



**UNIVERSIDAD ANDINA DEL CUSCO**

**ESCUELA DE POSGRADO**

**DOCTORADO**



**TESIS**

---

---

**“EL IMPACTO DE LA PANDEMIA POR COVID-19 EN LA EMISION DE GASES DE EFECTO INVERNADERO EN EL SISTEMA ELECTRICO INTERCONECTADO NACIONAL PERU 2019-2021”**

---

---

**PARA OPTAR AL GRADO ACADEMICO DE**

**DOCTOR EN MEDIO AMBIENTE Y DESARROLLO SOSTENIBLE**

**PRESENTADO POR:**

**M Sc. ROGER JESUS COAQUIRA CASTILLO**

**ASESOR:**

**Dr. HERBERT COSIO DUEÑAS**

**CUSCO - PERU**

**2022**



## DEDICATORIAS

*Dedico este trabajo a la personita que con su presencia me impulsa a seguir en este camino de superación, mi hija Luciana Andrea y también a mi compañera en este camino de la vida, Yesenia.*

*Dedico también este trabajo a mi papá Jesús y a mi mamá Teresa, que con sus consejos y cariño me inspiran a seguir adelante.*

*Finalmente dedico este trabajo a mis hermanas Amalia, Esperanza y Marisol, y a mis sobrinos Jesús Y Rafael.*



## AGRADECIMIENTOS

*Gracias a Dios por darme las fuerzas y por guiarme en la conclusión de este trabajo de investigación, a pesar de la adversidad.*

*Agradezco a mi asesor Dr. Herbert Cosío Dueñas por su ayuda y gran colaboración en el desarrollo del presente trabajo de investigación.*

*Agradezco a los profesores de la Escuela de Posgrado de la Universidad Andina del Cusco por transmitir sus conocimientos.*



## RESUMEN

Esta investigación aborda el tema del impacto de la pandemia por COVID-19 en la emisión de gases de efecto invernadero en el sistema eléctrico interconectado nacional Perú 2019-2021. Los gobiernos a nivel mundial han establecido políticas de aislamiento social durante la pandemia desatada por la COVID-19, estas políticas han modificado drásticamente la demanda de energía eléctrica en todo el mundo y con esto también ha variado la emisión de gases de efecto invernadero por parte de las empresas generadoras de energía eléctrica. El Perú no es ajeno a estos cambios en ese sentido se planteó un tipo de investigación cuantitativo y aplicativo, el alcance de la investigación es de nivel explicativo, el diseño es no experimental y longitudinal. Para determinar las cantidades de los gases de efecto invernadero dióxido de carbono, metano, óxido nitroso y también el dióxido de carbono equivalente ( $\text{CO}_2$ ,  $\text{CH}_4$ ,  $\text{N}_2\text{O}$  y  $\text{CO}_2\text{e}$ ) se utilizó las directrices del IPCC en base a los combustibles quemados en el SEIN para generar energía eléctrica, la unidad de información del consumo de combustibles fue la base de datos del COES.

De acuerdo al análisis realizado en la determinación de la cantidad GEI que se produce antes y después de la pandemia se observa que existe una disminución del 9.68% en la media de la emisión de  $\text{CO}_2$  después de iniciado el aislamiento social, por otro lado, existe una disminución del 9.62% en la media de la emisión de  $\text{CO}_2$  equivalente después de iniciado el aislamiento social.

Se utilizó la prueba de rangos con signo de Wilcoxon para determinar el impacto antes y después del aislamiento social producto de la pandemia originada por COVID-19 en la emisión de gases de efecto invernadero en el SEIN, donde se concluye que: la cantidad de emisión de GEI por parte del SEIN después del aislamiento social difiere a la cantidad de emisión de GEI por parte del SEIN antes del aislamiento social producto de la pandemia por la COVID-19, también se halló que el tamaño del efecto (g de Hedges) tiene un valor de 0.3035 lo que se interpreta que el tamaño del efecto es pequeño. Entonces se denota que la emisión de  $\text{CO}_2\text{e}$  con el aislamiento social es menor que la emisión de  $\text{CO}_2\text{e}$  sin el aislamiento



social dada la pandemia originada por COVID-19. Esto permite concluir que existe influencia del aislamiento producto de la pandemia por COVID-19 en la cantidad de emisión de gases de efecto invernadero por parte del Sistema Eléctrico Interconectado Nacional del Perú.

**Palabras Claves:** COVID-19, Gas de efecto invernadero, Energía eléctrica, Perú.



## ABSTRACT

This research addresses the issue of the impact of the COVID-19 pandemic on the emission of greenhouse gases in the Peruvian national interconnected electrical system 2019-2021. Governments worldwide have established social isolation policies during the pandemic unleashed by COVID-19, these policies have drastically modified the demand for electrical energy throughout the world and with this the emission of greenhouse gases by of electric power generating companies. Peru is no stranger to these changes, in this sense a quantitative and applied type of research was proposed, the scope of the research is explanatory, the design is non-experimental and longitudinal. To determine the amounts of greenhouse gases carbon dioxide, methane, nitrous oxide and also the equivalent carbon dioxide (CO<sub>2</sub>, CH<sub>4</sub>, N<sub>2</sub>O and CO<sub>2e</sub>), the IPCC guidelines were used based on the fuels burned in the SEIN for generate electricity, the unit of information on fuel consumption was the COES database.

According to the analysis carried out in determining the amount of GHG that occurs before and after the pandemic, it is observed that there is a 9.68% decrease in the average CO<sub>2</sub> emission after the start of social isolation, on the other hand, there is a 9.62% decrease in the average CO<sub>2</sub> equivalent emission after the start of social isolation.

The Wilcoxon signed rank test was used to determine the impact before and after social isolation as a result of the pandemic caused by COVID-19 on the emission of greenhouse gases in the SEIN, where it is concluded that: the amount of emission of GHG emissions by the SEIN after social isolation differs from the amount of GHG emissions by the SEIN before social isolation as a result of the COVID-19 pandemic, it was also found that the effect size (Hedges' g) has a value of 0.3035, which is interpreted as a small effect size. Then it is denoted that the CO<sub>2e</sub> emission with social isolation is lower than the CO<sub>2e</sub> emission without social isolation given the pandemic caused by COVID-19. This allows us to conclude that there is an influence of the isolation resulting from the COVID-19 pandemic on the amount of greenhouse gas emissions by the National Interconnected Electric System of Peru.



**Keywords:** COVID-19, Greenhouse gas, Electric power, Peru.



## SOMMARIO

Questa ricerca affronta il tema dell'impatto della pandemia di COVID-19 sull'emissione di gas serra nel sistema elettrico interconnesso nazionale peruviano 2019-2021. I governi di tutto il mondo hanno stabilito politiche di isolamento sociale durante la pandemia scatenata dal COVID-19, queste politiche hanno drasticamente modificato la domanda di energia elettrica in tutto il mondo e con essa l'emissione di gas serra da parte delle aziende produttrici di energia elettrica. Il Perù non è estraneo a questi cambiamenti, in questo senso è stata proposta una ricerca di tipo quantitativo e applicato, l'ambito della ricerca è esplicativo, il design è non sperimentale e longitudinale. Per determinare le quantità di gas serra anidride carbonica, metano, protossido di azoto e anche l'anidride carbonica equivalente (CO<sub>2</sub>, CH<sub>4</sub>, N<sub>2</sub>O e CO<sub>2e</sub>), sono state utilizzate le linee guida dell'IPCC basate sui combustibili bruciati nel SEIN per generare elettricità, l'unità di le informazioni sul consumo di carburante erano il database COES.

Secondo l'analisi effettuata per determinare la quantità di GHG che si verifica prima e dopo la pandemia, si osserva che vi è una diminuzione del 9,68% dell'emissione media di CO<sub>2</sub> dopo l'inizio dell'isolamento sociale, per contro, vi è un Diminuzione del 9,62% dell'emissione media di CO<sub>2</sub> equivalente dopo l'inizio dell'isolamento sociale.

Il test di rango firmato Wilcoxon è stato utilizzato per determinare l'impatto prima e dopo l'isolamento sociale a seguito della pandemia causata da COVID-19 sull'emissione di gas serra nel SEIN, dove si conclude che: la quantità di emissione di emissioni di gas serra dal SEIN dopo l'isolamento sociale differisce dalla quantità di emissioni di gas a effetto serra del SEIN prima dell'isolamento sociale a seguito della pandemia di COVID-19, è stato inoltre riscontrato che la dimensione dell'effetto (g di Hedges) ha un valore di 0,3035, che è interpretato come una piccola dimensione dell'effetto. Quindi si denota che l'emissione di CO<sub>2e</sub> con isolamento sociale è inferiore all'emissione di CO<sub>2e</sub> senza isolamento sociale data la pandemia causata da COVID-19. Ciò ci consente di concludere che esiste un'influenza





dell'isolamento derivante dalla pandemia di COVID-19 sulla quantità di emissioni di gas serra del Sistema elettrico nazionale interconnesso del Perù.

**Parole chiave:** COVID-19, Gas serra, Energia elettrica, Perù.



## INDICE GENERAL

DEDICATORIAS .....	ii
AGRADECIMIENTOS .....	iii
RESUMEN .....	iv
ABSTRACT .....	vi
SOMMARIO .....	viii
INDICE GENERAL .....	x
INDICE DE TABLAS .....	xiii
INDICE DE FIGURAS .....	xv
LISTADO DE ABREVIATURAS.....	xvi
CAPITULO I .....	1
INTRODUCCION .....	1
<b>1.1 Planteamiento del Problema.....</b>	<b>1</b>
<b>1.2 Formulación del problema.....</b>	<b>6</b>
<b>1.2.1 Problema General.....</b>	<b>6</b>
<b>1.2.2 Problemas específicos.....</b>	<b>6</b>
<b>1.3 Justificación e importancia de la investigación.....</b>	<b>6</b>
<b>1.3.1 Conveniencia .....</b>	<b>6</b>
<b>1.3.2 Relevancia social.....</b>	<b>7</b>
<b>1.3.3 Implicancias prácticas .....</b>	<b>7</b>
<b>1.3.4 Valor teórico .....</b>	<b>8</b>
<b>1.3.5 Utilidad metodológica .....</b>	<b>8</b>
<b>1.4 Objetivos de la investigación .....</b>	<b>8</b>
<b>1.4.1 Objetivo General.....</b>	<b>8</b>
<b>1.4.2 Objetivos Específicos .....</b>	<b>8</b>
<b>1.5 Delimitación del estudio .....</b>	<b>9</b>
<b>1.5.1 Delimitación espacial .....</b>	<b>9</b>
<b>1.5.2 Delimitación temporal.....</b>	<b>9</b>
CAPITULO II .....	10
MARCO TEORICO.....	10
<b>2.1 Antecedentes de Estudio.....</b>	<b>10</b>
<b>2.1.1 Antecedentes internacionales.....</b>	<b>10</b>
<b>2.2 Bases teóricas .....</b>	<b>17</b>
<b>2.3 Hipótesis .....</b>	<b>42</b>
<b>2.3.1 Hipótesis general.....</b>	<b>42</b>
<b>2.3.2 Hipótesis específica .....</b>	<b>42</b>
<b>2.4 Variables .....</b>	<b>43</b>



2.4.1	Marco filosófico de las variables .....	43
2.4.2	Identificación de variables.....	43
2.4.3	Operacionalización de variables .....	44
2.5	Definición de términos básicos.....	45
CAPITULO III .....		48
METODO .....		48
3.1	Tipo de Investigación.....	48
3.2	Alcance de la investigación.....	48
3.3	Diseño de investigación .....	48
3.4	Población .....	49
3.5	Muestra .....	49
3.6	Unidad de análisis.....	50
3.7	Técnicas e Instrumentos de recolección de datos .....	50
3.8	Validez y confiabilidad de instrumentos .....	51
3.9	Plan de análisis de datos .....	51
3.10	Aspectos éticos .....	52
CAPITULO IV.....		53
RESULTADOS.....		53
4.1	RESULTADOS RESPECTO A LOS OBJETIVOS ESPECÍFICOS.....	53
4.1.1	RESULTADOS RESPECTO AL PRIMER OBJETIVO ESPECÍFICO.....	53
4.1.2	RESULTADOS RESPECTO AL SEGUNDO OBJETIVO ESPECÍFICO.....	62
4.1.3	RESULTADOS RESPECTO AL TERCER OBJETIVO ESPECÍFICO.....	65
4.2	RESULTADOS RESPECTO AL OBJETIVO GENERAL .....	69
CAPITULO V.....		74
DISCUSIÓN .....		74
5.1	Descripción de los hallazgos más relevantes.....	74
5.2	Limitaciones del estudio.....	75
5.3	Comparación crítica con la literatura existente .....	75
5.4	Implicancias del estudio .....	77
CONCLUSIONES .....		79
SUGERENCIAS.....		81
REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS .....		82
A.	MATRIZ DE CONSISTENCIA .....	86
B.	DATOS OBTENIDOS DE CO <sub>2</sub> , CH <sub>4</sub> , N <sub>2</sub> O, CO <sub>2</sub> e y ENERGÍA ANTES DEL AISLAMIENTO SOCIAL.....	88
C.	DATOS OBTENIDOS DE CO <sub>2</sub> , CH <sub>4</sub> , N <sub>2</sub> O, CO <sub>2</sub> e y ENERGÍA DESPUES DEL AISLAMIENTO SOCIAL.....	93
D.	INSTRUMENTOS DE RECOLECCION DE DATOS .....	98



E. RANGOS DEL TAMAÑO DE EFECTO..... 101



## INDICE DE TABLAS

<b>Tabla 2.1.</b> .....	31
<i>Tipos de combustibles.</i> .....	31
<b>Tabla 2.2.</b> .....	35
<i>Factores de emisión para la combustión estacionaria en las industrias energéticas.</i> ....	35
<b>Tabla 2.3.</b> .....	36
<i>Biocombustibles en el Perú</i> .....	36
<b>Tabla 2.4.</b> .....	36
<i>Valor Calórico Neto de los combustibles.</i> .....	36
<b>Tabla 2.5.</b> .....	37
<i>Densidad de los combustibles.</i> .....	37
<b>Tabla 2.6.</b> .....	37
<i>Factores de conversión a la unidad TJ/gal a partir de VCN y Densidades de combustibles usados en Perú.</i> .....	37
<b>Tabla 4.1.</b> .....	53
<i>Relación de empresas generadoras con centrales térmicas para la generación de energía eléctrica.</i> .....	53
<b>Tabla 4.2.</b> .....	60
<i>Estadísticas descriptivas del CO<sub>2</sub>, CH<sub>4</sub> y N<sub>2</sub>O antes del aislamiento social.</i> .....	60
<b>Tabla 4.3.</b> .....	61
<i>Estadísticas descriptivas del CO<sub>2</sub>, CH<sub>4</sub> y N<sub>2</sub>O después del aislamiento social.</i> .....	61
<b>Tabla 4.4.</b> .....	63
<i>Estadísticas descriptivas del CO<sub>2</sub>e antes del aislamiento social.</i> .....	63
<b>Tabla 4.5.</b> .....	64
<i>Estadísticas descriptivas del CO<sub>2</sub>e después del aislamiento social.</i> .....	64
<b>Tabla 4.6.</b> .....	66
<i>Estadísticas descriptivas de la generación de energía eléctrica antes del aislamiento social.</i> .....	66
<b>Tabla 4.7.</b> .....	66
<i>Estadísticas descriptivas de la generación de energía eléctrica después del aislamiento social.</i> .....	66
<b>Tabla 4.8.</b> .....	70
<i>Resultado de la prueba de normalidad de datos de diferencia de emisión de CO<sub>2</sub>e después y antes del aislamiento social usando Kolmogorov-Smirnov.</i> .....	70
<b>Tabla 4.9.</b> .....	71
<i>Rangos de las muestras de la emisión de CO<sub>2</sub>e antes y después del aislamiento social dada la pandemia originada por COVID-19.</i> .....	71
<b>Tabla 4.10.</b> .....	72



*Contrastación de hipótesis de la emisión de CO<sub>2</sub>e antes y después del aislamiento social dada la pandemia originada por COVID-19.....* 72

**Tabla E.1.** .... 101

*Interpretación de los valores del tamaño de efecto.* ..... 101



## INDICE DE FIGURAS

<b>Figura 1.1.</b> .....	3
<i>Porcentaje de emisión de CO<sub>2</sub> según sector (2015).</i> .....	3
<b>Figura 1.2.</b> .....	4
<i>Participación por tipo de generación</i> .....	4
<b>Figura 2.1.</b> .....	19
<i>Mapa del SEIN, diciembre del 2020</i> .....	19
<b>Figura 2.2.</b> .....	23
<i>Esquema de la generación térmica a ciclo combinado.</i> .....	23
<b>Figura 2.3.</b> .....	28
<i>Codificación y categorías del sector energía.</i> .....	28
<b>Figura 2.4.</b> .....	39
<i>Coronavirus de un paciente con SARS</i> .....	39
<b>Figura 4.1.</b> .....	58
<i>Representación de emisión de CO<sub>2</sub> (Gg) antes y después del aislamiento social.</i> .....	58
<b>Figura 4.2.</b> .....	59
<i>Representación de emisión de CH<sub>4</sub> antes y después del aislamiento social.</i> .....	59
<b>Figura 4.3.</b> .....	59
<i>Representación de emisión de N<sub>2</sub>O antes y después del aislamiento social.</i> .....	59
<b>Figura 4.4.</b> .....	63
<i>Representación de la emisión de CO<sub>2</sub>e antes y después del aislamiento social.</i> .....	63
<b>Figura 4.5.</b> .....	65
<i>Representación de la generación de Energía antes y después del aislamiento social.</i> ..	65
<b>Figura 4.6.</b> .....	67
<i>Generación de energía por tipo de central antes del aislamiento social.</i> .....	67
<b>Figura 4.7.</b> .....	68
<i>Generación de energía por tipo de central después del aislamiento social.</i> .....	68



## LISTADO DE ABREVIATURAS

AIE	: Agencia Internacional de Energía.
CH <sub>4</sub>	: Metano.
COES	: Comité de Operación Económica del Sistema Interconectado Nacional del Perú.
CO <sub>2</sub>	: Dióxido de carbono.
CO <sub>2</sub> e	: Dióxido de carbono equivalente.
COVID-19	: Es la enfermedad causada por el coronavirus conocido como SARS-CoV-2.
FE	: Factor de emisión.
GEI	: Gases de efecto invernadero.
IPCC	: Grupo Intergubernamental de Expertos sobre el Cambio Climático (Intergovernmental Panel on Climate Change).
J	: Joule.
MERS	: Síndrome respiratorio de Oriente Medio.
N <sub>2</sub> O	: Óxido Nitroso.
ODS	: Objetivo de Desarrollo Sostenible de la Organización de las Naciones Unidas.
OMS	: Organización Mundial de la Salud.
ONU	: Organización de las Naciones Unidas.
RAE	: Real academia española.
SA	: Sistema Aislado.
SARS	: Síndrome respiratorio agudo grave (SRAS), en inglés: <i>Severe Acute Respiratory Syndrome</i> , (SARS).
SARS Cov-2	: Síndrome respiratorio agudo grave Coronavirus tipo 2, en inglés <i>Severe Acute Respiratory Syndrome Coronavirus 2</i> .
SEIN	: Sistema Eléctrico Interconectado Nacional del Perú.
VCN	: Valores calóricos netos.





W : Watt.

Wh : Watt hora.



## CAPITULO I

### INTRODUCCION

#### 1.1 Planteamiento del Problema

La paralización de las actividades humanas a nivel mundial tiene como consecuencia la reducción de los impactos asociados a la producción de basura, al consumo de energía, emisión de ruidos, utilización de materia prima, turismo, entre otros.

Las políticas establecidas por los gobiernos durante la pandemia por COVID-19 han modificado drásticamente la demanda de energía eléctrica en todo el mundo. Muchas fronteras se cerraron, las poblaciones se vieron confinadas en sus hogares, lo que redujo el uso de transporte y modificó los patrones de consumo. A principios de abril del 2020 las emisiones de GEI en el mundo diarias de CO<sub>2</sub> disminuyeron en un -17% aproximadamente, (Le Quéré, y otros, 2020). Es importante conocer las tendencias de emisiones de gas de efecto invernadero a través del tiempo en nuestro país, un caso especial es las emisiones de gas de efecto invernadero durante la pandemia por la COVID-19, se desconoce qué cantidad de gases de efecto invernadero se emitieron comparado con periodos anteriores similares, en el sector energía se desconoce la cantidad de energía eléctrica que se generó durante la pandemia por la COVID-19 comparado con periodos anteriores similares, este hecho sin precedente amerita un estudio de las implicancias que tiene en el transporte, generación de energía, producción, economía, etc.

La pandemia por la COVID-19 ha causado y sigue causando estragos en las operaciones y economías mundiales. Inadvertidamente, los encierros y el trabajo desde casa han reducido la huella de carbono diaria, entre otros (Samuels, Grobbelaar, & Booysen, 2021). En este mismo artículo se evalúa el consumo de energía y la huella de carbono en las escuelas antes y después de la pandemia en la ciudad de Stellenbosch en Sudáfrica y se tiene como resultado una disminución del consumo de energía y también una reducción en la huella de carbono.



En (Kang, y otros, 2021) se analiza estadísticamente los cambios en el consumo de energía de los edificios bajo la pandemia de COVID-19 en Corea del Sur, así como identificar la relación entre COVID-19 y el consumo de energía del edificio según el tipo de uso del edificio. Como resultado, la tasa promedio de variación en el consumo de energía de electricidad y gas disminuyó -4,46% y -10,35%, respectivamente, en comparación con el año anterior. El consumo de energía en la mayoría de las instalaciones ha tendido a disminuir mientras que el consumo de energía en las instalaciones residenciales aumentó durante COVID-19.

El bloqueo causado por la pandemia de COVID-19 ha afectado enormemente a la industria del transporte en China. (Zhang, Li, & Wang, 2021), en este documento, se estimó y analizó el consumo de energía y las emisiones de dióxido de carbono de los vehículos de combustible y los vehículos eléctricos de batería en China durante la pandemia por la COVID-19. Se analizó el impacto de la pandemia por la COVID-19. El período de estudio se toma de septiembre de 2019 a abril de 2020, y el período de septiembre de 2018 a agosto de 2019 se toma como comparación. Además, también se analizó el consumo de energía y las emisiones de CO<sub>2</sub> de los vehículos de combustible durante la epidemia de SARS. El período de estudio relacionado se toma de enero de 2003 a agosto de 2003. Los resultados muestran que COVID-19 tiene un impacto mucho mayor en el consumo de energía del transporte y las emisiones de CO<sub>2</sub> que el SARS.

Los períodos de "bloqueo" en respuesta al COVID-19 han brindado una oportunidad única para estudiar los impactos de la actividad económica en la contaminación ambiental (por ejemplo, NO<sub>2</sub>, aerosoles, ruido, luz). En (Bustamante-Calabria, y otros, 2021) se trabaja con imágenes satelitales para determinar el efecto del bloqueo por la pandemia sobre las emisiones de luz urbana, utilizando datos terrestres y satelitales de Granada, España, durante el confinamiento inducido por la COVID-19, se encontró una clara disminución de la contaminación lumínica debido tanto a una disminución de las emisiones de luz de la ciudad como a una disminución del contenido de aerosoles antropogénicos en

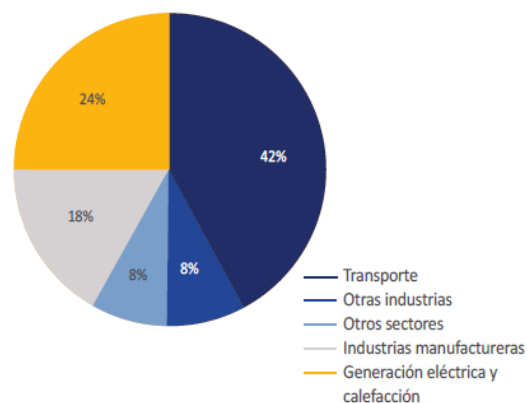


la atmósfera que se tradujo en una menor dispersión de luz. Se observa una clara correlación entre la abundancia de partículas PM10 y el brillo del cielo, de manera que cuanto más contaminada está la atmósfera, más brillante es el cielo nocturno urbano. Se determina una expresión empírica que relaciona la abundancia de partículas PM10 y el brillo del cielo en tres bandas de longitudes de onda diferentes.

La Agencia Internacional de la Energía (IEA) indica que el sector eléctrico es el segundo emisor más grande de CO<sub>2</sub> y solamente es superado por el sector transporte. Las emisiones de GEI en el sector eléctrico representaron el 24% del total registrado en el año 2015 (Osinermin, 2019) ver Figura 1.1.

**Figura 1.1.**

*Porcentaje de emisión de CO<sub>2</sub> según sector (2015).*



*Nota:* Fuente IEA (Osinermin, 2019).

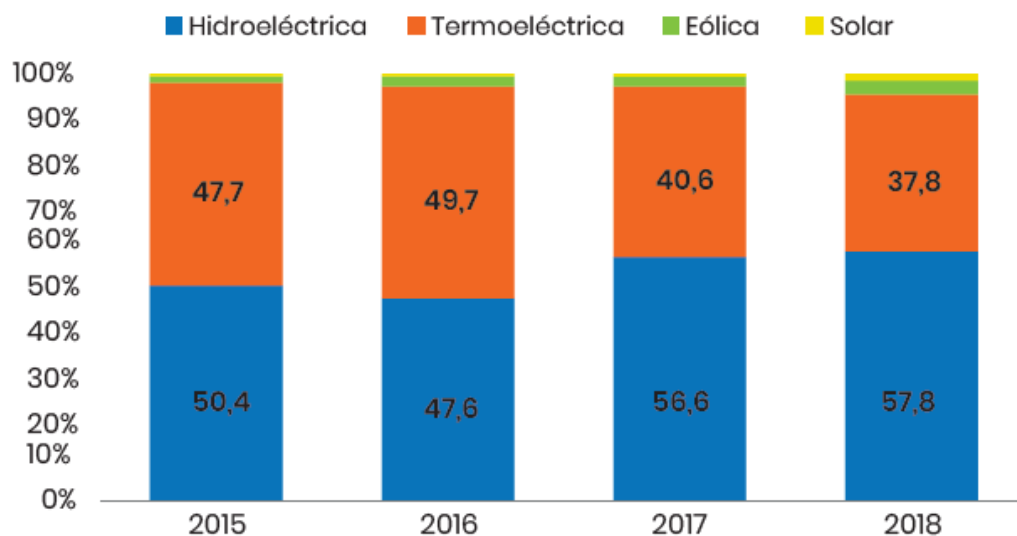
El COES indica que la generación de energía eléctrica por parte de las compañías generadoras que son miembros de este comité en el 2018 fue de 50.816,79 gigavatios-hora (GWh), lo que se traduce en un incremento de 1.823,53 GWh (3,7%) en comparación con el año 2017 (Peñaranda Castañeda, 2019). Por tipo de centrales de generación, las hidroeléctricas contribuyen con el 57,8% de la energética y las termoeléctricas con el 37,8%. Los recursos energéticos utilizados en la generación de electricidad proceden en



un 95,6% de la generación hidráulica y el gas natural de Camisea (energía termoeléctrica). En tanto, el 4.4% restante procede de recursos energéticos renovables (RER) específicamente energía eólica (2.9%) y solar (1.5%), siendo estas las más importantes (Peñaranda Castañeda, 2019). En la Figura 1.2. se muestra la evolución de la participación en porcentaje por el tipo de generación fuente COES.

**Figura 1.2.**

*Participación por tipo de generación*



*Nota:* Fuente COES

Se observa que se está usando fuentes de energía no renovables como la termoeléctrica la cual no es amigable con el medio ambiente, lo cual es preocupante. También se observa que el uso de energías como la solar (1.5%) y eólica (2.9%) es mínima.

Por otro lado el 15 de marzo del 2020 el gobierno peruano mediante Decreto Supremo N° 044-2020-PCM declara el Estado de Emergencia Nacional y dispone el aislamiento social obligatorio (cuarentena), esto debido al brote de la COVID-19 (El Peruano, 2020), también se garantiza el abasto de medicinas, alimentos, medicinas, así como la continuidad de los servicios de energía eléctrica, agua, gas, saneamiento, telecomunicaciones, combustible, recojo de residuos sólidos, limpieza y servicios



funerarios. También se limita el ejercicio del derecho a la libertad de tránsito de las personas, y es así que se da inicio al aislamiento social.

El consumo de energía en el SEIN está sujeto al número de grandes empresas del sector industrial, al consumo domiciliario, hotelero, de restaurantes, instituciones del estado, entre otros. La carga varía día a día, el COES almacena toda la información de la carga y la generación de energía necesaria diaria de tal forma que se abastezca a todos los usuarios del SEIN, esta información sirve para la programación de la producción de energía diaria que hace el COES.

Cuando se introduce un factor ajeno tal como el aislamiento social dada la pandemia originada por la COVID-19 la carga cambia toda vez que los consumidores cambian de hábitos en el consumo de energía, esto tendrá un efecto en los requerimientos de generar más cantidad de energía o de disminuir la cantidad de energía.

Las empresas generadoras conectadas al SEIN utilizan diferentes tipos de tecnología para la generación de energía eléctrica, siendo las más importantes las centrales hidroeléctricas, las centrales térmicas (gas, petróleo, bagazo, carbón), las centrales solares, las centrales eólicas, etc. Cada una de estas tecnologías genera mayor o menor cantidad de GEI, bajo circunstancias normales se conoce la cantidad de GEI que genera el SEIN. Cuando intervienen factores externos no previstos como la pandemia originada por la COVID-19, hace cambiar los hábitos de las empresas de las personas, la cantidad de GEI cambia pudiendo ser en mayor o menor cantidad.

Existe un desconocimiento por parte de las empresas generadoras de la cantidad de energía necesaria que se debe generar bajo un escenario de pandemia tal como se dio por la COVID-19.

Se desconoce en qué magnitud afecta la pandemia por COVID-19 en la emisión de GEI en el SEIN.



## 1.2 Formulación del problema

### 1.2.1 Problema General

“¿Cuál es el impacto antes y después del aislamiento social producto de la pandemia por COVID-19 en la emisión de gases de efecto invernadero en el Sistema Eléctrico Interconectado Nacional peruano 2019-2021?”

### 1.2.2 Problemas específicos

1. ¿Cuál es el comportamiento de las emisiones de dióxido de carbono, metano y óxido nitroso, en el sistema eléctrico interconectado nacional antes y después del inicio del aislamiento social producto de la pandemia por COVID-19?
2. ¿Cuál es el comportamiento de la emisión de dióxido de carbono equivalente en el sistema eléctrico interconectado nacional antes y después del inicio del aislamiento social producto de la pandemia por COVID-19?
3. ¿Cuál es el comportamiento de la cantidad de generación de energía eléctrica en el sistema interconectado nacional antes y después del inicio del aislamiento social producto de la pandemia por COVID-19?

## 1.3 Justificación e importancia de la investigación

### 1.3.1 Conveniencia

En medio de la pandemia por la COVID-19, se hace necesario conocer los impactos que tiene sobre la salud, la economía, el medio ambiente, el transporte, producción, etc. La producción de energía eléctrica está en funcionamiento durante toda la pandemia, es así que se hace necesario conocer en forma cuantitativa el impacto en la emisión de GEI en el sector eléctrico del Perú.

Bajo el escenario del aislamiento social debido a la pandemia desatada por la COVID-19 las proyecciones de emisiones de GEI en la producción de energía eléctrica que fueron desarrollados por los diferentes países ya no son aplicables, es así que se



hace necesario estudiar en forma detallada la conducta de las emisiones de GEI en este nuevo escenario. La información recabada también será útil a las personas encargadas de toma de decisiones bajo un escenario de pandemia.

### **1.3.2 Relevancia social**

La presente investigación sirve para conocer la cantidad de energía eléctrica que se necesita por parte del SEIN en el Perú bajo el escenario de un aislamiento social, esto permitirá realizar un mejor planeamiento a las empresas generadoras de energía eléctrica y también permitirá trabajos de mantenimiento en este sector. La sociedad en general también podrá conocer cuál ha sido el comportamiento de consumo de energía eléctrica durante la pandemia y así proyectarse en un futuro. Por otro lado, al estimarse la cantidad de GEI emitida durante la pandemia por parte del SEIN se contribuirá en la comprensión por parte de la sociedad de este fenómeno denominado COVID-19.

La falta de información del comportamiento de los diferentes sectores de un país en un escenario nuevo como es el caso de la pandemia por la COVID-19 hace difícil que las autoridades puedan tomar decisiones adecuadas de tal forma que todo funcione con normalidad en los diferentes sectores como turismo, producción de energía, transporte, etc. La información que se obtuvo en el presente estudio servirá a las autoridades en la toma de decisiones cuando una pandemia tal como la COVID-19 se desate, esto beneficiará a la población en general.

### **1.3.3 Implicancias prácticas**

Este estudio contribuye con información técnica-práctica para las empresas generadoras de energía eléctrica y de este modo tengan una mejor planeación en la producción de energía eléctrica cuando se desata una pandemia y se establece un aislamiento social. También se beneficia la población al conocer en qué medida





cambia el consumo de energía en los hogares y empresas cuando se desata una pandemia y se establece un aislamiento social.

#### **1.3.4 Valor teórico**

Debido a la pandemia desatada por la COVID-19 hoy se hace muy necesario el interés de la comunidad científica por entender el comportamiento de las variables de emisión de GEI y cantidad de generación de energía eléctrica en el Sistema Eléctrico Interconectado Nacional.

La presente investigación contribuye en el enriquecimiento de la literatura científica sobre este nuevo fenómeno denominado pandemia por la COVID-19 y sus implicancias en la cantidad de emisión de GEI y cantidad de energía eléctrica producida durante este tiempo.

#### **1.3.5 Utilidad metodológica**

El aporte desde el punto de vista metodológico de la presente investigación se evidencia al momento de identificar el instrumento de medición que permite conocer la cantidad de GEI que emite el SEIN.

### **1.4 Objetivos de la investigación**

#### **1.4.1 Objetivo General**

Determinar el impacto antes y después del aislamiento social producto de la pandemia por COVID-19 en la emisión de gases de efecto invernadero en el Sistema Eléctrico Interconectado Nacional del Perú 2019-2021.

#### **1.4.2 Objetivos Específicos**

1. Describir las cantidades de emisiones de dióxido de carbono, metano y óxido nítrico en el sistema eléctrico interconectado nacional antes y después del inicio del aislamiento social producto de la pandemia por COVID-19.



2. Describir la cantidad de dióxido de carbono equivalente que se emite en el sistema eléctrico interconectado nacional antes y después del inicio del aislamiento social producto de la pandemia por COVID-19.
3. Describir la cantidad de energía eléctrica que se genera en el sistema eléctrico interconectado nacional antes y después del inicio del aislamiento social producto de la pandemia por COVID 19.

## **1.5 Delimitación del estudio**

### **1.5.1 Delimitación espacial**

El estudio se centrará solamente en el Sistema Eléctrico Interconectado Nacional del Perú (SEIN).

### **1.5.2 Delimitación temporal**

El estudio de la investigación se centra en la información obtenida desde el 18 de marzo del 2019 hasta el 13 de marzo del 2021, esto debido a que el análisis se llevó a cabo un año antes y un año después del aislamiento social (16 de marzo del 2020).



## CAPITULO II

### MARCO TEORICO

#### 2.1 Antecedentes de Estudio

##### 2.1.1 Antecedentes internacionales

1. El artículo "*Temporary reduction in daily global CO<sub>2</sub> emissions during the COVID-19 forced confinement*", (Le Quéré, y otros, 2020) cuyos autores son Corinne Le Quéré y otros, fue publicada en la revista nature climate change publicado en Julio del 2020, el estudio se llevó a cabo en 69 países (Europa, China, India, Estados Unidos, etc.), el objetivo del estudio es estimar los cambios en las emisiones diarias de CO<sub>2</sub> durante el confinamiento por la pandemia por COVID-19 hasta fines de abril del 2020.

En cuanto a la metodología, en este estudio se hace un análisis, utilizando una combinación de datos de energía, actividad y políticas disponibles hasta fines de abril de 2020 para estimar los cambios en las emisiones diarias durante el confinamiento de la pandemia de COVID-1.9. Se analizaron seis sectores económicos (1) energía (44,3% de las emisiones mundiales de CO<sub>2</sub> fósil), (2) industria (22,4%), (3) transporte de superficie (20,6%), (4) edificios públicos y comercio (4.2%), (5) residencial (5.6%) y (6) aviación (2.8%). Recolectaron datos de series de tiempo (principalmente diarias) representativas de las actividades que emiten CO<sub>2</sub> en cada sector para informar los cambios en cada sector en función del nivel de confinamiento. Los datos representan cambios en la actividad, como la demanda de electricidad o el tráfico por carretera y aéreo, en lugar de cambios directos en las emisiones de CO<sub>2</sub>. Se hizo una serie de suposiciones para cubrir los seis sectores en función de los datos disponibles y la naturaleza del confinamiento. Finalmente se compararon las emisiones de CO<sub>2</sub> del 2019 y del 2020.

Como resultado general se tiene que el confinamiento ha hecho decrecer en promedio la emisión global de CO<sub>2</sub> en -17 MtCO<sub>2</sub> por día o -17%. El estudio también



revela cuan sensible pueden ser las emisiones de CO<sub>2</sub> del sector transporte terrestre y aéreo a cambios de políticas y los cambios económicos.

2. En el artículo *“Impact of COVID-19 on greenhouse gases emissions: A critical review”*, (Kumar, Singh, Raizada, & Mustansar, 2021), cuyos autores son; Abhinandan Kumar, Pardeep Singh, Pankaj Raizada y Chaudhery Mustansar Hussain, publicado en setiembre del 2021 en la revista Science of the Total Environment-Elsiever , el estudio se realizó principalmente en los países de China, Estados Unidos, Unión Europea, India, Rusia y Japón, esto debido a que estos países son los principales emisores de gases de efecto invernadero, el objetivo de estudio es describir el impacto de la pandemia por COVID-19 en las emisiones de gases de efecto invernadero, la revisión destaca el consumo de energía y los niveles de emisión de CO<sub>2</sub> antes y después de la pandemia. En cuanto a la metodología se realizó la recopilación de literatura, estudios de casos e información publicados recientemente de diferentes organizaciones gubernamentales y no gubernamentales relacionados con las consecuencias ambientales y energéticas de la pandemia por COVID-19, para la literatura científica primaria se utilizó las bases de datos Scopus, Science Direct y Google Scholar, después de analizar la literatura disponible, el presente artículo de revisión compila y describe los datos y la información con un claro énfasis en el impacto de la pandemia de COVID-19 en los problemas ambientales y energéticos.

En cuanto a los resultados, se menciona que las emisiones de GEI se redujeron en un 7.1 % hasta 1 de noviembre de 2020 a nivel mundial debido a las restricciones y las variaciones posteriores en el consumo de energía. Además, se registró una reducción máxima del 17 % en las emisiones en abril de 2020, en junio se redujeron a 12 % debido al levantamiento parcial de las restricciones en algunos de los países, en la Tabla 1.1 se muestra este comportamiento, así, las restricciones en la movilidad de



las personas para limitar la transmisión del COVID-19 influyen sustancialmente en los niveles de emisión a nivel global.

En cuanto a las conclusiones, la pandemia de COVID-19 tiene información relevante para el cambio climático global. En general, los cierres de establecimientos durante la pandemia, incluso durante un período de tiempo limitado, causaron una disminución considerable de las emisiones de GEI en todo el mundo, esto advierte la importancia de reducir el consumo de combustibles fósiles y por lo tanto la disminución de las emisiones de las industrias. La pandemia por COVID-19 ha causado efectos considerables en la economía mundial y el sector energético. De hecho, la COVID-19 ha conmocionado a la economía global y el daño es incluso peor que la Segunda Guerra Mundial.

**Tabla 1.1.**

*Principales países emisores con una disminución porcentual de las emisiones de CO<sub>2</sub>.*

Mes	País	Decrecimiento %
Febrero	Estados Unidos	-1.9%
	Unión Europea y Reino Unido	-8.4%
	India	-6.2%
	Brasil	-1.6%
	Japón	-1.1%
Marzo	Estados Unidos	-13.8%
	Unión Europea y Reino Unido	-8.1%
	India	-16.4%
	Brasil	-11.0%
	Japón	-4.1%
Abril	Estados Unidos	-25.6%
	Unión Europea y Reino Unido	-25.0%
	India	-27.9%
	Brasil	-26.6%
	Japón	-6.7%

*Nota.* Extraído de (Kumar, Singh, Raizada, & Mustansar, 2021)



3. En el artículo *“Estimation of Greenhouse Gases Emitted from Energy Industry (Oil Refining and Electricity Generation) in Iraq Using IPCC Methodology”*, (Mohammed, Abdullah, Al, & Al-Ansari, 2020) cuyos autores son; Bassim Mohammed Hashim, Maitham Abdullah Sultan, Ali Al Maliki y Nadhir Al-Ansari, publicado en junio del 2020, en la revista atmosphere-MDPI, el estudio se realizó en Irak, los objetivos de estudio es estimar las emisiones de CO<sub>2</sub>, CH<sub>4</sub> y N<sub>2</sub>O del uso de petróleo crudo, petróleo y gas natural para la generación de electricidad en Irak durante el periodo 1990-2017, calcular las emisiones de CO<sub>2</sub>, CH<sub>4</sub> y N<sub>2</sub>O de productos derivados del petróleo para la industria de refinación en Irak durante 1989–2017; calcular el índice de Potencial de Calentamiento Global (GWP) como equivalente de CO<sub>2</sub> (CO<sub>2</sub>e) en relación con CH<sub>4</sub> y N<sub>2</sub>O. En cuanto a la metodología, para conocer el inventario de emisiones de GEI se utilizó la metodología creada por el Task Force on Greenhouse Gas Inventory (TFI) dentro del IPCC (Panel Intergubernamental sobre Cambio Climático).

En cuanto a los resultados, las emisiones más altas de CO<sub>2</sub> por petróleo crudo se registraron en 1997 con 51,000 Gg, mientras que el nivel más bajo de emisiones por consumo de petróleo crudo ocurrió en 1999. A partir de 2006 se incrementó paulatinamente la emisión de CO<sub>2</sub> del crudo, debido al consumo de grandes cantidades de crudo para generar electricidad, que alcanzó los 28,000 Gg en 2017, las emisiones cayeron a su nivel más bajo en 2004, de 1070 Gg.

El total de emisiones de CO<sub>2</sub> de los tipos de combustible usado (petróleo crudo, fuel oil y gas natural) en la generación eléctrica de Irak fue de aproximadamente 14 000 Gg y 58 000 Gg en 1990 y 2017, respectivamente. El aumento de las emisiones de CO<sub>2</sub> fue superior al 316% entre 1990 y 2017.

En cuanto a las conclusiones, se muestra cómo el sector energético vital de Irak se ha visto afectado por guerras, conflictos internos y terrorismo. Esto se evidencia en el comportamiento de las emisiones de GEI provenientes de la generación de



electricidad y la refinación de petróleo, que muestra que los valores de emisión han variado de acuerdo a las tasas de producción y la coyuntura política.

4. En el artículo “Impact of COVID-19 outbreak measures of lockdown on the Italian Carbon Footprint”, (Rugani & Caro, 2020) cuyos autores son; Benedetto Rugani y Darío Caro, fue publicado en mayo del 2020 en la revista Science of the Total Environment-Elsiever, el estudio se realizó en Italia, el objetivo de estudio es estimar el impacto en la reducción de huella de carbono potencialmente generados durante y después del confinamiento por la COVID-19, contabilizando las emisiones de GEI asociadas a la disminución del consumo de energía por cada sector económico y área de las provincias en Italia.

En cuanto a la metodología, primero se centró en construir un inventario completo de los flujos de energía consumidos en Italia antes del confinamiento (consumos mensuales de enero de 2015 a febrero de 2020) y durante el confinamiento (marzo y abril de 2020). Un enfoque basado en el consumo (donde Consumo = Producción + Importaciones – Exportaciones) para calcular los flujos netos de energía utilizados por la población residente y las actividades industriales, agrícolas y del sector terciario. Siguiendo la metodología de Evaluación del Ciclo de Vida (LCA). Todos los tipos de flujo de energía disponibles para la transformación (es decir, combustibles sólidos y gases manufacturados, petróleo y productos derivados del petróleo, gas natural, energías renovables y biocombustibles, residuos no renovables, calor y electricidad), producidos internamente y/o importados, transformados y parcialmente perdidos. Las exportaciones se excluyeron de la cuenta de energía de acuerdo con el enfoque basado en el consumo mencionado anteriormente. Todos esos flujos eventualmente consumidos por los diferentes sectores económicos energéticos y no energéticos en Italia fueron contabilizados y convertidos en kilo toneladas de dióxido de carbono equivalente de acuerdo con la metodología del Potencial de



Calentamiento Global del IPCC. En segundo lugar, se calculó la huella de carbono y se realizó un análisis según la norma 14067:2018 sobre gases de efecto invernadero.

En cuanto a los resultados, existe una reducción del 20% en la huella de carbono en el periodo de confinamiento que son los meses de marzo y abril del 2020 comparado con los mismos periodos de años anteriores (2015-2019), en valores absolutos, esto significa un ahorro general de GEI de entre ~5,6 y ~10,6 Mt CO<sub>2</sub>e durante el confinamiento en Italia. Particularmente es alta la diferencia entre la huella de carbono calculado para abril de 2020 (~26Mt CO<sub>2</sub>e) y la huella de carbono calculado para abril de 2019 (alrededor de un 29% más alto). En términos de tasas de reducción de emisiones de GEI asociadas con el consumo de electricidad, se observó una reducción promedio de ~16 % y ~23 % en marzo y abril del 2020, respectivamente, en comparación con el último año 2019, con picos de hasta -49 % en fines de semana específicos, como el 21 y 22 de marzo y los días 4 y 5 de abril de 2020.

En cuanto a las conclusiones, un bloqueo sin precedentes de las actividades sociales y económicas debido al brote de la COVID-19 se produjo en Italia durante unos dos meses, aproximadamente entre marzo y abril de 2020. A través de una contabilidad exhaustiva de las emisiones de GEI asociadas con el consumo de energía por cada sector de la economía (industrial, agrícolas, terciarios y de vivienda) y áreas provinciales de Italia, este estudio de investigación ha estimado una disminución relevante en la carga de la huella de carbono en alrededor del 20% en comparación con los niveles de 2015-2019. Esto se ha debido principalmente a una importante reducción en el consumo de gas natural, petróleo (derivados) y electricidad.

5. En el artículo *“Impact of COVID-19 on Urban Energy Consumption of Commercial Tourism City”* (Dongdong, y otros, 2021), cuyos autores son Dongdong Zhang, Hongyi Li, Hongyu Zhu, Hongcai Zhang, Hui Huang Goh, Man Chung Wong y Thomas Wu, publicado en julio del 2021 en la revista *Sustainable Cities and Society-Elsevier*, el





estudio se realizó en la ciudad de Macao en China. El objetivo fue resumir las principales estadísticas de suministro y demanda de energía antes y durante el período epidémico en base a datos reales, luego se analizan en detalle las características del consumo de energía en diferentes sectores, incluyendo hoteles, transporte, cultura turística y servicios públicos.

En cuanto a la metodología, Los datos se recopilaron de las bases de datos disponibles de la ciudad de Macao, se recopilaron datos sobre el consumo de gas natural de varios clientes comerciales relacionados con el turismo, incluido un restaurante y seis hoteles, para analizar el impacto de la epidemia de COVID-19 en la industria del turismo.

En cuanto a los resultados, como resultado de la pandemia de COVID-19, el cierre de la mayoría de los sectores de la industria, el comercio y el turismo ha reducido el consumo total de energía en Macao-China en un 7 % comparado con un año antes. El consumo urbano total disminuyó un 25% en comparación con el mismo trimestre del año pasado. En el primer trimestre de 2020, las emisiones de dióxido de carbono (CO<sub>2</sub>) y dióxido de azufre (SO<sub>2</sub>) de las centrales eléctricas de Macao se redujeron en un 75 % y un 43 %, respectivamente.

En cuanto a las conclusiones, el suministro y consumo de energía de las ciudades de turismo comercial exhibieron tendencias a la baja. Bajo la influencia de la política de bloqueo, la disminución del uso de energía también redujo las emisiones de carbono y mejoró el medio ambiente. Sin embargo, este tipo de medidas de ahorro de energía y reducción de emisiones para restringir las actividades humanas y obstaculizar el desarrollo económico tiene importantes inconvenientes.



## **2.2 Bases teóricas**

### **2.2.1 Efecto invernadero**

El IPCC menciona que el efecto invernadero es un efecto radiativo infrarrojo de todos los componentes de la atmósfera que absorben el espectro infrarrojo. Las nubes, los gases de efecto invernadero y también los aerosoles (en menor medida) absorben la radiación terrestre emitida por la superficie de la Tierra y por cualquier punto de la atmósfera (IPCC, 2013).

En condiciones normales la cantidad de energía emitida hacia el espacio es menor (generalmente) de la que se habría emitido en inexistencia de estos, esto se debe a las bajas temperatura en la troposfera lo que resulta en la reducción de la emisión. Un crecimiento en la concentración de GEI hace que crezca también la magnitud de este efecto. La alteración de la concentración de los GEI debida a emisiones por parte de los humanos contribuye a un incremento de temperatura en la superficie terrestre y en la troposfera inducido por un forzamiento radiactivo instantáneo en reacción a ese forzamiento, en la parte superior de la atmosfera se restablece gradualmente el balance radiactivo. (IPCC, 2013).

### **2.2.2 Gas de efecto invernadero**

Son componentes gaseosos de la atmósfera, antropógeno (emitidos por la actividad humana) o natural que emite y absorbe radiación en determinadas frecuencias del espectro de radiación terrestre que es emitida por la superficie de la Tierra, por las nubes y por la propia atmósfera. Esta propiedad descrita ocasiona el efecto invernadero. El dióxido de carbono ( $\text{CO}_2$ ), el vapor de agua ( $\text{H}_2\text{O}$ ), el metano ( $\text{CH}_4$ ) el óxido nitroso ( $\text{N}_2\text{O}$ ) y el ozono ( $\text{O}_3$ ) son los gases de efecto invernadero que se les denomina primarios de la atmósfera terrestre (IPCC, 2013).



### **2.2.3 Comité de Operación Económica del Sistema (COES)**

Es el organismo que administra el mercado peruano, opera el sistema eléctrico peruano, y planifica la transmisión eléctrica del sistema con criterios de calidad, economía, y seguridad (COES, 2021).

Es un organismo técnico y su finalidad es: (i) Coordinar la operación del SEIN al mínimo costo, resguardando la seguridad del sistema y optimizando el aprovechamiento de los recursos energéticos. (ii) Planificar el desarrollo de la transmisión mediante el plan de transmisión del SEIN. (iii) Administrar el mercado de corto plazo (COES, 2020).

Los miembros que conforman el COES son las compañías de generación de electricidad, distribución eléctrica, transmisión eléctrica y los usuarios libres que vienen a ser los grandes consumidores.

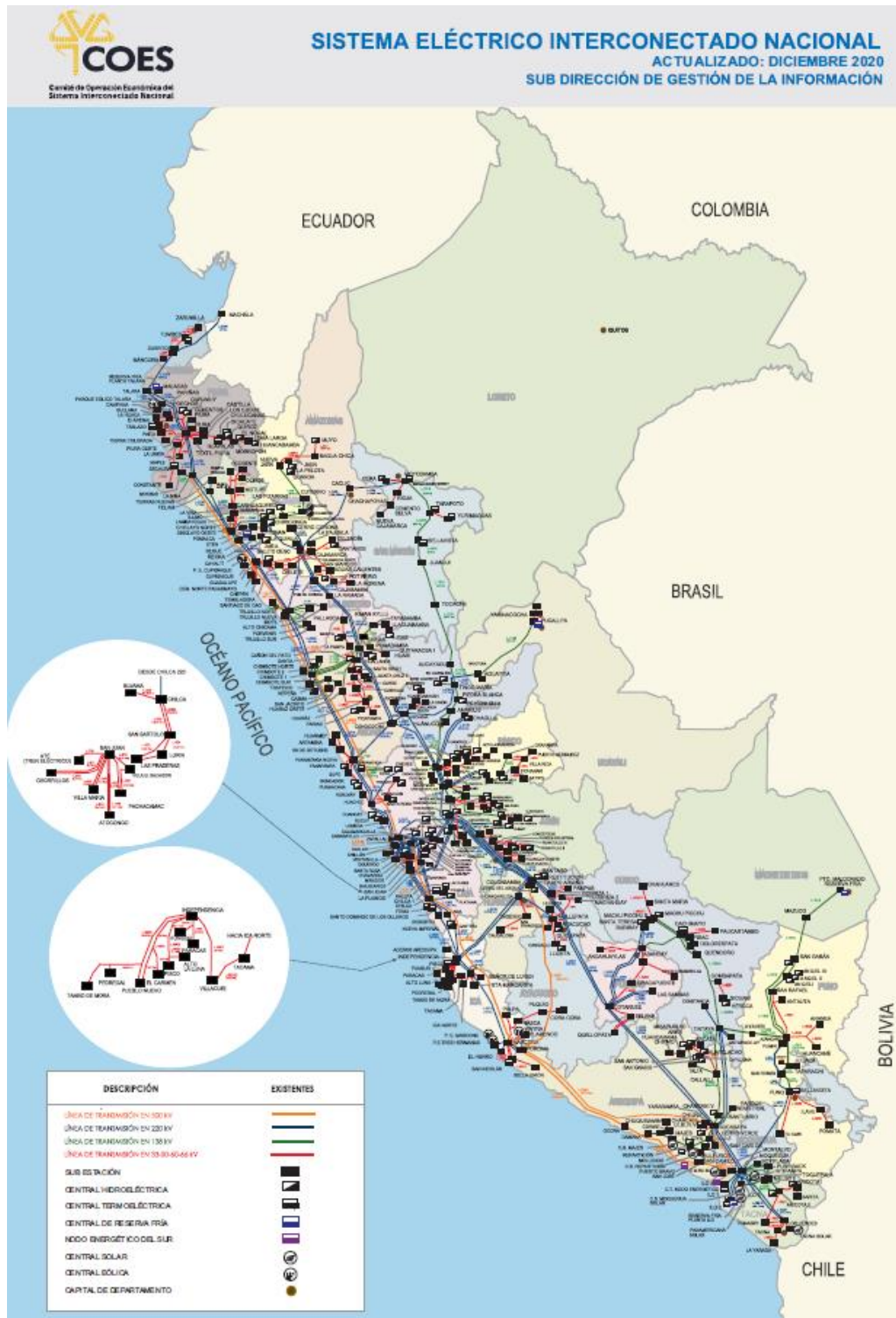
### **2.2.4 Sistema Eléctrico Interconectado Nacional (SEIN)**

Desde 1998 entra en operación el SEIN, el SEIN está compuesto por un conjunto de líneas de transmisión y también por subestaciones eléctricas conectadas mutuamente, que abastece al 85% de la población del Perú. La operación del SEIN consiste principalmente en efectuar la coordinación y programación de la operación integral de los recursos de transmisión y generación. El SEIN está administrado por el COES. En la Figura 2.1. se muestra el mapa del SEIN en el año 2021.



Figura 2.1.

Mapa del SEIN, diciembre del 2020



Nota. Fuente COES



### 2.2.5 Generación estacionaria

El sector de la energía tiene principalmente dos actividades relacionadas con la generación de energía: 1) combustión en fuentes estacionarias y 2) combustión en fuentes móviles.

Las fuentes estacionarias de combustión se pueden clasificar principalmente en:

- Sector energético, que abarcan actividades como la extracción energética, la producción y la transformación energética, inclusive la generación de energía eléctrica, el refinamiento de petróleo, etc. Las emisiones provenientes de la producción propia de electricidad también se incluyen en esta clase de fuentes y se atribuyen a las clases industriales en las que se da la actividad de generación (GCE, 2012).
- Industrias de la construcción y manufactureras, que consisten en actividades tales como la producción de acero y hierro, producción de elaboración de productos químicos, metales no ferrosos, papel e imprenta, tabaco, bebidas, procesamiento de alimentos, etc. (GCE, 2012).

Las fuentes móviles se clasifican en las siguientes categorías:

- Transporte por carretera (camiones para servicio ligero, automóviles, motocicletas, autobuses, camiones para servicio pesado, etc.)
- Transporte ferroviario, aviación civil, navegación.
- Transporte de gas por tuberías (GCE, 2012).



## 2.2.6 Tipos de Centrales de Generación de Energía Eléctrica

### 2.2.6.1 Centrales Hidroeléctrica

Este tipo de instalación permite aprovechar los cuerpos de agua en movimiento que discurren por los ríos para luego utilizarlas en la transformación en energía eléctrica, utilizando turbinas- alternadores (Osinermin, 2021).

### 2.2.6.2 Centrales Térmicas.

Estas centrales utilizan la energía térmica que proviene de la quema de combustible como el petróleo, carbón, gas y otros para producir energía eléctrica. El calor generado por la combustión se transmite al medio operador que puede ser aire caliente, vapor, o gas refrigerado (Rau Vargas, 2010).

Las centrales térmicas se pueden clasificar principalmente según el tipo de combustible en: Centrales térmicas a diésel y/o derivados, carbón y a gas natural

- a) **Centrales térmicas a diésel y/o derivados.** Este tipo de centrales usan diésel y/u otros derivados del petróleo para generar electricidad. El proceso consiste en calentar agua gracias a la combustión del diésel hasta el punto de ebullición, esto produce vapor el cual es expulsado a alta temperatura y presión, esta presión es utilizada para hacer girar la turbina y que finalmente se genera energía eléctrica. El vapor de agua pasa por un condensador de agua con el fin de reutilizar el agua en el proceso. (Dammert Lira, Molinelli Aristondo, & Carbajal Navarro, 2011).
- b) **Centrales térmicas a carbón.** Este tipo de centrales utiliza agua la cual es calentada por medio de la quema de carbón, hasta que el agua llegue a su punto de ebullición, es así que se genera vapor de agua con gran temperatura y presión, lo que hace girar la turbina junto con el rotor del alternador, de este modo se genera corriente eléctrica alterna. El agua se reutiliza toda vez que pasa por un condensador que lo retorna al estado



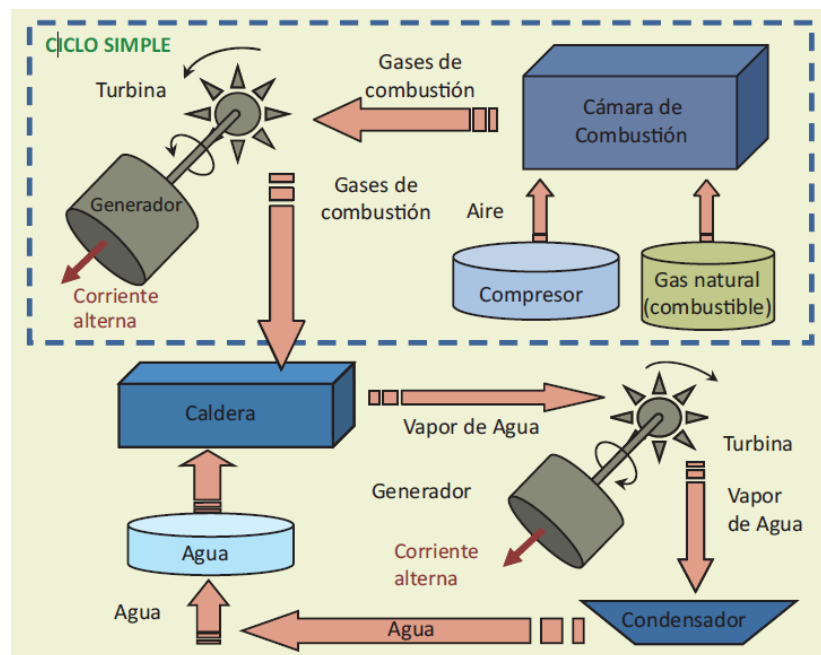
líquido. El carbón es un combustible sólido que genera partículas sólidas, por lo que los gases producto de la combustión son transferidos a un precipitador, el cual logra retener las partículas sólidas más grandes conocidas también como cenizas; los gases restantes finalmente pasan a una chimenea que retiene otra parte de partículas sólidas y finalmente el resto de los gases es expulsado al ambiente (Dammert Lira, Molinelli Aristondo, & Carbajal Navarro, 2011).

c) **Central térmica a gas natural.** Este tipo de centrales pueden clasificarse básicamente de dos tipos.

➤ **Central térmica a gas natural de ciclo simple.** En la parte superior de la Figura 2.2. se muestra un ejemplo: en la parte superior de la Figura 2.2. se muestra el caso de una turbina de gas que funciona a ciclo simple con gas natural. El aire es impulsado por el compresor esto aumenta la presión del aire antes de que ingrese a la cámara de combustión en seguida se mezcla con el gas natural, después de la combustión se crea un gas caliente en expansión, este gas expansivo impulsa la turbina y también el rotor del generador. (Dammert Lira, Molinelli Aristondo, & Carbajal Navarro, 2011).

Figura 2.2.

Esquema de la generación térmica a ciclo combinado



Nota. Fuente (Dammert Lira, Molinelli Aristondo, & Carbajal Navarro, 2011)

➤ **Central a gas natural de ciclo combinado.** En este tipo de centrales además de tener una etapa de ciclo simple, se tiene otra etapa que reutiliza los gases de alta temperatura de la primera etapa para calentar una caldera con agua, hasta que llega al punto de ebullición, generando vapor a elevada temperatura y presión para hacer girar una segunda turbina unida a otro alternador, en este ejemplo se tiene dos generadores de energía eléctrica, toda la Figura 2.2. es un ejemplo de una central a gas natural de ciclo combinado (Dammert Lira, Molinelli Aristondo, & Carbajal Navarro, 2011).

### 2.2.6.3 Centrales con recursos energéticos renovables (RER)

**Centrales eólicas.** En este tipo de centrales la energía se obtiene a partir de las corrientes de aire que generan los vientos, esta energía cinética hace girar unas





aspas que están unidas a un aerogenerador y de este modo se obtiene energía eléctrica. Un solo aerogenerador produce poca energía eléctrica, por lo que generalmente se implementa parques eólicos con decenas de estos aerogeneradores. La energía eólica es un recurso limpio, renovable y abundante que ayuda a disminuir las emisiones de GEI. (Osinergmin, 2017) .

**Centrales solares.** La energía primaria que abunda más es la energía solar. Existe básicamente dos tecnologías para transformar la energía solar en energía eléctrica las cuales son la generación termo solar y la conversión fotovoltaica.

➤ **La conversión fotovoltaica.** Esta tecnología utiliza placas de semiconductores (básicamente el silicio) que se alteran con la radiación solar este efecto es utilizado para generar electricidad. Los dispositivos semiconductores se denominan célula o celda fotovoltaica, una celda fotovoltaica genera poca energía eléctrica, por lo que se hace arreglos de varias celdas, a este arreglo se le denomina panel solar, en una planta solar fotovoltaica se usa decenas de estos paneles solares (Osinergmin, 2017).

➤ **La generación termo solar.** En esta tecnología se utilizan espejos que tienen un mecanismo de orientación automática que se utilizan para re direccionar los rayos solares hacia una torre, en esta torre se almacena agua, los rayos solares concentrados en un solo punto produce alta temperatura que es aprovechada para producir vapor de agua y de este modo se liberan altas presiones y temperaturas, las altas presiones se utilizan para mover una turbina que al estar unida a un alternador se genera electricidad (Dammert Lira, Molinelli Aristondo, & Carbajal Navarro, 2011).



### 2.2.7 Huella de carbono

La huella de carbono es un indicador ambiental que sirve para medir las emisiones de GEI producidas, directa o indirectamente por organizaciones, personas, regiones geográficas, etc. En términos de CO<sub>2</sub> equivalente, una vez conocidos el tamaño de la huella se pueden establecer lineamientos de mejora en la reducción de emisión de GEI.

Existen varios métodos para cuantificar la huella de carbono, el método propuesto por el IPCC es un método usado para medir los inventarios nacionales de gases de efecto invernadero, en este método se establecen directrices para cuantificar los gases de efecto invernadero provenientes de diferentes sectores y fuentes (Gobierno de España, 2016).

En el Perú el MINAN se encarga de diseñar y aprobar en estrecha coordinación con las entidades competentes metodologías, lineamientos, formatos, guías y otros instrumentos para la implementación del INFOCARBONO, esto se estableció bajo el Decreto Supremo N° 013-2014-MINAM del Ministerio del Ambiente (MINAM). En ese sentido se tiene la Guía N° 1: Elaboración de Reporte Anual de Gases de Efecto Invernadero-Sector Energía elaborada por el MINAN (Ministerio del Ambiente, 2016).

Según el IPCC el cálculo para CO<sub>2</sub>e está dada por (Houghton, y otros, 1996):

$$CO_2e = 1 * CO_2 + 21 * CH_4 + 310 * N_2O$$

Esta ecuación está basada el potencial del calentamiento global es una medida simple de los efectos radiativos relativos de las emisiones de varios gases de efecto invernadero, el índice se define como el forzamiento radiativo acumulativo entre el presente y algún horizonte de tiempo elegido (100 años) causado por una unidad de masa de gas emitida ahora, expresado en relación con algún gas de referencia (CO<sub>2</sub>).



### 2.2.8 Generación de energía eléctrica

En generación de energía eléctrica, se define a la potencia eléctrica, como la capacidad que se posee para generar electricidad (Dammert Lira, Molinelli Aristondo, & Carbajal Navarro, 2011).

En el sector eléctrico peruano, la demanda eléctrica es fluctuante en el tiempo, el consumo varía según la hora en el día. En ciertas horas se consume más electricidad (horas punta), por el contrario, en otras horas se consume menos electricidad.

### 2.2.9 Inventario nacional de gases de efecto invernadero

Los inventarios nacionales de GEI se calculan en base a los sectores, categorías, subcategorías y fuente de emisión de un país. Los sectores principales de emisiones de GEI a nivel nacional según la fuente son (IPCC, 2006):

- Energía (1).
- Procesos industriales y uso de productos (2).
- Agricultura silvicultura y otros usos de la tierra (3).
- Desechos (4)
- Otros (5).

En el sector “energía” se tiene las categorías según la fuente que produce los GEI, estas categorías son:

- Actividades de quema de combustibles (1A).
- Emisiones fugitivas provenientes de la fabricación de combustibles (1B).
- Transporte y almacenamiento de dióxido de carbono (1C).



Asu vez la categoría “actividades de quema de combustibles” se subdivide en subcategorías, estas son:

- Industrias de la energía (1A1).
- Industrias manufactureras y de la construcción (1A2).
- Transporte (1A3).
- Otros sectores (1A4)
- No especificado (1A5)

A su vez la subcategoría “industria de la energía” se divide en fuentes, estas son (Ministerio del Ambiente, 2016):

- Producción de electricidad y calor como actividad principal.
- Refinación de petróleo.
- Fabricación de combustibles sólidos y otras industrias energéticas.

A su vez la fuente “producción de electricidad y calor como actividad principal” se divide en sub-fuentes, estas son:

- Generación de electricidad.
- Generación combinada de calor y energía.
- Centrales de calor.

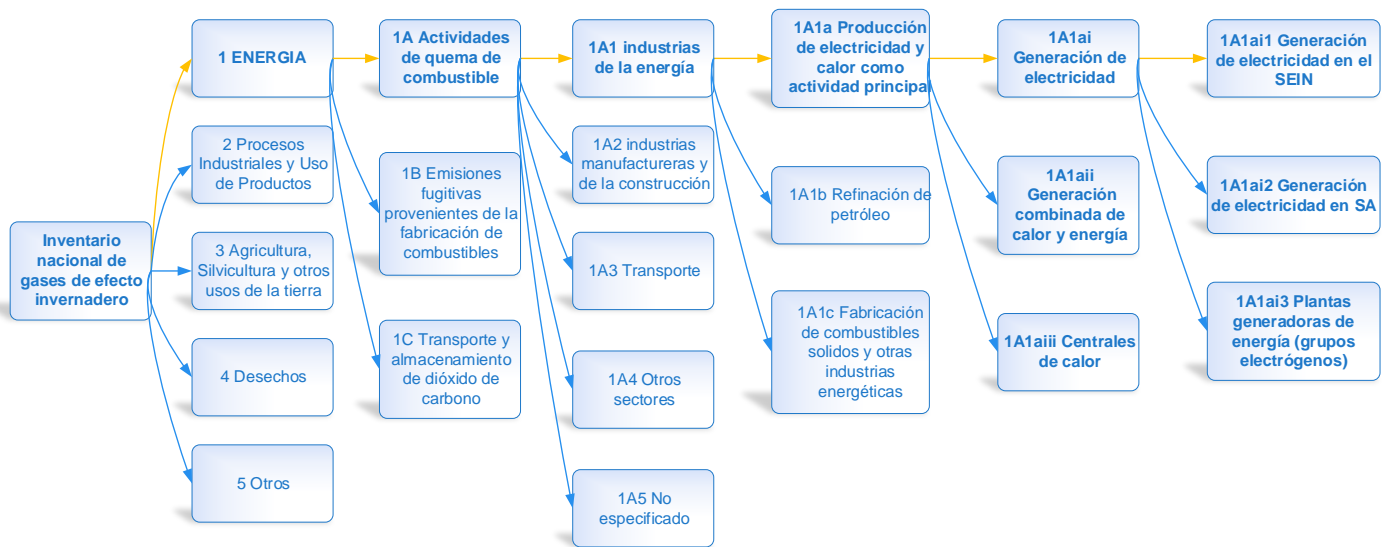
Finalmente, la sub-fuente “generación de electricidad” se divide en:

- Generación de electricidad en el SEIN.
- Generación de electricidad en SA.
- Plantas generadoras de energía (grupos electrógenos).

En la Figura 2.3. se muestra la codificación y categorías del sector energía establecidas por el MINAM, el presente trabajo de investigación se centra en la generación de electricidad en el SEIN.

**Figura 2.3.**

*Codificación y categorías del sector energía.*



*Nota.* Fuente MINAM (Ministerio del Ambiente, 2016)

A nivel mundial, una parte de la generación de energía se realiza por la quema de los combustibles fósiles. En el transcurso de la combustión, el carbono y también el hidrógeno de los combustibles fósiles se transforman principalmente en CO<sub>2</sub> y agua (H<sub>2</sub>O), esto libera la energía química de los combustibles en forma de calor. El sector energético suele ser uno de los más importantes de los inventarios de emisiones de GEI y, comúnmente, aporta más del 90% de CO<sub>2</sub> y 75% del total de las emisiones de GEI de los países desarrollados (IPCC, 2006). El CO<sub>2</sub> normalmente representa el 95% de las emisiones del sector energético, mientras que el CH<sub>4</sub> y el N<sub>2</sub>O representan el porcentaje restante. En general combustión



estacionaria normalmente representa el 70% de las emisiones de GEI del sector energético (IPCC, 2006).

En las Directrices del IPCC de 2006 se exponen tres Niveles para cuantificar las emisiones derivado de la quema del combustible. También cabe mencionar que las emisiones de CO<sub>2</sub> son independientes de la tecnología de combustión, por otro lado, las emisiones de CH<sub>4</sub> y N<sub>2</sub>O dependen mucho de la tecnología (IPCC, 2006), los niveles expuestos en las directrices del IPCC son:

a) Nivel 1

Este nivel está basado en el combustible, dado que las emisiones de todas las fuentes de combustión se pueden estimar sobre la base de las cantidades de combustible quemado (esta información se extrae de las estadísticas de energía nacionales) y los factores de emisión (IPCC, 2006).

Para el caso del CO<sub>2</sub>, los factores de emisión dependen principalmente del contenido de carbono del combustible. Las condiciones de combustión (eficacia, carbono retenido en la escoria y las cenizas, etc.) tienen poca importancia relativa. Por lo tanto, es posible cuantificar las emisiones de CO<sub>2</sub> con bastante exactitud, sobre la base del total de los combustibles quemados y del contenido de carbono promediado de los combustibles (IPCC, 2006) .

Por otro lado, los factores de emisión correspondientes al metano y al óxido nítrico dependen de la tecnología de combustión y de las condiciones del proceso, estos factores varían significativamente dependiendo de las instalaciones individuales de combustión (IPCC, 2006).



b) Nivel 2

En este nivel se cuantifican las emisiones de la combustión a partir de estadísticas de combustible quemados tal como las utilizadas en el método del Nivel 1, sin embargo, se utilizan factores de emisión específicos del país en lugar de los factores por defecto de dicho nivel (IPCC, 2006). Los factores de emisión específicos del país pueden diferir para cada combustible, tecnología de combustión o incluso para cada planta, en ese sentido pueden desagregarse aún más los datos de la actividad, de modo que reflejen correctamente dichas fuentes desagregadas.

c) Nivel 3

En este nivel se utilizan modelos detallados de emisión o mediciones y datos del nivel de la planta individual, según corresponda. Si se aplica correctamente, estos modelos y mediciones deben brindar mejores estimaciones principalmente para los gases de efecto invernadero diferentes al CO<sub>2</sub>, este nivel exige información más detallada y un mayor esfuerzo (IPCC, 2006).

Para el CO<sub>2</sub> en general, el método de Nivel 1 basado en el contenido de carbono del combustible y en la cantidad de combustible utilizado resulta suficiente, en el caso de la cuantificación del N<sub>2</sub>O y CH<sub>4</sub> se sugiere utilizar el método propuesto en el nivel 2 o 3 (IPCC, 2006).

El presente trabajo de investigación se desarrolló considerando el nivel 2 tanto para el CO<sub>2</sub>, N<sub>2</sub>O y CH<sub>4</sub>, toda vez que se consideró los factores establecidos por el Ministerio del Ambiente en su guía N°1 de elaboración del reporte anual de gases de efecto invernadero – Sector energía.



### 2.2.10 Definiciones de combustibles

Se hace necesario definir términos comunes de los combustibles utilizados en la generación de energía eléctrica. En la Tabla 2.1. se presenta una lista de los tipos de combustibles utilizados, esta tabla se basa principalmente en las definiciones de la Agencia Internacional de Energía (AIE), también se utilizan estas definiciones en las *Directrices del IPCC de 2006*.

**Tabla 2.1.**

*Tipos de combustibles.*

<b>DEFINICIONES DE LOS TIPOS DE COMBUSTIBLES UTILIZADOS EN LAS DIRECTRICES DEL IPCC DE 2006</b>	
<b>Descripción</b>	<b>Comentarios</b>
Petróleo crudo	El petróleo crudo es un aceite mineral que consta de una mezcla de hidrocarburos de origen natural, de un color que va del amarillo al negro, y de una densidad y viscosidad variables. También incluye el condensado de petróleo (líquidos separadores) que se recuperan a partir de los hidrocarburos gaseosos en las plantas de separación del condensado.
Gas Natural Licuado	Constituyen el GNL los hidrocarburos líquidos o licuados producidos por la fabricación, purificación y estabilización del gas natural. Son partes del gas natural recuperadas como líquido en los separadores, las instalaciones de campo o las plantas de procesamiento del gas. El GNL incluye, sin carácter taxativo, etano, propano, butano, pentano, gasolina natural y condensado. También puede incluir pequeñas cantidades de no hidrocarburos.
Gasolina	Gasolina para motores. Se trata de un hidrocarburo ligero para usar en los motores de combustión interna como los automotores, con exclusión de las aeronaves. La gasolina para motores se destila entre los 35 °C y los 215 °C y se utiliza como combustible para los motores de encendido por chispa basados en tierra. La gasolina para motores incluye aditivos, oxigenados y mejoradores de los octanos, incluidos los compuestos de plomo tales como el TEP (plomo tetraetilo) y el TMP (plomo tetrametilo).
	Gasolina para la aviación. La gasolina para la aviación es gasolina para motores preparada especialmente para los motores de pistones de la aviación, con una cantidad de octanos acorde al motor, un punto de congelación de -60 °C y un rango de destilación que normalmente oscila dentro de los límites de 30 °C y 180 °C.
	Gasolina para motor a reacción. Incluye todos los hidrocarburos ligeros para usar en los grupos motores de las turbinas de aviación. Se destilan entre los 100 °C y los 250 °C. Se obtiene mezclando querosenos con gasolina o nafta de forma tal que el contenido aromático no supere el 25 por ciento en volumen, y la presión de vapor quede entre los 13,7 kPa y los 20,6 kPa. Se puede incluir aditivos para mejorar la estabilidad y combustibilidad del combustible.
Gas/Diesel Oil	Incluye los gasóleos pesados. Los gasóleos se obtienen de la mínima fracción de la destilación atmosférica del petróleo crudo, mientras que los gasóleos pesados se obtienen por redestilación en vacío del residual de la destilación atmosférica. El gas/diesel oil se destila entre los 180 °C y los 380 °C. Se encuentran disponibles diversas leyes según las aplicaciones: diesel oil para chispa de compresión diesel (automóviles, camiones, marítimo, etc.), aceite ligero para calefacción para aplicaciones industriales y comerciales, y otro gasóleo incluidos los gasóleos pesados que se destilan a una temperatura entre 380 °C y 540 °C y se utilizan como sustancias petroquímicas para la alimentación a procesos.





Gas natural	Debe incluir el gas natural mezclado (a veces también denominado «Gas ciudad» o gas para consumo humano), un gas de alto valor calórico obtenido como mezcla de gas natural con otros gases derivados de otros productos primarios y suele distribuirse por la red de distribución de gas natural (p. ej. metano de las capas de carbón). El gas natural mezclado debe incluir al gas natural sustituto, un gas de alto valor calórico, fabricado por conversión química de un combustible fósil de hidrocarburo, en el que las principales materias primas son: gas natural, carbón, petróleo y esquisto bituminoso.
Carbón vegetal	El carbón vegetal que se quema como energía cubre el residuo sólido de la destilación destructiva y la pirólisis de la madera y de otras materias vegetales.

*Fuente: Directrices del IPCC de 2006*

En las estadísticas sobre energía, específicamente en el consumo de combustibles sólidos, líquidos y gaseosos en la generación de energía eléctrica se especifican en unidades físicas, normalmente en toneladas o metros cúbicos. Según la metodología se hace necesario convertir esta información en unidades de energía por ejemplo julios, se requieren valores calóricos. En las Directrices del IPCC se utilizan los valores calóricos netos (VCN), en el sistema internacional se expresan en múltiplos de estas unidades por ejemplo TJ/Mg (IPCC, 2006).

Los organismos nacionales de los países con reconocimiento oficial suelen ser las fuentes de datos de la actividad de uso de combustibles con fines de generación de energía eléctrica. Actualmente existen dos fuentes principales de estadísticas internacionales sobre la energía, estas fuentes son: la Agencia Internacional de Energía (AIE) y las Naciones Unidas (ONU) (IPCC, 2006).

### **2.2.11 Combustión estacionaria**

Por lo general, las emisiones de cada uno de los GEI de fuentes estacionarias se cuantifican multiplicando el consumo de combustible y el factor de emisión correspondiente. Los datos de consumo de combustible que normalmente están en unidades de masa o de volumen deben convertirse primero en energía (contenido) de estos combustibles (IPCC, 2006). A continuación, se describe los niveles.



### A. Método de Nivel 1

En la cuantificación de emisión de Nivel 1 para cada categoría de fuente y combustible, se requiere lo siguiente:

- Datos o información de la cantidad de combustible quemado en la categoría de fuente.
- Factor de emisión por defecto.

En este nivel los factores de emisión proceden de los valores por defecto suministrados por el IPCC y se utiliza la siguiente ecuación (IPCC, 2006):

**ECUACIÓN 2.1**

**EMISIONES DE GEI PROCEDENTES DE LA COMBUSTIÓN ESTACIONARIA**

$$Emisiones_{GEI\ combustible} = Consumo_{combustible_{combustible}} * Factor\ de\ emision_{GEI,combustible}$$

Donde:

$Emisiones_{GEI\ combustible}$  = emisiones de un gas de efecto invernadero dado por tipo de combustible.

$Consumo_{combustible_{combustible}}$  = cantidad de combustible quemado (TJ)

$Factor\ de\ emision_{GEI_{combustible}}$  = factor de emisión por defecto de un gas de efecto invernadero por tipo de combustible.

*Nota.* Fuente Directrices del IPCC de 2006.

En este nivel el total de emisiones por gas de la categoría de fuente se calculan sumando las emisiones obtenidas en la Ecuación 2.1. para todos los combustibles.

**ECUACIÓN 2.2**

**TOTAL DE EMISIONES POR GAS DE EFECTO INVERNADERO**

$$Emisiones_{GEI} = \sum_{combustibles} Emisiones_{GEI,combustible}$$

*Nota.* Fuente Directrices del IPCC de 2006.



## B. Método del Nivel 2

En el método del Nivel 2 se requieren:

- Datos o información de la cantidad de combustible quemado en la categoría de fuente;
- Factor de emisión específico del país en la categoría correspondiente de fuente (combustible para cada gas).

En este nivel, se sustituyen los factores de emisión establecidos en el nivel 1 específicamente en la Ecuación 2.1 por factores de emisión establecidos por el país. Es posible desarrollar los FE específicos del país, por ejemplo, el contenido de carbono de los combustibles utilizados, la calidad del combustible, los factores de oxidación del carbono y (en especial para los gases no CO<sub>2</sub>) el estado del progreso tecnológico (IPCC, 2006).

## Método de Nivel 3

Los métodos anteriores, del nivel 1 y 2 de cuantificación de emisiones exigen la utilización de un FE promedio para una fuente en específico. Sin embargo las emisiones dependen también de otros parámetros tales como: (IPCC, 2006)

- Tipo de combustible utilizado.
- Condiciones de uso.
- Tecnología de combustión.
- Calidad de mantenimiento
- Tecnología de control.
- Antigüedad del equipo usado para quemar el combustible.



En el nivel 3 se lo toma considera todos estos factores para cuantificar las emisiones.

### 2.2.11.1 Factores de emisión

En el presente estudio de investigación se consideraron los factores de emisión plateados por el IPCC y el MINAM, estos se muestran en la Tabla 2.2.

**Tabla 2.2.**

*Factores de emisión para la combustión estacionaria en las industrias energéticas.*

Combustible		CO <sub>2</sub>	CH <sub>4</sub>	N <sub>2</sub> O
		FE por defecto (kgCO <sub>2</sub> /TJ)	FE por defecto (kgCH <sub>4</sub> /TJ)	FE por defecto (kgN <sub>2</sub> O/TJ)
Gas/Diesel Oil		74,100	3.00	0.60
Productos del petróleo / R500, R6		73,300	3.00	0.60
Antracita / Carbón mineral		98,300	1.00	1.50
Gas natural		56,100	1.00	0.10
Biocombustibles líquidos	Biogasolina	70,800	3.00	0.60
	Biodiésel	70,800	3.00	0.60
	Otros biocombustibles líquidos	79,600	3.00	0.60
Biomasa sólida	Otra biomasa sólida primaria / Bagazo	100,000	30.00	4.00
	Carbón vegetal	112,000	200.00	4.00
Biomasa gaseosa / Biogás	Gas de vertedero	54,600	1.00	0.10

Fuente: (Ministerio del Ambiente, 2016) y Directrices del IPCC de 2006.

En el cálculo del FE para los biocombustibles se debe considerar el porcentaje de la mezcla, para el gasohol y el diésel B5 se considera los valores mostrados en la Tabla 2.3.

**Tabla 2.3.***Biocombustibles en el Perú*

Biocombustibles en el Perú		
Combustible	Descripción	% Mezcla
Gasohol	Es la mezcla que contiene gasolina (de 84, 90, 95 ó 97 octanos y otras según sea el caso) y 7.8%Vol de Alcohol Carburante. Comercializada a partir del 1 de enero del 2010.	7.8%
Biodiesel B5	A partir del 01 enero 2011 se inició la comercialización de este combustible, en reemplazo del Diesel B2. El Diesel B5 es un combustible constituido por una mezcla de Diesel N°2 y 5% en volumen de Biodiesel (B100).	5.0%

Fuente: PETROPERU - <http://www.petroperu.com.pe/portalweb/Main.asp?Seccion=62>

El consumo de combustibles esta expresado en m<sup>3</sup> y toneladas, estas unidades de medida se reconvierne a unidades de energía en este caso a TJ, con este fin se utiliza el valor calórico neto expresado en Tera Joules por giga gramo (TJ/Gg) y la densidad de cada combustible en gramos por centímetro cubico (g/cm<sup>3</sup>), los valores calóricos netos de los combustibles utilizados en Perú se muestran en la Tabla 2.4.

**Tabla 2.4.***Valor Calórico Neto de los combustibles.*

Tipo de combustible	VCN	Unidad
Gas Natural	48.00	TJ/Gg
Petróleo industrial R500	40.72	TJ/Gg
Petróleo industrial R6	41.03	TJ/Gg
Gasohol 84	44.24	TJ/Gg
Gasohol 90	42.90	TJ/Gg
Gasohol 95	42.90	TJ/Gg
Gasohol 97	42.90	TJ/Gg
Gasohol 98	42.90	TJ/Gg
Gasolina	42.90	TJ/Gg
Gas Licuado de petróleo	49.37	TJ/Gg
Bagazo y otra biomasa	11.60	TJ/Gg
Diesel D2	43.00	TJ/Gg
Biogás/gas de vertedero	50.40	TJ/Gg
Carbón mineral	28.2	TJ/Gg
Biodiesel DB5	40.88	TJ/Gg

Fuente: MINAM Guía N° 1 (Ministerio del Ambiente, 2016).

Las densidades de los combustibles utilizados en Perú se muestran en la

Tabla 2.5.

**Tabla 2.5.**

*Densidad de los combustibles.*

Tipo de combustible	Densidad	Unidad
Gas Natural	0.0007434	g/cm <sup>3</sup>
Petróleo industrial R500	0.98	g/cm <sup>3</sup>
Petróleo industrial R6	0.97	g/cm <sup>3</sup>
Gasohol 84	0.708	g/cm <sup>3</sup>
Gasohol 90	0.712	g/cm <sup>3</sup>
Gasohol 95	0.709	g/cm <sup>3</sup>
Gasohol 97	0.758	g/cm <sup>3</sup>
Gasohol 98	0.758	g/cm <sup>3</sup>
Gas Licuado de petróleo	0.56	g/cm <sup>3</sup>
Bagazo y otra biomasa	0.1656	g/cm <sup>3</sup>
Carbón mineral	0.26	g/cm <sup>3</sup>
Biogas/gas de vertedero	0.001215	g/cm <sup>3</sup>
Biodiesel DB5	0.87	g/cm <sup>3</sup>

*Fuente: MINAM Guía N° 1 (Ministerio del Ambiente, 2016).*

En la Tabla 2.6 se muestra los factores de conversión que permiten expresar la energía de los combustibles consumidos en TJ, estos factores se hallan a partir del VCN y las densidades de los combustibles usados en Perú.

**Tabla 2.6.**

*Factores de conversión a la unidad TJ/gal a partir de VCN y Densidades de combustibles usados en Perú.*

Combustibles usados en Perú			
Tipo de combustible		VCN	Unidad
Petróleo	Petróleo Industrial 500	1.51E-04	TJ/gal
	Petróleo Industrial 6	1.50E-04	TJ/gal
	Petróleo Industrial	1.51E-04	TJ/gal



GH	Promedio Gasohol	1.15E-04	TJ/gal
	Gasohol 84	1.19E-04	TJ/gal
	Gasohol 90	1.20E-04	TJ/gal
	Gasohol 95	1.21E-04	TJ/gal
	Gasohol 97	1.22E-04	TJ/gal
	Gasohol 98 BA Plus	1.25E-04	TJ/gal
GA	Promedio Gasolina	1.18E-04	TJ/gal
	Gasolina 84	1.21E-04	TJ/gal
	Gasolina 90	1.22E-04	TJ/gal
	Gasolina 95	1.22E-04	TJ/gal
	Gasolina 97	1.30E-04	TJ/gal
D2	Diesel	1.35E-04	TJ/gal
DB5	Diesel B5	1.37E-04	TJ/gal
GLP	Gas Licuado de Petróleo	2.64E-02	TJ/m <sup>3</sup>
GN	Gas Natural	3.60E-05	TJ/m <sup>3</sup>
BZ	Bagazo	1.16E-02	TJ/t
CV	Carbón vegetal	2.95E-02	TJ/t
KE	Kerosene	3.55E-02	TJ/gal
CA	Carbón mineral	2.67E-02	TJ/t
GR	Gas de refinería	6.49E-05	TJ/m <sup>3</sup>
BG	Etanol	9.05E-05	TJ/gal
BD	Biocombustible	9.05E-05	TJ/gal
BG	Biogás (vertedero)	6.12E-05	TJ/m <sup>3</sup>
PC	Petróleo crudo	3.70E-02	TJ/m <sup>3</sup>

*Fuente: Directrices del IPCC de 2006. Categorías: Combustión estacionaria y Emisiones fugitivas.*

### 2.2.12 Coronavirus

En un inicio, los primeros coronavirus conocidos de origen humano se estudiaron en 1960 en Inglaterra en un estudio de virus respiratorios y se le denominó B814. Casi al mismo tiempo en Chicago se aislaron 5 virus respiratorios identificados. En 1968, un grupo de virólogos definieron que estas cepas y otras aisladas de animales constituirían un grupo distinguible de los myxovirus, y propusieron el nombre de coronavirus, toda vez que el aspecto de los viriones estaba rodeado por una capa de proyecciones redondeadas (Ruiz-Bravo & Jiménez-Valera, 2020). Este nombre fue recogido por la Comisión Internacional para la taxonomía de virus (ICTV) en 1971, que en su primer informe incluyó el género Coronavirus, en 1975 se implantó la familia Coronaviridae, las cepas

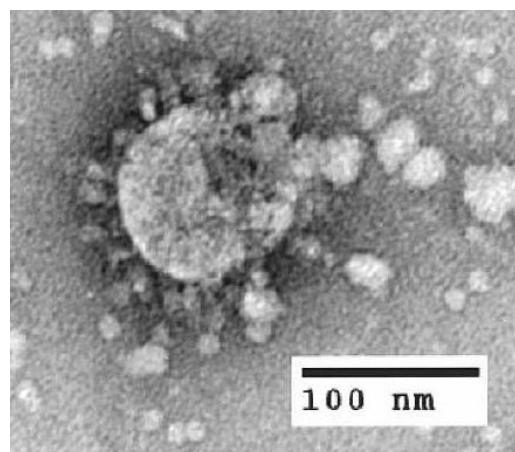


humanas se clasificaron en la especie “Human respiratory coronavirus”, que a partir de 1976 y hasta 1991 pasó a denominarse “Human coronavirus” (Ruiz-Bravo & Jiménez-Valera, 2020).

En noviembre de 2002 hace su aparición el “Síndrome respiratorio agudo grave” (SARS) en la provincia de Guangdong en China, las cepas humanas causaban infecciones agudas del tracto respiratorio, pulmonía, entre otros, fue incluido como especie del género Coronavirus en 2004. La pandemia iniciada a finales del 2002 debido al SARS se extendió a 29 países y el registro de la OMS de 1 de noviembre de 2002 a 31 de julio de 2003 contabilizó 8096 casos, con 774 fallecimientos lo que corresponde a un 9.6 %, se realizaron esfuerzos a nivel global para contener y finalmente detener esta epidemia (Ruiz-Bravo & Jiménez-Valera, 2020). En la Figura 2.4. se muestra el coronavirus de un paciente con SARS obtenido con un microscopio electrónico.

#### Figura 2.4.

*Coronavirus de un paciente con SARS*



*Nota.* Fuente (Calatroni, 2003)

En 2009, se determinaron tres géneros, Alpha-coronavirus, Beta-coronavirus y Gamma-coronavirus, en 2011 se estableció un nuevo género





denominado Deltacoronavirus, que al igual que Gammacoronavirus solo afecta a animales. En 2012 en Arabia Saudita aparecen los primeros casos del Síndrome Respiratorio de Oriente Medio (MERS), en 2015 este nuevo coronavirus se incluyó en el género Beta-coronavirus (Ruiz-Bravo & Jiménez-Valera, 2020).

La OMS lleva registros de los casos MERS desde setiembre del 2012, en el informe (OMS, 2020) hasta diciembre del 2020 se tiene un total de 2566 casos, con 882 defunciones, lo que corresponde a un 34,4 %; desde su inicio la enfermedad se ha extendido por los países de Oriente Medio, además de casos registrados en China, Estados Unidos, Tailandia e Inglaterra. MERS (Ruiz-Bravo & Jiménez-Valera, 2020).

Hasta fines de 2019, se identificaron 6 especies de coronavirus los provocadores de resfriados y algunas veces de infecciones, y las conocidas MERS-CoV y SARS-CoV, que tiene gran capacidad para provocar infecciones del tracto respiratorio inferior, incluyendo neumonía atípica grave que puede evolucionar a insuficiencia respiratoria y síndrome respiratorio agudo potencialmente mortal (Ruiz-Bravo & Jiménez-Valera, 2020).

En el mes de diciembre del 2019 se reportó en la ciudad de Wuhan, que es capital de la provincia de Hubei en China, un brote de gripe neumonía de causa no conocida, el 9 de enero de 2020 se supo que se trataba de un nuevo coronavirus y se le denominó SARS-CoV-2, la enfermedad causada por este virus se designó como COVID-19. El virus se diseminó rápidamente por todo el planeta y es así que a OMS declaró como pandemia el día 11 de marzo de 2020 (Ruiz-Bravo & Jiménez-Valera, 2020).

### **2.2.13 Aislamiento social en pandemia en Perú**

El Domingo 15 de marzo del 2020 se emite el Decreto de Urgencia N° 044-2020-PCM, en este documento se señala el Estado de Emergencia Nacional esto



debido a las graves circunstancias que afectan a la vida de la Nación a consecuencia del brote repentino del COVID-19. En este decreto se dispone de forma obligatoria el aislamiento social (cuarentena) por 15 días calendarios, se suspende el ejercicio de derechos constitucionales, se restringe la actividad comercial, hoteles, cultura, restaurantes y actividades recreativas, también se limita el ejercicio del derecho a la libertad de tránsito de las personas. También se señala el cierre temporal de las fronteras entre otros. (El Peruano, 2020).

Con el Decreto Supremo N°051-2020-PCM se proroga el estado de emergencia por 13 días calendarios con algunas modificaciones (El Peruano, 2020), desde esa fecha hasta la actualidad se ha ido prorrogando el estado de emergencia y también se ha ido modificando las disposiciones.

#### **2.2.14 Impacto en el Sistema Eléctrico Interconectado Nacional**

El SEIN está constituido principalmente por centrales Termoeléctricas, Hidroeléctricas, eólicas, fotovoltaicas entre otras, estas centrales de generación de energía eléctrica producen un impacto ambiental en los siguientes aspectos:

- Emisión de GEI. La quema de combustibles fósiles genera emisiones de GEI como el CO<sub>2</sub>, CH<sub>4</sub> y N<sub>2</sub>O.
- Generación de residuos. Como ejemplo se tiene las cenizas producidas por las plantas termoeléctricas.
- Ruido. Las obras en la instalación de centrales y el empleo de maquinaria pesada en el mantenimiento de centrales eléctricas son fuentes de contaminación acústica.
- Impacto visual. Toda central produce un impacto mayor o menor sobre el paisaje y también los tendidos eléctricos de alta y mediana tensión.



- Consumo de recursos naturales. La destrucción del ecosistema para la explotación de energía implica la erosión de suelos, afectación de la biodiversidad y la contaminación de las suelos y aguas.

En la presente investigación se pretende estudiar la pandemia desatada por la COVID-19 y sus efectos en el medio ambiente específicamente en la emisión de GEI por parte del SEIN y también los efectos sobre la cantidad de energía producida durante este periodo en el SEIN.

## **2.3 Hipótesis**

### **2.3.1 Hipótesis general**

El aislamiento social producto de la pandemia originada por la COVID-19 impactó en las emisiones de gases de efecto invernadero en el Sistema Eléctrico Interconectado Nacional del Perú 2019-2021.

### **2.3.2 Hipótesis específica**

1. El comportamiento de las emisiones de dióxido de carbono, metano y óxido nitroso antes y después del inicio del aislamiento social producto de la pandemia por COVID-19 no son estacionarias.
2. El comportamiento de la cantidad de emisión de dióxido de carbono equivalente antes y después del inicio del aislamiento social producto de la pandemia por COVID-19 no es estacionaria.
3. El comportamiento de la cantidad de generación de energía eléctrica antes y después del inicio del aislamiento social producto de la pandemia por COVID-19 no es estacionaria.



## 2.4 Variables

### 2.4.1 Marco filosófico de las variables

La pandemia por COVID-19 ha traído muchos cambios en diferentes sectores, uno de ellos es el sector energía, en el Perú la energía eléctrica se distribuye por el Sistema Eléctrico Interconectado Nacional que en parte quema combustibles para generar energía eléctrica.

El presente estudio tiene por finalidad medir la cantidad de gases de efecto invernadero que emite el SEIN a la atmosfera y que tienen implicancia en el efecto invernadero (calentamiento global), estos gases son; el dióxido de carbono, metano y óxido nitroso, una forma de representar a todos estos gases de efecto invernadero es usando la medida de dióxido de carbono equivalente, esta medida universal es utilizada para indicar en términos de CO<sub>2</sub>, el equivalente de cada uno de los gases de efecto invernadero con respecto a su potencial de calentamiento global.

Conociendo la cantidad de GEI emitido antes y después del aislamiento social se determinó el impacto del COVID-19 en la emisión de GEI a la atmosfera por parte del SEIN.

### 2.4.2 Identificación de variables

#### Variables Dependientes

- Cantidad de Gas de efecto invernadero (Gg)

#### Variable Independiente

- Pandemia por el COVID-19



### 2.4.3 Operacionalización de variables

- **MATRIZ DE OPERACIONALIZACIÓN DE VARIABLES**

**TITULO:” EL IMPACTO DE LA PANDEMIA POR COVID-19 EN LA EMISION GASES DE EFECTO INVERNADERO EN EL SISTEMA ELECTRICO INTERCONECTADO NACIONAL PERU-2019-2021”**

Variable	Definición Conceptual	Definición operacional	Dimensión	Indicadores	Tipo de variable	Escala de medición
Emisión de gases de efecto invernadero	Los Gases de Efecto Invernadero (GEI) son aquellos gases presentes en la atmósfera que contribuyen al efecto invernadero. (Suní Tunquipa, 2018)	Es medido a través de la revisión y análisis del repositorio del COES y el uso del instrumento de medición de GEI del MINAM.	Gases de efecto invernadero	Cantidad de emisión de GEI (CO <sub>2</sub> e)	Dependiente	GEI en Gg
Pandemia por COVID -19	Pandemia es una enfermedad que se extiende a muchos países y continentes, traspasa gran número de fronteras, supera el número de casos esperados y persiste en el tiempo, la OMS define a la COVID-19 como una enfermedad causada por el nuevo coronavirus conocido como SARS-CoV-2.	Se analiza un grupo con el estímulo y otro sin el estímulo.	Impacto ambiental	Impacto en la producción de gases de efecto invernadero en el SEIN, antes y después del inicio del aislamiento social	Independiente	Nominal



## 2.5 Definición de términos básicos

- **Cambio climático:**

Alteración del clima atribuido directa o indirectamente a la actividad humana, que altera la composición de la atmósfera mundial y que se suma a la variabilidad natural del clima observada durante periodos de tiempo comparables (Ministerio del Ambiente, 2016).

- **COVID-19.**

Síndrome respiratorio agudo producido por un coronavirus (RAE).

- **Dióxido de Carbono CO<sub>2</sub>**

Es un gas de origen natural, se genera también de la quema de combustibles fósiles provenientes de depósitos de carbono fósil, tales como el gas, el petróleo o el carbón, de la combustión de biomasa, y de procesos industriales entre otros. Es el gas más importante de efecto invernadero producido por el hombre que altera el equilibrio radiativo del planeta. Cabe mencionar que este gas es utilizado como referencia para medir otros gases de efecto invernadero (IPCC, 2013).

- **Dióxido de carbono-equivalente (CO<sub>2</sub>e).**

Es la cantidad de emisión de CO<sub>2</sub> que causaría el mismo cambio de temperatura o forzamiento radiativo, en un tiempo establecido, que alguna otra cantidad de un gas de efecto invernadero (GEI) emitida a la atmósfera o de una mezcla de GEI (IPCC, 2018).



- **Energía.**

Se define como la capacidad para realizar trabajo, medida en Joules (J) o en Watts hora (Wh). (Alexander & Sadiku, 2013).

- **Gas de efecto invernadero (GEI) (greenhouse gas (GHG)).**

Componente gaseoso de la atmósfera, natural o antropógeno, que absorbe y emite radiación en determinadas longitudes de onda del espectro de radiación terrestre emitida por la superficie de la Tierra, por la propia atmosfera y por las nubes. Esta propiedad ocasiona el efecto invernadero. El vapor de agua (H<sub>2</sub>O), el dióxido de carbono (CO<sub>2</sub>), el óxido nitroso (N<sub>2</sub>O), el metano (CH<sub>4</sub>) y el ozono (O<sub>3</sub>) son los gases de efecto invernadero primarios de la atmosfera terrestre (IPCC, 2018).

- **Impacto**

Se define como; impacto al efecto de una fuerza aplicada bruscamente (RAE).

- **Impacto ambiental**

Se define como; conjunto de posibles efectos sobre el medio ambiente de una modificación del entorno natural, como consecuencia de obras u otras actividades (RAE).

- **Metano CH<sub>4</sub>**

Este gas es el componente principal del gas natural, y es parte de todos los hidrocarburos que se utilizan como combustibles y también se generan en las prácticas de la ganadería y de las prácticas de agricultura (IPCC, 2013).



Se produce CH<sub>4</sub> durante el transporte y producción del petróleo, carbón y gas natural. También se producen emisiones de metano de la descomposición de residuos orgánicos en rellenos sanitarios de residuos sólidos.

- **Óxido nitroso N<sub>2</sub>O**

La actividad humana principal que produce óxido nitroso es la agricultura, el trabajo de suelos y también del estiércol, otras fuentes de emisión importantes son los tratamientos de aguas residuales, procesos industriales químicos y del quemado de combustibles fósiles. Existen fuentes naturales de producción de óxido nitroso tales como: fuentes biológicas presentes en el suelo y en el agua, y en especial por la acción microbiana en los bosques tropicales húmedos (IPCC, 2013). Otras fuentes de óxido nitroso son los tubos de escape de vehículos, la quema de biomasa, centrales térmicas, motores de aviones entre otros.

- **Pandemia**

Epidemia que se ha extendido por varios países, continentes o todo el mundo y que, generalmente, afecta a un gran número de personas (OPS, 2020).

- **Poder Calorífico**

El poder calorífico es la cantidad de energía por unidad de masa o unidad de volumen de materia que se puede desprender al producirse una reacción química de oxidación.

- **Potencia.**

Potencia es la variación respecto del tiempo de gasto o absorción de energía, medida en watts (W) (Alexander & Sadiku, 2013)





## CAPITULO III

### METODO

#### 3.1 Tipo de Investigación

El presente trabajo de estudio es de enfoque cuantitativo, porque se pretende conocer la cantidad de energía generada y estimar la cantidad de GEI. Es de tipo aplicativo, porque se caracteriza por su interés en la aplicación de los conocimientos teóricos a determinada situación concreta y las consecuencias prácticas que de ella se deriven (Sánchez Carlessi & Reyes Meza, 2009). En la presente investigación se determinó el impacto que tiene el aislamiento social dada la pandemia originada por el COVID-19 en la cantidad la cantidad de gases de efecto invernadero emitidos a la atmosfera por parte del SEIN.

#### 3.2 Alcance de la investigación

En el presente trabajo el estudio es de nivel explicativo porque se pretende evaluar los efectos de la pandemia por COVID-19 sobre la producción de gases de efecto invernadero en el SEIN. Este alcance de investigación se centra en explicar por qué ocurre un fenómeno y en qué condiciones se manifiesta (Hernandez-Sampieri & Mendoza Torres, 2018)

#### 3.3 Diseño de investigación

Para el estudio, el diseño es no experimental porque no contempla la manipulación de variable alguna, es decir se observa el comportamiento de las variables en estudio en su contexto natural (Hernandez-Sampieri & Mendoza Torres, 2018), en este caso las variables Cantidad de gases de efecto invernadero producida en el SEIN en tiempos de la pandemia por COVID-19. Es investigación longitudinal porque se recopilan datos en diferentes puntos del tiempo donde se analiza un determinado grupo específico, en este caso el SEIN.



### 3.4 Población

La población está compuesta por los datos de las centrales térmica pertenecientes al SEIN antes y después del aislamiento social producto de la pandemia por COVID-19, antes del aislamiento se consideró una población de 344 datos (un dato/día), después del aislamiento se consideró una población 344 datos (un dato/día). Se considera 90 centrales térmicas de generación de energía que son administradas por 21 compañías productoras de energía eléctrica que están en el SEIN.

### 3.5 Muestra

Se escoge trabajar con una muestra toda vez que la recolección de los datos de todos tipos de combustibles que se queman en el SEIN diariamente es muy laboriosa y también que la aplicación del instrumento establecido por el MINAM es compleja por el número de datos y por el procesamiento de los mismos.

Para el cálculo de la muestra se considera un tamaño de población  $N=344$ , con un nivel de confianza  $Z_{\alpha}^2 = 95\%$ , con un error de estimación máximo aceptado  $e = 5\%$  y con una probabilidad de que ocurra el evento estudiado  $p = 50\%$ , se plantea la siguiente ecuación para calcular el tamaño de la muestra finita (Martínez Bencardino, 2012).

$$n = \frac{N \times Z_{\alpha}^2 \times p \times q}{e^2 \times (N - 1) + Z_{\alpha}^2 \times p \times q}$$

De esta ecuación se obtuvo que el tamaño de la muestra es  $n=181.74$ , se redondea este valor a 182. En la etapa de muestreo se trabajó con un muestreo de tipo probabilístico, específicamente se utilizó el método sistemático, este método arroja buenos resultados cuando la variable esta ordenada por valor, tiempo, de menor a mayor, etc.



Según este método se calcula la razón de muestreo o intervalo de selección dado por la siguiente ecuación (Moya Calderón, 2007) :

$$k = \frac{N}{n}$$

Donde N es el tamaño de la población y n es el tamaño de la muestra y k es la razón de muestreo, de esta última ecuación se obtuvo que la razón de muestreo es  $k=1.89$ , se redondea este valor a 2. Es así que las muestras se obtuvieron tomando cada 2 unidades de la población.

### 3.6 Unidad de análisis

La unidad de análisis en este caso son los datos de las centrales térmicas pertenecientes al SEIN de un día de funcionamiento.

### 3.7 Técnicas e Instrumentos de recolección de datos

En el presente estudio se utilizó el método de recolección de datos cuantitativos denominado datos secundarios, en (Hernández Sampieri, Fernández Collado, & Baptista Lucio, 2014) se menciona que este método implica la revisión de archivos físicos, documentos, registros públicos y archivos electrónicos.

Para la variable cantidad de gas de efecto invernadero (Gg CO<sub>2</sub>e), la fuente de donde se obtuvieron los datos de consumo de combustibles tales como el gas natural, diésel, biomasa, biogás y carbón fue el repositorio del COES, este repositorio se encuentra en la pagina web del COES, los datos fueron extraídos en forma inter diaria un año antes y un año después del aislamiento social producto de la pandemia por COVID-19 de cada uno de los tipos de combustible que se quemaron en el SEIN, se utilizó el software Microsoft Excel para ordenar y almacenar toda esta información.

Una vez conocido la cantidad de combustibles que se quemaron para generar energía eléctrica se utilizó el instrumento establecido por el MINAM en su guía N°1



Elaboración del Reporte Anual de Gases de Efecto Invernadero Sector Energía (Ministerio del Ambiente, 2016), esta guía está basada en las Directrices del IPCC de 2006 (ver anexo D) de inventarios nacionales de gases de efecto invernadero (IPCC, 2006). La guía del MINAM permite calcular la cantidad de dióxido de carbono, metano, óxido nitroso y dióxido de carbono equivalente que se emite a la atmósfera en la generación de energía eléctrica. Para realizar todo el procesamiento de datos de emisión de gases de efecto invernadero basado en la guía del MINAM se utilizó el software Microsoft Excel.

También se extrajeron datos de la cantidad de energía eléctrica producida (MWh) en el SEIN, los datos han sido extraídos del repositorio del COES en forma inter diaria durante el tiempo de estudio.

### **3.8 Validez y confiabilidad de instrumentos**

El instrumento que se utilizó para medir la cantidad de gases de efecto invernadero que se emiten a la atmósfera por parte del SEIN son las establecidas por el MINAM en su guía N°1 Elaboración del Reporte Anual de Gases de Efecto Invernadero Sector Energía (Ministerio del Ambiente, 2016), esta guía está basada en las directrices planteadas por el IPCC (IPCC, 2006).

### **3.9 Plan de análisis de datos**

Para realizar la recolección y análisis de datos se utilizó el software Microsoft Office específicamente el software Microsoft Excel. Para la interpretación y el análisis estadístico de los resultados se usó el del software SPSS V 25.

Se utilizó Estadística Descriptiva para analizar la emisión de gases de efecto invernadero por parte del Sistema Eléctrico Interconectado Nacional del Perú, específicamente se analizó el dióxido de carbono, metano, óxido nitroso y dióxido de carbono equivalente, se obtuvo las medidas de tendencia central como la media,



mediana y moda también se obtuvo las medidas de variabilidad tales como la desviación estándar y varianza. También se analizó la cantidad de energía eléctrica que se genera en el SEIN. Por otro lado, se utilizó Estadística Inferencial con el fin de someter a prueba la hipótesis y generalizar los resultados obtenidos en la muestra a la población universo. (Hernández Sampieri, Fernández Collado, & Baptista Lucio, 2014)

### **3.10 Aspectos éticos**

En el estudio de investigación que se realizó no se vulnera los principios éticos, tampoco se realizará trabajos con seres vivos (humanos o animales).



## CAPITULO IV

### RESULTADOS

#### 4.1 RESULTADOS RESPECTO A LOS OBJETIVOS ESPECÍFICOS.

##### 4.1.1 RESULTADOS RESPECTO AL PRIMER OBJETIVO ESPECÍFICO.

**Describir las cantidades de emisiones de dióxido de carbono, metano y óxido nitroso en el sistema eléctrico interconectado nacional antes y después del inicio del aislamiento social producto de la pandemia por COVID-19.**

En este punto se presenta los resultados del estudio de investigación con respecto al primer objetivo específico; los datos y la información se tomaron del COES, a través de su página web [www.coes.org.pe/portal/](http://www.coes.org.pe/portal/), dicha información se publica mediante un reporte diario de las empresas generadoras de energía eléctrica sobre el consumo de combustibles del tipo líquido, sólido y gaseoso. Para poder determinar la cantidad de GEI emitidas por el SEIN, se consideró 21 empresas generadoras de energía eléctrica con centrales térmicas, siendo en total 90 centrales térmicas, según se muestra en la Tabla 4.1. y con respecto a la energía eléctrica que se produce por día están consideradas las centrales térmicas de tipo diésel, residual, gas, carbón, bagazo y biogás.

**Tabla 4.1.**

*Relación de empresas generadoras con centrales térmicas para la generación de energía eléctrica.*

ITEM	Empresa	Central	Medidor	Tipo de Grupo	Estado de Grupo	Sistema	Integrante COES	Tipo de combustible
1	AGROINDUSTRIAL PARAMONGA	C.T. PARAMONGA	TGV01	TV	Operativo	SEIN	COES	BAGAZO
2	AGRO AURORA S.A.C.	C.T. MAPLE ETANOL	C.T. MAPLE ETANOL	TV	Operativo	SEIN	COES	BAGAZO
3	AGROINDUSTRIAS SAN JACINTO S.A.A.	C.T. SAN JACINTO	G1	TV	Operativo	SEIN	COES	BAGAZO
4	BIOENERGIA DEL CHIRA S.A.	C.T. CAÑA BRAVA	G-FAB-G02	TV	Operativo	SEIN	COES	BAGAZO
	BIOENERGIA DEL CHIRA S.A.	C.T. CAÑA BRAVA	G-FAB-G01	TV	Operativo	SEIN	COES	BAGAZO



5	EGASA	C.T. CHILINA DIESEL	CHI_SLZ12_SLZ1	EL	Operativo	SEIN	COES	DIESEL B5
	EGASA	C.T. CHILINA DIESEL	CHI_SLZ12_SLZ1	EL	Operativo	SEIN	COES	RESIDUAL R500
	EGASA	C.T. CHILINA DIESEL	CHI_SLZ12_SLZ2	EL	Operativo	SEIN	COES	DIESEL B5
	EGASA	C.T. CHILINA DIESEL	CHI_SLZ12_SLZ2	EL	Operativo	SEIN	COES	RESIDUAL R500
	EGASA	C.T. MOLLENDO DIESEL	MOLL123_GD1	EL	Operativo	SEIN	COES	DIESEL B5
	EGASA	C.T. MOLLENDO DIESEL	MOLL123_GD1	EL	Operativo	SEIN	COES	RESIDUAL R500
	EGASA	C.T. MOLLENDO DIESEL	MOLL123_GD2	EL	Operativo	SEIN	COES	RESIDUAL R500
	EGASA	C.T. MOLLENDO DIESEL	MOLL123_GD2	EL	Operativo	SEIN	COES	DIESEL B5
	EGASA	C.T. MOLLENDO DIESEL	MOLL123_GD3	EL	Operativo	SEIN	COES	RESIDUAL R500
	EGASA	C.T. MOLLENDO DIESEL	MOLL123_GD3	EL	Operativo	SEIN	COES	DIESEL B5
	EGASA	C.T. PISCO	PISCO_TG1	TG	Operativo	SEIN	COES	GAS
	EGASA	C.T. PISCO	PISCO_TG2	TG	Operativo	SEIN	COES	GAS
	EGASA	C.T. CHILINA DIESEL	CHILTG_TG	CC	Operativo	SEIN	COES	DIESEL B5
	6	EGESUR	C.T. INDEPENDENCIA	INDEP_WAR1	EL	Operativo	SEIN	COES
EGESUR		C.T. INDEPENDENCIA	INDEP_WAR2	EL	Operativo	SEIN	COES	GAS
EGESUR		C.T. INDEPENDENCIA	INDEP_WAR3	EL	Operativo	SEIN	COES	GAS
EGESUR		C.T. INDEPENDENCIA	INDEP_WAR4	EL	Operativo	SEIN	COES	GAS
7	ELECTROPERU	C.T. TUMBES	MAK1	EL	Operativo	SEIN	COES	RESIDUAL R6
	ELECTROPERU	C.T. TUMBES	MAK1	EL	Operativo	SEIN	COES	DIESEL B5
	ELECTROPERU	C.T. TUMBES	MAK2	EL	Operativo	SEIN	COES	RESIDUAL R6
	ELECTROPERU	C.T. TUMBES	MAK2	EL	Operativo	SEIN	COES	DIESEL B5
8	ENEL GENERACION PERU S.A.A.	C.T. VENTANILLA	VENT_TG3	CC	Operativo	SEIN	COES	DIESEL B5
	ENEL GENERACION PERU S.A.A.	C.T. VENTANILLA	VENT_TG4	CC	Operativo	SEIN	COES	DIESEL B5
	ENEL GENERACION PERU S.A.A.	C.T. SANTA ROSA	TG7 WEST	TG	Operativo	SEIN	COES	DIESEL B5
	ENEL GENERACION PERU S.A.A.	C.T. SANTA ROSA	TG7 WEST	TG	Operativo	SEIN	COES	GAS
	ENEL GENERACION PERU S.A.A.	C.T. SANTA ROSA	UT15	TG	Operativo	SEIN	COES	DIESEL B5
	ENEL GENERACION PERU S.A.A.	C.T. SANTA ROSA	UT15	TG	Operativo	SEIN	COES	GAS
	ENEL GENERACION PERU S.A.A.	C.T. SANTA ROSA	UT16	TG	Operativo	SEIN	COES	DIESEL B5
	ENEL GENERACION PERU S.A.A.	C.T. SANTA ROSA	UT16	TG	Operativo	SEIN	COES	GAS
	ENEL GENERACION PERU S.A.A.	C.T. VENTANILLA	C.T. VENTANILLA	CC	Operativo	SEIN	COES	GAS
	ENEL GENERACION PERU S.A.A.	C.T. SANTA ROSA II	TG8 SIEMENS	TG	Operativo	SEIN	COES	GAS
9	ENEL GENERACION PIURA S.A.	C.T. MALACAS 2	M_TG4	TG	Operativo	SEIN	COES	GAS
	ENEL GENERACION PIURA S.A.	C.T. RESERVA FRIA DE GENERACION TALARA	M_TG5	TG	Operativo	SEIN	COES	DIESEL B5
	ENEL GENERACION PIURA S.A.	C.T. RESERVA FRIA DE	M_TG5	TG	Operativo	SEIN	COES	GAS



		GENERACION TALARA						
	ENEL GENERACION PIURA S.A.	C.T. MALACAS 1	TG6	TG	Operativo	SEIN	COES	GAS
10	ENGIE	C.T. ILO 2	ILO2_CARB_TV1	TV	Operativo	SEIN	COES	CARBON
	ENGIE	C.T. ILO 2	ILO2_CARB_TV1	TV	Operativo	SEIN	COES	DIESEL B5
	ENGIE	C.T. CHILCA 1	CHILCA1_TG11	CC	Operativo	SEIN	COES	GAS
	ENGIE	C.T. CHILCA 1	CHILCA1_TG12	CC	Operativo	SEIN	COES	GAS
	ENGIE	C.T. CHILCA 1	CHILCA1_TG13	CC	Operativo	SEIN	COES	GAS
	ENGIE	C.T. RESERVA FRIA PLANTA ILO	PLANTAILO_TG2	TG	Operativo	SEIN	COES	DIESEL B5
	ENGIE	C.T. RESERVA FRIA PLANTA ILO	PLANTAILO_TG3	TG	Operativo	SEIN	COES	DIESEL B5
	ENGIE	C.T. RESERVA FRIA PLANTA ILO	PLANTAILO_TG1	TG	Operativo	SEIN	COES	DIESEL B5
	ENGIE	C.T. CHILCA 2	CHILCA2_TG41	TG	Operativo	SEIN	COES	GAS
	ENGIE	C.T. NEPI	NEPI_TG41	TG	Operativo	SEIN	COES	DIESEL B5
	ENGIE	C.T. NEPI	NEPI_TG42	TG	Operativo	SEIN	COES	DIESEL B5
	ENGIE	C.T. NEPI	NEPI_TG43	TG	Operativo	SEIN	COES	DIESEL B5
11	FENIX POWER PERÚ	CENTRAL TERMICA FENIX	FENIX GT12	CC	Operativo	SEIN	COES	DIESEL B5
	FENIX POWER PERÚ	CENTRAL TERMICA FENIX	FENIX GT12	CC	Operativo	SEIN	COES	GAS
	FENIX POWER PERÚ	CENTRAL TERMICA FENIX	FENIX GT11	CC	Operativo	SEIN	COES	GAS
	FENIX POWER PERÚ	CENTRAL TERMICA FENIX	FENIX GT11	CC	Operativo	SEIN	COES	DIESEL B5
12	INFRAESTRUCTURA Y ENERGIAS DEL PERU	CT RF PTO MALDONADO	C.T. RF PTO MALDONADO	EL	Operativo	SEIN	COES	DIESEL B5
	INFRAESTRUCTURA Y ENERGIAS DEL PERU	CT RF PUCALLPA	C.T. RF PUCALLPA	EL	Operativo	SEIN	COES	DIESEL B5
13	KALLPA GENERACION S.A.	C.T. KALLPA	KALLPATG1	CC	Operativo	SEIN	COES	GAS
	KALLPA GENERACION S.A.	C.T. KALLPA	KALLPATG2	CC	Operativo	SEIN	COES	GAS
	KALLPA GENERACION S.A.	C.T. KALLPA	KALLPATG3	CC	Operativo	SEIN	COES	GAS
	KALLPA GENERACION S.A.	C.T. LAS FLORES	TG1-LAS FLORES	CC	Operativo	SEIN	COES	GAS
14	MINERA CERRO VERDE	C.T. RECKA	RECKA TG1- 01MKA10	TG	Operativo	SEIN	COES	DIESEL B5
15	PETRAMAS	C.T.B. CALLAO	G1 CALLAO	EL	Operativo	SEIN	COES	BIOGAS
	PETRAMAS	C.T.B. CALLAO	G2 CALLAO	EL	Operativo	SEIN	COES	BIOGAS
	PETRAMAS	C.T. HUAYCOLORO	Huay_G1	EL	Operativo	SEIN	COES	BIOGAS
	PETRAMAS	C.T. HUAYCOLORO	Huay_G2	EL	Operativo	SEIN	COES	BIOGAS
	PETRAMAS	C.T. HUAYCOLORO	Huay_G3	EL	Operativo	SEIN	COES	BIOGAS
	PETRAMAS	C.T. LA GRINGA	Gringa_G1	EL	Operativo	SEIN	COES	BIOGAS
	PETRAMAS	C.T. LA GRINGA	Gringa_G2	EL	Operativo	SEIN	COES	BIOGAS
	PETRAMAS	C.T.B DOÑA CATALINA	Catalina_G1	EL	Operativo	SEIN	COES	BIOGAS
	PETRAMAS	C.T.B DOÑA CATALINA	Catalina_G2	EL	Operativo	SEIN	COES	BIOGAS
16	PLANTA DE RESERVA FRIA DE	C.T. RESERVA FRIA DE	RF ETEN TG1	TG	Operativo	SEIN	COES	DIESEL B5





	GENERACION DE ETEN S.A.	GENERACION ETEN						
	PLANTA DE RESERVA FRIA DE GENERACION DE ETEN S.A.	C.T. RESERVA FRIA DE GENERACION ETEN	RF ETEN TG2	TG	Operativo	SEIN	COES	DIESEL B5
<b>17</b>	SAMAY I S.A.	C.T. PUERTO BRAVO	PUERTO BRAVO TG1	TG	Operativo	SEIN	COES	DIESEL B5
	SAMAY I S.A.	C.T. PUERTO BRAVO	PUERTO BRAVO TG2	TG	Operativo	SEIN	COES	DIESEL B5
	SAMAY I S.A.	C.T. PUERTO BRAVO	PUERTO BRAVO TG3	TG	Operativo	SEIN	COES	DIESEL B5
	SAMAY I S.A.	C.T. PUERTO BRAVO	PUERTO BRAVO TG4	TG	Operativo	SEIN	COES	DIESEL B5
<b>18</b>	SDF ENERGIA	C.T. OQUENDO	OQUENDO_TG1	TG	Operativo	SEIN	COES	GAS
	SDF ENERGIA	C.T. OQUENDO	OQUENDO_TG1	TG	Operativo	SEIN	COES	DIESEL B5
<b>19</b>	SHOUGESA	C.T. SAN NICOLAS	SH_TV1	TV	Operativo	SEIN	COES	RESIDUAL R500
	SHOUGESA	C.T. SAN NICOLAS	SH_TV1	TV	Operativo	SEIN	COES	DIESEL B5
	SHOUGESA	C.T. SAN NICOLAS	SH_TV2	TV	Operativo	SEIN	COES	RESIDUAL R500
	SHOUGESA	C.T. SAN NICOLAS	SH_TV2	TV	Operativo	SEIN	COES	DIESEL B5
	SHOUGESA	C.T. SAN NICOLAS	SH_TV3	TV	Operativo	SEIN	COES	RESIDUAL R500
	SHOUGESA	C.T. SAN NICOLAS	SH_TV3	TV	Operativo	SEIN	COES	DIESEL B5
	SHOUGESA	C.T. SAN NICOLAS	CUMMINS	EL	Operativo	SEIN	COES	DIESEL B5
<b>20</b>	TERMOCHILCA	CT OLLEROS	OLLEROS TG1	TG	Operativo	SEIN	COES	GAS
<b>21</b>	TERMOSELVA	C.T. AGUAYTIA	AGE_TG1	TG	Operativo	SEIN	COES	GAS
	TERMOSELVA	C.T. AGUAYTIA	AGE_TG2	TG	Operativo	SEIN	COES	GAS

Nota. Fuente COES

En general, las emisiones de cada GEI de fuentes estacionarias se calculan multiplicando el consumo de combustible (cantidad) por factor de emisión correspondiente en un nivel 1,2 o 3. Los datos de consumo de combustibles en unidades de volumen o masa se deben convertir primero en el contenido de energía de estos combustibles.

Según (IPCC, 2006) existe varios niveles para estimar la cantidad de gases de efecto invernadero emitidos por la sub-fuente generación de electricidad en el SEIN clasificado como 1A1ai1 (Ministerio del Ambiente, 2016). Se escogió trabajar con el nivel 2 toda vez que se obtuvo la cantidad de combustible quemado en la categoría de la fuente y se tiene los factores de emisión específico establecido por el MINAM en Perú para los diferentes tipos de combustibles.



En este caso se utilizó la siguiente ecuación para calcular las emisiones de gases de efecto invernadero (Ministerio del Ambiente, 2016):

$$Emisiones_{GEI\ combustible} = Consumo_{combustible_{combustible}} * Factor\ de\ emision_{GEI,combustible}$$

Donde:

$Emisiones_{GEI\ combustible}$  = emisiones de un gas de efecto invernadero dado por tipo de combustible (kg GEI)

$Consumo_{combustible_{combustible}}$  = cantidad de combustible quemado (TJ)

$Factor\ de\ emision_{GEI_{combustible}}$  = factor de emisión por defecto de un gas de efecto invernadero dado por tipo de combustible (kg gas/TJ).

Para el cálculo del total de emisiones por gas de la categoría de fuente, se suman las emisiones calculadas en la Ecuación anterior para todos los combustibles, en este caso se utilizó la siguiente ecuación (Ministerio del Ambiente, 2016):

$$Emisiones_{GEI} = \sum_{combustibles} Emisiones_{GEI,combustible}$$

Los factores de emisión utilizados para la combustión estacionaria en la industria energética se describieron en el Capítulo II (marco teórico), los resultados de las cantidades de GEI se muestran en los anexos D y E.

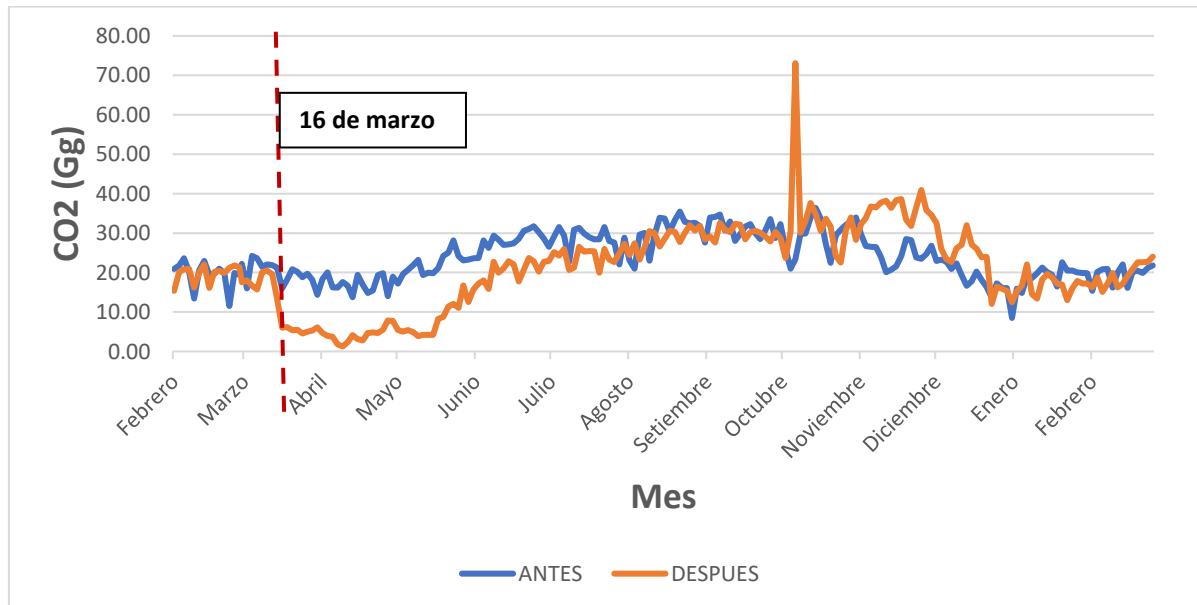
#### 4.1.1.1 Resultados de la cantidad de GEI antes y después de la pandemia

Para la evaluación de los GEI se ha considerado los datos de un año antes y después del aislamiento social debido a la pandemia por COVID-19, teniendo en cuenta que la restricción por la pandemia se inició en Perú el 16 de marzo del 2020 (El Peruano, 2020) . En la Figura 4.1. se representa la emisión de CO<sub>2</sub> en Gg (giga gramos) antes y

después de la pandemia. Los datos de cantidad de dióxido de carbono antes y después del aislamiento social se muestra en las tablas del anexo B y C respectivamente.

**Figura 4.1.**

*Representación de emisión de CO<sub>2</sub> (Gg) antes y después del aislamiento social.*



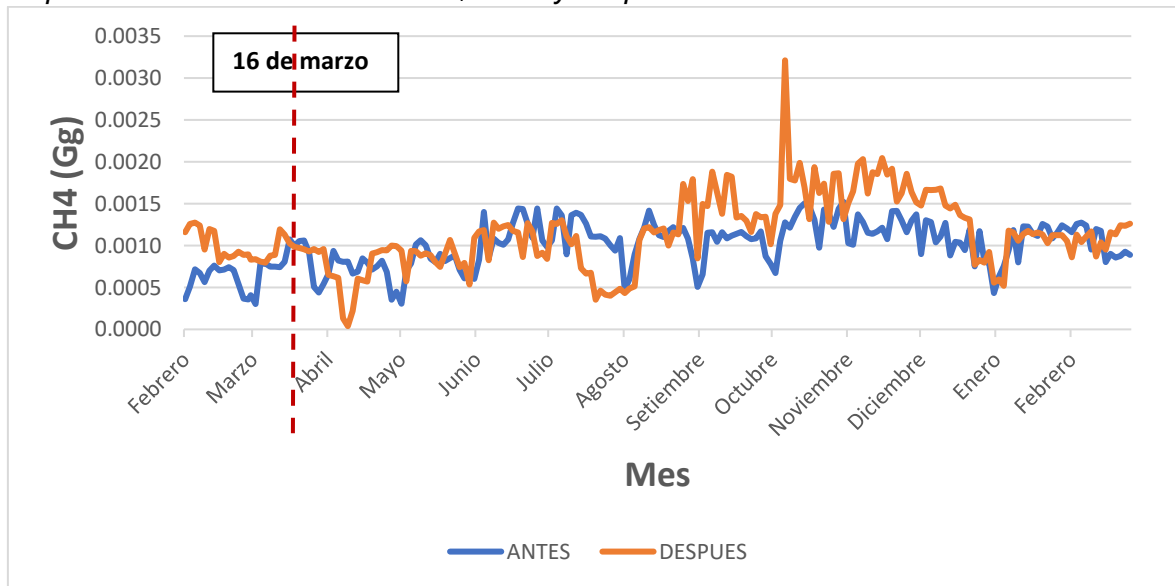
*Nota.* Fuente propia

En la Figura 4.1. se aprecia que la emisión de CO<sub>2</sub> durante los primeros cinco meses de iniciado el aislamiento social disminuye considerablemente comparado con la emisión de un año antes, también se observa un sobre pico de emisión de CO<sub>2</sub> después del aislamiento social, esto se debe a que la empresa SDF energía en su central térmica Oquendo consumió combustible DB5 en exceso (17600 m<sup>3</sup>) el día 8 de octubre del 2020. En las Figuras 4.2. y 4.3. se muestran las emisiones de CH<sub>4</sub> y N<sub>2</sub>O antes y después de la pandemia en ambas graficas se observa que no existe cambios notorios.



Figura 4.2.

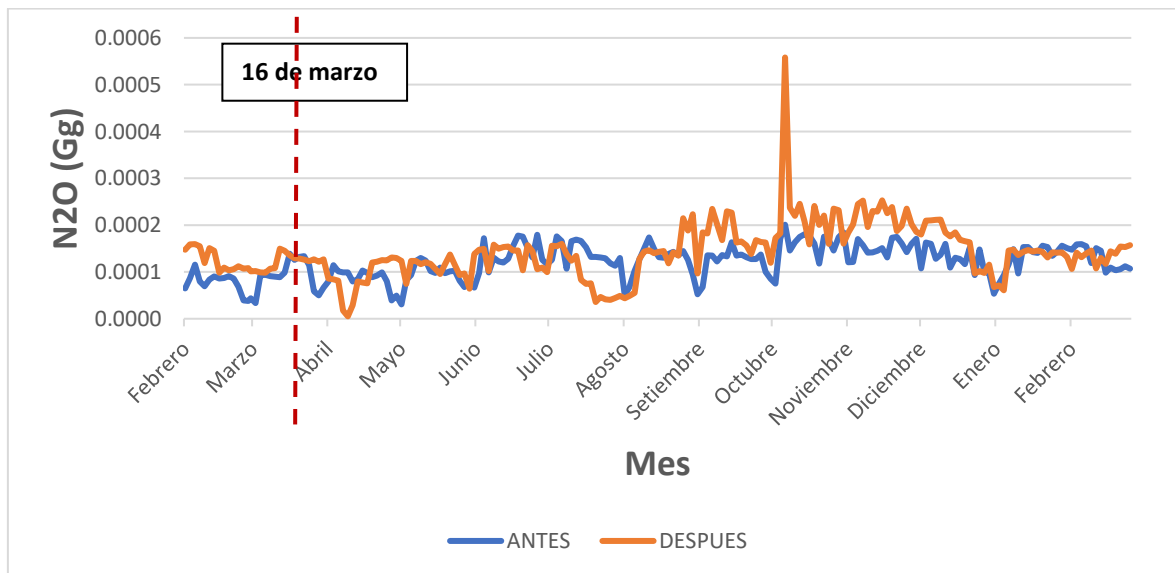
Representación de emisión de CH<sub>4</sub> antes y después del aislamiento social.



Nota. Fuente propia

Figura 4.3.

Representación de emisión de N<sub>2</sub>O antes y después del aislamiento social.



Nota. Fuente propia



#### 4.1.1.2 Estadísticas descriptivas antes del aislamiento social producto de la pandemia.

En este punto se consideró para la evaluación de los datos aproximadamente un año antes de la pandemia, considerando que el aislamiento social producto de la pandemia se inició en Perú el 16 de marzo del 2020. Se utilizó el paquete estadístico SPSS V25 con el fin de analizar las medidas de tendencia central y medidas de variabilidad del dióxido de carbono, metano y óxido nitroso. En la Tabla 4.2. se observa que la media de la emisión de CO<sub>2</sub> es de 23.85043 Gg, la media de emisión de CH<sub>4</sub> es de 0.00102 Gg y la media de N<sub>2</sub>O es de 0.000124 Gg, de estos resultados la cantidad emitida de CH<sub>4</sub> representa el 0.00424% del CO<sub>2</sub> y la cantidad emitida de N<sub>2</sub>O representa el 0.000504% del CO<sub>2</sub>, esto quiere decir que la cantidad de emisión de CH<sub>4</sub> y N<sub>2</sub>O es mínima comparado con la emisión de CO<sub>2</sub>.

**Tabla 4.2.**

*Estadísticas descriptivas del CO<sub>2</sub>, CH<sub>4</sub> y N<sub>2</sub>O antes del aislamiento social.*

		<b>Estadísticos</b>		
		Emisión CO2(Gg)	Emisión CH4 (Gg)	Emisión N2O(Gg)
N	Válido	182	182	182
	Perdidos	0	0	0
Media		23,850431835575390	,001021318747061	,000124251255277
Mediana		22,751704892733578	,001056838733298	,000128286035093
Moda		9,685515347593924 <sup>a</sup>	,000232757214766 <sup>a</sup>	,000024470006857 <sup>a</sup>
Desv. Desviación		6,176341745520939	,000263289500510	,000034010352048
Mínimo		9,685515347593924	,000232757214766	,000024470006857
Máximo		36,403085633587990	,001600189559310	,000193846991931
Suma		4340,778594074721000	,185880011965095	,022613728460417

a. Existen múltiples modos. Se muestra el valor más pequeño.



#### 4.1.1.3 Estadísticas descriptivas después de la pandemia

En este punto se consideró la evaluación de los datos un año después de la pandemia, en razón que la restricción por la pandemia se inició en Perú el 16 de marzo del 2020. Se utilizó el paquete estadístico SPSS V25 con el fin de analizar las medidas de tendencia central y medidas de variabilidad del dióxido de carbono, metano y óxido nitroso, en la Tabla 4.3 se muestran los resultados obtenidos.

**Tabla 4.3.**

*Estadísticas descriptivas del CO<sub>2</sub>, CH<sub>4</sub> y N<sub>2</sub>O después del aislamiento social.*

		<b>Estadísticos</b>		
		Emisión CO <sub>2</sub> (Gg)	Emisión CH <sub>4</sub> (Gg)	Emisión N <sub>2</sub> O(Gg)
N	Válido	182	182	182
	Perdidos	0	0	0
Media		21,541611973397390	,001157148184686	,000144357474173
Mediana		22,732713402547030	,001138009443739	,000142310883260
Moda		1,271880394057771 <sup>a</sup>	,000038976900220 <sup>a</sup>	,000005138927968 <sup>a</sup>
Desv. Desviación		10,693977116517910	,000436407327050	,000059950181430
Mínimo		1,271880394057771	,000038976900220	,000005138927968
Máximo		73,090687606219820	,003211129573289	,000558136139465
Suma		3920,573379158325000	,210600969612767	,026273060299469

a. Existen múltiples modos. Se muestra el valor más pequeño.

De la Tabla 4.2. y la Tabla 4.3. se observa que la media de emisión de CO<sub>2</sub> antes y después del aislamiento social es de 23.85043 Gg y 21.54161 Gg respectivamente, por lo que existe una disminución del 9.68% en la emisión de CO<sub>2</sub> después del aislamiento social, por otro lado se observa que la media de emisión de metano (CH<sub>4</sub>) antes y después del aislamiento social es de 0.00102 Gg y 0.00115 Gg respectivamente, por lo que existe un aumento del 12.75% , finalmente se observa que la media de emisión de óxido nitroso (N<sub>2</sub>O) antes y después del aislamiento social es de 0.000124 Gg y 0.000144 Gg respectivamente, por lo que existe un aumento de 16.13% después del aislamiento social.



#### 4.1.2 RESULTADOS RESPECTO AL SEGUNDO OBJETIVO ESPECÍFICO.

**Describir la cantidad de dióxido de carbono equivalente que se emite en el sistema eléctrico interconectado nacional antes y después del inicio del aislamiento social producto de la pandemia por COVID-19.**

El dióxido de carbono equivalente es una medida universal utilizada para indicar en términos de CO<sub>2</sub> el equivalente de cada uno de los gases de efecto invernadero con respecto a su potencial de calentamiento global, según el IPCC el cálculo para CO<sub>2</sub>e está dada por:

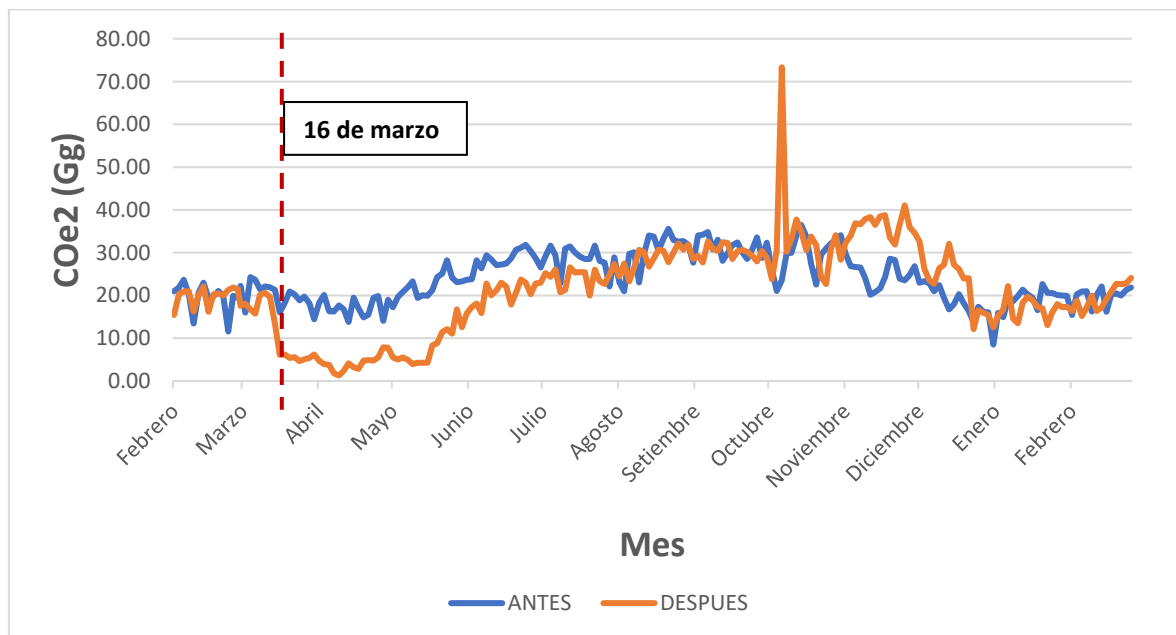
$$CO_2e = 1 * CO_2 + 21 * CH_4 + 310 * N_2O$$

Los coeficientes de cálculo del dióxido de carbono, metano y óxido nitroso se establecieron por el IPCC (Houghton, y otros, 1996) y son 1, 21 y 310 respectivamente. Estos coeficientes se han establecido para un horizonte de 100 años considerando su potencial de calentamiento global de cada gas de efecto invernadero.

En la Figura 4.4. se muestra la emisión de dióxido de carbono equivalente, esto viene a ser la suma del CO<sub>2</sub>, CH<sub>4</sub> y el N<sub>2</sub>O expresados en unidades de CO<sub>2</sub>e, se aprecia que durante los cinco primeros meses de iniciado la pandemia la emisión de CO<sub>2</sub>e disminuyó considerablemente comparado con la emisión de un año antes.

**Figura 4.4.**

*Representación de la emisión de CO<sub>2</sub>e antes y después del aislamiento social.*



Nota. Fuente propia

Con el fin de analizar las medidas de tendencia central y medidas de variabilidad del dióxido de carbono equivalente se utilizó el paquete estadístico SPSS, en la Tabla 4.4. se presenta los resultados para el CO<sub>2</sub>e antes del aislamiento social.

**Tabla 4.4.**

*Estadísticas descriptivas del CO<sub>2</sub>e antes del aislamiento social.*

Estadísticos		
Emisión CO <sub>2</sub> e(Gg)		
N	Válido	182
	Perdidos	0
Media		23,910397418399548
Mediana		22,827799450610115
Moda		9,751519618235166 <sup>a</sup>
Desv. Desviación		6,184163214453046
Mínimo		9,751519618235166
Máximo		36,486219068477640
Suma		4351,692330148718000

a. Existen múltiples modos. Se muestra el valor más pequeño.





De igual forma en la Tabla 4.5. se muestra los resultados para el CO<sub>2</sub>e después del aislamiento social.

**Tabla 4.5.**

*Estadísticas descriptivas del CO<sub>2</sub>e después del aislamiento social.*

Estadísticos		
Emisión CO <sub>2</sub> e(Gg)		
N	Válido	182
	Perdidos	0
Media		21,610662902269400
Mediana		22,800436768092283
Moda		1,274291976632461 <sup>a</sup>
Desv. Desviación		10,713625095958092
Mínimo		1,274291976632461
Máximo		73,331143530493180
Suma		3933,140648213030500

a. Existen múltiples modos. Se muestra el valor más pequeño.

Por otro lado, la media de emisión de CO<sub>2</sub> equivalente antes y después de la pandemia es de 23.91039 Gg y 21.61066 Gg, por lo que existe una disminución del 9.62% de la emisión de CO<sub>2</sub> equivalente después de iniciada la pandemia.

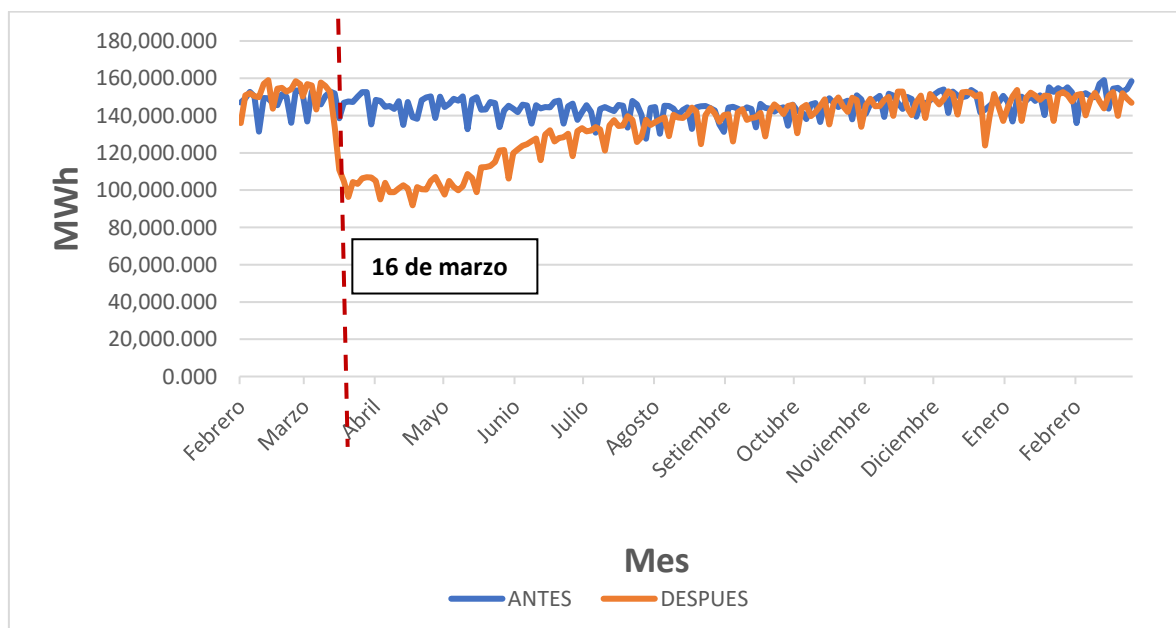
#### 4.1.3 RESULTADOS RESPECTO AL TERCER OBJETIVO ESPECÍFICO.

Describir la cantidad de energía eléctrica que se genera en el sistema eléctrico interconectado nacional antes y después del inicio del aislamiento social producto de la pandemia por COVID 19.

Con los datos de la muestra, en la Figura 4.5. se observa la generación de energía en MWh antes y después del aislamiento social, se aprecia que la generación de energía disminuye considerablemente durante los primeros cinco meses de iniciado la pandemia comparada con el mismo tiempo un año antes.

**Figura 4.5.**

*Representación de la generación de Energía antes y después del aislamiento social.*



Nota. Fuente propia

En la Tabla 4.6 se muestra las medidas de tendencia central y medidas de variabilidad de la generación de energía eléctrica antes del aislamiento social, se utilizó el paquete estadístico SPSS.



**Tabla 4.6.**

*Estadísticas descriptivas de la generación de energía eléctrica antes del aislamiento social.*

<b>Estadísticos</b>		
Energía eléctrica (MWh)		
N	Válido	182
	Perdidos	0
Media		145569,57363
Mediana		145842,40000
Moda		137924,900
Desv. Desviación		6221,486678
Mínimo		127431,500
Máximo		158807,900
Suma		26493662,400

De igual forma en la Tabla 4.7. se muestra las medidas de tendencia central y medidas de variabilidad de la generación de energía eléctrica después del aislamiento social, se utilizó el paquete estadístico SPSS.

**Tabla 4.7.**

*Estadísticas descriptivas de la generación de energía eléctrica después del aislamiento social.*

<b>Estadísticos</b>		
Energía eléctrica (MWh)		
N	Válido	182
	Perdidos	0
Media		133684,9693152
Mediana		139335,1650000
Moda		91836,00000 <sup>a</sup>
Desv. Desviación		17245,50638397
Mínimo		91836,00000
Máximo		153990,68000
Suma		24330664,41537

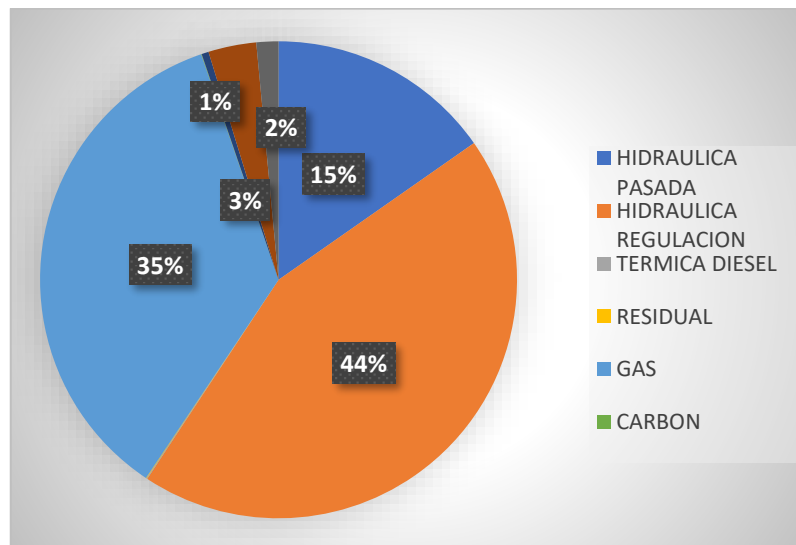
a. Existen múltiples modos. Se muestra el valor más pequeño.

Haciendo un análisis de la muestra respecto a la cantidad de energía generada antes y después del aislamiento social se observa que se generó 145,569.57 MWh y 133,684.97 MWh respectivamente, entonces existe una disminución del 8.76% en la generación de energía eléctrica después de iniciado el aislamiento social.

También se analizó en porcentajes la cantidad de generación de energía según el tipo de central antes del aislamiento social, esto se muestra en la Figura 4.6. donde se observa que el 59.28% de la energía producida en el SEIN proviene de centrales hidráulicas, el 35.97% proviene de centrales térmicas, el 3.25% proviene de centrales eólicas y el 1.49% proviene de centrales solares.

**Figura 4.6.**

*Generación de energía por tipo de central antes del aislamiento social.*

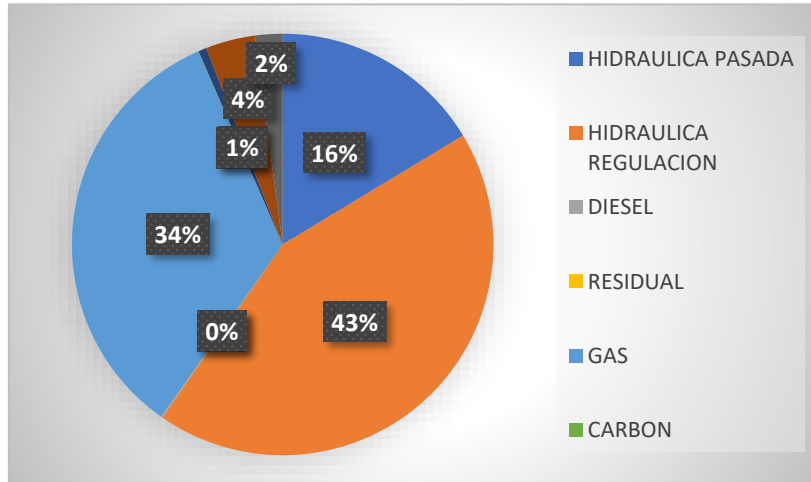


En la Figura 4.7. se muestra la generación de energía por tipo de central después del aislamiento social, donde se observa que el 59.66% de la energía producida en el SEIN proviene de centrales hidráulicas, el 34.43% proviene de centrales térmicas, el 3.79% proviene de centrales eólicas y el 2.11% proviene de centrales solares.



**Figura 4.7.**

*Generación de energía por tipo de central después del aislamiento social.*



Respecto a la cantidad de energía generada antes y después del aislamiento social es de 145,569.57 MWh y 133,684.97 MWh respectivamente, entonces existe una disminución del 8.76% en la generación de energía eléctrica después de iniciado el aislamiento social.



#### 4.2 RESULTADOS RESPECTO AL OBJETIVO GENERAL

**Determinar el impacto antes y después del aislamiento social producto de la pandemia por COVID-19 en la emisión de gases de efecto invernadero en el Sistema Eléctrico Interconectado Nacional del Perú 2019-2021.**

Para determinar el impacto antes y después del aislamiento social debido a la pandemia por COVID-19 en la emisión de gases de efecto invernadero en el Sistema Eléctrico Interconectado Nacional del Perú, se consideró un tamaño de población  $N=344$ , con un nivel de confianza  $Z_{\alpha}^2 = 95\%$ , con un error de estimación máximo aceptado  $e = 5\%$  y con una probabilidad de que ocurra el evento estudiado  $p = 50\%$ , se halla que el tamaño de la muestra es  $n=182$ . En la etapa de muestreo se trabajó con un muestreo de tipo probabilístico, específicamente se utilizó el método sistemático, este método arroja buenos resultados cuando la variable esta ordenada por valor, tiempo, de menor a mayor, etc. Por otro lado, se halló que la razón de muestreo  $k=2$ .

El aislamiento social debido a la pandemia por COVID-19 comenzó el 16 de marzo del 2020, es así que la prueba de normalidad se realizó a los 182 datos pares antes y después de la pandemia, para este fin se utilizó el paquete estadístico SPSS.

Para determinar el impacto del aislamiento social dada la pandemia originada por la COVID-19 en la emisión de gases de efecto invernadero en el Sistema Eléctrico Interconectado Nacional del Perú, es necesario analizar la normalidad de los datos de diferencia de emisión de GEI después y antes de la pandemia, con este fin se utilizó la prueba de Kolmogorov-Smirnov, haciendo uso del paquete estadístico SPSS se obtuvieron los resultados tal y como se muestra en la Tabla 4.8.



**Tabla 4.8.**

*Resultado de la prueba de normalidad de datos de diferencia de emisión de CO<sub>2</sub>e después y antes del aislamiento social usando Kolmogorov-Smirnov.*

		<b>Prueba de Kolmogorov-Smirnov para una muestra</b>		
		Antes CO <sub>2</sub> e	Después CO <sub>2</sub> e	Diferencia_CO <sub>2</sub> e
N		182	182	182
Parámetros normales <sup>a,b</sup>	Media	23,91039741 8399544	21,61066290 2269382	-2,2997
	Desv. Desviación	6,184163214 453079	10,71362509 5958104	8,96104
Máximas diferencias extremas	Absoluto	,101	,084	,069
	Positivo	,101	,084	,069
	Negativo	-,074	-,082	-,044
Estadístico de prueba		,101	,084	,069
Sig. asintótica(bilateral)		,000 <sup>c</sup>	,003 <sup>c</sup>	,035 <sup>c</sup>

a. La distribución de prueba es normal.

b. Se calcula a partir de datos.

c. Corrección de significación de Lilliefors.

En la Tabla 4.8. se observa que el valor p de los datos de diferencia (después-antes) del aislamiento social es igual a 0.035, por lo que esta diferencia no tiene distribución normal.

Entonces para determinar el impacto del aislamiento social producto de la pandemia por la COVID-19 en la emisión de GEI por el SEIN se hace necesario usar una prueba no paramétrica, en este caso se eligió la Prueba de rangos con signo de Wilcoxon toda vez que se pretende analizar muestras relacionadas. La prueba de Wilcoxon se usa para comparar dos conjuntos de valores que provienen del mismo individuo u objeto, esta situación ocurre cuando se desea investigar cualquier cambio en las puntuaciones durante un periodo de tiempo.

La diferencia entre la prueba t de muestras relacionadas y la prueba de Wilcoxon que también analiza muestra relacionadas es que esta última no requiere



datos de diferencia distribuidos normalmente. La prueba de Wilcoxon puede utilizar datos medidos a nivel ordinal, de intervalo o de razón.

En ese sentido se plantea la hipótesis nula y la hipótesis alterna del siguiente modo:

$H_0$ : La cantidad de emisión de GEI por parte del SEIN después del aislamiento social debido a la pandemia por la COVID-19 no difiere a la cantidad de emisión de GEI por parte del SEIN antes del aislamiento social debido a la pandemia por la COVID-19.

$H_a$ : La cantidad de emisión de GEI por parte del SEIN después del aislamiento social debido a la pandemia por la COVID-19 difiere a la cantidad de emisión de GEI por parte del SEIN antes del aislamiento social debido a la pandemia por la COVID-19.

Para la prueba de rangos con signo de Wilcoxon se considera un nivel de significación (alfa)  $\alpha = 5\%$  en la Tabla 4.9. se muestra los resultados obtenidos con el paquete estadístico SPSS.

**Tabla 4.9.**

*Rangos de las muestras de la emisión de CO<sub>2</sub>e antes y después del aislamiento social dada la pandemia originada por COVID-19.*

		Rangos		
		N	Rango promedio	Suma de rangos
Después CO <sub>2</sub> e - Antes CO <sub>2</sub> e	Rangos negativos	118 <sup>a</sup>	94,15	11110,00
	Rangos positivos	64 <sup>b</sup>	86,61	5543,00
	Empates	0 <sup>c</sup>		
	Total	182		

a. Después CO<sub>2</sub>e < Antes CO<sub>2</sub>e

b. Después CO<sub>2</sub>e > Antes CO<sub>2</sub>e

c. Después CO<sub>2</sub>e = Antes CO<sub>2</sub>e





**Tabla 4.10.**

*Contrastación de hipótesis de la emisión de CO<sub>2</sub>e antes y después del aislamiento social dada la pandemia originada por COVID-19.*

<b>Estadísticos de prueba<sup>a</sup></b>	
Después CO <sub>2</sub> e - Antes CO <sub>2</sub> e	
Z	-3,911 <sup>b</sup>
Sig. asintótica(bilateral)	,000

a. Prueba de rangos con signo de Wilcoxon

b. Se basa en rangos positivos.

En la Tabla 4.10. se observa que el valor de p es igual a 0.000, este valor es inferior al valor de significancia (alfa)  $\alpha = 5\%$  , entonces se rechaza la hipótesis nula y se acepta la hipótesis alterna, se puede afirmar con un margen de error de menos del 5%, que la cantidad de emisión de GEI por parte del SEIN después del aislamiento social difiere a la cantidad antes del aislamiento social producto de la pandemia por la COVID-19.

En la Tabla 4.9. se observa que el valor de N de rangos negativos es 118 con rango promedio de 94.15 y el valor N de rangos positivos es 64, con rango promedio de 86.61 que denotan que el rango de emisión de CO<sub>2</sub>e con el aislamiento social es menor que sin el aislamiento social producto de la pandemia por COVID-19.

Por otro lado, el tamaño del efecto es una medida que ayuda a cuantificar y comprender los resultados de la prueba de la hipótesis. El tamaño del efecto se refiere a una forma de cuantificar el tamaño de la diferencia entre dos grupos, en el presente trabajo se determinó el tamaño del efecto con la g de Hedges, que presenta tres rangos, consultar el anexo E.

En el presente estudio se obtuvo un índice g con un valor de 0.3035 que se interpreta que el tamaño del efecto es pequeño, entre la media de la emisión de



gases de efecto invernadero antes y después del aislamiento social producto de la pandemia por COVID-19.

*Los resultados permiten concluir que existe impacto del aislamiento social producto de la pandemia causada por la COVID-19 en la cantidad de emisión de GEI por parte del SEIN. El tamaño del efecto es pequeña. La cantidad de emisión de GEI después del aislamiento social es menor que antes del aislamiento social.*



## CAPITULO V

### DISCUSIÓN

#### 5.1 Descripción de los hallazgos más relevantes

La generación de energía eléctrica en el SEIN se realiza en base a centrales hidráulicas, térmicas, carbón, bagazo, biogás, eólica y solar, un año antes del aislamiento social producto de la pandemia, las centrales hidráulicas produjeron el 59.28%, las centrales térmicas produjeron 35.46%, por otro lado, las centrales a carbón, bagazo/biogás, eólica y solar produjeron el 0.03%, 0.48%, 3.25% y 1.49% respectivamente. Un año después del aislamiento producto de la pandemia las centrales hidráulicas produjeron el 59.66%, las centrales térmicas produjeron 33.77%, por otro lado, las centrales a carbón, bagazo/biogás, eólica y solar produjeron el 0.03%, 0.63%, 3.79% y 2.11% respectivamente, de esta información se observa que los dos tipos de centrales más importantes en el SEIN son las centrales hidráulicas y térmicas.

También se resalta que existe una central termoeléctrica a carbón ubicada al sur de la ciudad de Ilo departamento de Moquegua, Ilo21, esta planta de generación eléctrica utiliza una cancha de carbón con capacidad de almacenamiento para 200,000 toneladas, con una potencia nominal de 135 MW.

En general la emisión de GEI ha disminuido por efecto del aislamiento social producto de la pandemia por COVID-19, este hecho se hace más notorio en los primeros 4 meses de comenzado el aislamiento social y que luego paulatinamente fue retornando a sus niveles habituales, esto tiene relación directa con las políticas de reactivación gradual que el gobierno impulso a través del tiempo.

Dentro de los GEI que emite el SEIN a la atmosfera el que predomina es el dióxido de carbono comparado con el metano y el óxido nitroso.



## 5.2 Limitaciones del estudio

El estudio del aislamiento social debido a la pandemia por la COVID-19 en los diferentes campos como salud, transporte, medio ambiente, energía, saneamiento, etc. ha significado un reto para la comunidad científica en la forma de abordar este problema, esto ha sido una limitante al contar con muy poca información sobre el comportamiento y consecuencias del aislamiento social. A la fecha se sigue estudiando los diferentes cambios que ha traído la COVID-19 en los diferentes campos del conocimiento humano.

Otra limitación fue que la idea de desarrollar la presente tesis nació precisamente al comienzo del aislamiento social decretado por el gobierno, esto obligó a que las tiendas de venta de libros cierren sus puertas, esto ralentizó el desarrollo de la tesis. El transporte aéreo y terrestre quedó suspendido y hasta hubo días de inmovilidad total, esto no permitió una buena interrelación entre personas que tenían conocimiento de alguna parte de este tema complejo.

## 5.3 Comparación crítica con la literatura existente

En el artículo "*Temporary reduction in daily global CO<sub>2</sub> emissions during the COVID-19 forced confinement*" (Le Quéré, y otros, 2020) estimaron las emisiones diarias de CO<sub>2</sub> durante el confinamiento debido a la pandemia por COVID-19 en 69 países hasta fines de abril del 2020, en los sectores de energía, industria, transporte de superficie, edificios públicos y comercio, residencial, y aviación. Como resultado general se tiene que el confinamiento ha hecho decrecer en promedio la emisión global de CO<sub>2</sub> en -17 MtCO<sub>2</sub> por día o -17%, el estudio también revela que el sector más sensible fue el sector transporte terrestre y aéreo. Haciendo un análisis comparativo, en la presente investigación se realizó un estudio con datos de un año antes y después del comienzo del aislamiento social, y como resultado se afirma que la cantidad de emisión de GEI por parte del SEIN después del aislamiento social difiere a la cantidad



de emisión de GEI por parte del SEIN antes del aislamiento social producto del aislamiento social producto de la pandemia por la COVID-19 y esta diferencia implica una disminución del 9.68 % en promedio de emisión de CO<sub>2</sub> por parte del SEIN después del inicio del aislamiento social debido a la pandemia por COVID-19. Entonces los resultados del presente trabajo presentan semejanza con el trabajo descrito en (Le Quéré, y otros, 2020).

Conforme al estudio realizado en (Kumar, Singh, Raizada, & Mustansar, 2021), el cual se realizó en los países de China, Estados Unidos, Unión Europea, India, Rusia y Japón, esto debido a que estos países son los principales emisores de gases de efecto invernadero, en cuanto a los resultados, se menciona que las emisiones de GEI se redujeron en un 7.1 % hasta 1 de noviembre de 2020. Haciendo un análisis comparativo, el presente trabajo se realizó un estudio con datos de un año antes y después del comienzo del aislamiento social, y como resultado se afirma que la cantidad de emisión de GEI por parte del SEIN después del aislamiento difiere a la cantidad de emisión de GEI por parte del SEIN antes del aislamiento social producto de la pandemia por la COVID-19 y esta diferencia implica una disminución del 9.68% en promedio de emisión de CO<sub>2</sub> por parte del SEIN después del inicio del aislamiento social producto de la pandemia por COVID-19. Entonces los resultados del presente trabajo presentan semejanza con el trabajo descrito en (Kumar, Singh, Raizada, & Mustansar, 2021).

En el artículo “Impact of COVID-19 outbreak measures of lockdown on the Italian Carbon Footprint”, (Rugani & Caro, 2020), el objetivo de estudio es estimar el impacto en la reducción de huella de carbono potencialmente generados antes y después del confinamiento por la COVID-19, contabilizando las emisiones de GEI asociadas a la disminución del consumo de energía por cada sector económico y área de las provincias en Italia. En cuanto a los resultados, existe una reducción del 20% en la huella de carbono en el periodo de confinamiento que son los meses de marzo y abril



del 2020 comparado con los mismos periodos de años anteriores. Haciendo un análisis comparativo, el presente trabajo se realizó un estudio con datos de un año antes y después del comienzo del aislamiento social, y como resultado se afirma que la cantidad de emisión de GEI por parte del SEIN después del aislamiento difiere a la cantidad de emisión de GEI por parte del SEIN antes del aislamiento social producto de la pandemia por la COVID-19 y esta diferencia implica una disminución del 9.68% en promedio de emisión de CO<sub>2</sub> por parte del SEIN después del inicio del aislamiento social producto de la pandemia por COVID-19. Entonces los resultados del presente trabajo presentan semejanza con el trabajo descrito en (Rugani & Caro, 2020).

En el artículo *“Impact of COVID-19 on Urban Energy Consumption of Commercial Tourism City”* (Dongdong, y otros, 2021) , el estudio se realizó en la ciudad de Macao en China. El objetivo fue resumir las principales estadísticas de suministro y demanda de energía antes y durante el período epidémico en base a datos reales, luego se analizan en detalle las características del consumo de energía en diferentes sectores, incluyendo hoteles, transporte, cultura turística y servicios públicos. En cuanto a los resultados el consumo total de energía disminuyó en 7% comparado con un año antes. Haciendo un análisis comparativo, el presente trabajo se realizó un estudio con datos de un año antes y después del comienzo del aislamiento social, y como resultado se afirma que la cantidad de energía eléctrica producida después del aislamiento disminuye 8.76% en promedio, entonces los resultados del presente trabajo presentan semejanza con el trabajo descrito en (Dongdong, y otros, 2021).

#### **5.4 Implicancias del estudio**

La pandemia por COVID-19 ha originado una crisis nunca vista en todo el mundo, esto ha motivado a que los gobiernos de diferentes países están elaborando estrategias de planes de estímulo para el control de daños y la recuperación sostenible. La tarea de garantizar la salud pública, la economía y el cambio climático en conjunto



es desafiante pero muy deseable, el presente estudio contribuye a entender el comportamiento de la emisión de GEI y la generación de energía eléctrica por parte del SEIN antes y después del inicio del aislamiento social dada la pandemia por COVID-19, los resultados obtenidos permiten ayudar a las autoridades a tomar decisiones adecuadas en las estrategias de recuperación sostenible dada una pandemia.

Por otro lado, el presente estudio contribuye a que las empresas generadoras de energía eléctrica puedan entender el comportamiento del consumo de energía dada una pandemia y de este modo puedan mejorar y optimizar la cantidad de generación, el mantenimiento y operación de equipos bajo este escenario de pandemia.



## CONCLUSIONES

1. Se utilizó la prueba de Wilcoxon para determinar el impacto del aislamiento social producto de la pandemia por COVID-19 en la emisión de GEI, del resultado de esta prueba se puede afirmar con un margen de error de menos del 5%, que la cantidad de emisión de GEI por parte del SEIN después del aislamiento social difiere a la cantidad de emisión de GEI por parte del SEIN antes del aislamiento social producto de la pandemia por la COVID-19. También se realizó la medida de tamaño del efecto con la  $g$  de Hedges obteniéndose un valor de 0.3035 que se interpreta que el tamaño del efecto es pequeño entre la media de la emisión de gases de efecto invernadero antes y después del aislamiento social producto de la pandemia por COVID-19. Por otro lado, con el uso de la estadística descriptiva se halló que existe una disminución del 9.62% en la emisión de CO<sub>2</sub> equivalente un año después de comenzado el aislamiento social. Esto permite concluir que existe impacto del aislamiento social producto de la pandemia causada por COVID-19 en la cantidad de emisión de dióxido de carbono equivalente por parte del SEIN.
2. El valor de las medias de emisiones de GEI antes del aislamiento social fueron: dióxido de carbono 23.85043 Gg, metano 0.00102 Gg y óxido nitroso 0.000124 Gg. El valor de las medias de emisiones de GEI después del aislamiento social fueron: dióxido de carbono 21.54161 Gg, metano 0.00116 Gg y óxido nitroso 0.00014 Gg. En la gráfica 4.1 se observa que durante los primeros cuatro meses después del aislamiento social ha existido una disminución considerable en la emisión de dióxido de carbono y que en los siguientes meses ha tomado sus valores habituales comparado con la información de un año antes, esto se debe a las medidas de reactivación económica adoptadas por el gobierno, por otro lado, la emisión de metano y el óxido nitroso es mínima comparado con el CO<sub>2</sub>. Se concluye que las emisiones de dióxido de carbono, metano y óxido nitroso antes y después del inicio del aislamiento social producto de la pandemia por COVID-19 no son estacionarias.





3. El valor de la media de emisión de dióxido de carbono equivalente antes del aislamiento social fue de 23.91039 Gg y después del aislamiento social fue de 21.61066 Gg, durante los primeros cuatro meses la emisión de dióxido de carbono equivalente ha disminuido considerablemente comparado con la emisión de un año antes, el promedio de disminución un año después de iniciado la pandemia fue de 9.68%, se concluye que la emisión de dióxido de carbono equivalente antes y después del inicio del aislamiento social producto de la pandemia por COVID-19 no es estacionaria.
4. Los resultados muestran que en el Sistema Eléctrico Interconectado Nacional del Perú se quema combustibles para generar energía eléctrica, estos combustibles son el gas natural, diésel, biogás, biomasa y carbón. La energía eléctrica promedio generada en el SEIN, antes y después del aislamiento social fueron de: 145,569.57 MWh y 133,684.97 MWh respectivamente, por lo que existe una disminución del 8.76% en la generación de energía eléctrica después de iniciado el aislamiento social producto de la pandemia por COVID-19, se concluye que la generación de energía eléctrica antes y después del inicio del aislamiento social producto de la pandemia por COVID-19 no es estacionaria.



## SUGERENCIAS

1. A los investigadores realizar estudios en el impacto del aislamiento social dada la pandemia por COVID-19 en otros sectores como saneamiento, transporte aéreo y terrestre, salud, turismo, industria entre otros. De este modo se podrá tener un conocimiento más amplio de las consecuencias de una pandemia y esta información les servirá a las personas vinculadas en la toma de decisiones.
2. A las empresas de generación de energía eléctrica, implementar protocolos de adecuación en el mantenimiento y operación de los equipos y maquinaria, tomando en consideración los valores obtenidos en el presente trabajo de investigación para cuando se propague una pandemia y se decrete un aislamiento social.
3. Al gobierno en desestimar la implementación de centrales de generación de energía eléctrica que utilicen carbón como fuente de energía térmica, toda vez que este tipo de centrales son los que más contaminan el medio ambiente.



## REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS

- Alexander, C., & Sadiku, M. (2013). *Fundamentos de circuitos eléctricos*. Mexico: McGrawHill.
- Alzamora Taype, I., & Poblete Loyola, M. (2012). *Evaluación de gases efecto invernadero en la cuenca atmosférica del valle del Cusco*. Cusco: Tesis.
- Bisiacco, M., & Pilonetto, G. (2021). COVID-19 epidemic control using short-term lockdowns for collective gain. *Annual Reviews in Control*.
- Bustamante-Calabria, M., Sánchez de Miguel, A., Martín-Ruiz, S., Ortiz, J.-L., Vílchez, J., Pelegrina, A., . . . Gaston, K. (2021). Effects of the COVID-19 Lockdown on Urban Light Emissions: Ground and Satellite Comparison. *Remote Sensing*.
- Calatroni. (2003). SARS: SÍNDROME RESPIRATORIO AGUDO SEVERO O ENFERMEDAD DE URBANI. *Revista de la facultad de Medicina - Scielo*.
- Cárdenas-Mamani, U., Kahhat, R., & Vázquez-Rowe, I. (2021). District-level analysis for household-related energy consumption and greenhouse gas emissions: A case study in Lima, Perú. *Sustainable Cities and Society Elsevier*.
- COES. (2020). *2020 Memoria COES SINAC*.
- COES. (7 de diciembre de 2021). *Coes, Preguntas Frecuentes*. Obtenido de <https://www.coes.org.pe/Portal/PreguntasFrecuentes/Index>
- Cohen, J. (1992). Quantitative Methods in Psychology. *Psychological Bulletin*.
- Dammert Lira, A., Molinelli Aristondo, F., & Carbajal Navarro, M. (2011). *Fundamentos Técnicos y Económicos del Sector Eléctrico Peruano*. Lima: Osinergmin.
- Dawn, S., Shree Das, S., Gope, S., Dey, B., & García, F.-P. (2021). Global power and energy scenario during COVID-19 pandemic: Lessons from lockdown. *International Journal of Electrical Power and Energy Systems*.
- Dongdong, Z., Li, H., Zhang, H., Huang Goh, H., Chung Wong, M., & Wu, T. (2021). Impact of COVID-19 on Urban Energy Consumption of Commercial Tourism City. *Sustainable Cities and Society, Elsevier*.
- El Peruano. (15 de Marzo de 2020). Decreto Supremo N° 044-2020-PCM Decreto Supremo que declara Estado de Emergencia Nacional por las graves circunstancias que afectan la vida de la Nación a consecuencia del brote del COVID-19. *El Peruano*.
- El Peruano. (27 de Marzo de 2020). Prórroga del Estado de Emergencia Nacional declarado mediante Decreto Supremo N° 044-2020-PCM. *El Peruano*.
- Expertos, G. C. (s.f.). *Manual del Sector de la Energía Quema de Combustibles*.
- Forster, P., Forster, H., Gidden, M., Jones, C., Keller, C., Lamboll, R., . . . Turnock, S. (2020). Current and future global climate impacts resulting from COVID-19. *Nature climate change*, 913-919.



- GCE. (2012). *MANUAL DEL SECTOR DE LA ENERGÍA Quema de Combustibles*. Convención Marco de las Naciones Unidas sobre el Cambio Climático.
- Gobierno de España. (2016). *Guía para el cálculo de la Huella de Carbono y para la elaboración de un plan de mejora en una organización*. Madrid: Ministerio de Agricultura y Pesca, Alimentación y Medio Ambiente.
- Hernández Sampieri, R., Fernández Collado, C., & Baptista Lucio, P. (2014). *Metodología de la Investigación*. Mc Graw Hill.
- Hernandez-Sampieri, R., & Mendoza Torres, C. (2018). *Metodología de la investigación Las Rutas cuantitativa, cualitativa y mixta*. Mc Graw Hill.
- Houghton, J., Meira Filho, L., Callander, B., Harris, N., Kattenberg, A., & Maskell, K. (1996). *Climate Change 1995 The Science of Climate Change*. Cambridge IPCC.
- IPCC. (2006). *Directrices del IPCC sw 2006 para los inventarios nacionales de gases de efecto invernadero*.
- IPCC. (2013). *Glosario [Planton, S. (ed.)]. Cambio Climático 2013. Bases físicas. Contribución del Grupo de trabajo I al Quinto Informe de Evaluación del Grupo Intergubernamental de Expertos sobre el Cambio Climático*. Cambridge University Preess.
- IPCC. (2018). *Anexo I: Glosario [Matthews J.B.R. (ed.)]. En: Calentamiento global de 1,5 °C, Informe especial del IPCC sobre los impactos del calentamiento global de 1,5 °C con respecto a los niveles preindustriales*.
- Kang, H., An, J., Kim, H., Ji, C., Hong, T., & Lee, S. (2021). Changes in energy consumption according to building use type under COVID-19 pandemic in South Korea. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*.
- Kumar, A., Singh, P., Raizada, P., & Mustansar, C. (2021). Impact of COVID-19 on greenhouse gases emissions: A critical review. *Science of the Total Environment, Elsevier*.
- Kumar, H., Ratnam,, V., & Jain, C. (2022). Influence of background dynamics on the vertical distribution of trace gases (CO/WV/O3) in the UTLS region during COVID-19 lockdown over India. *Atmospheric Research*.
- Le Quéré, C., Jackson, R., Jones, M., Smith, A., Abernethy, S., Andrew, R., . . . Peters, G. (2020). *Temporary reduction in daily global CO2 emissions during the COVID-19 forced confinement*. nature climate change.
- Martínez Bencardino, C. (2012). *Estadística y muestreo*. Ecoe Ediciones.
- MINAM. (Abril de 2020). Infografía. *Reduccion de emisiones en los tiempos del COVID-19*.
- Ministerio del Ambiente. (2016). *Guía N° 1: Elaboración del Reporte Anual de Gases de Efecto Invernadero - Sector Energía*.
- Mohammed, B., Abdullah, M., Al, A., & Al-Ansari, N. (2020). Estimation of Greenhouse Gases Emitted from Energy Industry (Oil Refining and Electricity Generation) in Iraq Using IPCC Methodology. *Atmosphere MDPI*.



- Moya Calderón, R. (2007). *Estadística Descriptiva*. Lima: Editorial San Marcos.
- OMS. (2020). *MERS UPDATE SITUATION*. OMS.
- OPS. (2020). *COVID-19 Glosario sobre brotes y epidemias. Un recurso para periodistas y comunicadores*. Organización Panamericana de la Salud.
- Osinermin. (2017). *La industria de la energía renovable en el Perú: 10 años de contribuciones a la mitigación del cambio climático*. Lima: Osinermin.
- Osinermin. (2019). *ENERGÍAS RENOVABLES EXPERIENCIA Y PERSPECTIVAS EN LA RUTA DEL PERÚ HACIA LA TRANSICIÓN ENERGÉTICA*. Lima.
- Osinermin. (2021). *SUPERVISIÓN DE CONTRATOS DE PROYECTOS DE GENERACIÓN Y TRANSMISIÓN DE ENERGÍA ELÉCTRICA*. Osinermin.
- Peñaranda Castañeda, C. (2019). *PERÚ APUESTA POR LAS ENERGÍAS RENOVABLES*. La Camara de Comercio de Lima.
- Pradhan, B., & Ghosh, J. (2021). COVID-19 and the Paris Agreement target: A CGE analysis of alternative economic recovery scenarios for India. *Energy Economics*.
- Rau Vargas, R. (2010). *DESPACHO ECONOMICO OPTIMO DE PLANTAS DE GENERACION HIDROTERMICO EN SISTEMAS DE ENERGIA ELECTRICA*. Huancayo: Tesis para optar el titulo profesional, Universidad Nacional del Centro del Perú.
- Rugani, B., & Caro, D. (2020). Impact of COVID-19 outbreak measures of lockdown on the Italian Carbon Footprint. *Science of the Total Environment, Elsevier*.
- Ruiz-Bravo, A., & Jiménez-Valera, M. (2020). SARS-CoV-2 y pandemia de síndrome respiratorio agudo (COVID-19). *Ars Pharmaceutica Scielo*.
- Saavedra-Farfán, E. (2020). *HUELLA DE CARBONO– EMISIONES DE GEI POR USO DEL SISTEMA DE ILUMINACIÓN DE LA FACULTAD DE INGENIERÍA AMBIENTAL DE LA UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERÍA, LIMA-PERÚ. TECNIA*.
- Samuels, J., Grobbelaar, S., & Booyesen, M. (2021). Pandemic and bills: The impact of COVID-19 on energy usage of schools in South Africa. *Energy for Sustainable Development, Elsevier*.
- Sánchez Carlessi, H., & Reyes Meza, C. (2009). *Metodología y Diseño en la Investigación Científica*. Visión Universitaria.
- Suni Tunquipa, A. (2018). *CUANTIFICACION Y DETERMINACION DE LA HUELLA DE CARBONO EN LA PRODUCCION DE QUESO ARTESANAL EN EL PUEBLO DE CHUQUIBAMBA*. Arequipa: Universidad Nacional de San Agustín de Arequipa, Tesis de titulación .
- Zhang, H., Li, P., Zhang, Z., Li, W., Chen, J., Song, X., . . . Yan, J. (2021). Epidemic versus economic performances of the COVID-19 lockdown: A big data driven analysis. *Cities*.



Zhang, X., Li, Z., & Wang, J. (2021). Impact of COVID-19 pandemic on energy consumption and carbon dioxide emissions in China's transportation sector. *Case Studies in Thermal Engineering*.



A. MATRIZ DE CONSISTENCIA

MATRIZ DE CONSISTENCIA DE LA INVESTIGACION.

TITULO: “EL IMPACTO DE LA PANDEMIA POR COVID-19 EN LA EMISION GASES DE EFECTO INVERNADERO EN EL SISTEMA ELECTRICO INTERCONECTADO NACIONAL PERU-2019-2021”

PROBLEMA GENERAL	OBJETIVO GENERAL	HIPOTESIS GENERAL	VARIABLE	METODO	
“¿Cuál es el impacto antes y después del aislamiento social producto de la pandemia por COVID-19 en la emisión de gases de efecto invernadero en el Sistema Eléctrico Interconectado Nacional peruano 2019-2021?”	Determinar el impacto antes y después del aislamiento social producto de la pandemia por COVID-19 en la emisión de gases de efecto invernadero en el Sistema Eléctrico Interconectado Nacional del Perú 2019-2021.	El aislamiento social producto de la pandemia originada por la COVID-19 impactó en las emisiones de gases de efecto invernadero en el Sistema Eléctrico Interconectado Nacional del Perú 2019-2021.	<p><b>Variables dependientes</b></p> <p>Cantidad de Gas de Efecto Invernadero (Gg)</p>	<p><b>Tipo de estudio</b> El nivel de estudio es explicativo, el diseño es no experimental de investigación longitudinal.</p> <p><b>Población de estudio:</b> Datos de emisión de gases de efecto invernadero por parte del Sistema Eléctrico Interconectado Nacional (SEIN).</p>	<p><b>Técnicas e instrumentos de colecta de datos:</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>Datos secundarios (archivos electrónicos)</li> <li>Instrumento establecido por el MINAM</li> </ul> <p><b>Escala de medición</b></p> <p>Medición de la Cantidad de Gas de Efecto Invernadero en CO<sub>2</sub>e (Gg) en escala de razón.</p> <p><b>Técnicas para el análisis de datos:</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>Estadística descriptiva</li> </ul>
PROBLEMAS ESPECIFICOS	OBJETIVOS ESPECIFICOS	HIPOTESIS ESPECIFICAS	Variable Independiente		
1. ¿Cuál es el comportamiento de las emisiones de dióxido de carbono, metano y óxido nitroso, en el sistema eléctrico interconectado nacional antes y después del inicio del aislamiento social producto de la pandemia por COVID-19?	1. Describir las cantidades de emisiones de dióxido de carbono, metano y óxido nitroso en el sistema eléctrico interconectado nacional antes y después del inicio del aislamiento social producto de la pandemia por COVID-19.	1. El comportamiento de las emisiones de dióxido de carbono, metano y óxido nitroso antes y después del inicio del aislamiento social producto de la pandemia por COVID-19 no son estacionarias.	Pandemia por COVID-19		



<p>2. ¿Cuál es el comportamiento de la emisión de dióxido de carbono equivalente en el sistema eléctrico interconectado nacional antes y después del inicio del aislamiento social producto de la pandemia por COVID-19?</p> <p>3. ¿Cuál es el comportamiento de la cantidad de generación de energía eléctrica en el sistema interconectado nacional antes y después del inicio del aislamiento social producto de la pandemia por COVID-19?</p>	<p>2. Describir la cantidad de dióxido de carbono equivalente que se emite en el sistema eléctrico interconectado nacional antes y después del inicio del aislamiento social producto de la pandemia por COVID-19.</p> <p>3. Describir la cantidad de energía eléctrica que se genera en el sistema eléctrico interconectado nacional antes y después del inicio del aislamiento social producto de la pandemia por COVID 19.</p>	<p>2. El comportamiento de la cantidad de emisión de dióxido de carbono equivalente antes y después del inicio del aislamiento social producto de la pandemia por COVID-19 no es estacionaria.</p> <p>3. El comportamiento de la cantidad de generación de energía eléctrica antes y después del inicio del aislamiento social producto de la pandemia por COVID-19 no es estacionaria.</p>			<ul style="list-style-type: none"><li>• Estadística inferencial</li></ul>
---	---	---	--	--	---





**B. DATOS OBTENIDOS DE CO<sub>2</sub>, CH<sub>4</sub>, N<sub>2</sub>O, CO<sub>2e</sub> y ENERGÍA ANTES DEL AISLAMIENTO SOCIAL.**

Muestra	Fecha	CO <sub>2</sub> (Gg)	CH <sub>4</sub> (Gg)	N <sub>2</sub> O(Gg)	CO <sub>2e</sub> (Gg)	Energía de CT (MWh)	Energía total (MWh)
1	18/03/2019	19.12	0.00107	0.00014	19.18	37,031.410	111,369.440
2	20/03/2019	19.67	0.00106	0.00013	19.73	35,998.274	105,732.020
3	22/03/2019	20.86	0.00106	0.00013	20.93	38,332.162	105,734.460
4	24/03/2019	16.75	0.00096	0.00012	16.81	29,426.447	102,788.360
5	26/03/2019	18.56	0.00062	0.00007	18.59	37,319.307	108,410.470
6	28/03/2019	17.43	0.00034	0.00004	17.45	37,435.173	108,475.890
7	30/03/2019	15.58	0.00052	0.00006	15.61	33,161.489	108,726.230
8	1/04/2019	16.69	0.00052	0.00006	16.72	30,793.641	109,187.420
9	3/04/2019	13.50	0.00071	0.00009	13.55	34,924.977	109,258.000
10	5/04/2019	19.36	0.00094	0.00012	19.41	33,836.638	108,187.130
11	7/04/2019	16.37	0.00083	0.00010	16.42	20,840.144	107,932.610
12	9/04/2019	18.93	0.00100	0.00012	18.99	28,123.839	110,985.690
13	11/04/2019	15.05	0.00075	0.00009	15.10	26,435.373	111,500.990
14	13/04/2019	18.11	0.00068	0.00008	18.14	31,682.095	106,771.900
15	15/04/2019	18.42	0.00071	0.00008	18.46	31,724.472	108,962.600
16	17/04/2019	20.98	0.00091	0.00011	21.04	35,614.334	105,431.520
17	19/04/2019	12.65	0.00067	0.00008	12.68	23,673.999	105,637.010
18	21/04/2019	14.79	0.00070	0.00009	14.83	30,008.911	103,516.000
19	23/04/2019	17.38	0.00078	0.00009	17.43	42,335.579	103,701.720
20	25/04/2019	18.75	0.00080	0.00010	18.80	37,408.936	107,560.950
21	27/04/2019	18.04	0.00045	0.00005	18.07	35,843.595	105,496.640
22	29/04/2019	18.51	0.00046	0.00005	18.53	37,950.641	105,370.420
23	1/05/2019	12.71	0.00023	0.00002	12.72	35,935.550	95,185.390
24	3/05/2019	19.60	0.00043	0.00005	19.63	39,329.764	103,933.440
25	5/05/2019	17.79	0.00065	0.00008	17.83	35,935.550	95,185.390
26	7/05/2019	18.96	0.00045	0.00005	18.98	40,978.398	100,463.820
27	9/05/2019	22.40	0.00108	0.00013	22.46	44,222.412	100,041.120
28	11/05/2019	20.23	0.00100	0.00012	20.29	41,318.085	98,684.620
29	13/05/2019	20.63	0.00089	0.00011	20.69	40,852.970	98,025.190
30	15/05/2019	19.05	0.00091	0.00011	19.10	40,559.565	102,198.620
31	17/05/2019	20.38	0.00107	0.00013	20.45	38,021.759	102,968.890
32	19/05/2019	20.05	0.00078	0.00009	20.10	35,781.557	88,106.420
33	21/05/2019	24.71	0.00086	0.00010	24.76	48,095.866	91,404.650
34	23/05/2019	26.28	0.00087	0.00010	26.33	54,321.154	87,774.260
35	25/05/2019	28.98	0.00089	0.00010	29.03	56,442.990	84,845.230
36	27/05/2019	26.12	0.00066	0.00007	26.16	54,688.438	84,876.740
37	29/05/2019	23.64	0.00068	0.00008	23.68	56,475.313	84,426.520
38	31/05/2019	23.42	0.00067	0.00008	23.46	57,198.950	87,643.320



39	2/06/2019	20.34	0.00054	0.00006	20.37	48,070.910	80,646.020
40	4/06/2019	28.72	0.00133	0.00016	28.80	62,010.546	79,690.840
41	6/06/2019	26.28	0.00085	0.00010	26.32	60,353.935	80,637.510
42	8/06/2019	27.87	0.00107	0.00013	27.93	61,685.463	76,969.030
43	10/06/2019	29.70	0.00108	0.00013	29.76	64,785.419	75,132.620
44	12/06/2019	28.56	0.00104	0.00012	28.62	62,748.682	79,481.360
45	14/06/2019	26.63	0.00099	0.00012	26.68	57,359.888	78,477.970
46	16/06/2019	26.73	0.00124	0.00015	26.80	55,037.900	70,736.380
47	18/06/2019	27.78	0.00136	0.00017	27.86	57,475.901	81,943.510
48	20/06/2019	30.36	0.00140	0.00017	30.44	62,081.914	78,460.390
49	22/06/2019	31.53	0.00135	0.00016	31.61	64,621.537	73,264.190
50	24/06/2019	32.00	0.00110	0.00013	32.06	66,830.699	68,394.230
51	26/06/2019	29.81	0.00131	0.00016	29.89	61,779.741	74,420.690
52	28/06/2019	29.18	0.00107	0.00013	29.24	62,511.306	74,123.330
53	30/06/2019	24.23	0.00086	0.00010	24.28	50,350.956	71,986.250
54	2/07/2019	28.68	0.00105	0.00012	28.74	62,930.096	75,105.550
55	4/07/2019	31.82	0.00126	0.00015	31.90	66,736.409	73,665.420
56	6/07/2019	29.37	0.00136	0.00017	29.45	62,927.094	72,127.020
57	8/07/2019	28.22	0.00112	0.00013	28.28	61,840.304	73,076.100
58	10/07/2019	24.58	0.00103	0.00012	24.64	66,080.760	73,229.810
59	12/07/2019	31.66	0.00142	0.00017	31.74	69,516.861	70,115.320
60	14/07/2019	26.24	0.00132	0.00016	26.32	54,353.400	72,506.280
61	16/07/2019	31.16	0.00134	0.00016	31.23	69,079.359	71,524.410
62	18/07/2019	27.85	0.00104	0.00012	27.91	63,509.500	75,981.510
63	20/07/2019	29.69	0.00109	0.00013	29.75	66,537.527	70,566.780
64	22/07/2019	33.18	0.00122	0.00014	33.25	70,398.422	68,939.300
65	24/07/2019	28.81	0.00109	0.00013	28.87	65,216.624	75,130.260
66	26/07/2019	27.35	0.00100	0.00012	27.41	62,357.533	76,886.610
67	28/07/2019	23.07	0.00097	0.00012	23.13	54,145.532	74,223.080
68	30/07/2019	27.35	0.00085	0.00013	27.41	63,448.052	73,955.890
69	1/08/2019	20.78	0.00063	0.00007	20.81	68,969.519	70,245.780
70	3/08/2019	22.42	0.00065	0.00007	22.46	66,770.666	68,517.810
71	5/08/2019	23.13	0.00059	0.00007	23.17	68,726.060	66,950.320
72	7/08/2019	29.63	0.00090	0.00010	29.68	67,785.547	71,163.110
73	9/08/2019	23.67	0.00095	0.00011	23.72	67,943.183	70,031.880
74	11/08/2019	28.10	0.00144	0.00018	28.19	58,208.048	67,187.040
75	13/08/2019	32.87	0.00143	0.00017	32.95	66,270.238	70,173.920
76	15/08/2019	34.54	0.00139	0.00017	34.62	73,887.583	64,796.090
77	17/08/2019	31.06	0.00110	0.00013	31.12	68,165.163	70,290.260
78	19/08/2019	32.03	0.00112	0.00013	32.10	66,559.658	66,836.110
79	21/08/2019	34.87	0.00119	0.00014	34.93	72,331.090	64,259.150
80	23/08/2019	35.26	0.00120	0.00014	35.33	73,273.502	63,959.150
81	25/08/2019	30.60	0.00105	0.00012	30.66	69,593.750	62,287.000
82	27/08/2019	32.27	0.00120	0.00014	32.34	76,282.981	65,555.170



83	29/08/2019	33.34	0.00106	0.00012	33.40	76,917.085	63,846.050
84	31/08/2019	30.80	0.00078	0.00009	30.85	67,073.887	62,976.570
85	2/09/2019	30.75	0.00055	0.00005	30.78	69,164.910	64,997.940
86	4/09/2019	33.75	0.00091	0.00010	33.80	73,918.620	65,049.370
87	6/09/2019	35.04	0.00117	0.00014	35.11	75,267.981	62,456.920
88	8/09/2019	31.17	0.00113	0.00013	31.23	69,438.253	61,857.460
89	10/09/2019	32.70	0.00115	0.00014	32.76	72,507.692	71,582.780
90	12/09/2019	33.15	0.00117	0.00014	33.22	71,338.743	65,568.300
91	14/09/2019	27.30	0.00105	0.00015	27.37	61,805.697	73,043.680
92	16/09/2019	31.44	0.00113	0.00015	31.51	67,275.363	69,574.990
93	18/09/2019	31.90	0.00077	0.00008	31.94	70,632.709	68,424.880
94	20/09/2019	31.12	0.00113	0.00013	31.19	67,647.348	71,250.140
95	22/09/2019	25.13	0.00103	0.00012	25.19	52,657.893	71,956.320
96	24/09/2019	30.10	0.00108	0.00013	30.16	66,278.879	69,278.450
97	26/09/2019	32.13	0.00114	0.00013	32.19	69,992.928	67,166.340
98	28/09/2019	32.26	0.00095	0.00011	32.32	71,308.440	62,884.290
99	30/09/2019	32.72	0.00097	0.00011	32.77	71,729.622	65,041.460
100	2/10/2019	30.28	0.00075	0.00008	30.33	67,614.553	67,960.710
101	4/10/2019	26.18	0.00102	0.00012	26.24	58,277.580	79,955.860
102	6/10/2019	22.48	0.00124	0.00019	22.57	45,926.812	82,340.360
103	8/10/2019	20.05	0.00111	0.00014	20.12	53,880.941	79,832.920
104	10/10/2019	33.24	0.00130	0.00016	33.31	67,848.839	71,705.320
105	12/10/2019	29.14	0.00141	0.00017	29.22	70,195.032	66,587.640
106	14/10/2019	36.40	0.00143	0.00017	36.49	75,847.043	60,438.360
107	16/10/2019	35.85	0.00148	0.00018	35.93	74,612.743	66,143.960
108	18/10/2019	30.08	0.00135	0.00016	30.16	64,669.609	77,630.980
109	20/10/2019	20.75	0.00106	0.00013	20.81	42,057.126	90,467.550
110	22/10/2019	21.66	0.00127	0.00016	21.73	60,466.317	86,294.730
111	24/10/2019	28.73	0.00125	0.00015	28.80	62,873.905	80,190.930
112	26/10/2019	34.52	0.00150	0.00018	34.61	71,070.277	72,455.970
113	28/10/2019	33.74	0.00150	0.00018	33.83	72,338.503	71,397.050
114	30/10/2019	36.27	0.00160	0.00019	36.36	71,830.902	71,851.930
115	1/11/2019	33.05	0.00125	0.00015	33.13	68,075.705	67,870.240
116	3/11/2019	25.09	0.00099	0.00012	25.15	54,587.785	77,473.890
117	5/11/2019	26.05	0.00114	0.00014	26.11	55,731.831	90,520.580
118	7/11/2019	26.53	0.00137	0.00017	26.61	57,375.908	88,960.790
119	9/11/2019	24.49	0.00124	0.00015	24.57	51,842.916	91,736.670
120	11/11/2019	25.57	0.00110	0.00013	25.63	52,131.262	92,874.320
121	13/11/2019	20.98	0.00125	0.00016	21.06	50,450.851	99,674.430
122	15/11/2019	20.54	0.00126	0.00016	20.62	46,595.041	97,094.920
123	17/11/2019	20.04	0.00106	0.00013	20.10	43,310.677	92,039.560
124	19/11/2019	26.01	0.00135	0.00017	26.09	52,950.832	90,269.890
125	21/11/2019	28.66	0.00137	0.00017	28.74	60,762.921	84,521.710
126	23/11/2019	29.32	0.00142	0.00017	29.41	61,652.523	82,777.640



127	25/11/2019	24.86	0.00128	0.00016	24.94	53,547.817	91,503.650
128	27/11/2019	25.40	0.00132	0.00016	25.48	57,172.177	88,634.930
129	29/11/2019	23.22	0.00131	0.00016	23.30	51,943.720	94,702.370
130	1/12/2019	22.37	0.00102	0.00013	22.43	51,471.519	86,300.590
131	3/12/2019	22.91	0.00114	0.00014	22.97	52,402.776	98,407.330
132	5/12/2019	22.52	0.00128	0.00016	22.60	49,350.636	100,642.360
133	7/12/2019	22.75	0.00128	0.00016	22.82	49,666.643	99,542.378
134	9/12/2019	23.67	0.00091	0.00011	23.73	48,839.737	99,844.780
135	11/12/2019	18.78	0.00085	0.00010	18.83	42,211.377	106,798.790
136	13/12/2019	20.69	0.00121	0.00015	20.76	44,368.126	103,087.820
137	15/12/2019	14.66	0.00086	0.00011	14.71	29,259.269	108,413.350
138	17/12/2019	18.82	0.00105	0.00013	18.88	41,218.142	110,748.960
139	19/12/2019	20.68	0.00104	0.00013	20.74	40,861.170	105,909.680
140	21/12/2019	15.70	0.00104	0.00013	15.76	29,352.418	113,815.450
141	23/12/2019	16.99	0.00120	0.00015	17.06	29,361.815	111,392.180
142	25/12/2019	9.69	0.00108	0.00014	9.75	11,846.300	110,515.630
143	27/12/2019	18.37	0.00114	0.00014	18.44	29,779.700	112,346.370
144	29/12/2019	13.81	0.00069	0.00008	13.85	24,045.400	109,540.660
145	31/12/2019	9.77	0.00054	0.00007	9.80	26,637.800	109,114.250
146	2/01/2020	15.17	0.00046	0.00005	15.20	28,226.400	109,452.370
147	4/01/2020	15.70	0.00078	0.00010	15.74	32,346.200	107,835.180
148	6/01/2020	18.16	0.00083	0.00010	18.21	37,976.100	105,933.890
149	8/01/2020	19.04	0.00117	0.00015	19.11	38,567.800	108,400.900
150	10/01/2020	18.41	0.00106	0.00013	18.48	36,208.600	111,169.480
151	12/01/2020	16.87	0.00118	0.00015	16.94	30,604.400	105,316.120
152	14/01/2020	21.58	0.00124	0.00015	21.66	39,993.350	105,342.500
153	16/01/2020	18.99	0.00122	0.00015	19.06	34,248.813	107,259.970
154	18/01/2020	19.71	0.00109	0.00013	19.77	36,369.550	105,545.880
155	20/01/2020	21.58	0.00119	0.00015	21.66	39,984.600	105,447.670
156	22/01/2020	22.15	0.00126	0.00016	22.23	41,419.050	104,467.290
157	24/01/2020	22.76	0.00128	0.00016	22.83	42,058.300	106,690.920
158	26/01/2020	15.14	0.00101	0.00013	15.21	26,227.850	108,169.390
159	28/01/2020	23.42	0.00132	0.00016	23.50	42,603.825	106,950.180
160	30/01/2020	17.94	0.00119	0.00015	18.01	38,732.738	109,365.550
161	1/02/2020	16.69	0.00100	0.00013	16.75	29,718.198	108,426.130
162	3/02/2020	18.72	0.00121	0.00015	18.79	35,147.514	106,126.010
163	5/02/2020	18.26	0.00111	0.00014	18.33	35,220.050	108,925.670
164	7/02/2020	21.29	0.00132	0.00016	21.37	38,050.563	107,725.120
165	9/02/2020	15.85	0.00107	0.00014	15.91	28,507.350	104,323.400
166	11/02/2020	20.98	0.00107	0.00013	21.04	38,358.200	112,081.370
167	13/02/2020	20.07	0.00120	0.00015	20.14	36,533.400	113,384.540
168	15/02/2020	19.11	0.00055	0.00006	19.14	36,997.800	109,567.260
169	17/02/2020	18.66	0.00086	0.00010	18.71	35,621.568	110,139.450
170	19/02/2020	22.25	0.00095	0.00011	22.31	39,374.565	106,677.690



171	21/02/2020	21.37	0.00089	0.00011	21.43	44,416.685	109,931.740
172	23/02/2020	16.83	0.00079	0.00010	16.88	33,918.500	105,440.220
173	25/02/2020	21.32	0.00091	0.00011	21.37	44,061.600	108,382.760
174	27/02/2020	19.67	0.00086	0.00010	19.73	41,087.812	108,254.770
175	29/02/2020	18.46	0.00084	0.00010	18.51	41,424.030	109,342.780
176	2/03/2020	17.50	0.00083	0.00010	17.55	34,038.827	110,072.430
177	4/03/2020	18.00	0.00084	0.00010	18.05	34,944.700	115,284.000
178	6/03/2020	16.65	0.00081	0.00010	16.70	36,875.050	112,665.000
179	8/03/2020	15.69	0.00080	0.00010	15.74	30,259.295	106,386.110
180	10/03/2020	20.10	0.00088	0.00011	20.16	40,342.068	110,900.450
181	12/03/2020	20.51	0.00089	0.00011	20.57	41,093.325	108,223.330
182	14/03/2020	19.56	0.00119	0.00015	19.64	39,396.125	110,588.680



**C. DATOS OBTENIDOS DE CO<sub>2</sub>, CH<sub>4</sub>, N<sub>2</sub>O, CO<sub>2e</sub> y ENERGÍA DESPUES DEL AISLAMIENTO SOCIAL.**

Muestra	Fecha	CO <sub>2</sub> (Gg)	CH <sub>4</sub> (Gg)	N <sub>2</sub> O (Gg)	CO <sub>2e</sub> (Gg)	Energía CT (MWh)	Energía total (MWh)
1	16/03/2020	13.32	0.00113	0.00014	13.38	24,149.150	107,637.300
2	18/03/2020	6.05	0.00103	0.00014	6.11	6,791.150	101,522.150
3	20/03/2020	6.14	0.00098	0.00013	6.20	6,705.690	95,654.810
4	22/03/2020	5.34	0.00097	0.00013	5.40	5,254.400	88,749.350
5	24/03/2020	5.50	0.00096	0.00013	5.56	4,156.679	97,646.600
6	26/03/2020	4.55	0.00093	0.00012	4.61	2,869.650	98,338.530
7	28/03/2020	5.02	0.00096	0.00013	5.08	3,262.740	100,486.580
8	30/03/2020	5.29	0.00092	0.00012	5.35	3,845.800	100,215.250
9	1/04/2020	6.13	0.00096	0.00013	6.19	5,381.000	98,864.800
10	3/04/2020	4.66	0.00065	0.00009	4.70	4,558.700	97,754.340
11	5/04/2020	3.93	0.00064	0.00008	3.97	2,889.239	89,197.250
12	7/04/2020	3.72	0.00061	0.00008	3.76	2,735.500	98,402.370
13	9/04/2020	1.77	0.00013	0.00002	1.78	1,863.990	94,383.250
14	11/04/2020	1.27	0.00004	0.00001	1.27	1,566.800	94,809.450
15	13/04/2020	2.38	0.00022	0.00003	2.40	2,708.750	95,826.850
16	15/04/2020	4.12	0.00061	0.00008	4.15	3,301.350	96,753.250
17	17/04/2020	3.15	0.00059	0.00008	3.18	2,061.810	96,452.280
18	19/04/2020	2.81	0.00057	0.00008	2.85	1,827.250	87,539.250
19	21/04/2020	4.68	0.00091	0.00012	4.74	3,634.450	95,581.700
20	23/04/2020	4.84	0.00092	0.00012	4.89	3,845.750	94,509.850
21	25/04/2020	4.69	0.00095	0.00013	4.75	2,859.070	95,451.550
22	27/04/2020	5.46	0.00094	0.00012	5.52	4,433.400	98,511.480
23	29/04/2020	7.82	0.00100	0.00013	7.89	8,968.600	96,279.100
24	1/05/2020	7.71	0.00099	0.00013	7.77	10,804.150	89,380.660
25	3/05/2020	5.43	0.00094	0.00012	5.49	6,687.599	89,172.750
26	5/05/2020	4.99	0.00057	0.00007	5.03	7,225.450	95,715.060
27	7/05/2020	5.44	0.00094	0.00012	5.49	6,811.544	94,993.540
28	9/05/2020	4.90	0.00093	0.00012	4.96	5,599.800	94,347.970
29	11/05/2020	3.88	0.00088	0.00012	3.93	2,257.887	99,806.400
30	13/05/2020	4.18	0.00091	0.00012	4.23	2,757.900	105,845.110
31	15/05/2020	4.19	0.00089	0.00012	4.24	2,772.290	101,025.660
32	17/05/2020	4.19	0.00080	0.00011	4.24	2,690.100	93,799.190
33	19/05/2020	8.25	0.00074	0.00010	8.29	12,132.200	97,719.760
34	21/05/2020	8.73	0.00090	0.00012	8.79	15,351.750	94,760.350
35	23/05/2020	11.35	0.00107	0.00014	11.42	19,784.350	93,194.570
36	25/05/2020	12.06	0.00091	0.00012	12.11	22,931.726	92,187.980
37	27/05/2020	11.02	0.00074	0.00009	11.06	35,635.345	85,575.950



38	29/05/2020	16.70	0.00079	0.00010	16.75	37,319.950	82,295.100
39	31/05/2020	12.50	0.00053	0.00006	12.53	30,093.600	73,963.720
40	2/06/2020	15.73	0.00109	0.00014	15.80	29,428.100	83,922.430
41	4/06/2020	17.22	0.00117	0.00015	17.29	33,560.750	81,822.680
42	6/06/2020	18.03	0.00118	0.00015	18.11	35,240.500	84,188.720
43	8/06/2020	15.83	0.00083	0.00010	15.88	35,177.550	83,080.570
44	10/06/2020	22.72	0.00127	0.00016	22.79	45,850.000	74,110.040
45	12/06/2020	19.99	0.00120	0.00015	20.06	51,031.710	76,651.520
46	14/06/2020	21.06	0.00123	0.00015	21.14	46,279.250	69,306.660
47	16/06/2020	22.90	0.00125	0.00015	22.97	51,467.975	78,299.360
48	18/06/2020	22.04	0.00118	0.00015	22.11	50,083.150	81,977.640
49	20/06/2020	17.76	0.00116	0.00015	17.83	49,766.450	71,991.030
50	22/06/2020	20.69	0.00086	0.00010	20.74	45,212.200	78,013.020
51	24/06/2020	23.66	0.00127	0.00016	23.73	50,418.200	77,784.960
52	26/06/2020	22.87	0.00117	0.00014	22.94	50,794.850	79,496.790
53	28/06/2020	20.21	0.00088	0.00011	20.26	46,928.300	69,307.880
54	30/06/2020	22.73	0.00091	0.00011	22.78	55,579.150	74,519.760
55	2/07/2020	22.93	0.00084	0.00010	22.97	55,346.100	76,243.670
56	4/07/2020	25.16	0.00127	0.00016	25.24	56,242.800	72,081.960
57	6/07/2020	24.26	0.00126	0.00015	24.34	54,304.050	73,633.680
58	8/07/2020	25.99	0.00130	0.00016	26.07	59,467.510	74,364.290
59	10/07/2020	20.63	0.00111	0.00014	20.69	48,662.700	79,602.810
60	12/07/2020	21.22	0.00101	0.00012	21.28	46,031.950	71,138.650
61	14/07/2020	26.52	0.00111	0.00013	26.59	62,005.950	68,768.400
62	16/07/2020	25.29	0.00073	0.00008	25.33	61,216.100	72,353.050
63	18/07/2020	25.42	0.00067	0.00007	25.46	62,982.300	67,522.500
64	20/07/2020	25.36	0.00067	0.00008	25.40	57,273.000	73,491.220
65	22/07/2020	19.94	0.00035	0.00004	19.96	62,205.400	73,586.470
66	24/07/2020	26.01	0.00046	0.00005	26.04	62,662.800	71,121.270
67	26/07/2020	23.31	0.00041	0.00004	23.33	60,443.400	65,232.870
68	28/07/2020	22.65	0.00040	0.00004	22.67	58,800.950	69,731.490
69	30/07/2020	24.81	0.00044	0.00004	24.84	64,813.450	72,810.110
70	1/08/2020	27.30	0.00049	0.00005	27.32	67,275.750	63,727.260
71	3/08/2020	24.43	0.00043	0.00004	24.45	61,838.750	70,617.100
72	5/08/2020	27.43	0.00049	0.00005	27.45	67,387.450	66,588.960
73	7/08/2020	23.27	0.00051	0.00005	23.29	61,220.000	73,850.540
74	9/08/2020	26.35	0.00107	0.00013	26.41	62,615.650	61,802.030
75	11/08/2020	30.54	0.00120	0.00014	30.61	65,229.400	67,032.260
76	13/08/2020	30.05	0.00122	0.00015	30.12	63,871.500	67,104.520
77	15/08/2020	26.62	0.00116	0.00014	26.69	58,950.650	73,968.790
78	17/08/2020	28.57	0.00119	0.00014	28.64	63,331.000	72,586.720
79	19/08/2020	30.61	0.00120	0.00014	30.68	71,764.600	72,426.780
80	21/08/2020	30.33	0.00100	0.00012	30.39	65,662.050	67,994.170
81	23/08/2020	27.71	0.00116	0.00014	27.78	71,309.050	59,255.980





82	25/08/2020	29.95	0.00114	0.00013	30.02	71,710.800	67,442.760
83	27/08/2020	32.00	0.00173	0.00021	32.10	71,819.725	72,093.540
84	29/08/2020	30.63	0.00153	0.00019	30.73	69,781.550	71,317.010
85	31/08/2020	31.80	0.00179	0.00022	31.91	64,430.250	65,985.470
86	2/09/2020	28.45	0.00085	0.00010	28.49	63,267.850	70,140.810
87	4/09/2020	29.17	0.00150	0.00018	29.25	60,683.345	71,436.270
88	6/09/2020	27.59	0.00147	0.00018	27.68	57,433.650	62,734.600
89	8/09/2020	32.52	0.00188	0.00023	32.63	65,247.750	69,329.850
90	10/09/2020	30.85	0.00164	0.00020	30.95	64,355.200	72,030.120
91	12/09/2020	30.28	0.00138	0.00017	30.36	65,001.650	66,598.450
92	14/09/2020	32.34	0.00184	0.00023	32.45	72,228.150	66,376.650
93	16/09/2020	32.17	0.00182	0.00023	32.27	73,327.550	65,720.090
94	18/09/2020	28.44	0.00133	0.00016	28.52	67,266.250	74,051.200
95	20/09/2020	30.25	0.00135	0.00017	30.33	71,278.895	57,405.780
96	22/09/2020	30.55	0.00130	0.00016	30.63	73,350.300	68,583.250
97	24/09/2020	30.12	0.00116	0.00014	30.19	74,030.250	71,961.200
98	26/09/2020	29.18	0.00137	0.00017	29.26	65,413.300	73,079.560
99	28/09/2020	27.86	0.00134	0.00016	27.93	63,470.250	74,822.160
100	30/09/2020	30.29	0.00134	0.00016	30.37	69,821.800	72,706.330
101	2/10/2020	28.79	0.00102	0.00012	28.85	70,727.600	74,846.910
102	4/10/2020	23.68	0.00138	0.00017	23.76	52,153.520	75,867.860
103	6/10/2020	30.45	0.00149	0.00018	30.54	68,543.050	72,997.700
104	8/10/2020	73.09	0.00321	0.00056	31.00	59,975.285	84,837.160
105	10/10/2020	30.11	0.00180	0.00024	30.22	66,378.270	73,217.180
106	12/10/2020	33.11	0.00178	0.00022	33.22	71,720.670	70,142.170
107	14/10/2020	37.61	0.00199	0.00025	37.72	81,770.150	63,296.010
108	16/10/2020	34.76	0.00169	0.00021	34.86	74,083.100	68,092.000
109	18/10/2020	30.52	0.00132	0.00016	30.60	70,492.650	64,676.450
110	20/10/2020	33.63	0.00194	0.00024	33.74	73,972.380	72,896.970
111	22/10/2020	31.68	0.00163	0.00020	31.78	73,445.850	76,296.050
112	24/10/2020	24.25	0.00174	0.00022	24.36	60,368.400	79,622.730
113	26/10/2020	22.56	0.00128	0.00016	22.64	62,708.250	79,273.400
114	28/10/2020	30.70	0.00186	0.00024	30.81	68,146.750	81,400.820
115	30/10/2020	33.96	0.00186	0.00023	34.07	75,079.950	73,147.720
116	1/11/2020	28.26	0.00132	0.00016	28.34	66,260.050	67,684.290
117	3/11/2020	32.26	0.00151	0.00018	32.35	70,352.450	68,864.770
118	5/11/2020	33.83	0.00165	0.00020	33.92	76,336.220	72,711.890
119	7/11/2020	36.73	0.00198	0.00024	36.84	72,889.950	64,312.560
120	9/11/2020	36.51	0.00203	0.00025	36.63	79,980.850	65,096.680
121	11/11/2020	37.78	0.00162	0.00020	37.88	83,726.750	64,536.260
122	13/11/2020	38.22	0.00188	0.00023	38.33	83,869.550	66,123.360
123	15/11/2020	36.37	0.00185	0.00023	36.48	78,799.740	61,006.560
124	17/11/2020	38.37	0.00205	0.00025	38.50	81,984.790	70,864.110
125	19/11/2020	38.63	0.00185	0.00023	38.74	84,845.050	68,060.360





126	21/11/2020	33.43	0.00192	0.00024	33.54	68,128.850	69,917.250
127	23/11/2020	31.79	0.00153	0.00019	31.88	73,592.900	66,643.800
128	25/11/2020	36.53	0.00163	0.00020	36.62	80,304.700	66,856.980
129	27/11/2020	40.92	0.00186	0.00024	41.03	86,112.100	64,570.950
130	29/11/2020	35.81	0.00164	0.00020	35.91	70,617.650	59,880.420
131	1/12/2020	34.56	0.00152	0.00019	34.65	72,320.700	70,694.900
132	3/12/2020	32.57	0.00148	0.00018	32.66	74,554.500	74,329.950
133	5/12/2020	25.96	0.00167	0.00021	26.06	53,714.050	87,341.610
134	7/12/2020	23.44	0.00166	0.00021	23.54	46,521.350	100,179.180
135	9/12/2020	22.64	0.00167	0.00021	22.74	45,106.090	107,869.780
136	11/12/2020	26.22	0.00168	0.00021	26.32	50,324.700	95,901.480
137	13/12/2020	27.03	0.00148	0.00018	27.12	56,011.100	84,522.760
138	15/12/2020	32.01	0.00144	0.00018	32.09	70,701.450	81,773.100
139	17/12/2020	27.09	0.00149	0.00018	27.18	58,420.750	89,192.150
140	19/12/2020	26.04	0.00136	0.00017	26.12	58,457.400	93,644.750
141	21/12/2020	23.86	0.00133	0.00017	23.94	53,100.300	97,207.610
142	23/12/2020	23.93	0.00131	0.00016	24.01	47,479.350	95,907.420
143	25/12/2020	12.06	0.00077	0.00010	12.10	21,644.150	97,338.460
144	27/12/2020	16.46	0.00083	0.00010	16.51	35,398.250	104,166.880
145	29/12/2020	15.88	0.00080	0.00010	15.93	33,473.400	118,098.240
146	31/12/2020	15.35	0.00093	0.00012	15.40	31,417.250	113,092.030
147	2/01/2021	12.44	0.00056	0.00007	12.48	23,436.450	113,710.720
148	4/01/2021	15.20	0.00060	0.00007	15.23	32,763.100	113,806.380
149	6/01/2021	16.67	0.00052	0.00006	16.69	36,593.300	113,621.500
150	8/01/2021	22.09	0.00118	0.00015	22.16	38,809.350	109,693.270
151	10/01/2021	14.46	0.00116	0.00015	14.53	24,997.300	112,064.230
152	12/01/2021	13.43	0.00106	0.00014	13.50	33,251.970	116,332.090
153	14/01/2021	18.22	0.00114	0.00014	18.29	34,561.210	117,709.090
154	16/01/2021	19.65	0.00118	0.00015	19.72	34,030.700	116,561.160
155	18/01/2021	18.79	0.00114	0.00014	18.86	35,509.300	112,869.390
156	20/01/2021	17.20	0.00116	0.00015	17.26	30,492.350	117,812.800
157	22/01/2021	16.93	0.00114	0.00014	17.00	34,955.320	113,287.750
158	24/01/2021	13.01	0.00103	0.00013	13.07	24,218.750	112,887.130
159	26/01/2021	16.01	0.00112	0.00014	16.07	32,913.100	118,312.660
160	28/01/2021	17.88	0.00112	0.00014	17.95	35,617.050	116,887.210
161	30/01/2021	17.19	0.00113	0.00014	17.25	34,457.600	116,542.570
162	1/02/2021	17.29	0.00106	0.00013	17.35	30,028.180	117,508.380
163	3/02/2021	16.25	0.00086	0.00011	16.30	33,463.250	117,528.630
164	5/02/2021	18.71	0.00113	0.00014	18.78	32,199.850	115,320.750
165	7/02/2021	15.12	0.00104	0.00013	15.19	29,903.800	110,174.960
166	9/02/2021	17.10	0.00111	0.00014	17.17	33,408.350	115,129.500
167	11/02/2021	19.92	0.00117	0.00015	19.99	39,120.950	113,057.210
168	13/02/2021	16.28	0.00087	0.00011	16.33	30,067.500	112,199.900
169	15/02/2021	17.11	0.00104	0.00013	17.17	30,394.500	113,466.560



170	17/02/2021	19.08	0.00095	0.00012	19.14	38,266.650	112,348.300
171	19/02/2021	20.82	0.00116	0.00014	20.89	42,638.000	109,899.090
172	21/02/2021	22.64	0.00113	0.00014	22.70	46,010.900	93,306.830
173	23/02/2021	22.59	0.00124	0.00015	22.66	45,453.000	106,501.410
174	25/02/2021	22.70	0.00124	0.00015	22.77	48,121.300	100,967.200
175	27/02/2021	24.00	0.00126	0.00016	24.08	45,333.250	98,970.970
176	1/03/2021	26.85	0.00111	0.00013	26.92	56,722.050	89,150.610
177	3/03/2021	28.27	0.00072	0.00008	28.31	61,995.950	91,874.380
178	5/03/2021	30.40	0.00122	0.00015	30.47	61,695.650	90,212.510
179	7/03/2021	22.74	0.00118	0.00015	22.81	45,714.150	92,608.890
180	9/03/2021	23.92	0.00131	0.00016	24.00	47,996.650	104,949.740
181	11/03/2021	21.93	0.00125	0.00016	22.01	41,800.350	110,992.620
182	13/03/2021	19.53	0.00089	0.00011	19.58	38,854.305	108,179.360



#### D. INSTRUMENTOS DE RECOLECCION DE DATOS

Con el fin de realizar la recolección de datos se utilizará el método de datos secundarios, esto implica la revisión de registros públicos, documentos y archivos físicos o electrónicos (Hernandez-Sampieri & Mendoza Torres, 2018). Para la variable cantidad de energía eléctrica producida (MWh) los datos serán extraídos del repositorio del COES.

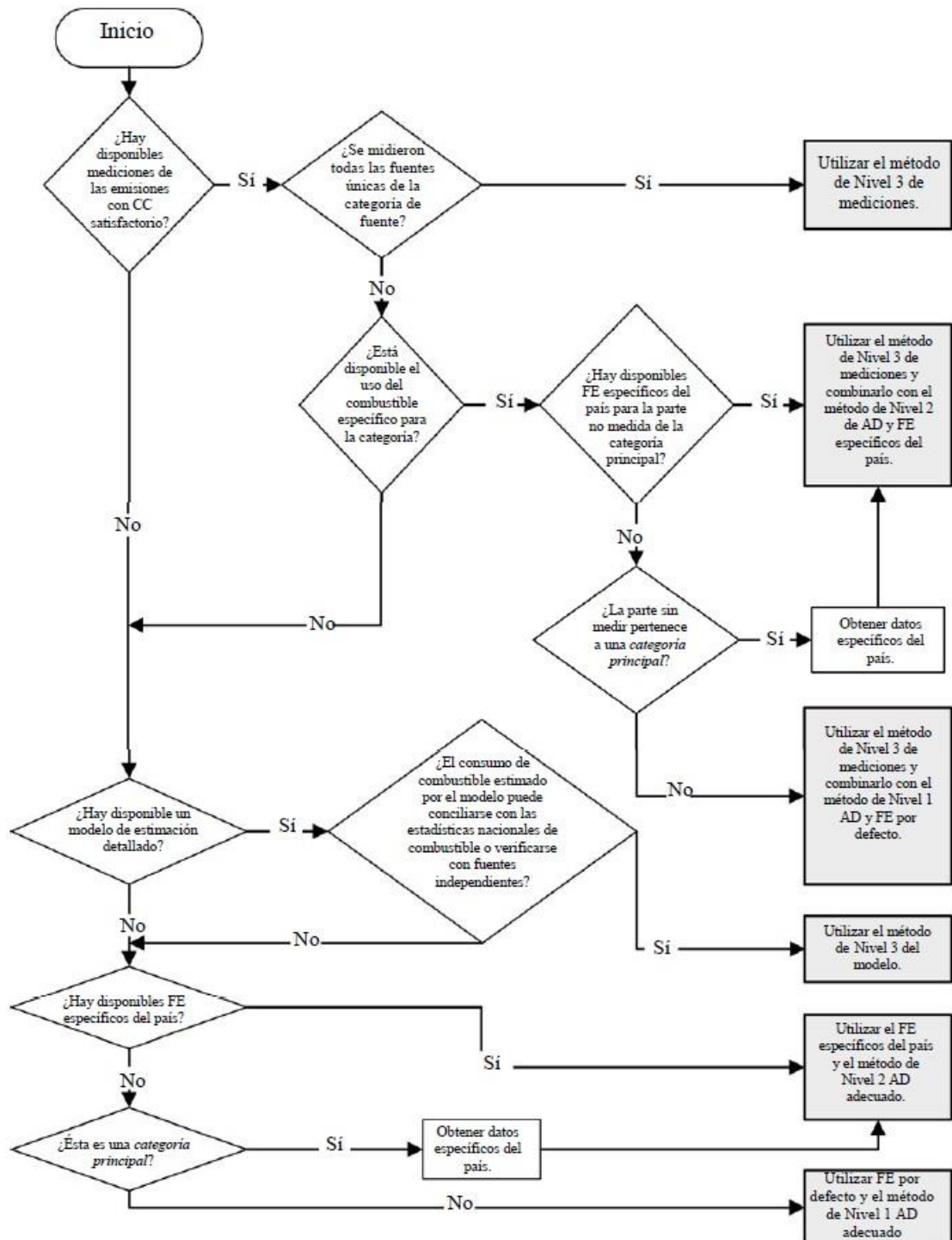
Para la variable cantidad de gas de efecto invernadero (tCO<sub>2</sub>e), el instrumento que se propone para recolectar los datos de GEI está basado en las Directrices del IPCC de 2006 para los inventarios nacionales de gases de efecto invernadero (IPCC, 2006), por otro lado el MINAN en su guía N°1 Elaboración del Reporte Anual de Gases de Efecto Invernadero Sector Energía (Ministerio del Ambiente, 2016) también se basa en las Directrices del IPCC para obtener los datos de GEI a nivel nacional, los datos serán extraídos inicialmente del repositorio del COES y luego con el uso de las Directrices del IPCC se obtienen la cantidad de gas de efecto invernadero, entonces bajo este enfoque se propone el diagrama de flujo que se muestra en la figura D.1. (IPCC, 2006) para estimar las emisiones procedentes de la quema de combustibles en la generación de electricidad en el SEIN.

Siguiendo los pasos del diagrama de flujo para obtener las emisiones de GEI procedentes de la combustión, la ecuación que se debe aplicar es la siguiente (IPCC, 2006):

$$Emisiones_{gases\_efecto\_invernadero} = Consumo\_combustible_{combustible} \cdot Factor\_de\_emisión_{GEI,combustible}$$

Figura D.1.

Árbol de decisión para estimar las emisiones procedentes por la quema de combustibles



Nota: Fuente (IPCC, 2006)



Donde:

$Emisiones_{GEI, combustible}$  = emisiones de un gas de efecto invernadero dado por tipo de combustible (kg GEI).

$Consumo_{combustible}$  = cantidad de combustible quemado (TJ)

$Factor\ de\ emisión_{GEI, combustible}$  = factor de emisión por defecto de un GEI dado por tipo de combustible (Kg gas/TJ). Para el caso del CO<sub>2</sub>

Para calcular el total de emisiones por gas de la categoría de fuente, se suman las emisiones calculadas en la ecuación anterior para todos los combustibles.

$$Emisiones_{GEI} = \sum_{combustibles} Emisiones_{GEI, combustible}$$



## E. RANGOS DEL TAMAÑO DE EFECTO

**Tabla E.1.**

*Interpretación de los valores del tamaño de efecto.*

0.2	Pequeño
0.5	Mediano
>0.8	Grande

Nota: fuente (Cohen, 1992)