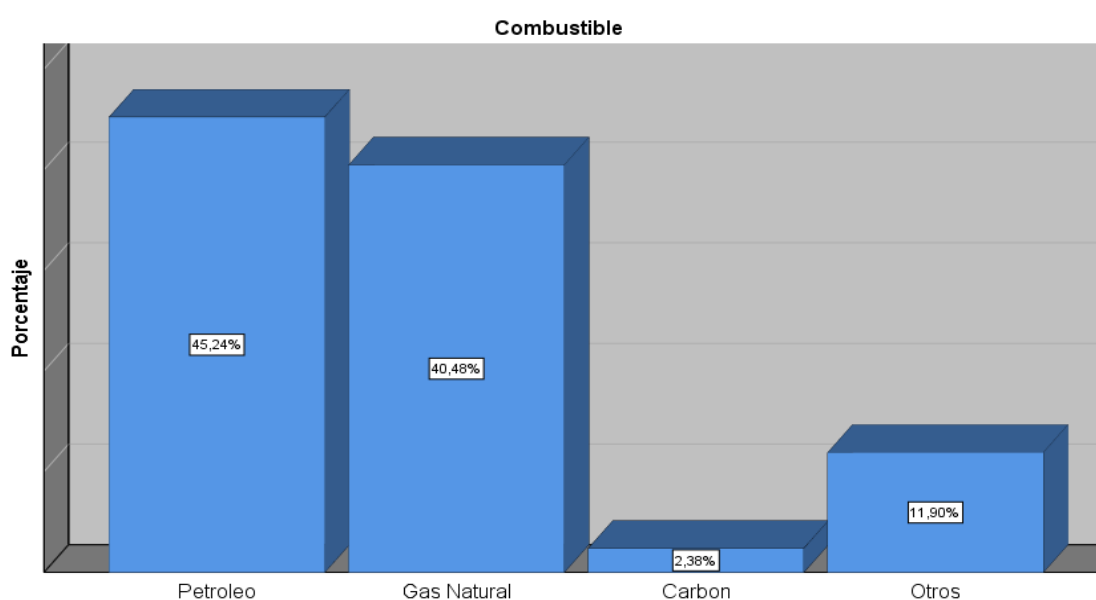


Figura 7 Centrales térmicas por combustible
Fuente: Elaboración propia

El consumo de combustible en M³/AÑO en el sector eléctrico con la utilización del 65.4% de consumo de combustible en ciclo combinado, el 1.5% de consumo de combustible por cogeneración, 1.7% de consumo de combustible en motores de combustión interna, 23% de consumo de combustible en turbina a gas, 0.4% de consumo de combustible en tecnología de termocompresión de vapor y 8% de consumo de combustible en turbina a vapor, nos muestra

que aún se debe trabajar en los ciclos para su cambio a ciclos combinados y reducir emisiones (ver figura 8).

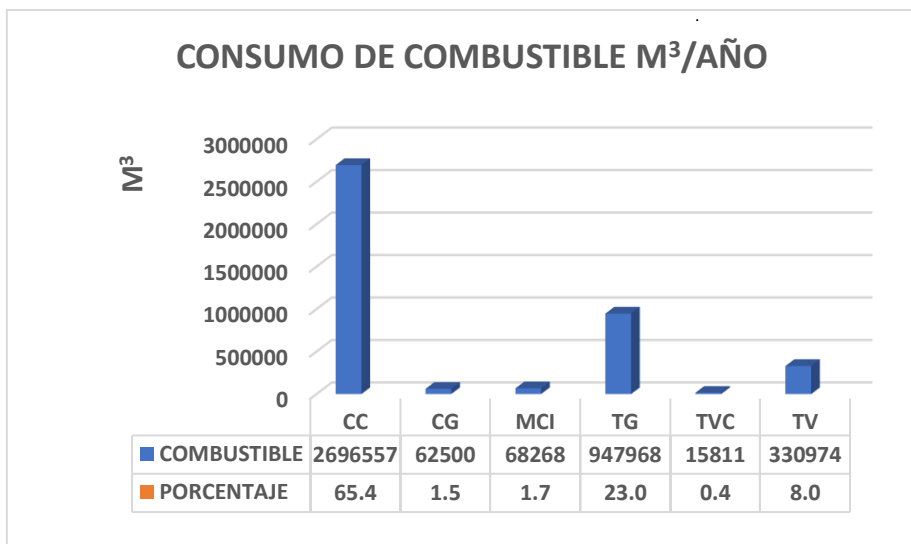


Figura 8 Consumo de combustible por ciclo termodinámico M³/AÑO
Fuente: Elaboración propia

En esta gráfica muestro la distribución con el consumo de combustible en TON/AÑO en el sector eléctrico con la utilización del 63.4% de consumo en ciclo combinado, el 1.5% en cogeneración, el 1.6% en motores de combustión interna, el 22.4% en turbina a gas, 0.5% de en termocompresión de vapor y 10.5% en turbina a vapor. (ver figura 9)

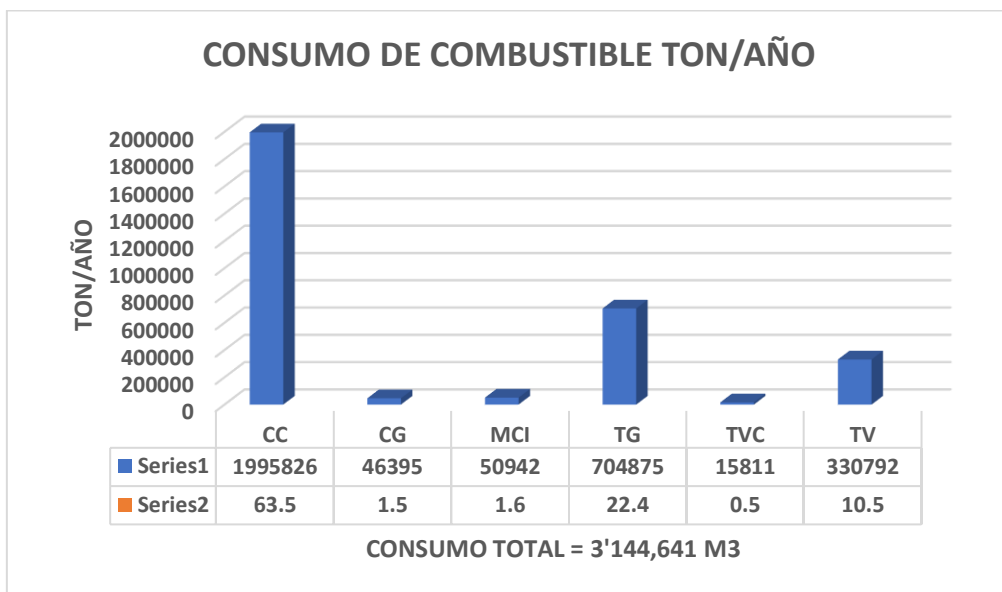


Figura 9 Consumo de combustible por ciclo termodinámico TON/AÑO

Fuente: Elaboración propia

En este grafico el gas natural que alcanza ya el 87.3% deja solamente un 12.7% que de todas maneras por razones de lugar o de producto o cogeneración tengan que consumirse otros combustibles hasta aquí ya la presión por gastar combustibles más baratos con menos emisiones se ha llegado casi al tope con lo cual, para situarnos en un parque de generación moderno debemos empezar no solamente de pasar a los siguientes niveles de generación con nuevas tecnologías o procesos de alta eficiencia y ecológica con ecológica bajas emisiones y una contaminación reducida en sus servicios industriales inicialmente con gas natural y luego con CCS(ver fig. 10)

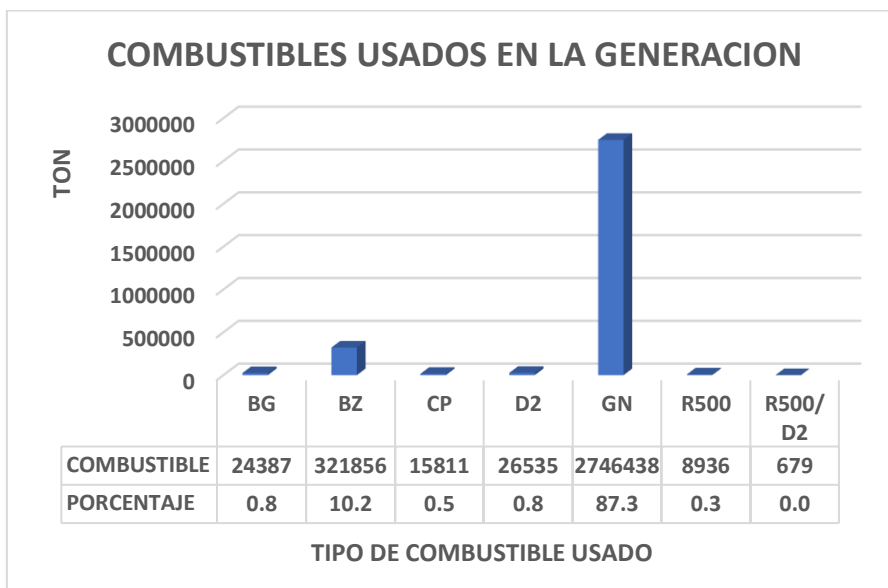


Figura 10 Combustible usado en la generación de energía
Fuente: Elaboración propia

Interpretación: En la figura 11 indicamos que el 76.8% de potencia generada en MW/H corresponde a ciclo combinado, el 1.1% de potencia generada en MW/H corresponde cogeneración, el 1.1% de potencia generada en MW/H corresponde a motores de combustión interna, el 20.2% de potencia generada en MW/H corresponde a turbina a gas, el 0.2% de potencia generada en MW/H corresponde a tecnología de termocompresión de vapor y el 0.6% de potencia generada en MW/H corresponde a turbina a vapor.

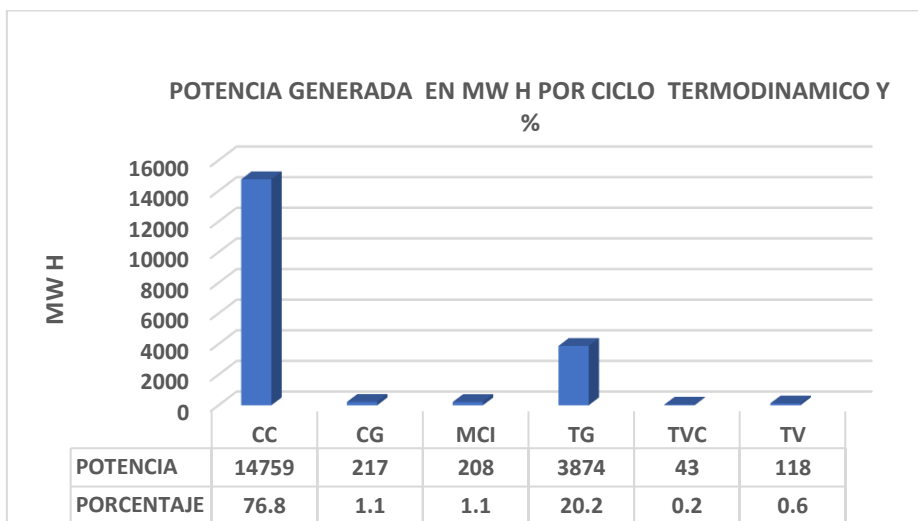


Figura 11 Potencia generada en MW/H por ciclo termodinámico
Fuente: Elaboración propia

Las emisiones por gas natural son en cantidad mayores debido a la mayor cantidad de centrales que actúan sin embargo aun cuando las otras centrales son pequeñas y están atomizadas muestran una importante contribución a las emisiones que evidentemente será motivo de cambio de combustible o de tecnología.

Tabla 8 Emisiones de CO₂ por uso de combustible

		Frecuencia	Porcentaje	Porcentaje válido	Porcentaje acumulado
Válido	Emisiones por Petróleo	19	45,2	45,2	45,2
	Emisiones por Gas Natural	17	40,5	40,5	85,7
	Emisiones por Carbón	1	2,4	2,4	88,1
	Emisiones por otro Combustible	5	11,9	11,9	100,0
	Total	42	100,0	100,0	

Fuente: Elaboración propia

Interpretación: la Figura 12 indica que el 45.24% del total de emisiones de CO₂ corresponden a las centrales térmicas que utilizan petróleo, el 40.48% del total de emisiones de CO₂

corresponden a las centrales térmicas que utilizan gas natural, el 2.38% del total de emisiones de CO₂ corresponden a las centrales térmicas que utilizan carbón y el 11.9% del total de emisiones de CO₂ corresponden a las centrales térmicas utilizan otros combustibles pero como podremos ver más adelante desde el punto de vista de las emisiones tiene una aportación importante.

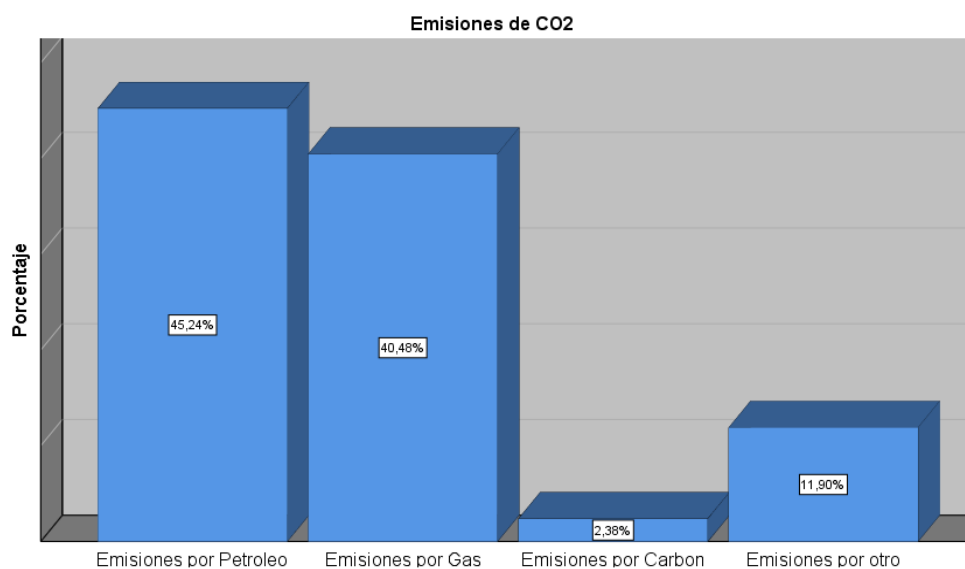


Figura 12 Emisiones de CO₂ por uso de combustible
Fuente: Elaboración propia

Interpretación: la figura 13 indica que el 0.3% de potencia generada de energía en MW/H utiliza biogás, el 0.5% de potencia generada de energía en MW/H utiliza bagazo, el 0.2% de potencia generada de energía en MW/H utiliza carbón, el 0.6% de potencia generada de energía en MW/H utiliza petróleo, el 98.3% de potencia generada de energía en MW/H utiliza gas natural, el 0.1% de potencia generada de energía en MW/H utiliza petróleo industrial, y el 0.0% en una fracción muy pequeña de potencia generada de energía en MW/H utiliza

combinación de petróleo industrial con petróleo residual y en algunos casos suelen utilizar biodiesel.

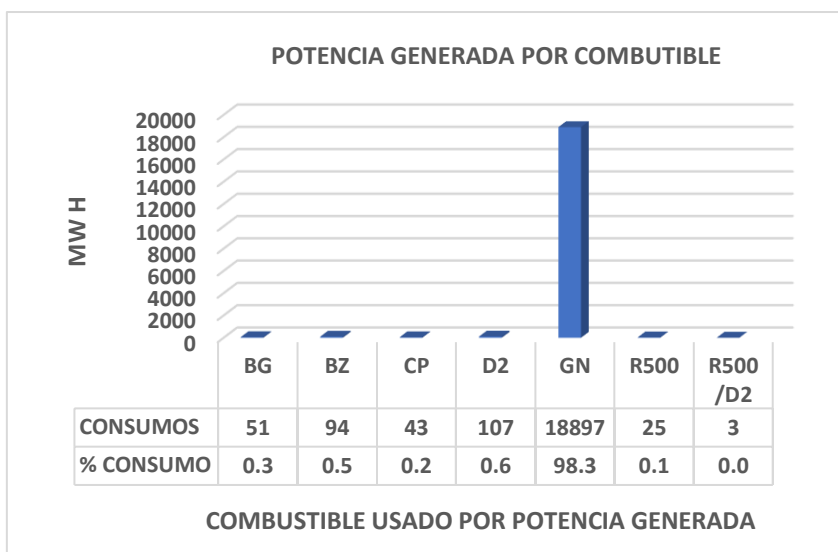


Figura 13 Potencia generada por combustible

Fuente: Elaboración propia

Interpretación: La figura 14 indica que las termoeléctricas de ciclo combinado emiten el 70.7% de TONCO₂/AÑO, las termoeléctricas de cogeneración emiten el 1.6% de TONCO₂/AÑO, las termoeléctricas de motores de combustión interna emiten el 2.1% de TONCO₂/AÑO, las termoeléctricas de turbina a gas emiten el 25.1% de TONCO₂/AÑO, las termoeléctricas de TVC emiten el 0.5% de TONCO₂/AÑO y las termoeléctricas TVBZ emiten el 4.1% de TONCO₂/AÑO.

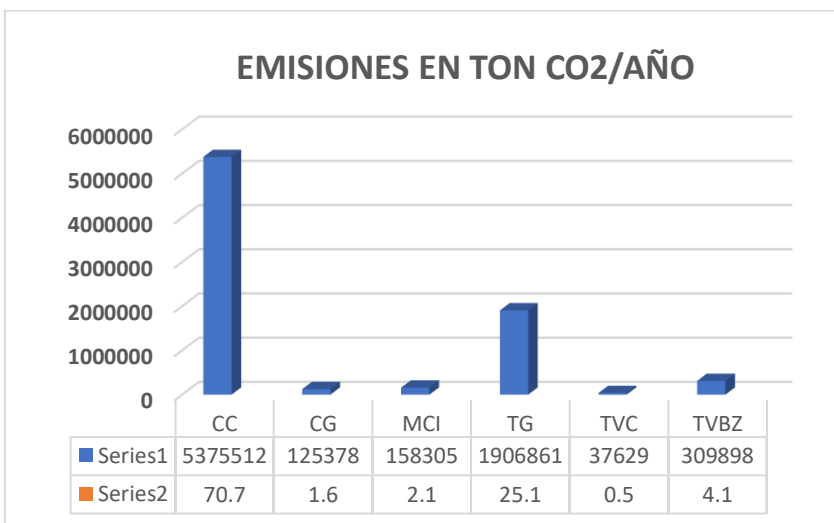


Figura 14 Emisiones en TNCO₂/AÑO
Fuente: Elaboración propia

Tabla 9 Ciclo termodinámico del generador

		Frecuencia	Porcentaje	Porcentaje válido	Porcentaje acumulado
Válido	Turbina a Vapor	4	9,5	9,5	9,5
	Ciclo Combinado	7	16,7	16,7	26,2
	Motor de Combustión Interna	10	23,8	23,8	50,0
	Turbina a Gas	19	45,2	45,2	95,2
	Cogeneración	2	4,8	4,8	100,0
	Total	42	100,0	100,0	

Fuente: Elaboración propia

La Figura 15 indica que el 9.52% tiene ciclo termodinámico “turbina a vapor”, el 16.67% utiliza ciclo termodinámico “ciclo combinado”, el 23.81% tiene ciclo termodinámico “motor de combustión interna”, el 45.24% tiene ciclo termodinámico “turbina a gas” y 4.76% tiene ciclo termodinámico “cogeneración”, como cantidades de generación las turbinas a gas solo participan en 24% sin embargo su potencial radica en su conversión a ciclos combinados.

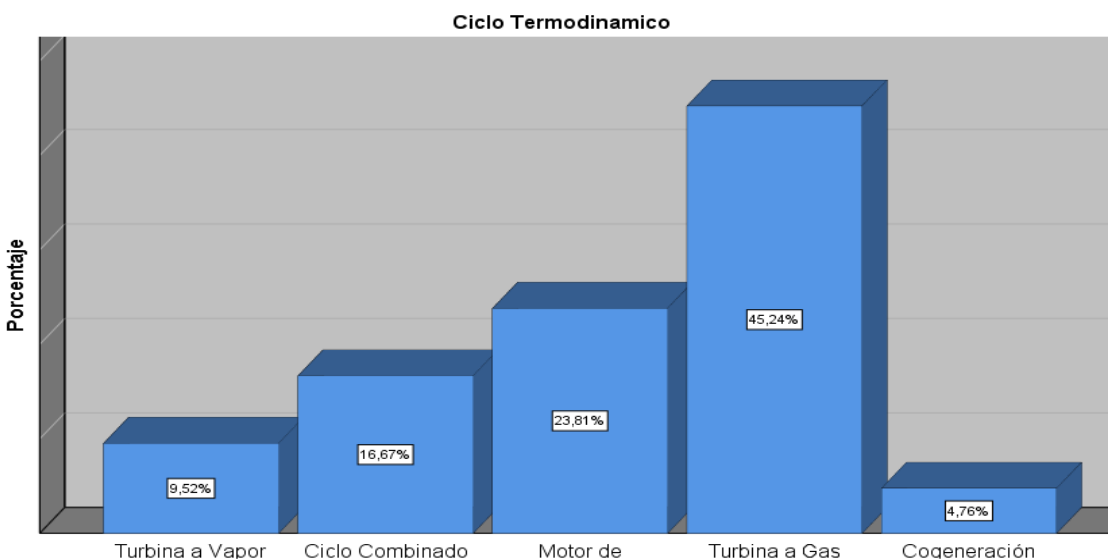


Figura 15 Ciclo termodinámico del generador

Fuente: Elaboración propia

En este caso se observa que el 76.8% de potencia generada en MW/H corresponde a ciclo combinado, el 1.1% de potencia generada en MW/H corresponde a la cogeneración, el 1.1% de potencia generada en MW/H corresponde a motores de combustión interna, el 20.2% de potencia generada en MW/H corresponde a turbina a gas, el 0.2% de potencia generada en MW/H corresponde a tecnología de termocompresión de vapor y el 0.6% de potencia generada en MW/H corresponde a turbina a vapor, de tal manera que un 23.2% trabajan con ciclos de baja eficiencia aumentando su consumo y sus emisiones. Este pequeño porcentaje a su vez muy disperso no puede ser fácilmente acometido como un todo pero sin embargo cada región puede analizar su problemática de acuerdo a los equipos que utiliza y de esta manera mejorar su eficiencia si no dar valor a sus fuentes de energía. Cabe mencionar que existen potenciales en ciertas regiones como la energía solar, Eólica, geotérmica y otras que pueden ser utilizadas.

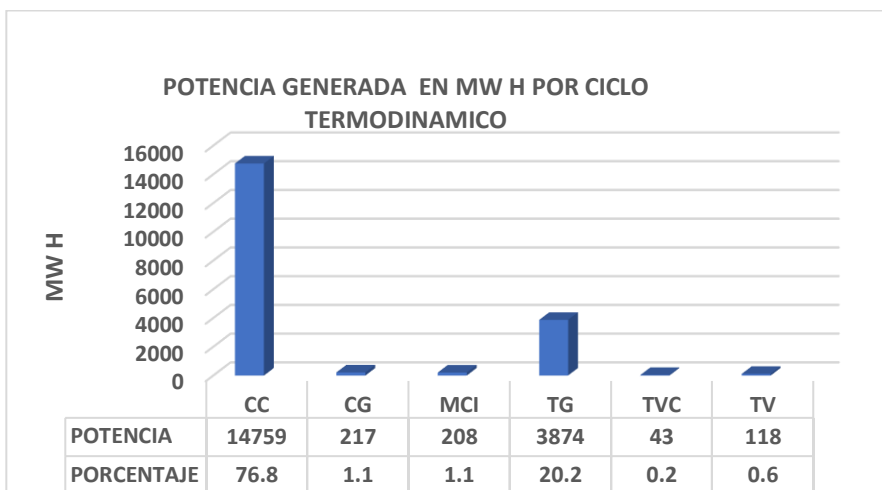


Figura 16 Potencia generada en MW/H por ciclo termodinámico

Fuente: Elaboración propia

En el caso de SPS la tabla nos muestra también las frecuencias de las marcas de equipos utilizados en la generación indicando su presencia en el mercado.

Tabla 10 Marca del generador

		Frecuencia	Porcentaje	Porcentaje válido	Porcentaje acumulado
Válido	Siemens	16	37,2	38,1	38,1
	General Electric	9	20,9	21,4	59,5
	BBC	1	2,3	2,4	61,9
	Mirrlees	2	4,7	4,8	66,7
	Alstom	2	4,7	4,8	71,4
	Wartsila	1	2,3	2,4	73,8
	Mak	1	2,3	2,4	76,2
	UTI	3	7,0	7,1	83,3
	Westinghouse	1	2,3	2,4	85,7
	Caterpillar	5	11,6	11,9	97,6
	Cummins	1	2,3	2,4	100,0
	Total	42	97,7	100,0	
Perdidos	Sistema	1	2,3		
Total		43	100,0		

Fuente: Elaboración propia

Interpretación: la Figura 17 nos indica que el 38.10% son generadores de marca Siemens, el 21.43% son generadores de marca General Electric, el 2.38% son generadores de marca BBC, el 4.76% son generadores de marca Mirrlees, 4.76% son generadores de marca Alstom, el 2.38% son generadores de marca Wartsila, 2.38% son generadores de marca Mak, 7.14% son generadores de marca Uti, el 2.38% son generadores de marca Westinghouse, el 11.8% son generadores de marca Caterpillar y el 2.38% son generadores de marca Cummis

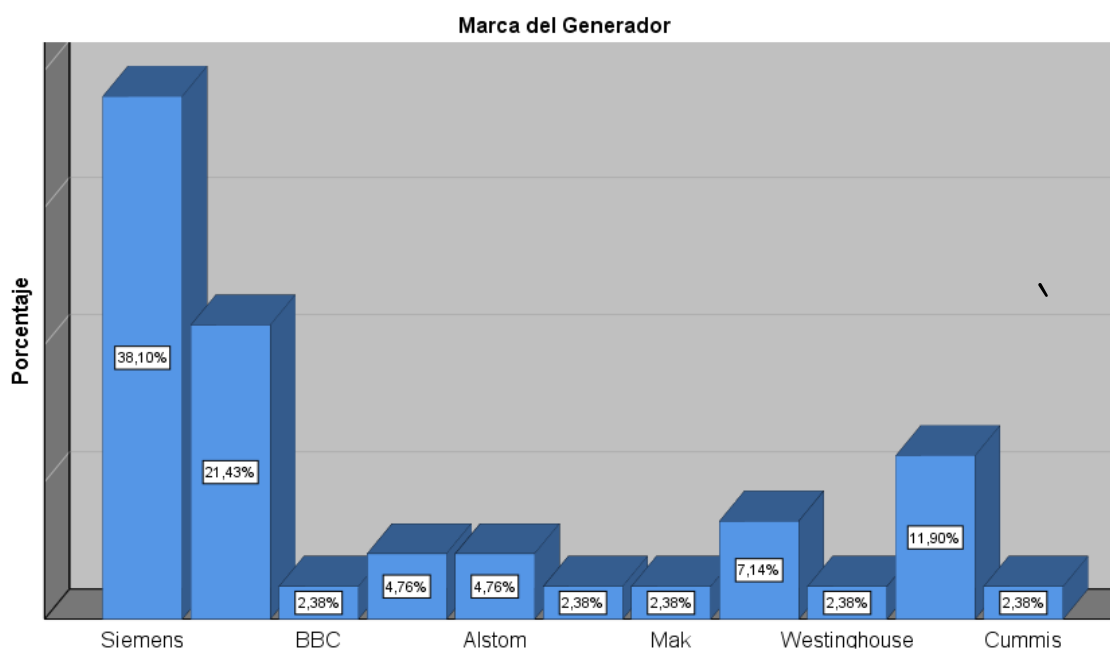


Figura 17 Marca del generador

Fuente: Elaboración propia

4.2 Contrastación de hipótesis

En una investigación empírica, uno de nuestros intereses es conocer la relación que existe entre dos o más variables: el grado de asociación, el aumento o disminución conjuntos o proporcionalmente inversos, la posible influencia o causalidad de una sobre otra, estas

relaciones se pueden explorar a través de distintos métodos estadísticos. El tipo de relación y la intensidad que existe entre distintas variables depende, en buena medida, de la naturaleza de estas. En cuanto al análisis de la relación, podemos tener interés en saber cómo se comporta un mismo grupo de sujetos en distintas variables, la existencia de distintos métodos estadísticos para medir la relación entre variables y que esta diferencia dependerá del tipo de escala de la variable (Reguant-álvarez, Vilà-baños, & Torrado-fonseca, 2018)

a continuación, se presenta en la tabla siguiente el tipo de procedimiento a seguir y gráficos que se pueden realizar en función del tipo de escala de las variables que queremos relacionar según la Tabla N° 11

Tipo de escala	Procedimiento para el cálculo de la relación	Gráficos
2 nominales	Chi cuadrado	Barras
2 ordinales	Correlación de Spearman	Barras
1 ordinal + 1 escalar no paramétrica	Correlación de Spearman	Diagramas de cajas y bigotes
2 escalares no paramétricas	Correlación de Spearman	Diagramas de cajas y bigotes Gráfico de dispersión
2 escalares	Correlación de Pearson	Dispersión

Tabla 11 Cálculo según el tipo de variables en SPSS
Fuente: (Reguant-álvarez et al., 2018)

Para la investigación tenemos una variable cuantitativa medido a escala y una variable cualitativa medido a escala ordinal entonces tenemos variables de escalas ordinales por lo

tanto utilizaremos el método estadístico como procedimiento para el cálculo del nivel de relación correlación de Spearman.

Tabla 12 Escala de valores del coeficiente de correlación

RANGO	RELACION
-0.91 a -1.00	Correlación negativa perfecta
-0.76 a -0.90	Correlación negativa muy fuerte
-0.51 a -0.75	Correlación negativa considerable
-0.11 a -0.50	Correlación negativa media
-0.01 a -0.10	Correlación negativa débil
0.00	No existe correlación
+0.01 a +0.10	Correlación positiva débil
+0.11 a +0.50	Correlación positiva media
+0.51 a +0.75	Correlación positiva considerable
+0.76 a +0.90	Correlación positiva muy fuerte
+0.91 a +1.00	Correlación positiva perfecta

Fuente: Elaboración propia basado en Mondragón 2014

-Hipótesis general

Ho: La generación de energía termoeléctrica no se relaciona significativamente con las emisiones de CO₂ en el Perú 2019

H1: La generación de energía termoeléctrica se relaciona significativamente con las emisiones de CO₂ en el Perú 2019

Planteamos hipótesis de normalidad

Nivel de significancia

Confianza: 95%

Significancia: $\alpha=0.05$

Ho: Los datos tienen distribución normal

H1: Los datos no tienen distribución normal

Tabla 13 Pruebas de normalidad

	Kolmogórov-Smirnov			Shapiro-Wilk		
	Estadístico	gl	Sig.	Estadístico	gl	Sig.
Producción de energía GWh	,386	42	,000	,472	42	,000
Emisiones de CO2 totales	,326	42	,000	,532	42	,000
a. Corrección de significación de Lilliefors						

Fuente: Elaboración propia

En la tabla 13 utilizamos Shapiro-Wilk por la muestra ≤ 50

Decisión:

$p < 0.05$ rechazamos H_0 y aceptamos H_1

$p \geq 0.05$ aceptamos H_0 y rechazamos H_1

como $p = 0 < 0.05$ entonces rechazamos H_0 y aceptamos H_1 es decir los datos no tienen una distribución normal por lo tanto aplicaremos estadístico no paramétrica.

Tabla 14 Hipótesis general

		Emisiones de CO2 totales	Producción de energía GWh
Rho de Spearman	Emisiones de CO2 totales	Coefficiente de correlación	1,000
		Sig. (bilateral)	.
		N	42
	Producción de energía GWh	Coefficiente de correlación	,986**
		Sig. (bilateral)	,000
		N	42

** . La correlación es significativa en el nivel 0,01 (bilateral).

Fuente: Elaboración propia

Interpretación: Según los resultados observados en la tabla N° 14 estadísticamente es

significativa porque $p\text{-valor} = 0.000 < 0.05$, también se observa que el grado de asociación

entre las variables es de 0.986 lo cual indica según la tabla 12 una correlación positiva perfecta entre las variables de estudio.

hipótesis específica

Ho: La generación de energía termoeléctrica por carbón no se relaciona significativamente con las emisiones de CO2 en el Perú 2019

H1: La generación de energía termoeléctrica por carbón se relaciona significativamente con las emisiones de CO2 en el Perú 2019

Planteamos hipótesis de normalidad

Nivel de significancia

Confianza: 95%

Significancia: $\alpha=0.05$

Ho: Los datos tienen distribución normal

H1: Los datos no tienen distribución normal

Tabla 15 Pruebas de normalidad

	Kolmogorov-Smirnov ^a			Shapiro-Wilk		
	Estadístico	gl	Sig.	Estadístico	gl	Sig.
Producción de energía por carbón GWh	,538	42	,000	,142	42	,000
Emisiones de CO2 por carbón	,538	42	,000	,142	42	,000
a. Corrección de significación de Lilliefors						

Fuente: Elaboración propia

En la tabla utilizamos Shapiro-Wilk por la muestra ≤ 50

Decisión:

$p < 0.05$ rechazamos Ho y aceptamos H1

$p \geq 0.05$ aceptamos H_0 y rechazamos H_1

como $p = 0 < 0.05$ entonces rechazamos H_0 y aceptamos H_1 es decir los datos no tienen una distribución normal por lo tanto aplicaremos estadístico no paramétrica.

Tabla 16 Hipótesis específica 1

			Emisiones de CO2 por carbón	Producción de energía por carbón GWh
Rho de Spearman	Emisiones de CO2 por carbón	Coefficiente de correlación	1,000	1,000**
		Sig. (bilateral)	.	.
		N	42	42
	Producción de energía por carbón GWh	Coefficiente de correlación	1,000**	1,000
		Sig. (bilateral)	.	.
		N	42	42
**. La correlación es significativa en el nivel 0,01 (bilateral).				

Fuente: Elaboración propia

Interpretación: Interpretación: según los resultados observados en la tabla 16 estadísticamente es significativa porque $p\text{-valor} = 0.000 < 0.05$, también se observa que el grado de asociación entre las variables es de 1.00 lo cual indica según la tabla 12 una correlación positiva perfecta entre las variables de estudio.

H_0 : La generación de energía termoeléctrica por petróleo no se relaciona significativamente con las emisiones de CO2 en el Perú 2019

H_1 : La generación de energía termoeléctrica por petróleo se relaciona significativamente con las emisiones de CO2 en el Perú 2019

Planteamos hipótesis de normalidad

Nivel de significancia

Confianza: 95%

Significancia: $\alpha = 0.05$

Ho: Los datos tienen distribución normal

H1: Los datos no tienen distribución normal

Tabla 17 Pruebas de normalidad

	Kolmogorov-Smirnov ^a			Shapiro-Wilk		
	Estadístico	gl	Sig.	Estadístico	gl	Sig.
Producción de energía por petróleo GWh	,479	41	,000	,197	41	,000
Emisiones de CO2 por petróleo	,399	41	,000	,268	41	,000
a. Corrección de significación de Lilliefors						

Fuente: Elaboración propia

En la tabla 17 utilizamos Shapiro-Wilk por la muestra ≤ 50

Decisión:

$p < 0.05$ rechazamos Ho y aceptamos H1

$p \geq 0.05$ aceptamos Ho y rechazamos H1

como $p = 0 < 0.05$ entonces rechazamos Ho y aceptamos H1 es decir los datos no tienen una distribución normal por lo tanto aplicaremos estadístico no paramétrica.

Tabla 18 Hipótesis específica 2

		Emisiones de CO2 por petróleo	Producción de energía por petróleo GWh
Rho de Spearman	Emisiones de CO2 por petróleo	Coefficiente de correlación	1,000
		Sig. (bilateral)	.
		N	41
	Producción de energía por petróleo GWh	Coefficiente de correlación	,673**
		Sig. (bilateral)	,000
		N	42
**. La correlación es significativa en el nivel 0,01 (bilateral).			

Fuente: Elaboración propia

Interpretación: Según los resultados observados en la tabla 18 estadísticamente es significativa porque $p\text{-valor} = 0.000 < 0.05$, también se observa que el grado de asociación entre las variables es de 0.673 lo cual indica según la tabla 12 una correlación positiva considerable entre las variables de estudio.

Ho: La generación de energía termoeléctrica por gas natural no se relaciona significativamente con las emisiones de CO2 en el Perú 2019

H1: La generación de energía termoeléctrica por gas natural se relaciona significativamente con las emisiones de CO2 en el Perú 2019

Planteamos hipótesis de normalidad

Nivel de significancia

Confianza: 95%

Significancia: $\alpha=0.05$

Ho: Los datos tienen distribución normal

H1: Los datos no tienen distribución normal

Tabla 19 Pruebas de normalidad

	Kolmogorov-Smirnov ^a			Shapiro-Wilk		
	Estadístico	gl	Sig.	Estadístico	gl	Sig.
Producción de energía por gas natural GWh	,383	42	,000	,468	42	,000
Emisiones de CO2 por gas natural	,337	42	,000	,508	42	,000
a. Corrección de significación de Lilliefors						

Fuente: Elaboración propia

En la tabla 19 utilizamos Shapiro-Wilk por la muestra ≤ 50

Decisión:

$p < 0.05$ rechazamos Ho y aceptamos H1

$p \geq 0.05$ aceptamos H_0 y rechazamos H_1

como $p = 0 < 0.05$ entonces rechazamos H_0 y aceptamos H_1 es decir los datos no tienen una distribución normal por lo tanto aplicaremos estadístico no paramétrica.

Tabla 20 Hipótesis específica 3

			Emisiones de CO2 por gas natural	Producción de energía por gas natural GWh
Rho de Spearman	Emisiones de CO2 por gas natural	Coefficiente de correlación	1,000	,998**
		Sig. (bilateral)	.	,000
		N	42	42
	Producción de energía por gas natural GWh	Coefficiente de correlación	,998**	1,000
		Sig. (bilateral)	,000	.
		N	42	42
**. La correlación es significativa en el nivel 0,01 (bilateral).				

Fuente: Elaboración Propia

Interpretación: Según los resultados observados en la tabla 20 estadísticamente es significativa porque $p\text{-valor} = 0.000 < 0.05$, también se observa que el grado de asociación entre las variables es de 0.998 lo cual indica según la tabla 12 una correlación positiva perfecta entre las variables de estudio.

V DISCUSIÓN DE RESULTADOS

Para el objetivo general que propuse determinar la relación que se da entre los generadores de energía termoeléctrica y las emisiones de CO2 en el Perú 2019, los resultados obtenidos en la tabla 14 estadísticamente es significativa porque $p\text{-valor} = 0.000 < 0.05$, también se observa que el grado de asociación entre las variables es de 0.986 lo cual indica según la tabla 12 una correlación positiva perfecta entre las variables de estudio, por lo cual concluimos que la

generación de energía termoeléctrica se relaciona significativamente con las emisiones de CO₂ en el Perú 2019.

Para los objetivos específicos (1) determinar la relación que se da entre los generadores de energía termoeléctrica por carbón y las emisiones de CO₂ en el Perú 2019, los resultados observados en la tabla N° 16 estadísticamente es significativa porque $p\text{-valor} = 0.000 < 0.05$, también se observa que el grado de asociación entre las variables es de 1.00 lo cual indica según la tabla 12 una correlación positiva perfecta entre las variables de estudio, por lo cual concluimos que la generación de energía termoeléctrica por carbón se relaciona significativamente con las emisiones de CO₂ en el Perú 2019.

Según el objetivo específico (2) determinar la relación que se da entre los generadores de energía termoeléctrica por petróleo y las emisiones de CO₂ en el Perú 2019, los resultados observados en la tabla 18 estadísticamente es significativa porque $p\text{-valor} = 0.000 < 0.05$, también se observa que el grado de asociación entre las variables es de 0.673 lo cual indica según la tabla 12 una correlación positiva considerable entre las variables de estudio, por lo cual la generación de energía termoeléctrica por petróleo se relaciona significativamente con las emisiones de CO₂ en el Perú 2019.

Según el objetivo específico (3) determinar la relación que se da entre los generadores de energía termoeléctrica por gas natural y las emisiones de CO₂ en el Perú 2019, según los resultados observados en la tabla 20 estadísticamente es significativa porque $p\text{-valor} = 0.000 < 0.05$, también se observa que el grado de asociación entre las variables es de 0.998 lo cual indica según la tabla 12 una correlación positiva perfecta entre las variables de estudio, por lo cual La generación de energía termoeléctrica por gas natural se relaciona significativamente con las emisiones de CO₂ en el Perú 2019.

VI CONCLUSIONES

Para el objetivo general que propuse, determinar la relación que se da entre los generadores de energía termoeléctrica y las emisiones de CO₂ en el Perú 2019, los resultados obtenidos en la tabla N° 14 estadísticamente es significativa porque $p\text{-valor} = 0.000 < 0.05$, también se observa que el grado de asociación entre las variables es de 0.986 lo cual indica según la tabla 12 una correlación positiva perfecta entre las variables de estudio, por lo cual concluimos que la generación de energía termoeléctrica se relaciona significativamente con las emisiones de CO₂ en el Perú 2019, (Arias, 2017) La reducción de las emisiones de gases con efecto invernadero (GEIs) en el sector energético mediante tecnologías no convencionales caso Argentina el 52 % de la electricidad se produce en centrales térmicas, que funcionan a gas o diésel; el 43 % en hidroeléctricas, y 4 % es energía nuclear. A partir del año 2003 las demandas eléctricas se incrementaron como consecuencia del crecimiento económico experimentado del agro, construcción y la industria. El gobierno nacional impulsó un nuevo plan y reducir los efectos negativos de la crisis energética. Las centrales de ciclo combinado operan con gas natural pero las plantas a carbón, requieren tratar los gases de combustión antes de ser emitidos al ambiente.

Las acciones tendientes a reducir las emisiones de CO₂ procedentes de la combustión de combustibles fósiles para la producción de energía en el Perú, deben estar de acuerdo con el ítem 3 adelante: 1) uso racional de la energía generada (aumento de la eficiencia en los procesos de conversión), 2) utilizar combustibles que tengan menores emisiones (energías renovables, gas natural), 3) captura y almacenamiento del CO₂ procedente de la combustión. En este sentido, esta tesis se enmarca en el punto 3) ya que se propone investigar y desarrollar

procesos eficientes para tratar las emisiones generadas en las plantas de producción de energía eléctrica que contribuyen al efecto invernadero, en especial el CO₂ con equipos CCS.

Según los objetivos específicos (1) determinar la relación que se da entre los generadores de energía termoeléctrica por carbón y las emisiones de CO₂ en el Perú 2019, los resultados observados en la tabla 16 estadísticamente es significativa porque $p\text{-valor} = 0.000 < 0.05$, también se observa que el grado de asociación entre las variables es de 1.00 lo cual indica según la tabla 12 una correlación positiva perfecta entre las variables de estudio, por lo cual concluimos que la generación de energía termoeléctrica por carbón se relaciona significativamente con las emisiones de CO₂ en el Perú 2019, otro lado (Gonzales Gonzales, 2014) en este estudio sobre análisis desde el punto de vista económico-financiero de una central térmica de carbón con captura de CO₂. Dado que el periodo medio de permitting de una central de carbón se puede estimar en unos 6 años y añadiendo 3 años más de construcción de la central es necesario anticiparse lo máximo posible a las necesidades de una nueva capacidad. Por esto mismo se ha decidido estudiar el caso en un horizonte temporal que empieza en 2023. Asimismo, dado que el reciente desarrollo de nueva capacidad se ha basado en centrales de gas, el análisis de una central de carbón con captura supone un cambio radical en el modo de afrontar dicha tarea. El primer objetivo de este proyecto es indicar en qué horizonte temporal es necesario desarrollar nueva capacidad. El segundo, y principal, es saber si la construcción de una planta de carbón con captura es viable económico-financieramente. Para ello se van a evaluar una serie de indicadores de rentabilidad, comúnmente empleados para la toma de decisiones, (VAN, TIR) teniendo en cuenta diferentes escenarios macroeconómicos, regulativos y de desarrollo tecnológico. En cuanto al estado de la técnica, en este proyecto se presentan las tres técnicas principales de captura de CO₂: podido,

postcombustión y oxicomcombustión. En el caso particular de este proyecto, la captura se realizaría por medio de la oxicomcombustión. Los datos técnicos de la central de captura, transporte y almacenamiento que se van a emplear son los de un central tipo.

Según el objetivo específico (2) determinar la relación que se da entre los generadores de energía termoeléctrica por petróleo y las emisiones de CO₂ en el Perú 2019, los resultados observados en la tabla 18 estadísticamente es significativa porque $p\text{-valor} = 0.000 < 0.05$, también se observa que el grado de asociación entre las variables es de 0.673 lo cual indica según la tabla 12 una correlación positiva considerable entre las variables de estudio, por lo cual la generación de energía termoeléctrica por petróleo se relaciona significativamente con las emisiones de CO₂ en el Perú 2019. por otro lado (Álvarez Tamargo, 2017) en el estudio modelo energético de España para el cumplimiento de los objetivos europeos sobre clima y energía a 2050. El primer paso para solucionar este grave problema ya se ha dado: reconocer que existe, y la concreción del mismo ha sido la firma del Acuerdo de París, alcanzado en la XXI Conferencia de las Partes (COP21) de la Convención Marco de las Naciones sobre el Cambio Climático en diciembre de 2015, el cual incluye el compromiso de alcanzar la neutralidad de emisiones de GEI entre 2050 y 2100 para contener el incremento de la temperatura de la Tierra. La Unión Europea ha venido mostrando un liderazgo a la hora de asumir compromisos medioambientales, estableciendo objetivos de reducción de emisiones a 2020, 2030 y 2050, que constituyen los hitos más visibles de su hoja de ruta de descarbonización. Para Perú el 2020 se fijó como objetivo reducir las emisiones de gases de efecto invernadero (GEI) un 20% respecto a 1990, en el horizonte 2030 se produjo un aumento de las emisiones y la UE marcó el objetivo de reducir las emisiones GEI un 40% respecto a ese mismo año base. En 2050 las emisiones europeas deberán situarse entre un 80-

95% por debajo de las de 1990. Los objetivos a 2050 suponen un enorme reto que requerirá abordar una transición energética hacia una mezcla de combustibles prácticamente descarbonizado. La metodología que llevaron en ese estudio ha sido la aplicación de la “Identidad de Kaya”, una expresión matemática que se utiliza para describir la relación entre los factores que influyen en las emisiones de dióxido de carbono (CO₂) que se emiten a la atmósfera. Con esta expresión se evalúan dos de los escenarios descritos por la Agencia Internacional de la Energía (AIE) y se llega a unos resultados que indican que un objetivo de reducción del CO₂ para España en 2050 no se cumpliría ni con el escenario más exigente “450 Scenario”, con el que supuestamente se alcanzaría el objetivo de limitar la temperatura global a 2°C para 2050.

Según el objetivo específico (3) determinar la relación que se da entre los generadores de energía termoeléctrica por gas natural y las emisiones de CO₂ en el Perú 2019, según los resultados observados en la tabla 20 estadísticamente es significativa porque $p\text{-valor} = 0.000 < 0.05$, también se observa que el grado de asociación entre las variables es de 0.998 lo cual indica según la tabla 12 una correlación positiva perfecta entre las variables de estudio, por lo cual La generación de energía termoeléctrica por gas natural se relaciona significativamente con las emisiones de CO₂ en el Perú 2019 por otro lado (E. Serrano, 2017) Aportaciones para justificar el suministro renovable en el sistema eléctrico español y conseguir un modelo energético altamente descarbonizado. En él se pretende que esta generación de energía eléctrica reduzca las emisiones de CO₂ actuales pero que siga siendo rentable económicamente y viable desde el punto de vista técnico. Como resultado, podemos decir que se detecta una tendencia al alza en la generación a partir de energías renovables hasta el año 2050, la disminución considerable de la producción mediante ciclos combinados de gas

natural y la desaparición de la generación térmica con ciclos convencionales de carbón o fuel. Sin embargo, se propone una generación mediante lo que se ha llamado “carbón limpio”, donde en una central térmica de carbón se rescataría la producción de CO₂, así como de otros gases y partículas que puedan ser agresivos para el medio ambiente. Del análisis de las variables que repercuten sobre los diferentes combustibles de producción de energía eléctrica, se concluye que el reparto de producción entre las distintas tecnologías depende de una función muy compleja en la que intervienen, entre otras, variables fundamentales como el coste de generación y el impacto medioambiental, en el 2050 posiblemente no se pueda tener un sistema de generación eléctrica totalmente descarbonizado, un 1,91 % de la energía eléctrica estaría generada con gas natural, pero estaremos muy cerca de conseguirlo y esto será un gran logro para nuestra sociedad, pero sobre todo para nuestras generaciones venideras.

Aún si eliminamos todo el CO₂ de la termogeneración Peruana, el impacto que podríamos causar sería apenas de 130,871.39 Ton (Ingei, 2012), respecto a 32,300 millones de toneladas que se emiten mundialmente es decir 0.0004 % lo cual indica que la gestión ambiental que realiza el Perú no tiene mayor impacto en las cifras globales mundiales de los gases efecto invernadero si no en la normatividad de calidad vigente y la sostenibilidad del país. (FEC, 2015).

Aquí en los estandares nacionales aún no se menciona el estándar del CO₂ que como contaminante se encuentra entre 300 a 400 ppm y pudiendo alcanzar 500 ppm. El limite máximo permisible para 8 horas es de 5000 ppm y para exposiciones cortas de 15 minutos es de 15,000 ppm, por esto también es importante su concentración en lugares públicos estacionamientos, etc. (Berenguer & Bernal, 2000)

VII RECOMENDACIONES

Considerando la importancia que tiene la presente investigación, para las futuras investigaciones que se desarrollan en la producción de energía termoeléctrica y las emisiones de CO₂ en el Perú

Se recomienda promover los programas de eficiencia eléctrica que al 2050 deberá contribuir con un 40% en la reducción de energía eléctrica. Esto consiste en la educación y hábitos de consumo de energía, tecnología de iluminación eficiente LED, Equipamiento eléctrico de mayor eficiencia, programas de mantenimiento de alta productividad en las empresas, sistemas de transmisión correctamente diseñados, programación de la distribución eléctrica eficiente, y en cuanto a la generación analizada, desde el punto de vista de las emisiones podemos recomendar que se trate de convertir a gas un sector que aún está en consumo de diesel.

Cuando hablamos del fuel diésel o cambio de combustibles de acuerdo con lo referenciado por otros países como el caso de Colombia y Chile u otros, que son intensivos en el uso del carbón como Canadá , estados unidos, China y otros que inicialmente han realizado o estaban realizando cambios rápidos para ir hacia petróleo y gas natural, recordando que a petróleo es casi con igualdad de emisiones y a gas con 50% menos emisiones esto depende de los costos de los combustibles sustitutos y su disponibilidad, y se están incluyendo también algunos importantes estudios de captura de CO₂ que les permitirá no solamente reducir las emisiones de CO₂ si no los particulados y otros contaminantes como particulados, NO_x SO_x y otros, Convirtiéndose en una tecnología limpia.

El gas natural como cualquier otro combustible produce CO₂; sin embargo, debido a la alta proporción de hidrógeno-carbono de sus moléculas, sus emisiones son un 40-50% menores de

las del carbón y un 25-30% menores de las del petróleo se recomienda utilizar las tecnologías emergentes que abordan los retos actuales del transporte y el almacenamiento de la electricidad son muy interesantes. Y que también pueden ser susceptibles de la captura del CO₂.

Es recomendable que las opciones de captura sean incluidas en la configuración de reducción de emisiones la inclusión de estas tecnologías puede hacerse más expeditiva y lograrse mayores resultados a una mejor velocidad con una aplicación técnica apropiada de impuestos al CO₂ destinados fundamentalmente a la mitigación de sus efectos esto podrá permitir como se ha mencionado por las referencias poner los fósiles a precio de mercado y además permitir acercar las renovables que y las otra tecnologías a contribuir con la matriz.

Las energías renovables se vienen aun subsidiando por los precios elevados pero este programa de 5% puede incrementarse si es que dedicamos más tiempo a desarrollar sobre todo la energía solar, Eólica, Geotérmica y de biomasa, que nos permita superar el 35% de la matriz para que esta quede correctamente diversificada. En el caso del sur la situación se muestra todavía con la falta o ausencia del gas natural y mejorar las tecnologías a ciclos combinados para una mayor performance.

Recomendamos realizar estudios zonales de la generación termoeléctrica debido a que cada zona es diferente y puede ser susceptible de recuperación de del CO₂ y mejoras en su eficiencia energética.

Es importante mencionar que un impacto económico de impuestos debe ser estudiado a fin poner a precio de mercado los combustibles fósiles a precio de mercado para que las renovables sean competitivas y disponer de dinero para la innovación.

También revisamos que existen precios de combustibles bastante diferenciados en los diferentes países del país razón por la cual también se recomienda un estudio adicional de precios a nivel nacional.

Una recomendación importante para la toma de decisiones es que si se avanza con el proceso de captura esto no sería necesariamente un gasto ya existe proceso de captura que pueden ser rentables caso de recuperación CO₂ en el Perú en la refinería la pampilla.

También debemos de propiciar el uso de los modelos matemáticos para el planeamiento de las nuevas centrales.

El sistema de generación nacional ya ha sido transformado a gas natural, pero existen aún algunas centrales no convertidas esperando por un cambio.

VIII REFERENCIAS

- Aires, L. (2020). *BP informe Statistical Review of World Energy 2018*. BP ha presentado los resultados del informe Statistical Review of World Energy 2018 , una de las publicaciones de referencia del sector energético , que elabora cada. 2018–2021.
- Álvarez Tamargo, M. (2017). *Modelo energético de España para el cumplimiento de los objetivos europeos sobre Clima y Energía al 2050*. 77.
- Amestoy Alonso, J. (2010). *El Planeta Tierra en peligro*. Calentamiento Global, Cambio Climático. Retrieved September 28, 2019.
- Arias, A. (2017). *Reducción de las emisiones de gases con efecto invernadero (gei) en el sector energético mediante tecnologías no convencionales*.
- Arias Fidias, G. (2012). *El Proyecto de Investigación* (Sexta edic). Editorial Episteme.
- Barrero González, F. (2004). *Sistemas de Energía Eléctrica*. Barcelona España, Thomson Editores Spain.
- Bartolome Muñoz, C., Mora Peris, P., & Alcalde Rodríguez, J. (2011). *Estado del arte de las tecnologías de captura y almacenamiento de CO2*. In *Ficem.Org*. <http://ficem.org/CIC-descargas/espania/Estado-del-arte-de-las-tecnologias-de-captura-y-almacenamiento-de-CO2-en-la-industria-del-cemento.pdf>
- Berenguer, M. J., & Bernal, F. (2000). *El dióxido de carbono en la evaluación de la calidad del aire interior*. Norma Técnica Nacional Peruana, 549 INSHT. Instituto Nacional de Seguridad e Higiene y Trabajo, 1–9.

Buchanan, S. (2018). *Calentamiento global*. Retrieved September 2018.

<https://books.google.com.pe/books?id=1lMuDgAAQBAJ&pg=PA14&dq=Calentamiento+global&hl=es-19&sa=X&ved=0ahUKEwiQkYWGxfTkAhUGZd8KHYZ4CbYQ6AEIXDAI#v=onepage&q=Calentamiento global&f=false>

Clim, C., & Cumbre, L. (2020). *Acuerdo por la regulación de los mercados de carbono*. conclusión de la Cumbre Climática. 1–6.

COES-SINAC. (2008). *Estadística de Operacion*. Coes-Sinac (2019). Producción de la electricidad del SEIN. Estadística, 30.

COES PE. (2018). *Producción Termoeléctrica y Rendimiento*. 196.

COESPT. (2018). *Propuesta Definitiva de Actualización del Plan de Transmisión 2019-2028*. 365.

DS-064-2010-Em. Decreto supremo N° 064-2010-EM. , (2011).

DS003-2017-MINAM. (2017). *Decreto Supremo No. 003-2017-Minam* 6–9.

Dzul Escamilla, M. (2006). *Aplicación Básica de los métodos científicos*. Univrsidad Del Estado de Hidalgoautonoma, Ed..

Europa Press. (2020). *Europa Press*. Confidencial website:

https://www.elconfidencial.com/tecnologia/ciencia/2020-05-19/caida-emisiones-co2-coronavirus-medio-ambiente_2601784/

Eyzaguirre, A. (2015). *Reducción de emisiones de CO2*. Economía chilena. *Economía y*

Negocios el Mercurio.

FEC. (2015). *Informe de Situación de las Emisiones de CO2 en el Mundo*. Report on World's CO2 Emissions Situation.

Felicia, P. et al. (2018). *¿Puede el CO2 tener un precio? Ecos politicos*, 2.

Fernández Diego, I., & Robles Díaz, A. (2018). *Centrales de generación de energía eléctrica*. Universidad de Cantabria.

Gacetillas, N., Impuesto, E. L., & Car, A. L. (2020). *Nuestra posición | Noticias | Gacetillas* 18. 1–7.

Garcia, R. A. C. (2012). *Nueva matriz energetica*. (Componente 1), 74.

GEF, ONUDI, IMARPE, & IFOP. (2002). *manejo integrado gran ecosistema marino de la corriente de humboldt*. 49.

Gómez, D. R. et al. (2006). *Combustión estacionaria*. Directrices Del IPCC de 2006 Para Los Inventarios Nacionales de Gases de Efecto Invernadero, 1–47.

Gonzales Gonzales, L. (2014). *Análisis desde el punto de vista económico-financiero de una central térmica de carbón con captura de CO2*.

Guzman Arboleda, E. (2013). *Modulo de Investigación*.

Hannessey, M. G. (2010). *La Generación del Cambio Climático*. Editorial Universidad de Bogotá del Rosario.

Hernández Sampieri, R., Fernández Collado, C., & Batista Lucio, M. del P. (2014). *Metodología de la investigación* (Sexta Edic). Mexico.

- Herranz, G. S. (2009). *Electrotecnia*. España: Edítex S.A.
- Honty, G. (2019). *Consumo de energía: “el mundo en un camino insostenible”*, advierte informe de la British Petroleum – Cronicón. Retrieved September 27, 2019, from <https://cronicon.net/wp/consumo-de-energia-el-mundo-en-un-camino-insostenible-advierte-informe-de-la-british-petroleum/>
- IEA. (2018). *World Energy Outlook Spanish Translation*. Retrieved from <https://webstore.iea.org/download/summary/190?filename=spanish-weo-2018-es.pdf%0Ahttps://www.iea.org/weo/>
- INGEI. (2012). *Inventario nacional de gases de efecto invernadero*.
- Jaimes, M. A. (2012). *Petróleo: historia y perspectivas geopolíticas*. 17(34), 65–70.
- Magrin O, G. (2015). *Adaptación al cambio climático en América Latina y el Caribe*. Repositorio Comisión Económica Para América Latina y El Caribe (CEPAL), 15, 80. <https://repositorio.cepal.org/handle/11362/39842%0Ahttp://www.cepal.org/es/publicaciones/39842-adaptacion-al-cambio-climatico-america-latina-caribe>
- Manassaldi, J. I. (2017). *Aplicación de técnicas de programación matemática y métodos de integración de procesos para determinar la síntesis y el diseño óptimo de una planta de cogeneración de ciclo combinado*. 1–35.
- Mardani, A. et al. (2019). *Carbon dioxide (CO₂) emissions and economic growth: A systematic review of two decades of research from 1995 to 2017*. Science of the Total Environment, 649, 31–49. <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2018.08.229>
- Mariño-Martínez, J. E., & Moreno-Reyes, L. E. (2018). *Posibilidades de captura y*

- almacenamiento geológico de CO2 (CCS) en Colombia - caso Tauramena (Casanare).*
Boletín de Geología, 40(1), 109–122. <https://doi.org/10.18273/revbol.v40n1-2018007>
- MEM. (2017). *Balance nacional de energía 2016*. Lima: Dirección general de eficiencia energética.
- MINAM (2011). *Plan Nacional De Acción Ambiental*. PLANAA Perú 2011 – 2021. Perú.
- MINAM. (2016). El Perú y el Cambio Climático Cambio Climático El Perú y el Cambio Climático Tercera Comunicación. *Ministerio Del Ambiente*, 329.
- MINAM. (2005). El Carbón Colombiano. Fuente de Energía para el mundo. *La Unidad de Planeación Minero Energética*. Colombia.
- MINEM. (2018). *Balance Nacional de Energía*. Lima: Dirección General de Eficiencia Energética Área de Planeamiento Energético.
- MINEM. (2019). *Sistema Interconectado de Eficiencia Energetica*. Retrieved April 9, 2019.
from www.gob.pe/minem
- Morales Guillen, M., & Pacheco Cruz, H. (2015). *Reducción de las emisiones de carbono y la energía renovable*.
- Mujal Rosas, R. (2003). *Tecnología Eléctrica*. Universidad de Barcelona-España.
- Mundial, B. (2017). *políticas efectivas de fijación del precio del carbono en todo el mundo*. Una coalición de líderes mundiales impulsa la fijación de precios
- Muñoz Razo, C. (2011). *Cómo elaborar y asesorar un tesis de investigación*. Pearson México.

Niño Rojas, V. M. (2011). *Metodología de la Investigación. Primera Edición.*

<https://doi.org/10.1515/botm.1980.23.2.117>

ONU. (1992). *A21 summary spanish - Sustainable Development.* USA.

Ortiz, E. (2019). *Precio al carbono en el Perú.* Transición energética y justicia climática.

OSINERGMIN. (2017). *Supervisión de contratos de proyectos de generación y transmisión de energía eléctrica en operación.* Lima: Osinegrmin Division de Supervisión de Electricidad.

OSINERGMIN. (2014). *Reporte de Análisis Económico Sectorial.* Sector Gas Natural- El Proyecto Camisea y la Mitigación del Cambio Climático en el Perú.

Osorio, J. F. (2008). *Energías Renovables Energía Hidroeléctrica.* Prensa Universitaria de Zaragoza en España.

Otterbach, D. H. (2014). *Energía y Calentamiento Global: ¿Cómo asegurar la supervivencia de la humanidad?.*

[https://books.google.com.pe/books?id=jdnhBAAAQBAJ&pg=PR4&dq=Otterbach+\(2014\)&hl=es-419&sa=X&ved=0ahUKEwis77Psv_TkAhXwg-AKHYqAB-oQ6AEIKzAA#v=onepage&q=Otterbach\(2014\)&f=false](https://books.google.com.pe/books?id=jdnhBAAAQBAJ&pg=PR4&dq=Otterbach+(2014)&hl=es-419&sa=X&ved=0ahUKEwis77Psv_TkAhXwg-AKHYqAB-oQ6AEIKzAA#v=onepage&q=Otterbach(2014)&f=false)

Otzen, T., & Manterola, C. (2017). *Técnicas de Muestreo sobre una Población a Estudio.* International Journal of Morphology, 35(1), 227–232. <https://doi.org/10.4067/S0717-95022017000100037>

PERUPETRO, S. A. (2010). *Conceptos básicos sobre el Gas Natural.*

- Piñeros, D. M., Alicia, C., Moreno, P., & Aristizábal, A. J. (2017). Inventario de gases efecto invernadero en la Universidad de Bogotá Jorge Tadeo Lozano (Utadeo) Inventory of greenhouse gases at the Universidad de Bogotá Jorge Tadeo Lozano (Utadeo). *Mutis*, 7(2), 44–58. <https://doi.org/10.21789/22561498.1252>
- Puterman, P. (2010). *Social Nacional Forum on Social Responsibility Foro Nacional Abierto sobre Responsabilidad Social Sesión 1 - Introducción al desarrollo* (iso indecopi, Ed.). peru.
- Reguant-álvarez, M., Vilà-baños, R., & Torrado-fonseca, M. (2018). < Artículo > *La relación entre dos variables según la escala de medición con SPSS*. 11(2), 45–60.
- REPSOL. (2014). *Proyecto Adecuación a Nuevas Especificaciones de Combustibles*.
- Rodriguez, Victor ; Sola, Y. (2018). *Estado del Arte de la mitigación del cambio climático : Situación actual y perspectivas de futuro*. 37.
- Romeo, L. I., Lisboa, P., Guedea, I., Lupiañez, C., & Bolea, I. (2010). *Captura y Almacenamiento de CO2*. Zaragoza-España: Prensas Universitarias de Zaragoza.
- Rosas, R. M. (2003). *Tecnología Eléctrica*. Barcelona España: Ediciones Virtuales.
- RTVE. (2019). Las emisiones de CO2 aumentan y será un nuevo récord. Retrieved July 29, 2020. <https://www.rtve.es/noticias/20191204/emisiones-dioxido-carbono-siguen-aumentando-marcaran-nuevo-record-2019/1993128.shtml>
- Salas, E. M., & Maldonado, E. S. (2020). *Breve historia de la ciencia del cambio climático y la respuesta política global*. In *KnE Engineering* (Vol. 2020). Brief history of climate change science and global political response: a context analysis.

<https://doi.org/10.18502/keg.v5i2.6294>

Sarachaga, J. (2018). *Perspectivas de aplicación de CCS en Perú*. PERU.

SEAL-NASA. (2020). *Sea Level NASA* (p. 1). p. 1. USA.

Serrano, A. (2017). *Combustión de Combustibles líquidos con captura de CO2 Mediante Transportadores Sólidos de oxígeno*. Zaragoza.

Serrano, E. (2017). *Aportaciones para justificar el suministro renovable en el sistema eléctrico español y conseguir un modelo energetico*. Universidad de Leon, 256.

Severns, W., Degler, H., & Miles, J. (2007). *Energía mediante Vapor, Aire o Gas*. Barcelona-España: Editorial rverté s.a.

The World Bank. (2013). Emisiones de CO2 (kt). *Datos/Indicadores*, 2(i), 2013–2014.

Trinidad, C., & Ortiz, E. (2019). *Precio al Carbono en América Latina*.(SPDA KONRA; ISBN, Ed.). <https://doi.org/10.1017/CBO9781107415324.004>

Zuk, M. et al, (2006). *Introducción a la Evaluación de los Impactos de las Termoeléctricas de México*. Instituto Nacional de Ecología de Mexico.