

ANALISIS Y CALCULO DE LA FLEXIBILIDAD DEL SISTEMA ELECTRICO INTERCONECTADO , PROSPECTIVAS DE MEJORAS

por JAVIER ENRIQUE CRISANTO VEGA

Fecha de entrega: 08-nov-2024 09:13a.m. (UTC-0500)

Identificador de la entrega: 2512710190

Nombre del archivo: Tesis_Crisanto_Vega.pdf (1.85M)

Total de palabras: 12461

Total de caracteres: 66679



UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO

⁵
FACULTAD DE INGENIERIA Y ARQUITECTURA

**ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERIA MECÁNICA
ELÉCTRICA**

**Analisis y Calculo de la Flexibilidad del Sistema Electrico
Interconectado, para proponer prospectivas de Mejoras**

¹
TESIS PARA OBTENER EL TÍTULO PROFESIONAL DE:

Ingeniero Mecánico Electricista

AUTOR:

Crisanto Vega Javier Enrique ¹ (ORCID: 0000-0002-5387-5172)

ASESOR:

Dr Ing. Anibal Jesus Salazar Mendoza (ORCID : 0000 – 0003 – 4412 – 8789)

LINEA DE INVESTIGACIÓN

Generación , trasmisión y distribución

LINEAS DE RESPONSABILIDAD SOCIAL

Energía Limpia y Asequible

CHICLAYO – PERÚ

2024

I. INTRODUCCION

³⁹ El efecto invernadero es, sin duda, uno de los desafíos ambientales más críticos que enfrenta nuestro planeta en la actualidad. Desde que se comenzaron a medir sistemáticamente ²⁷ las concentraciones de dióxido de carbono (CO₂) en la atmósfera ⁴⁹ en 1958 a través de las Curvas de Keeling, ha habido un aumento alarmante en la ¹⁵ concentración de gases de efecto invernadero. Este incremento, desde los 320 ppm en 1958 hasta los 416.18 ppm en abril de 2024, subraya la urgencia de tomar medidas drásticas para reducir las emisiones de carbono.

Las emisiones de carbono provienen principalmente de la quema de combustibles fósiles como el petróleo y sus derivados, gas licuado de petróleo (GLP), gas natural (GN), carbón de piedra (antracítico, bituminoso y lignítico), carbón vegetal, residuos de la agroindustria, entre otros. Estos combustibles se utilizan para generar electricidad, calor industrial, comercial y residencial, y, fundamentalmente, para impulsar motores de combustión interna en automóviles, camionetas, camiones, trenes, barcos y aviones.

A pesar de las múltiples conferencias medioambientales globales, como la Cumbre de la Tierra en Río de Janeiro en 1992, el Protocolo de Kioto en 1997, la Conferencia de Copenhague en 2012 y el Acuerdo de París en 2019, no se ha logrado frenar significativamente el crecimiento ¹⁴ de las emisiones de gases de efecto invernadero. Esto pone de manifiesto la necesidad imperiosa de adoptar políticas más efectivas y sostenibles para mitigar el cambio climático ²⁵ y sus efectos devastadores sobre el medio ambiente. ³⁷

Podemos describir ³⁵ la situación actual afirmando que la mayor concentración de gases de efecto invernadero ha sido la consecuencia directa de un desequilibrio entre la cantidad de carbono producido por las actividades humanas y naturales y la capacidad de la naturaleza para absorberlo. Este desequilibrio está fundamentado ² en el hecho de que el carbono emitido supera la capacidad de absorción de la masa biótica, que incluye a los seres humanos, la vegetación en la tierra y el mar, y todas las fuentes de agua tanto lénticas (de agua quieta) como lólicas (de agua en movimiento). ²

¹² El aumento progresivo de la temperatura promedio de la Tierra, una de las consecuencias más notables de este desequilibrio, ha llevado al derretimiento acelerado ⁴² de los casquetes polares en el Ártico y la Antártida. Este proceso ha

resultado en el aumento del nivel del mar, lo que amenaza con inundar ciudades costeras, con Venecia siendo uno de los ejemplos más visibles.

Asimismo, el deshielo de los glaciares en regiones montañosas es otra manifestación alarmante del calentamiento global. En Perú, por ejemplo, el deshielo en la Cordillera de los Andes, especialmente en la Cordillera Blanca en el Callejón de Huaylas, es un fenómeno preocupante.

Estos eventos han llevado a la comunidad científica a desarrollar una serie de proyecciones futuras, recreando diversos escenarios que corresponden a distintas proyecciones climáticas. Estas proyecciones varían dependiendo de las diferentes tasas de emisión de gases de efecto invernadero y las medidas que se tomen para mitigar su impacto. Estos estudios ayudan a visualizar los posibles futuros y a planificar acciones para minimizar los efectos más devastadores del cambio climático.» (VenetoM, 2016)

Exactamente, la teoría del **Cenit del Petróleo**, también conocida como el **pico de Hubbert**, es crucial para entender las dinámicas de la producción de petróleo y su impacto en la economía y el medio ambiente.

El geólogo y matemático estadounidense **Marion King Hubbert** fue quien propuso esta teoría en 1956, prediciendo que la producción de petróleo seguiría una curva logística. Esta curva tiene tres fases clave:

Fase de Crecimiento: Durante esta fase, la producción de petróleo aumenta de manera constante a medida que se descubren y explotan nuevas reservas.

Pico de Producción: La producción alcanza su máximo nivel, conocido como el "cenit". Es el punto en el que aproximadamente la mitad de las reservas explotables han sido extraídas.

Fase de Declive: Después del pico, la producción comienza a disminuir. Aunque sigue habiendo petróleo disponible, la extracción se vuelve más costosa y menos rentable, debido a la disminución de la presión natural y al

La justificación económica de la transición hacia un modelo energético más sostenible se basa en la idea de que, al mejorar la calidad de los productos y servicios energéticos, se logrará un impacto positivo general. Esto se traduce en menos perturbaciones armónicas, más estabilidad en las frecuencias y tensiones, y una menor frecuencia y duración de las fallas, lo cual es particularmente crucial en áreas rurales. Además, la introducción de la generación distribuida dentro de

redes inteligentes permite optimizar los costos energéticos, ya sean marginales, medios, libres o regulados, todo ello bajo condiciones adecuadas de protección y seguridad.

Desde un punto de vista social, esta transformación también promete un impacto positivo, al promover la discusión sobre la importancia de la flexibilidad y variabilidad en las generadoras eléctricas. Esto es esencial en un contexto donde se incrementa la generación de energías renovables no convencionales dentro de la generación distribuida y las redes inteligentes. Un beneficio clave de este enfoque es la posibilidad de lograr una electrificación rural al 100%, lo que fomentará los usos productivos de la electricidad, generará riqueza en áreas rurales, reducirá la emisión de gases de efecto invernadero y contribuirá al cambio de la matriz energética para enfrentar el cenit del petróleo y mejorar la balanza energética.

En cuanto a la justificación ambiental, las Evaluaciones Ambientales Estratégicas (EAE) respaldan firmemente la transición hacia una nueva matriz energética sostenible. Uno de los pilares fundamentales de esta transición es el incremento en el uso de Energías Renovables No Convencionales (ERNC), tanto en sistemas interconectados de Muy Alta, Alta y Media Tensión, como en la generación distribuida a baja tensión, todo dentro del marco de redes inteligentes. Este enfoque está alineado con los objetivos globales establecidos en conferencias internacionales clave como Estocolmo, Río, Kioto y París. La meta es reducir la concentración actual de carbono de 416.18 ppm a niveles de 360 ppm, similares a los que existían en 1990, y garantizar que las temperaturas globales no superen el límite crítico de 1,5 °C.

Este enfoque integral busca equilibrar los aspectos económicos, sociales y ambientales, permitiendo una transición energética que no solo sea sostenible, sino que también mejore la calidad de vida y proteja el medio ambiente a largo plazo.

Los objetivos se plasman de la siguiente manera, objetivo general, realizar un análisis y calculo de la flexibilidad del sistema Electrico interconectado , para proponer prospectivas de mejoras , con el pleno desarrollo de los siguientes objetivos especificos, Describir las principales características del Sistema Interconectado Electrico Nacional , en cuanto a flexibilidad – variabilidad , y su análisis comparativo con otros sistemas interconectados de America Latina y el

Mundo. Detallar los principales Cambios necesarios en las Centrales Electricas Peruanas , para aumentar la flexibilidad y poder mejorar la calidad y disminuir los costos, Determinar los presupuestos referenciales para mejorar la flexibilidad y la disminución de costos y aumento de ingresos estimados con su implementación.

Realizar el análisis de viabilidad Economica – Financiera de las mejoras a efectuar , tanto a criterios Privados , como a criterios sociales

Finalmente, la hipótesis, es factible el Analisis y Calculo de la flexibilidad del Sistema eléctrico interconectado , para proponer prospectivas de mejoras , para mejorar la flexibilidad del Sistema en cuanto a calidad del servicio y producto , como en los precios marginales , promedio y la variabilidad de estos.

II. MARCO TEÓRICO

En Perú, el camino hacia una Nueva Matriz Energética Sustentable (NUMES) busca armonizar el uso de los recursos energéticos disponibles con las reservas nacionales. Este enfoque es crucial para garantizar la seguridad energética, ya que reduce la dependencia del suministro extranjero. Al consumir lo que se tiene a nivel local, se pueden lograr mejores precios de energía, lo que a su vez aumenta la competitividad energética del país.

Para avanzar en esta dirección, es esencial comprender varias circunstancias de contorno, como la disponibilidad de recursos energéticos renovables, la infraestructura existente, las políticas energéticas nacionales e internacionales, y las dinámicas del mercado global de energía. Estos factores influyen en cómo Perú puede desarrollar una matriz energética que sea no solo sostenible, sino también resiliente y competitiva a largo plazo.

Aunando al creciente aumento del Precio del Petróleo (Que es un reflejo de su escasez de acuerdo al principio que lo escaso – demanda supera a la oferta su precio es alto) , en estos primeros meses del año 2020 el precio del Petróleo ha bajado por la pandemia de Covid – 19 , pero es una situación coyuntural :



Figura 1 Curva de variación del precio del petróleo

Fuente. Gonzales (2017)

2 Esto ha originado que el consumo de electricidad por persona, en el Perú haya tenido un comportamiento creciente al respecto (MartínezV, 2017). La demanda energética de Perú en relación con el nivel de actividad económica (aumento del 30% de 2000 a 2009) y el ingreso de la población han mantenido una tendencia creciente. Sin embargo, en contraste, el consumo de energía per cápita es menor que el nivel promedio de los países de la región, pero está aumentando, como se muestra en el gráfico siguiente. Un dato importante muestra que aunque el consumo de energía per cápita aumentó en un 21% entre 1990 y 2009, el PIB per cápita (calculado en dólares estadounidenses de 1995) aumentó en un 75% 30. Lo cual « determina los principales desafíos que afronta el sector eléctrico peruano en los próximos años: Mejoramiento del Marco Normativo Regulatorio. Política de Tarifas, que no desaliente el uso racional y eficiente de la Energía. Mayor diversificación de la estructura de Generación (Generación Distribuida y Energías Renovables no Convencionales) y su contribución de las diferentes fuentes de energía Primaria. 3»

Desarrollo integrado de fuentes energéticas y de la infraestructura de transmisión y distribución. Mayor cobertura Total del Suministro de Energía eléctrica y en particular a la población rural. Promoción de nuevas tecnologías en el desarrollo de los sistemas eléctricos (Redes inteligentes, Generación Distribuida, Flexibilidad Eléctrica). Articulación de la Energía Eléctrica con la mitigación del cambio climático 2» (FriasA, Acciones para el mejoramiento del marco Normativo Peruano, 2017). La actual Matriz energética peruana a la fecha, con el concepto de productos, para

contemplar los cambios de tecnología que se deben dar (De MCI a Electricidad , entre otros) , es :

En donde de acuerdo a (GomezV, ⁵ Overview , Features and Functionalites of the smart Grid, 2018) « ⁸ Esto nos llega a definir la siguiente función objetivo de tipo matricial :

$$M_{IJ} = \sum_{X=1}^{X=Nx} (Q_{XJ} * \dot{\eta}_{XJ} * (P_{XJ} + A_{XJ}) + AN_{XJ}) , (7)$$

en donde Nx = Número total de Energéticos disponibles y Mu= Opción I en el escenario J , creándose una matriz de las siguientes características :

$$\begin{matrix} M11 & M12 & M1I \\ M21 & M22 & M2I \\ MJ1 & MJ2 & MJ I \end{matrix}$$

⁵ Sujeta a las siguientes restricciones :

De capacidad de producción :

$$\sum_{x=1}^{x=n} Q_{xj} = \text{Demanda Energética Total del año J} , (8) \gg$$

, es decir a una función de optimización lineal , mediante programación lineal , que a partir de una función objetivo , que el cumplimiento de los objetivos energéticos necesarios para sostener el desarrollo económico y el estándar de vida , sujeta a restricciones de capacidad de operación

En el contexto de la transición hacia una Nueva Matriz Energética Sustentable (NUMES) en Perú, es fundamental tener en cuenta los impactos ambientales, los cuales deben ser evaluados conforme a la Ley N° 27446 y su modificatoria, el Decreto Legislativo N° 1078. Este marco legal establece la necesidad ⁵⁰ de realizar una Evaluación Ambiental Estratégica (EAE) para proyectos y políticas energéticas de gran envergadura. Según Kreuser (2017), aunque muchos ³ de los impactos ambientales evaluados por la EAE son de carácter puntual o local, no por ello son ³ menos importantes. Estos impactos deben ser gestionados a través de ³ mecanismos de prevención, atenuación, ² mitigación y/o compensación a nivel local. La transición hacia un mayor uso ² de la energía eléctrica dentro de la matriz energética es una tendencia clara ² especialmente para satisfacer no solo la demanda tradicional, sino también ² nuevos usos como la electromovilidad y la

calefacción eléctrica. Para ello, es esencial recurrir a Energías Renovables No Tradicionales (ERNT) y fomentar la generación distribuida.

El análisis del periodo 2000-2010 en cuanto a generación eléctrica, según Camac (2012), muestra que el sector eléctrico peruano experimentó un crecimiento significativo en la generación de energía a gas natural, que alcanzó el 35% de la producción total al final del período. La energía hidroeléctrica representó el 59%, mientras que la generación con diésel y carbón fue del 6%. En 2010, la generación eléctrica totalizó 33.450,1 GWh, con el 98,1% de esta producción proveniente del Sistema Eléctrico Interconectado Nacional (SEIN) y el 1,9% del sistema aislado.

En cuanto a la transmisión eléctrica, es crucial analizar tanto la transmisión principal como la secundaria bajo la óptica de la variabilidad. Según Schumpeter (2017), la Ley N° 28832 establece que el sistema de transmisión debe cumplir con las condiciones del Sistema de Garantía de Transmisión (SGT) y el Sistema Complementario de Transmisión (SCT). Las instalaciones designadas bajo el Sistema Principal de Transmisión (SPT) y el Sistema Auxiliar de Transmisión (SST) seguirán cumpliendo su función y serán remuneradas con base en la tarifa de peaje final. La tarifa de conexión del sistema de transmisión es actualmente de 29,68 USD/kW-año, con un 53,1% de esta tarifa correspondiente a los activos de transmisión y el 46,9% a otros gastos.

De acuerdo con la Ley N° 27446 y su modificatoria Decreto Ley N° 1078, es fundamental realizar una Evaluación Ambiental Estratégica (EAE) para cualquier proyecto relacionado con la transición hacia una Nueva Matriz Energética Sustentable (NUMES) en Perú (KreuserF, 2017). La EAE es una herramienta esencial que permite identificar, predecir y evaluar los posibles impactos ambientales de las políticas, planes y programas antes de su implementación.

Aunque la mayoría de los impactos ambientales considerados por la EAE son de carácter puntual o local, esto no implica que sean insignificantes o no urgentes. Por el contrario, estos impactos deben ser atendidos con especial atención a esta escala mediante mecanismos de:

Prevención: Evitar la ocurrencia de impactos negativos mediante el diseño adecuado de proyectos y políticas.

Atenuación: Reducir la severidad de los impactos que no pueden ser completamente prevenidos.

Mitigación: Implementar medidas correctivas para minimizar los efectos adversos.

Compensación: Restituir el daño ambiental mediante acciones compensatorias cuando los impactos no pueden ser evitados o atenuados completamente.

La tendencia actual muestra un incremento en el uso de la energía eléctrica dentro de la matriz energética no solo para abastecer la demanda tradicional, sino también para suplir nuevos usos emergentes, tales como:

Electromovilidad: Transporte eléctrico que requiere una infraestructura energética robusta y sostenible.

Calefacción Eléctrica: Sustitución de fuentes de calefacción convencionales por sistemas eléctricos más eficientes y limpios.

Para satisfacer estas demandas adicionales, es necesario recurrir a Energías Renovables No Tradicionales y a la generación distribuida, integrándolas dentro de redes inteligentes que optimicen la distribución y el consumo energético.

Según CamacD (2012), durante el período de 2000 a 2010, el sector eléctrico peruano se caracterizó por una participación creciente de la generación de energía a gas natural, alcanzando el 35% de la producción total al final del período. La energía hidroeléctrica representó el 59%, mientras que la generación a partir de diésel y carbón constituyó el 6% de la producción total. En 2010, la generación eléctrica totalizó 33,450.1 GWh, correspondiendo al 98.1% del Sistema Eléctrico Interconectado Nacional (SEIN) y al 1.9% del sistema aislado.

Este análisis histórico es crucial para comprender las dinámicas actuales y proyectar futuras necesidades de infraestructura y políticas energéticas que apoyen la transición hacia una matriz más sostenible.

La transmisión eléctrica juega un papel vital en la implementación de la NUMES. Según SchumpeterJ (2017) y conforme a la Ley N° 28832, el sistema de transmisión debe cumplir con las siguientes condiciones:

Sistema de Garantía (SGT): Instalaciones construidas de acuerdo con el plan de transmisión aprobado por el Ministerio de Energía y Minas (MEM).

Sistema Complementario (SCT): Instalaciones construidas bajo la iniciativa de interesados, incluyendo distribuidores, generadores y clientes libres.

Sistema Principal (SPT) y Sistema Auxiliar (SST): Instalaciones que continúan cumpliendo y serán remuneradas con base en la tarifa de peaje final.

La transición hacia una Nueva Matriz Energética Sustentable (NUMES) en Perú es un proceso complejo que requiere una planificación estratégica integral. Es esencial considerar los impactos ambientales mediante la Evaluación Ambiental Estratégica (EAE), analizar históricamente el sector eléctrico, y entender las dinámicas de transmisión para asegurar una implementación exitosa. Al abordar estos aspectos con un enfoque multidisciplinario, Perú puede avanzar hacia una matriz energética que no solo sea sostenible y resiliente, sino que también promueva ⁴⁵ el desarrollo económico y social del país.

En cuanto al rol de las Energías Renovables no convencionales en la flexibilidad – Variabilidad Eléctrica, tendremos, (MadrigalM, 2018) « Convertir nuestro sistema eléctrico en uno dominado por energías renovables conlleva una serie de desafíos, ya que las altas tasas de ERV aumentan la necesidad del sistema de equilibrar la oferta y la demanda. Para gestionar eficazmente los retrovirus a gran escala, se deben explotar y planificar con antelación muchas fuentes de resiliencia. Se debe aprovechar la flexibilidad en todas las áreas del sistema eléctrico, desde la generación de energía hasta sistemas de transmisión y distribución más robustos, almacenamiento (electricidad y calor) y la necesidad de mayor flexibilidad.»

Así mismo la energía eólica y la Energía Solar exigen una mayor flexibilidad en los sistemas interconectados, al respecto (Milliganm, 2015)« Nos indica que en los cinco años últimos, los efectos de la transformación eólica y solar han empezado a aparecer en una sucesión de sistemas energéticos en los que se han cumplido objetivos agresivos de ERV. Además antes de eso, estudiar los efectos potenciales de la integración de ERV en el rendimiento del sistema era un tema candente de investigación en organizaciones de ⁵⁴ todo el mundo. Varios estudios han demostrado que se necesitan fuentes más flexibles para incorporar de manera efectiva los mayores beneficios de ERV.

En cuanto al rol de las Energías Renovables no convencionales en la flexibilidad – Variabilidad Eléctrica, tendremos, (MadrigalM, 2018) « Convertir nuestro sistema eléctrico en uno dominado por energías renovables conlleva una serie de desafíos, ya que las altas tasas de ERV aumentan la necesidad del sistema de equilibrar la oferta y la demanda. Para gestionar eficazmente los retrovirus a gran escala, se deben explotar y planificar con antelación muchas fuentes de resiliencia. Se debe aprovechar la flexibilidad en todas las áreas del sistema eléctrico, desde la

generación de energía hasta sistemas de transmisión y distribución más robustos, almacenamiento (electricidad y calor) y la necesidad de mayor flexibilidad.»

Asi mismo la energía eólica y la Energía Solar exigen una mayor flexibilidad en los sistemas interconectados , al respecto (Milliganm, 2015)« Nos indica que en los cinco años últimos, los efectos de la transformación eólica y solar han empezado a aparecer en una sucesión de sistemas energéticos en los que se han cumplido objetivos agresivos de ERV

Posteriormente, se han efectuado con éxito soluciones de diversa complejidad, tiempo, eficiencia y costo y han proporcionado la integración de elevadas participaciones de ERV en grandiosos sistemas conectados (como en Dinamarca), en sistemas eléctricos apartados por gigavatio (como en Irlanda).» En cuanto a las características de estabilidad , (CochranJ, Century Power Sustems , 2017)« Una de las vitales actividades del operador de red es equilibrar la oferta y la demanda de electricidad en todo momento. Estabilizar la oferta y la demanda en todo momento es esencial para la operatividad confiable del sistema, ya que inclusive una pequeña desviación puede interrumpir la frecuencia del sistema de energía y puede afectar la confiabilidad del funcionamiento del sistema. En otras palabras, la elasticidad del sistema energético es la capacidad del sistema energético para garantizar cambios deseados e imprevistos en la oferta y la demanda.».

Tambien se cuenta como definición de flexibilidad , (CliffordE, 2016)» Como una definición más íntegra, que también conmueve a la economía, la resiliencia del sistema de energía se precisa como la capacidad del sistema de energía para hacer frente a los cambios e incertidumbres en la oferta y la demanda de una manera eficiente, confiable y rentable en todos los períodos de tiempo relevantes.

También, los operadores de red han identificado y obtenido servicios adicionales para hacer frente a la incertidumbre asociada con la pérdida inesperada del generador (o carga) y los desequilibrios de frecuencia en tiempo real. Informes de cortes de energía según sea necesario. Hoy en día, en la mayoría de los sistemas eléctricos, la principal fuente de incertidumbre ha sido la pérdida de uno o más conductores más grandes (por ejemplo, generadores o líneas de transmisión) Los sistemas de energía convencionales ordinalmente combinan los costos más bajos de los activos de generación de energía controlable con las características tecnoeconómicas adecuadas para equilibrar las necesidades cambiantes.» Asi

mismo en cuanto a (DenholmP, 2017)« Los generadores avanzados a menudo tienen características técnicas y económicas opuestas. Está diseñado para un funcionamiento flexible con arranques y aceleraciones rápidos y mínimos mínimos de ingeniería. Por lo general, la unidad principal es una ² turbina de gas (turbina de gas de ciclo abierto) y un generador ⁵⁷ de combustión interna (motor de combustión interna) y pico de demanda. »

En cuanto al rol de la Energías Renovables no convencionales en la flexibilidad – Variabilidad Eléctrica , tendremos , (MadrigalM, 2018) « Convertir nuestro sistema eléctrico en uno dominado por energías renovables conlleva una serie de desafíos, ya que las altas tasas de ERV aumentan la necesidad del sistema de equilibrar la oferta y la demanda. Para gestionar eficazmente los retrovirus a gran escala, se deben explotar y planificar con antelación muchas fuentes de resiliencia. Se debe aprovechar la flexibilidad en todas las áreas del sistema eléctrico, desde la generación de energía hasta sistemas de transmisión y distribución más robustos, almacenamiento (electricidad y calor) y la necesidad de mayor flexibilidad.»

Así mismo la energía eólica y la Energía Solar exigen una mayor flexibilidad en los sistemas interconectados , al respecto (Milliganm, 2015)« Nos indica que en los cinco años últimos, los efectos de la transformación eólica y solar han empezado a aparecer en una sucesión de sistemas energéticos en los que se han cumplido objetivos agresivos de ERV

Las Energías de Punta , están trayendo cambios en los paradigmas de la Tecnología , así de acuerdo a «La electrónica de potencia moderna se encuentra en generadores fotovoltaicos solares y eólicos, así como en sistemas de energía de batería y algunos sistemas de transmisión de energía de CC (convertidores de CC de alto voltaje). VSC-HVDC tiene la capacidad de simular una respuesta inercial (también conocida como inercia artificial). están mejorando ⁴⁸ constantemente. Aparte de las comunicaciones simultáneas, las actualizaciones del código de red requieren tecnologías basadas en la electrónica de potencia para proporcionar un cortocircuito específico. La utilización del almacenamiento simultáneo de energía y el ensamblar regiones son formas de abordar la disminución de la inercia originada por la derivación de los generadores síncronos a causa de la ejecución de ERV.»

¹² En cuanto el papel de las energías renovables en la variabilidad eléctrica , tenemos (RetzerS, 2017)« Un vertido de ERV es una medida de mitigación que se aplica

comúnmente cuando el sistema no puede cumplir con los requisitos del enlace descendente. Asimismo, enfrentará mayores desafíos al final de la tarde, cuando la producción de energía solar disminuya al anochecer. La inflexibilidad del sistema durante la aceleración puede provocar una falta de potencia. La energía no distribuida más el volcado de ERV se utilizan comúnmente en el análisis de integración de ERV para estimar la resistencia del sistema.

Un sistema flexible también debe poder manejar la incertidumbre. La regulación del sistema eléctrico siempre requiere una cierta cantidad de capacidad de reserva que el operador de la red tiene que hacer frente a la **incertidumbre**. Esta energía de reserva es controlada por el operador del sistema y tradicionalmente se ha utilizado en sistemas eléctricos convencionales para uno o dos propósitos. El primero es cooperar al sistema a recobrase en caso de una emergencia.»

Y de acuerdo a (ReutersJ, 2017)« Los operadores del sistema deben gestionar los recursos de forma dinámica. Hay dos formas primordiales de hacer esto para conseguir los servicios que necesita para el funcionamiento confiable y seguro de su sistema: es posible que se requieran activos de red para brindar servicios específicos o, si son en parte propiedad de los actores del mercado, se les puede alentar a que lo hagan. entonces. Para hacer eso a modo de mercados de energía y servicios auxiliares. Entonces si ambos son deficientes, es posible que el operador del sistema tenga que recurrir a volcar o volcar ERV. Esta falla puede deberse a requisitos o incentivos insuficientes para los participantes del mercado, pero también puede deberse a una escasez real de activos necesarios, que será el resultado de la regulación. No proporcione incentivos a largo plazo para invertir en los activos deseados (por ejemplo, en ausencia de un mercado con capacidad de absorción relevante y no se permite la escasez de precios).»

En cuanto a la eficiencia energética , es una de las vías de innovación y creatividad para trabajar hacia una nueva matriz energética esta vez sustentable , de acuerdo a (CorleoneB, 2017), « A continuación, se detallan los principales hitos en el desarrollo de la eficiencia energética en el Perú en los últimos años:

Ley N ° 27345 (2000) de Promoción de la Eficiencia Energética. Reglamento para la Ley de Promoción de la Eficiencia Energética (2007)

Decreto Supremo DS.N° 053-2007-EM.

Consulte el Plan de eficiencia energética 2009-2018.

El Plan de Referencia de Eficiencia Energética 2009-2018 fue elaborado en 2008 y se considera el estándar para la elaboración del Plan de Eficiencia Energética 2012-2040. Decreto Supremo que establece la Administración General de Aprovechamiento Económico de la Energía DS-026-2010-EM (mayo de 2010). Si bien existen regulaciones adecuadas para promover la eficiencia energética, no se han logrado avances suficientes y satisfactorios.

III. METODOLOGÍA

3.1. Tipo y diseño de investigación

La investigación del estudio fue aplicada porque tiene como objetivo solucionar la problemática de variabilidad de los parámetros eléctricos, también utiliza un diseño no experimental transversal descriptivo simple, bibliográfico y documental ya que no existió una manipulación intencional de la variable independiente para ver su efecto en otras variables, depende de observar la variable en su contexto natural para un análisis posterior y el investigador no controló la variable independiente. por los hechos ocurridos. Este estudio comenzó con la descripción de las características de desempeño de las distintas centrales eléctricas nacionales conectadas a la red, luego describió las mejoras que se pueden realizar y los resultados óptimos de calidad y costos que se pueden lograr, luego determina los niveles o alcance de las "inversiones requeridas, así como demostrando su viabilidad económica y financiera tanto a nivel privado como público, así como las normas sociales, contribuyendo así a una mejora en el nivel de vida (IDH) de la comunidad peruana.

La investigación es descriptiva, porque el problema se observó y describió porque aparece espontáneamente sin manipulación ni la intervención del investigador, pero también fue aplicada o tecnológica porque está dirigida a resolver científicamente los problemas de producción, distribución, circulación y consumo.

Bienes y servicios (sistema eléctrico conectado), de todas las actividades humanas, especialmente industria, infraestructura, comercio, comunicaciones, servicios (electricidad), etc. Se dice que aplican porque a partir de las ciencias básicas, puras, básicas, actuales o formales, que hemos analizado, se formulan problemas e hipótesis comerciales para resolver los problemas de la vida productiva (servicio eléctrico) de la empresa. También se le llamo tecnología porque su producto no es conocimiento puro, sino ciencia, sino tecnología.

3.2. Variables y operacionalización

Variable Independiente . Analisis y Calculo de la flexibilidad del sistema eléctrico

Variable Dependiente. Para proponer prospectivas de mejoras

Ver Matriz de operacionalización (Anexo 01).

3.3. Población, muestra y muestreo

Población. Principales Centrales electricas (Termicas a Gas Natural, Hidroelectricas, Mini Hidroelectricas, Eolicas on shore, off shore, solares fotovoltaicas, solares térmicas, Maremotrices, undimotrices, geotérmicas, etc del Sistema Interconectado Nacional

El criterio de inclusión es ser una central electrica dentro del sistema eléctrico interconectado nacional, bajo control, supervisión y administración del COES (Comité de Operación Economica del Sistema)

El criterio de exclusión es ser una central electrica de autoconsumo no integrada al sistema eléctrico interconectado Nacional SEIN , administrado por el COES

Muestra. Grupos Generadores de la Central Mantaro

Muestreo : No probabilístico, generado por números Random, es decir escogido a dedo , por conveniencia de manejo de los datos

3.4. Técnica e Instrumentos de Recolección de Datos.

Técnicas de Recolección de datos. Observación La aplicación de esta técnica nos va a permitir determinar los diversos estudios realizados acerca de necesidad de mejorar la variabilidad que toda maquina generadora de electricidad debe tener

, para flexibilizar su acoplamiento a otros grupos electrogenos , variabilidad de Potencia , Voltaje y Frecuencia , para el logro de mejores acoplamientos en redes inteligentes de Generacion distribuida , para mejorar el uso de Potencia y Energia de los prosumidores , sobre todo de los medios rurales , con la categoría de usos productivos de la electricidad.

Revisión Documentaria. Esta técnica nos permitirá la búsqueda de los parámetros del diseño de la variabilidad en los distintos buscadores de minería de datos , big data , tales como Proquest , Elsevier , Scielo , Scopus , Google Academico , con libros , publicaciones en revistas físicas o virtuales , tesis , monografías de revistas indexadas de alto impacto , con alta visibilidad y de métricas difundidas , que cumplan con el requisito de menos de siete años de antigüedad , en idioma ingles , que permitan conocer las ventajas de la variabilidad en sistemas eléctricos de America Latina y el Mundo , para implementarlas en el SEIN del Peru y así poder gozar las ventajas de una mejor calidad del producto y servicio eléctrico , y en un ambiente de optimización de precios.

Instrumentos de Recolección de Datos. Ficha de control de diseño. Es una herramienta que permite al sistema sistematizar la recopilación de información, que puede ser físicamente (ver apéndice) o virtual y permitir la búsqueda, sistemas, sistemas, sistemas y completos, hay sistemas, sistemas, estudios previos sobre el cambio de electricidad sistemas. Sus ventajas de las fuentes de dispersión de la conexión, sin alterar la calidad de los sistemas eléctricos conectados, mejorando la calidad y alcanzando la curva de costo óptimo a largo plazo, con el beneficio del consumidor de personas, en un entorno equilibrado entre la oferta. Y los requisitos, no dañen y no fomentan la pestaña de inversionistas de los contratistas de ambas partes, por primera vez, los datos generales de la evaluación se establecen en la fecha, la hora y el nombre del revisor; En los segundos parámetros se evalúan, las condiciones de trabajo y los resultados se obtienen en la búsqueda de directorios de datos secundarios, ya que de acuerdo con las regulaciones finales de la UCV, debido a la situación actual de la gran traducción global, no puede hacer una experiencia aérea sin estar libre en la obtención de los datos principales.

Ficha de parámetros, esta herramienta nos permitirá registrar los parámetros relevantes de los grupos electrogenos, en cuanto a su versatilidad y flexibilidad, para lograr su óptima funcionalidad en los acoplamientos requeridos. , en una

conexión de generación distribuida con varias plantas singulares de energía renovable, ubicadas en el campo peruano, tan pobre como olvidado.

Esta herramienta consta de dos partes en los primeros datos generales de la persona que se va a registrar - información secundaria, así como la fecha, hora, ubicación y fuente del registro.

En la segunda parte, se registrarán los distintos parámetros de operación del grupo electrógeno de la red de interconexión nacional, que son necesarios para diseñar las acciones necesarias para mejorar su desempeño, en el corto y mediano plazo y también a largo plazo.

Ficha de revisión documentaría, la ficha de revisión de documentos nos permitirán realizar un seguimiento de los diferentes documentos a los que se hará referencia para diseñar las modificaciones a realizar en el conjunto de generación, con el fin de mejorar sus cambios, documentos como manuales de artículos de estandarización e información técnica de equipos disponibles en el mercado, con el fin de mejorar la eficiencia operativa y así maximizar la calidad del producto y los servicios eléctricos, así como reducir los costos operativos en el corto, mediano y largo plazo.

3.5. Procedimientos

La presente investigación será validada por especialistas en la materia (profesionales de Ingeniería Mecánica Eléctrica), método Delphi – encuestas de aplicación de datos y opiniones y por el responsable designado por la Universidad donde se realizará la investigación de datos secundarios, teniendo en cuenta que se validarán los instrumentos de recolección de datos secundarios como el aspecto metodológico de la presente investigación (De acuerdo a lo establecido en la Guía de evaluación de Productos observables), para determinar los parámetros de cambios de factores de variabilidad de los grupos generadores del sistema eléctrico interconectado Nacional.

La confiabilidad la brindarán expertos quienes verificarán la corrección de las herramientas, si se requieren ajustes de acuerdo a sus requerimientos, su opinión tendrá prioridad. Este proyecto tendrá certeza o seguridad en cuanto a la vigencia de los resultados obtenidos y con ello la seguridad de que podrá ser implementado lo antes posible.

Se indica con un diagrama de bloques el procedimiento de su investigación :

Se determina la Central Hidroeléctrica, en donde de los grupos energéticos se tomara la información primaria que se utilizo en la presente investigación

Se obtiene datos de Potencia, Corriente, Voltaje, Frecuencia, Perturbaciones y demás distorsiones que se producen en los bornes de salida de la central

3.6. Métodos de Análisis de Datos.

El análisis estadístico se utiliza para determinar si existe una relación entre dos variables, también mediante estadística descriptiva aplicada a las variables del estudio, tabulando datos y evaluando cofactores. , estos factores serán parámetros de entrada para diseñar cambios en la generación de energía. El conjunto, también a partir de los resultados de las muestras encontradas, y según el criterio de la estadística inferencial, procederemos de los resultados de las muestras para inferir los resultados de la entropía, y aplicar la prueba de Chi -cuadrado y t de Student, a comprobar. Si la distribución de frecuencia de probabilidad es verdadera, dentro del nivel de confianza (90, 95 o 98%) imputado dentro de la tolerancia.

3.7. Aspectos Éticos.

Como investigador, me involucro a respetar la propiedad intelectual, la confiabilidad de los datos proporcionados por la empresa y la validez de los resultados, y en mi investigación, las variaciones de diseño en el mecanismo propuesto no tienen un impacto negativo en la sociedad de otra manera. Por el contrario, los beneficiará, porque reducirán el efecto del calentamiento global y sus consecuencias, así como el apoyo a la sustitución de combustibles y la transición a una nueva matriz energética.

IV. RESULTADOS

4.1 Describir las principales características del Sistema Interconectado Eléctrico Nacional , en cuanto a flexibilidad – variabilidad , y su análisis comparativo con otros sistemas interconectados de América Latina y el Mundo

En cuanto al objetivo N° 1 , las principales características a la Actualidad (2020) , del Sistema Eléctrico interconectado Nacional , relacionados a la flexibilidad – Variabilidad ,son los relacionados con la oferta de generación , la oferta de generación por tipo (recordemos que cada tipo es diferente) , oferta de renovables (son las que mas variabilidad poseen , y por lo tanto su incorporación mayor flexibilidad exige al sistema) , el factor de planta de cada tipo de tecnología (por su diferenciada variabilidad) , Máxima Potencia horaria y en una serie del tiempo , por lo que pasaremos al respectivo análisis a detalle :

POTENCIA INSTALADA (MW)	JUNIO 2020	JUNIO 2019	VARIACIÓN (%)
HIDROELÉCTRICA	5.163,1	5.122,3	0,8%
TERMOELÉCTRICA	7.396,0	7.417,7	-0,3%
EÓLICA	375,5	375,5	0,0%
SOLAR	285,0	285,0	0,0%
TOTAL	13.219,6	13.200,5	0,1%

Cuadro N° 2: Comparación de la potencia instalada en el SEIN al término de junio 2019 y junio 2020

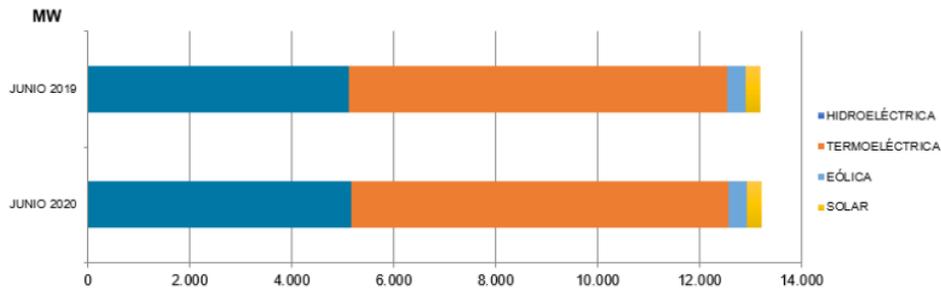


Figura 2 Potencia Instala SEIN , Variacion 2019 – 2020

Figura donde apreciamos que el crecimiento relativo de las RER en el SEIN , se ha detenido y que la participación de las Hidroeléctricas y Termoelectricas , también se mantiene estable

En cuanto la participación de las Energías Renovables en el SEIN , estas son acotadas por tipo de tecnología , es decir por su variabilidad , y así tenemos las siguientes figuras :

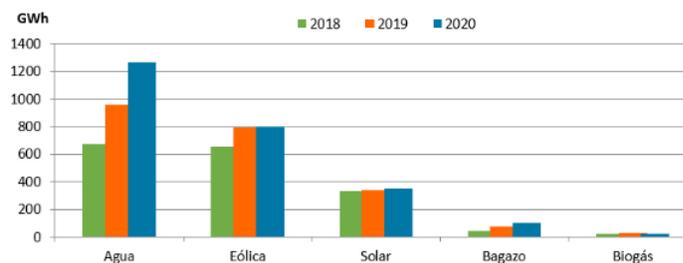


Figura 3 Comparacion 2018 - 2020 Energía Producida por Tipo de Tecnología

En donde la denominación RER , la reciben los Recursos Energeticos Renovables (Biomasa , Eolica , Solar , Geotermica , Maremotriz e Hidroelectricas cuya capacidad instalada no sobrepasa los 20 MW – De acuerdo a los criterios del DL N° 1002 , debemos de indicar que lo proyectado para el 2020 , es un total SEIN 3,756.71 Gwhr , de las cuales son RER 382. 24 Gwhr

En cuanto a los factores de planta , considerando que es la relación entre la energía realmente producida y la potencialmente producible , si se considera que la maquina trabaja las 24 Horas a Potencia Firme , bajo la siguiente ecuación :

$$\text{Factor de Planta} = \text{Energía Producida} / (\text{Pot Firme} * 24 \text{ Horas})$$

Para el caso de las Centrales Hidroeléctricas RER , a Junio sería :

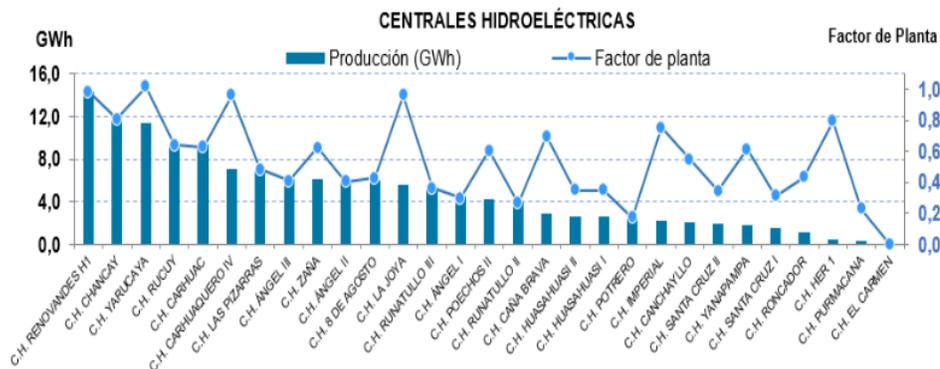


Figura 4 Factor de Planta de Centrales Hidroeléctricas RER Junio 2020

Donde podemos observar , que estos factores de planta , son muy variables , pues van desde 0.9 a 0.0 , con lo cual la variabilidad del SEIN aumenta de manera considerable

Para el caso de la Centrales Solares RER , a Junio sería :

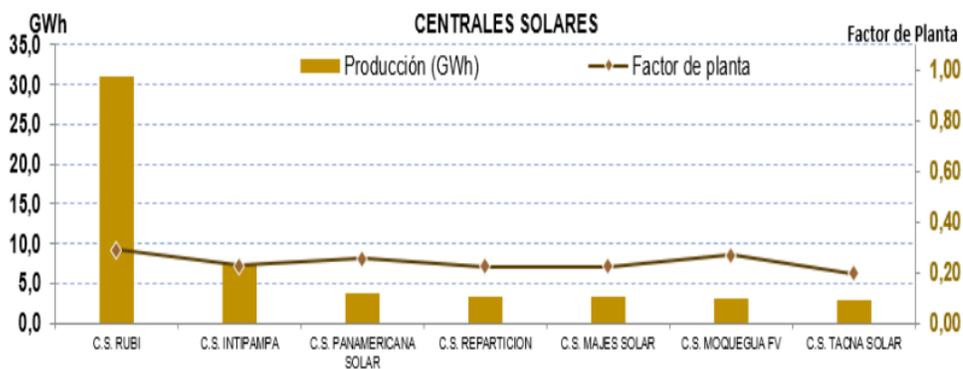


Figura 5 Factor de Planta de Centrales Solares RER - Junio 2020

En este caso, podemos observar que el factor de Planta de las Centrales Solares RER a Junio del 2020, es bastante mas estable, oscilando entre 0,2 a 0,4, dándole menos variabilidad al SEIN

Para el caso de Eolicas RER, al mes de Junio del 2020 seran:

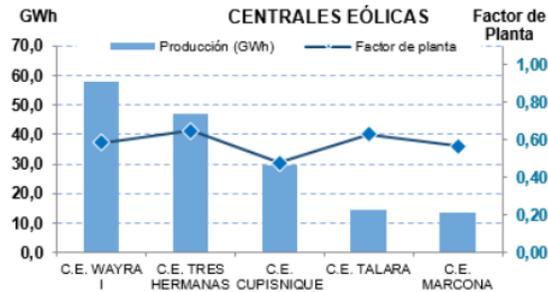


Figura 6 Factor de Planta de Centrales Eolicas RER - Junio 2020

Vemos, que el factor de Planta de las Centrales Eolicas RER a Junio del 2020, varian de manera estable de 0,2 a 0,6, provocando una variabilidad media al SEIN

Para el caso de las Centrales Termoelectricas RER, al mes de Junio del 2020, tenemos:

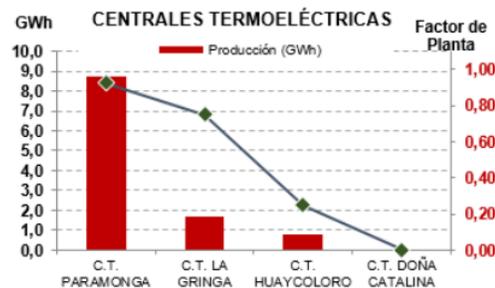


Figura 7 Factor de Planta Centrales Termoelectricas RER - Junio 2020

Se aprecia, que el factor de Planta de las Centrales Termoelectricas RER a Junio del 2020, también varian de 0.0 a 0,95, provocando alta variabilidad media al SEIN. En cuanto al resumen de todas las centrales RER, del SEIN a Junio del 2020, podemos anotar lo siguiente:

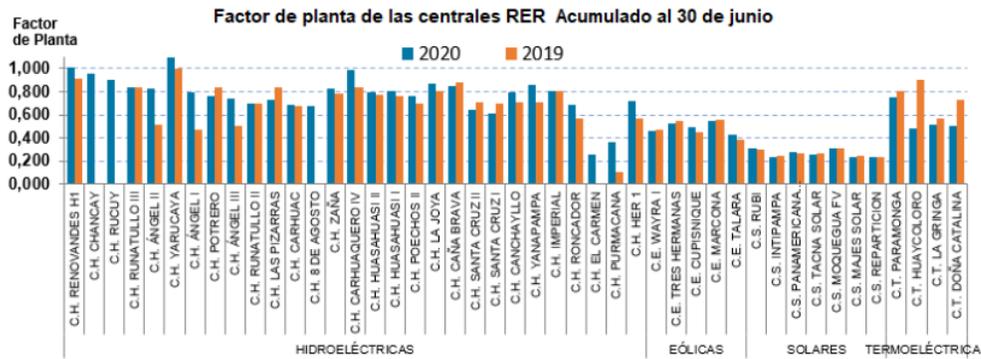


Figura 8 Factor de Planta Centrales RER - Junio 2020

En cuanto a la participación de las centrales , con potencia en la Maxima Potencia coincidente en Punta , debemos de mencionar este importante criterio que influye en la variabilidad del SEIN

Por Empresa Integrante (MW)	junio		Var (%)
	2020	2019	
	19:39	18:00	
NGIE	523,2	784,7	48,4X
ENEL GENERACION PERU	872,8	875,1	-0,4X
LECTROPERU	853,2	855,5	0,4X
ALLPA	731,8	1.233,2	-39,4X
ENIX POWER	546,1	543,3	0,4X
TATKRAFT	253,3	287,3	-3,3X
ELEPSA	283,7	167,8	21,4X
BRAZUL ENERGY PERU	173,1	216,1	-17,4X
GASA	167,4	143,3	16,8X
MINAHGO	144,2	122,6	17,6X
GEMSA	133,6	135,8	2,1X
ENEL GREEN POWER PERU	128,5	185,3	28,2X
AN GABAN	188,1	185,3	1,6X
HGE HUANZA	34,1	81,3	14,3X
.E. TRES HERMANAS	32,1	8,8	
ENEL GENERACION PIURA	31,3	85,1	7,3X
ENERGIA EOLICA	88,4	51,5	43,8X
SIANO	74,1	71,6	3,5X
.E. MARCONI	31,3	8,8	
HGE HUALLAGA	38,7	232,7	-86,8X
GESUR	26,3	41,3	-34,3X
EPSA	26,4	38,3	-12,8X
INERSA	22,6	24,5	-7,3X
ANTA RANA	28,8	13,3	8,6X
IDROMARAFON/ CELEPSA	17,3	18,7	-4,3X
HGE JUNIN / SANTA CRUZ	16,7	22,8	-24,8X
IDROELECTRICA	16,6	16,6	-5,7X
HAMCOR	15,8	17,1	-11,3X
UAIURA POWER	15,8	17,1	-11,3X
10 PAÑOS	18,2	18,1	1,5X
IOENERGIA	8,3		
LECTRO ZARZA	7,8	18,3	-32,4X
IO DOBLE	6,6	8,1	-19,8X
AN JACINTO	5,8	4,6	25,7X
ETRAMAS	5,2	3,8	36,8X
ENERGIA ANDINA	4,3		
GUARZUL	3,1	8,8	
LECTRICA YANAPAMPA	2,4	2,7	-18,3X
IDROCAÑETE	2,4	3,6	-33,3X
GECSAC	2,3	8,8	
IAJA ENERGIA	1,3	1,7	-22,8X
LECTRICA SANTA ROSA / AT	8,8	8,2	246,4X
GROAUROA	8,8	17,3	-188,8X
IPSA	8,8	14,5	-188,8X
HDEAN POWER	8,8	28,8	-188,8X
ERRO VERDE	8,8	8,8	
TS MAJES	8,8	8,8	
TS REPARTICION	8,8	8,8	
YDRO PATAPO	8,8	8,8	
YEPSA	8,8	8,8	
IOQUEGUA PY	8,8	8,8	
ANAMERICANA SOLAR	8,8	8,8	
LANTA ETEM	8,8	8,8	
AMAY I	8,8	8,8	
DF ENERGIA	8,8	28,8	-188,8X
HOUGESA	8,8	8,8	
ACHA SOLAR	8,8	8,8	
ERMOCILCA	8,8	287,1	-188,8X
ERMOSELYA	8,8	8,8	
IVERSION DE ENERGIA	8,8		
ENOVABLES			
TOTAL	6.862,337	6.739,768	-18,74X

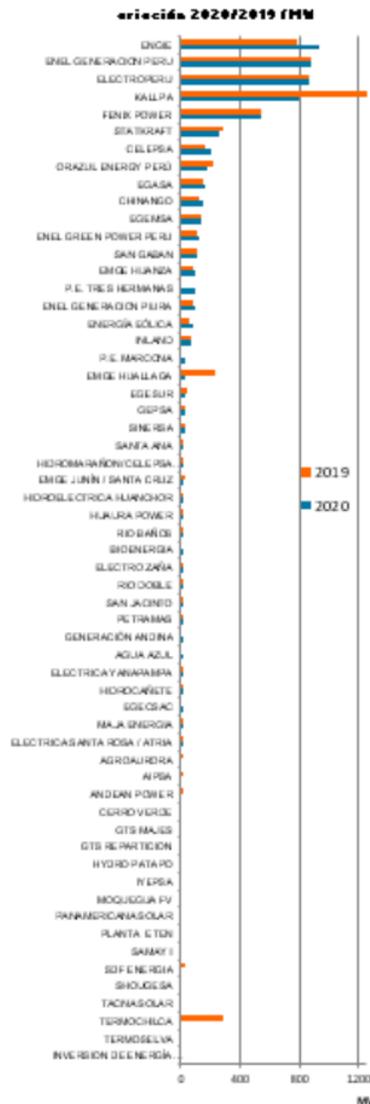


Figura 9 Participación de Empresas en Máxima Potencia Coincidente

Otra de las fuentes de variabilidad del Sistema, son los volúmenes de agua disponibles, que conforman las cuencas que alimentan a las principales centrales Hidroeléctricas del Sistema interconectado Nacional:

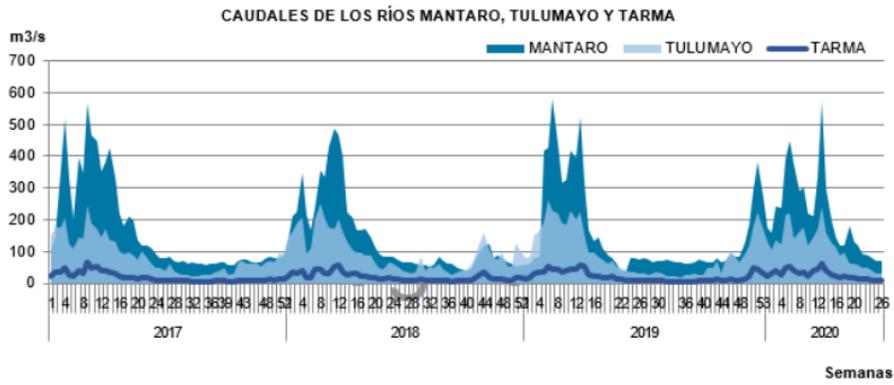


Figura 10 Caudales Rios Centro (Mantaro , Tulumayo y Tarma)

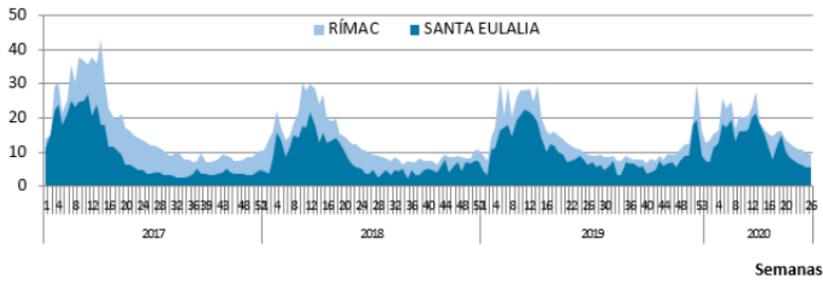


Figura 11 Caudales Rios Cuenca de Lima

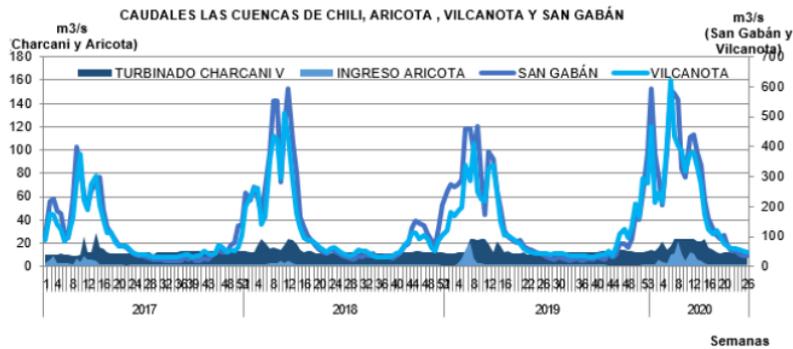


Gráfico N°18. Evolución del promedio semanal de caudales de las cuencas CHILI, ARICOTA, VILCANOTA Y SAN GABÁN en los años 2017 - 2020.

Figura 12 Caudales Rios Centro (Charcani , Aricota , San Gaban , Vilcanota)

Esto determina una configuración de la Red , en cuanto a principales Centrales y Costos Marginales en Redes

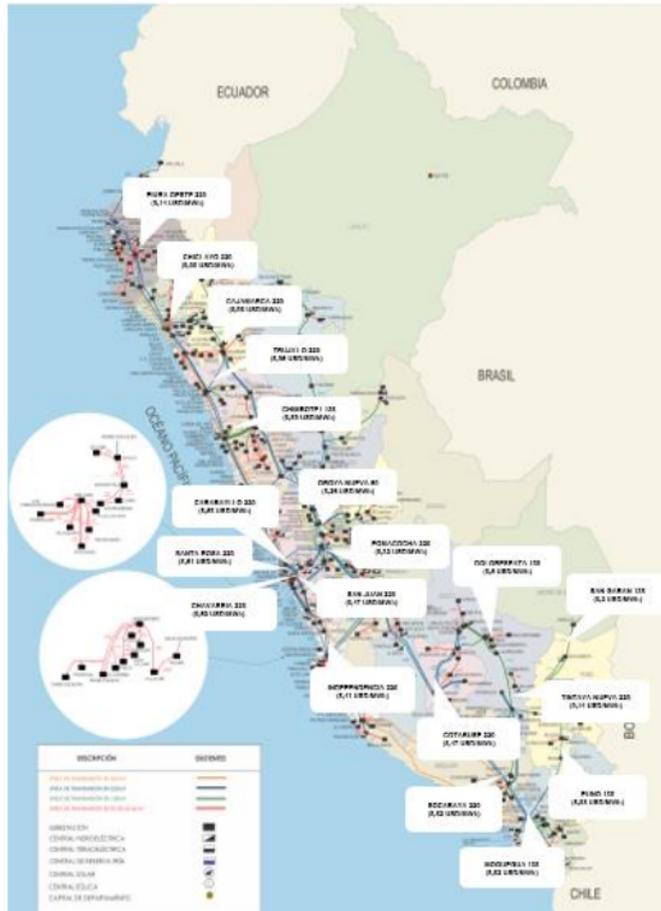


Figura 13 Redes y Barras Variables del SEIN

En cuando al análisis comparado de los Sistemas Eléctricos Interconectados de Países , vecinos y análogos al Peru , tenemos los casos de Colombia y Chile , como puntos de comparación

En el caso Colombiano las proyecciones de demanda a Nivel Nacional , serán la proyeccion de la Maxima Demanda , dentro de los rangos de variación estimados :

PROYECCIÓN MW			
Año	Esc. Alto	Esc. Medio	Esc. Bajo
2016	10.889	10.490	10.107
2017	11.208	10.800	10.408
2018	11.753	11.337	10.937
2019	12.041	11.618	11.210
2020	12.304	11.871	11.455
2021	12.507	12.065	11.640
2022	12.714	12.263	11.828
2023	12.924	12.463	12.019
2024	13.155	12.683	12.229
2025	13.409	12.926	12.462
2026	13.680	13.186	12.711
2027	13.969	13.463	12.977
2028	14.268	13.750	13.251
2029	14.583	14.052	13.541
2030	14.917	14.372	13.849

Figura 14 Proyeccion de la Demanda SIN de Colombia

Estas proyecciones de crecimiento de la Demanda Electrica de Colombia , se produce dentro de un esquema de Crecimiento ⁴⁶ de las principales Economias de la Region , de acuerdo al siguiente esquema :

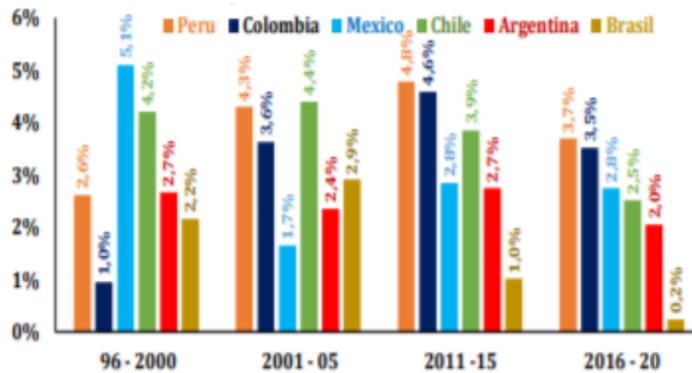


Figura 15 Proyecciones de Crecimiento de Países de América Latina

Fuente : FMI , Elaboracion Propia



Figura 16 Proyecciones de Demanda Mercado No Regulado

En cuanto al sistema Electrico Nacional colombiano , este se encuentra plenamente desarrollado y se expresa en la figura adjunta :

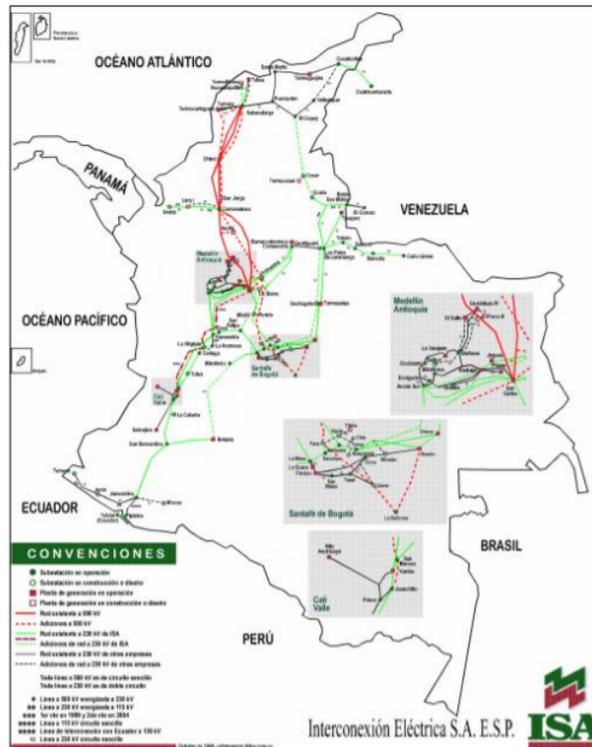


Figura 17 Sistema Interconectado Colombiano 230 - 500 KV

En Cuanto al Sistema Interconectado Nacional Chileno , en el año 2017 , se interconectó el Sistema Interconectado Central (SIC) , con el Sistema Interconectado del Norte Grande (SING) , con una capacidad instalada a Noviembre del 2019 de 25,248 Mw (48.3 % debido a fuentes Renovables y 51,7 % a fuentes Termicas) , quedando a la fecha dos sistemas eléctricos aislados , localizados al Extremo Sur del País , los sistemas de Aysen (SEA) , con una capacidad de 62 MW y el Sistema de Magallanes (SEM) , con una capacidad instalada neta de 104 MW

Volumen de energía generada por fuente

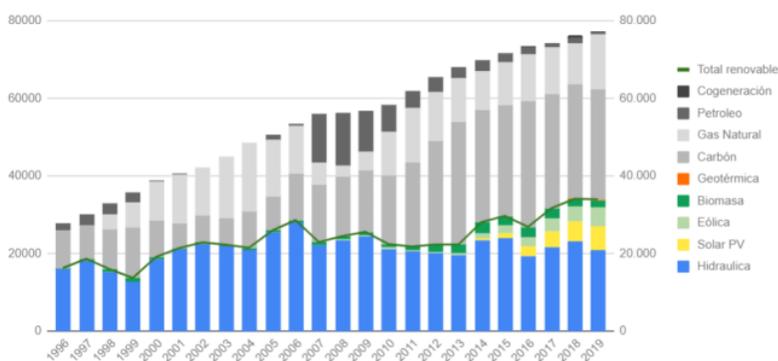


Figura 18 Volumen de Energía Generado por Fuente

Las Principales Centrales Hidroeléctricas existentes en el Mercado Chileno , existente serán :

Cuenca	Potencial hidroeléctrico (MW)	Proporción
Biobío	2.902	18%
Baker	1.918	12%
Palena	1.797	11%
Pascua	1.694	11%
Yelcho	1.403	9%
Maule	1.368	9%
Toltén	1.123	7%
Valdivia	906	6%
Aysén	848	5%
Bueno	807	5%
Cisnes	619	4%
Puelo	552	3%
Total	15.937	100%

Figura 19 Principales Hidroelectricas Chilenas

En cuanto a las Centrales Solares , estas son de dos tipos , las centrales Fotovoltaicas – se basan en la utilización masiva de paneles que utilizan el efecto fotovoltaico para la generación de Electricidad y las Centrales de calentadores solares , que utilizan colectores térmicos con fluidos tales como aceite , sales , dióxido de carbón , mediante ciclos termodinámicos y colectores concentradores que utilizan espejos que enfocan un recipiente que contiene líquido , destacan las torres concentradoras , colector o platos parabólicos y reflector fresnel Linea

	Solar (MW)	Total (MW)	Participación energía solar (%)
SEN	2.654	23.861	11%
SEA	0	60	0%
SEM	0	107	0%
Total	2.654	24.029	11%

Figura 20 Energía Solar Instalada en Chile

En cuanto a las energías Eolicas existentes en los Sistemas Electricos Peruanos , debemos de tener en cuenta , que estas se clasifican de acuerdo al criterio de la

19

orientación de las turbinas (en de eje Horizontal y de eje Vertical) , de acuerdo a las características de la instalación (En tierra y en el Mar) y de conectividad (On Grid / Off Grid) , las principales diferencias son :

- Aereogeneradores con Turbinas de eje Horizontal , son usualmente de tres aspas y tienen alturas equivalentes a edificios de 30 a 40 Pisos
- Aerogeneradores con turbinas de eje Vertical , es decir eje de rotación perpendicular al suelo , se clasifican por la forma de la turbina , en Turbinas Darrieus (2 a 3 Arcos) , panemonas (4 o mas semicírculos) y Sabonius (2 o mas filas de semicilindros)

En cuanto a las Lineas de Trasmision de 220 KV y 750 KV , estas son :



Figura 21 Sistema Electrico Chileno

Lo cual nos permite sintetizar las características principales de los sistemas en los siguientes criterios :

Pais	Grado de No Convencionales	Nº de Sistemas interconectados
Peru	Bajo	1
Chile	Alto	1
Colombia	Alto	2

4.2.- Detallar los principales cambios necesarios en las centrales electricas peruanas , para aumentar la flexibilidad y poder mejorar la calidad y disminuir los costos.

Se Analizo el caso de la flexibilidad necesaria de agregar via cambios , en una planta de concentración solar , del tipo torre con alta ganancia de eficiencia por aumento de la concentración , con alta temperatura de funcionamiento , sin considerar la integración de almacenamiento , lo cual agudiza la variabilidad propia de la naturaleza fluctuante del suministro solar , lo cual llega a ocasionar multiples puestas en marcha durante un periodo de un dia , la idea es lograr tiempos de puesta en marcha mas rapidos , para aprovechar la energía solar lo antes posible , la velocidad de arranqu esta limitada por la inercia térmica térmica , de la turbina a vapor.

Debemos de anotar las principales inflexibilidades , que traerán ellas centrales solares al sistema nacional interconectado del Peru :

4 La inserción de centrales Termo solares implica un desplazamiento de las centrales térmicas en horas de la mañana. (Horas de máxima producción de las Centrales Solares

4 En horas de la tarde estas centrales Termicas desplazadas ingresan tomando carga (Horas en que el sol se pone) , y la pendiente de toma de carga (Rampa) será proporcional del Tamaño de las centrales solares instaladas.

Algunas centrales Termicas convencionales no serán capaces de adaptarse a estos cambios de carga. (Rampa muy alta)

Las inflexibilidades operativas de las centrales térmicas limitaran su operación en este escenario.

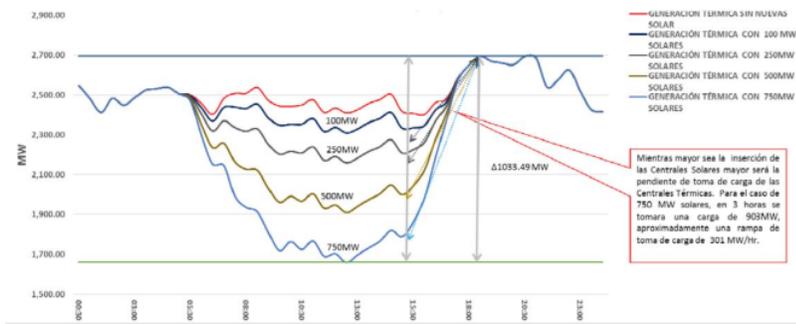


Figura 22 Impacto de la Inserción de Centrales Solares al SEIN

También es necesario analizar las variabilidades que traen la interconexión a gran escala de los parques eólicos on grid (Tanto los on Shore , como los off Shore) y los parques solares (Tanto los fotovoltaicos , como los Termicos solares), debido a su comportamiento transitorio de los sistemas de energía , no realizar detallados análisis y estudios de interconexión (como el que se dio con la LT Mantaro – Cotaruse – Socabaya y mas recientemente ¹⁷ con la interconexión del Sistema Interconectado Nacional y el Sistema Norte Grande en Chile , es pues hora de no seguir permitiendo los modelos de caja negra de los fabricantes de equipo , si no ha estudios que tomen en cuenta los detalles de fabricación y puesta en operación , se necesitan realizar estudios con la aplicación del Power Plant Controller (PPC) , que controla las potencias activas y reactivas en el Punto de Interconexión (POI) y que además de funcionar en modo de control de voltaje o factor de potencia , determina que modificaciones de deben realizar a las centrales Eolicas y Termicas Peruanas , para optimizar la variabilidad y funcionamiento del sistema

En cuanto a la determinación de las variaciones , en los parques eólicos y solares estos que integran las turbinas o células fotovoltaicas , el convertidor , el transformador elevador , la red de colectores , el controlador de la planta de energía (PPC) y el transformador del Parque , deben ser modelados con el muestreo y filtrado de medidas , los bucles de control de la regulación se implementan en el marco de la referencia DQ0 , que permite la optimización del control desacoplado de la potencia activa y reactiva , mejores valores se obtienen con los bucles lentos y rapidos , siendo la misión del primero el calculo de los valores de referencia actuales , mientras que el segundo genera las referencias de voltaje CA

Para la optimización de los cambios en un parque eólico , utilizaremos el modelo detallado el cual incluye todas las turbinas eólicas individuales y módulos fotovoltaicos , convertidores , transformadores elevadores y sistemas de control y protección , permitiendo disminuir los efectos de los eventos que ocurren al interior del parque mismo , así como fallas en la red del colector y fallas de capacidad LVRT , HVRT y ferroresonancia

Las principales inflexibilidades , que debemos de combatir en las centrales eólicas , básicamente las podemos clasificar en tres tipos :

Puntos de conexión débiles. Las centrales eólicas conectadas a barras eléctricamente débiles enfrentan desafíos significativos, especialmente en lo que respecta al control de la tensión. Estos desafíos surgen debido a la naturaleza de las barras débiles, que se caracterizan por una baja capacidad de transporte de energía y una mayor susceptibilidad a las fluctuaciones de tensión

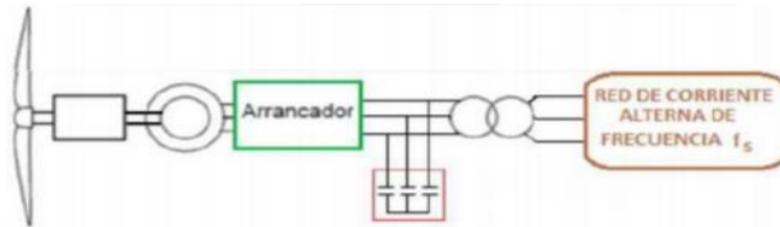


Figura 23 Puntos de Conexión Débiles

Reducción del nivel de corto circuito. Las centrales eólicas que no utilizan generadores síncronos conectados directamente a la red, como es el caso de muchas instalaciones modernas que emplean generadores asíncronos o sistemas de conversión de potencia basada en electrónica, pueden tener un impacto significativo en la red eléctrica, especialmente en lo que respecta a los niveles de cortocircuito y la sensibilidad del sistema

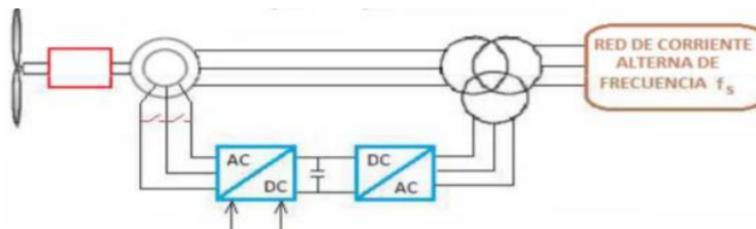


Figura 24 Reducción en el Nivel de Cortocircuito

Limitaciones en el despacho convencional. En escenarios de mínima demanda, la integración de generación eólica se enfrenta a restricciones importantes debido al **mínimo técnico de las centrales de ciclo combinado** (que incluyen turbogas y turbinas de vapor). Estas restricciones surgen principalmente por la necesidad de mantener un nivel mínimo de generación convencional, que es crucial para garantizar la estabilidad y seguridad del sistema eléctrico..

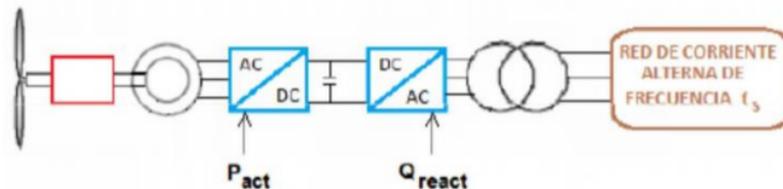


Figura 25 Limitaciones en el Despacho Convencional

En Centrales Solares Termicas , al igual que en centrales Termicas Ciclo Combinado , Ciclo Rankine , se presenta la necesidad de disminuir la inercia de entrada en operación , al respecto , se utilizan modelos de simulación dinámica como el TRNSYS , de la Universidad de Wisconsin , que permiten utilizar indicadores de desempeño técnicos y económicos de la central eléctrica a modelar , la inercia de calentamiento y enfriamiento se modelo de acuerdo a la metodología de capacitancia concentrada , método con el cual es posible realizar el seguimiento de la temperatura del Metal de la turbina, con especial énfasis de los periodos de fuera de servicio , se considera la temperatura y la masa de la turbina concentrada en u solo punto , aplicando los modulos HPT y LPT

Uno de los principales inconvenientes de estas rampas de funcionamiento , es que el rendimiento las turbinas en estos estados transitorios , disminuyen su eficiencia hasta en un 14,6 % . con lo cual se hace necesario el modelar el comportamiento transitorio de la turbina , de acuerdo a las variadas curvas de funcionamiento de inicio de la maquina , las modificaciones necesarias se basan en las cuatro acciones siguientes :

- Calculos Termodinamicos de expansión del vapor , su comportamiento fuera de diseño , curvas de funcionamiento

- Calculos del sellado de vapor , en las prensaestopas de los sellos laberínticos de la turbina
- Calculos de transferencia de calor en los fenómenos transitorios aplicando la ley de Nusselt
- Modelo Termodinámico de elementos finitos (FE) , ⁴¹ para resolver la ecuación de conducción de calor en el metal de la turbina

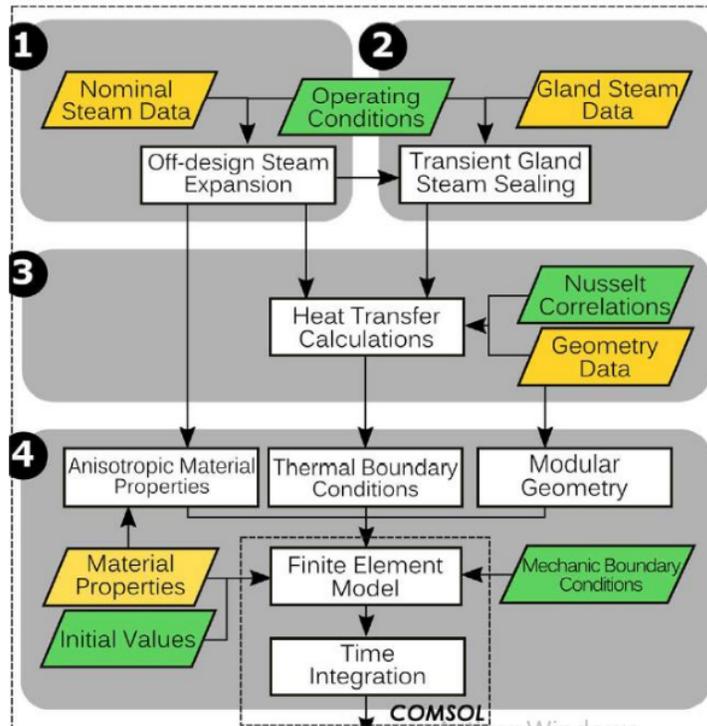


Figura 26 Logica de Escalamiento de Rampas de una Turbina

De acuerdo al siguiente cuadro de variación de parámetros de arranque

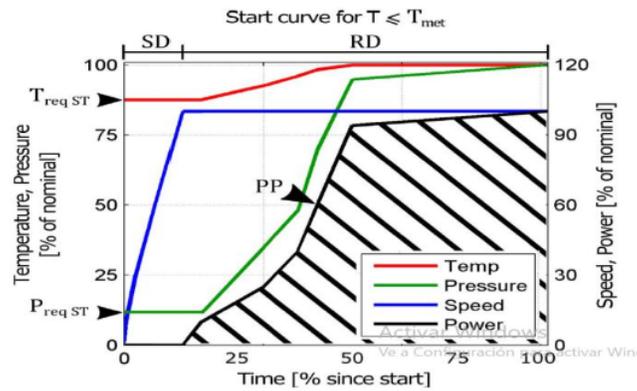


Figura 27 Variacion de los Paramtros de Armque de una Turbina

Con lo cual podemos elaborar el cuadro entre Frecuencia de arranques a la que se ve sometida la maquina y el tiempo de arranque y su respectiva temperatura de arranque

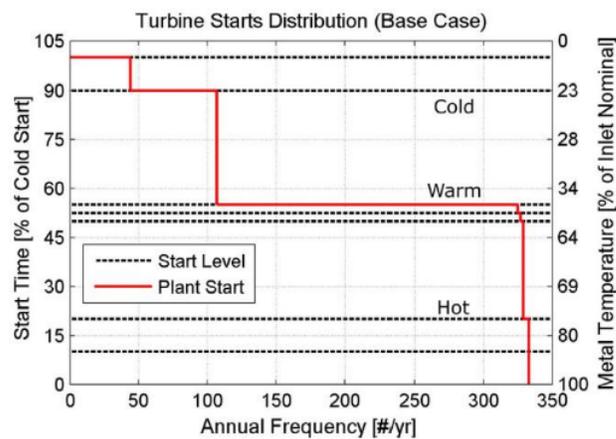


Fig. 5. Annual distribution of turbine starts for the power plant base case and corresponding start curve levels.

Figura 28 Distribucion de Arranques y Temperatura en una Turbina

En cuanto ¹⁸ al aumento de la flexibilidad operativa de las centrales Termicas a Carbon o Gas Natural , existentes en el Sistema Electrico Interconectado , debemos de hacer mención a las siguientes principales acciones :

- Disminuir el estrés Térmico en el cabezal del Sobrecalentador , para que en base de su geometría optimizar el gradiente máximo de temperatura en la rampa , dentro de los márgenes de seguridad
- Disminuir la tasa de aumento alcanzable de los alimentadores de carbón
- Optimizar el sistema de encendido y la dinámica del evaporador

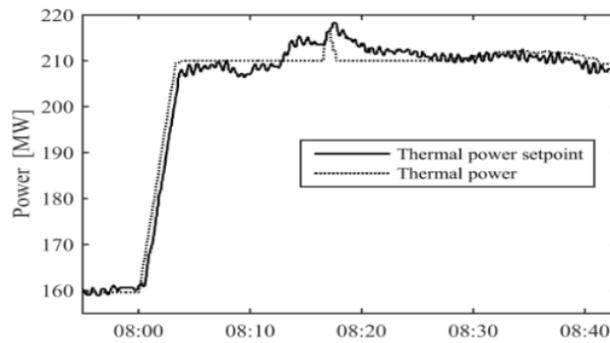


Figura 29 Rampa Termica Puntas vs Rampa Termica

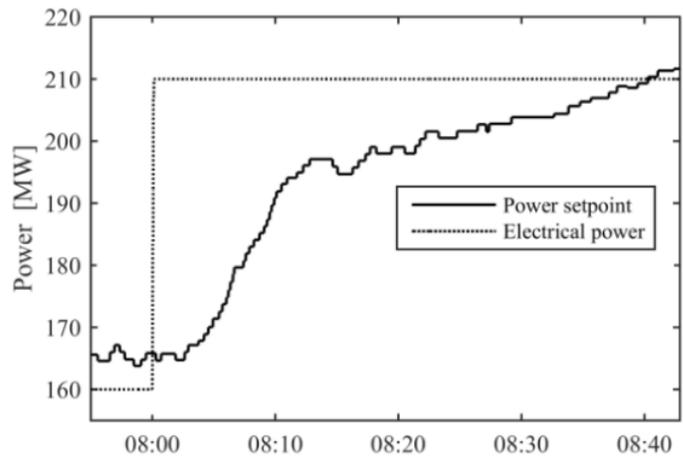


Figura 30 Rampa Termica Vs Rampa Electrica

Se trabaja con la condición que la celeridad máxima de rampa y el numero de ciclos de carga de las plantas térmicas , están limitadas por las tensiones térmicas residuales , la fluencia y fatiga de los aceros de las paredes gruesas de los componentes , los cuellos de botella , pueden variar en función de la instalación , las tasas optimas de rampa que se obtienen son del orden de hasta un 300 % ,

siendo un factor critico de control la calidad del control de temperatura , La modernización del sistema de control ofrece mejoras operativas clave que ayudan a aumentar la flexibilidad operativa, reducir los costos y gestionar las emisiones , al reducir las oscilaciones y las rampas mediante un control más estricto de la planta, las plantas pueden mejorar la eficiencia de las unidades (Producir mas con lo mismo) y obtener ahorros operativos

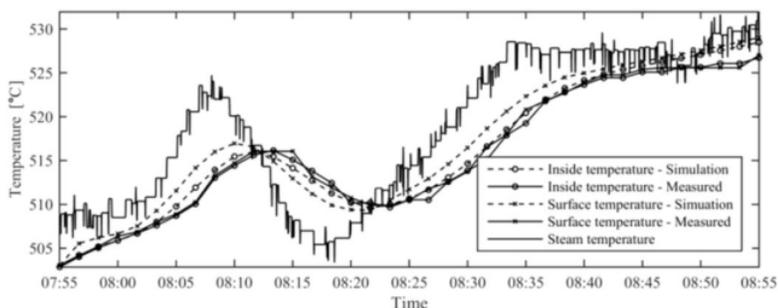


Figura 31 Temperatura en Pared Vs Temperatura de Vapor en Rampa

Se pueden obtener rampas de variación de hasta 3 MW/Minuto , la cual ve alterados los flujos de vapor , por cambios en la presión subordinada , y **la relación entre la potencia eléctrica y la Potencia Termica** , se puede modelar de manera unidimensional la transferencia de calor a través de una pared de tubería dentro de un colector grueso de pared para obtener una buena aproximación de la distribución de temperatura

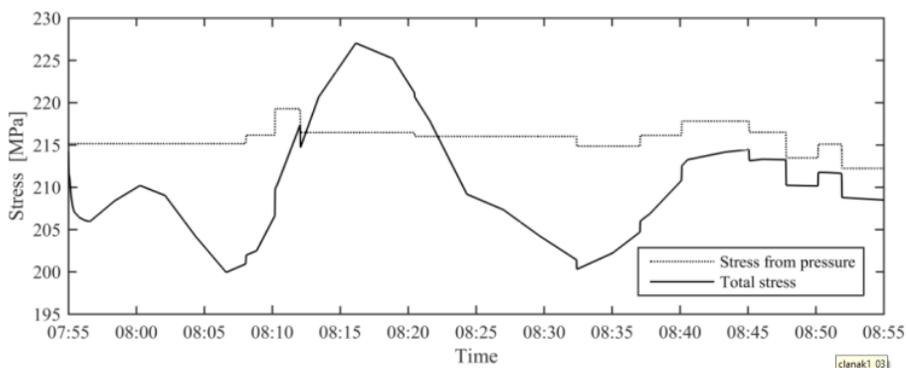


Figura 32 Esfuerzos Totales en Punto Critico

Se llega pues a la conclusión que la rampa de aumento de Potencia por unidad de tiempo depende de la Temperatura de carcasa , que se alcanza y esta esta en función de la resistencia del acero utilizado en la construcción de la carcasa

Llegandose a la conclusión , que se logra mayor flexibilidad con el arranque y la rampa , propia de plantas diseñadas para operaciones cíclicas , lo cual se logro con ligeras modificaciones de hardware , determinados por el uso de modelos matemáticos unidimensionaels simples , que trabajan con niveles de estrés térmicos muy por debajo de los limites de fatiga

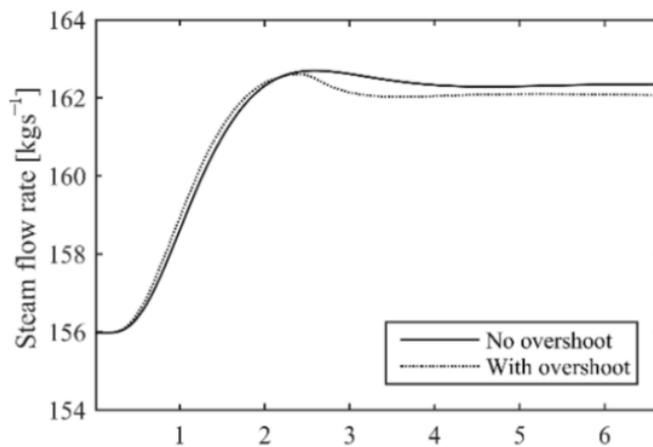


Figura 33 Flujo de Vapor

4.3. Determinar los presupuestos referenciales para mejorar la flexibilidad y la disminución de costos y aumento de ingresos estimados con su implementación.

Se trabajo con información secundaria obtenida enbase a sistemas pilotos , en base a modernas centrales hidroeléctricas , a los cuales se les sometio a rampas de variación de la demanda , en donde se pudo analizar los problemas sucitados de estabilidad , tensión , frecuencia , armónicos , pertubaciones entre otros , de acuerdo a lo siguiente

Se plantearon los siguientes casos base:

Periodo 1 : Enero - Marzo 2019

Finalidad: Evaluar la operación del SEIN considerando una hidrología típica de avenida y demanda proyectada para este periodo.

Con el banco serie de la S.E. Poroma fuera de servicio, las principales consideraciones para este periodo son:

Caso 1A: Indisponibilidad de C.H. Cerro el Águila, unidades UTI5, UTI6, TG8 de C.T. Santa Rosa e indisponibilidad de la línea L-5031 en el mes de marzo de 2019 (Se evalúa del 09 al 12 de marzo de 2019).

Caso 1B: Indisponibilidad de C.T. Fénix, unidad G1 de C.H. Huanza, unidades UTI5, UTI6 de C.T. Santa Rosa e indisponibilidad de las líneas L-5032 y L-5034 en el mes de marzo de 2019 (Se evalúa del 16 al 19 de marzo de 2019).

Periodo 2 : Abril - Junio de 2019

Finalidad: Evaluar la operación del SEIN, considerando hidrología típica de avenida y transición para el estiaje y demanda proyectada para este periodo.

Con el banco serie de la S.E. Poroma fuera de servicio, las principales consideraciones para este periodo son:

Caso 2A: Indisponibilidad de la unidad TV de C.T. Ventanilla, unidad TV de C.T. Kallpa, unidades UTI5, UTI6 de C.T. Santa Rosa e indisponibilidad de la línea L-5032 en el mes de abril de 2019 (Se evalúa del 13 al 16 de abril de 2019).

Caso 2B: Indisponibilidad de la unidad TV de C.T. Kallpa, unidad TGN4 de C.T. Malacas, unidad TG3 de C.T. Chilca 1, unidades UTI5, UTI6 de C.T. Santa Rosa e indisponibilidad de la línea L-5032 en el mes de mayo de 2019 (Se evalúa del 04 al 07 de mayo de 2019)

Periodo 3 : Julio - Setiembre 2019

Finalidad: Evaluar la operación del SEIN considerando una hidrología típica de estiaje y demanda proyectada para este periodo.

Con el banco serie de la S.E. Poroma fuera de servicio, las principales consideraciones para este periodo son:

Caso 3A: Intervención en el Ducto de Gas de TGP, indisponibilidad de la unidad TG3 de C.T. Ventanilla, unidad TG5 de C.T. Malacas y unidad G1 de C.H. Santa Teresa en el mes de agosto de 2019 (Se evalúa del 30 al 31 de agosto de 2019).

Periodo 4 : Octubre - Diciembre de 2019

Finalidad: Evaluar la operación del SEIN, considerando hidrología típica de avenida y transición para la avenida y demanda proyectada para este periodo.

Con el banco serie de la S.E. Poroma fuera de servicio, las principales consideraciones para este periodo son:

Caso 4A: Indisponibilidad de C.T. Fénix, C.T. Recka, unidad TGN4 de C.T. Malacas, e indisponibilidad de la línea L-5033 en el mes de noviembre de 2019 (Se evalúa del 02 al 05 de noviembre de 2019).

Caso 4B: Indisponibilidad de C.T. Termochilca, C.H Charcani 5, unidades UTI5, UTI6 de C.T. Santa Rosa e indisponibilidad de la línea L-5037 en el mes de noviembre de 2018 (Se evalúa del 23 al 26 de noviembre de 2019)

CASOS ANALIZADOS EN EL PROSPECTIVA	Ene - Mar		Abr - Jun		Jul - Set		Oct - Dic	
	Caso 1A	Caso 1B	Caso 2A	Caso 2B	Caso 3A	Caso 4A	Caso 4B	
Indisponibilidad de C.H. Cerro el Águila Indisponibilidad de unidad G1 de C.H. Restitución Indisponibilidad de UTI5 y UTI6 de C.T. Santa Rosa Indisponibilidad de unidad TG8 de C.T. Santa Rosa Indisponibilidad de la Línea L-5031	X							
Indisponibilidad de C.T. Fenix Indisponibilidad de unidad G1 de C.H. Huanza Indisponibilidad de UTI5 y UTI6 de C.T. Santa Rosa Indisponibilidad de la Línea L-5032 Indisponibilidad de la Línea L-5034		X						
Indisponibilidad de TV de C.T. Ventanilla Indisponibilidad de TV de C.T. Kallpa Indisponibilidad de UTI5 y UTI6 de C.T. Santa Rosa Indisponibilidad de TG41 de C.T. Chilca 2 Indisponibilidad de TV42 de C.T. Chilca 2 Indisponibilidad de la Línea L-5032			X					
Indisponibilidad de unidad TGN4 de C.T. Malacas Indisponibilidad de UTI5 y UTI6 de C.T. Santa Rosa Indisponibilidad de TV de C.T. Kallpa Indisponibilidad de unidad TG3 de C.T. Chilca 1 Indisponibilidad de C.T. Ilo 2 Indisponibilidad de la Línea L-5032				X				
Indisponibilidad de ducto de TGP Indisponibilidad de unidad TG3 de C.T. Ventanilla Indisponibilidad de unidad G1 de C.H. Santa Teresa Indisponibilidad de unidad TG6 de C.T. Malacas					X			
Indisponibilidad de unidad TGN4 de C.T. Malacas Indisponibilidad de C.T. Recka Indisponibilidad de C.T. Fenix Indisponibilidad de la Línea L-5033						X		
Indisponibilidad de unidad TG6 de C.T. Malacas Indisponibilidad de C.T. Termochilca Indisponibilidad de C.H Charcani 5 Indisponibilidad de UTI5 y UTI6 de C.T. Santa Rosa Indisponibilidad de la Línea L-5037							X	

Figura 34 Resumen de casos de Generacion

Diagnóstico y análisis de los resultados para el año 2019

Periodo 1: Enero – Marzo de 2019

Caso 1A: Indisponibilidad de C.H. Cerro el Águila, unidades UTI5, UTI6, TG8 de C.T. Santa Rosa e indisponibilidad de la línea L-5031 (Se evalúa del 09 al 12 de marzo de 2019)

Las actividades principales para este caso sería la indisponibilidad de C.H. Cerro el Águila, indisponibilidad de las unidades UT15, UT16 y TG8 de C.T. Santa Rosa e indisponibilidad de la línea L-5031 en el mes de marzo de 2019.

Se muestran los resultados para los días del 09 al 12 de marzo. Los días 09 y 10 representan a un fin de semana típico (sábado y domingo), y los días 11 y 12 representan a los días particulares típicos.

Costos marginales

Los costos marginales en las barras Santa Rosa, Trujillo y Socabaya serían similares en las horas de mínima, media y máxima demanda.



Figura 35 Costos Marginales

Sobrecarga en equipos de transmisión

A continuación, se muestra el flujo por el enlace Centro – Sur, para lo cual se ha considerado los límites establecidos en el presente informe.



Figura 36 Analisis de flujos de potencia

De las simulaciones se puede observar que no se espera problemas de congestión en el enlace Centro - Sur durante la indisponibilidad de la línea L-5031. A continuación, se muestra el flujo de la línea L-5031 (Colcabamba - Poroma), el cual se observa que se encuentra en 250 MW en promedio.

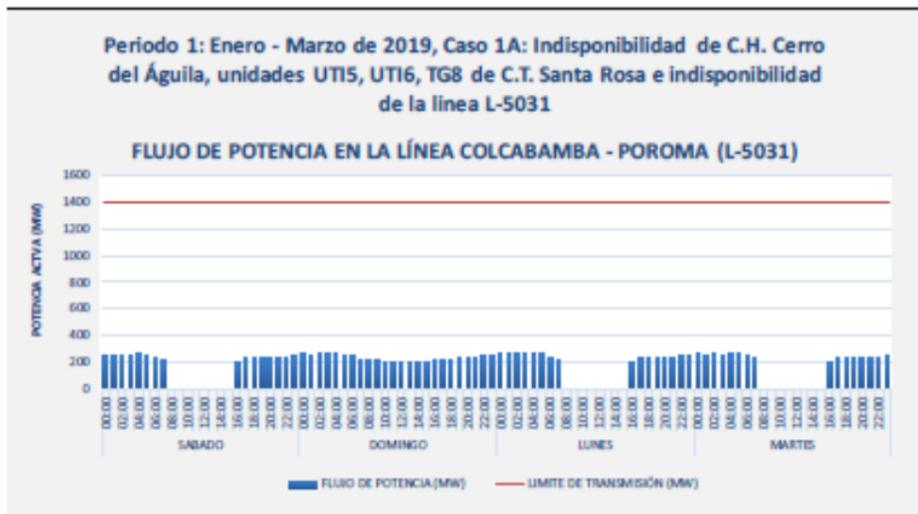


Figura 37 Flujo de potencia por la línea L 5031

Reserva Fría

En condiciones normales de operación, la reserva fría en el SEIN ³⁴ para los meses de enero, febrero y marzo de 2019 se encontraría muy superior al 10 % de la

máxima demanda. A continuación, se muestra la reserva fría en el SEIN para los meses mencionados:



Figura 38 Analisis de la reserva fría

Análisis Eléctrico en Estado Estacionario

A continuación, se muestran las tensiones en las principales barras de 220 kV y 500 kV del SEIN para el periodo bajo análisis. El perfil de tensiones de 220 kV muestra que estas se encontrarían dentro de las tolerancias establecidas por la NTCSE.

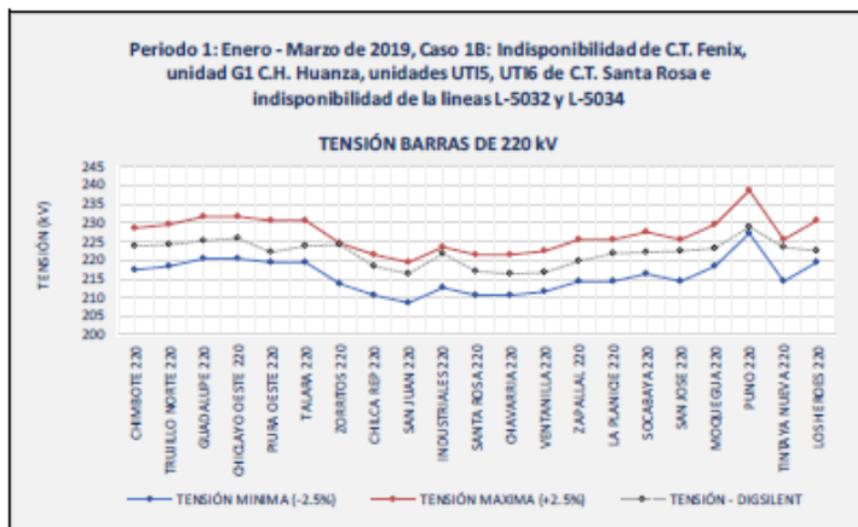


Figura 39 Analisis Electrico estacionario

Excedentes de exportación

La magnitud de carga a exportar a Ecuador según la disponibilidad de las unidades de C.T. Malacas, ¹³ de las líneas de transmisión en la zona, de los equipos de compensación reactiva, están indicados en las siguientes tablas:

Condición Hidrológica	Carga de Ecuador en Perú (Malacas TGN4 o TG5)		
	Demanda Máxima	Demanda Media	Demanda Mínima
	[MW]	[MW]	[MW]
Avenida	Compensación de la L/T Milagro Machala 135 km transferida hacia Perú		
	55	60	70
Estiaje	Compensación de la L/T Milagro Machala 135 km + L/T Machala - Minas San Francisco 60 km transferida hacia Perú		
	60	65	70

Figura 40 Exportacion de electricidad al Ecuador

Tabla 4.4: Exportación a Ecuador con unidad TG6 de C.T. Malacas

Condición Hidrológica	Carga de Ecuador en Perú (Malacas TG6)		
	Demanda Máxima	Demanda Media	Demanda Mínima
	[MW]	[MW]	[MW]
Avenida	Compensación de la L/T Milagro Machala 135 km + L/T Machala - Minas San Francisco 60 km transferida hacia Perú		
	50	55	60
Estiaje	Compensación de la L/T Milagro Machala 135 km + L/T Machala - Minas San Francisco 60 km transferida hacia Perú		
	55	55	60

Figura 41 Exportacion de Electricidad al Ecuador . TG 6

En cuanto a consumo de combustible , tenemos :

A continuación, se muestra el consumo previsto de combustible diésel para los tres escenarios analizados.

Es importante observar que, en los tres escenarios la C.T. Puerto Bravo despacharía prácticamente a plena carga. Asimismo, se observa que las centrales térmicas duales (C.T. Ventanilla, C.T. Santa Rosa y C.T. Fénix) despacharían en

menor medida debido a las restricciones del volumen de sus tanques de combustible y su capacidad de reaprovisionamiento.

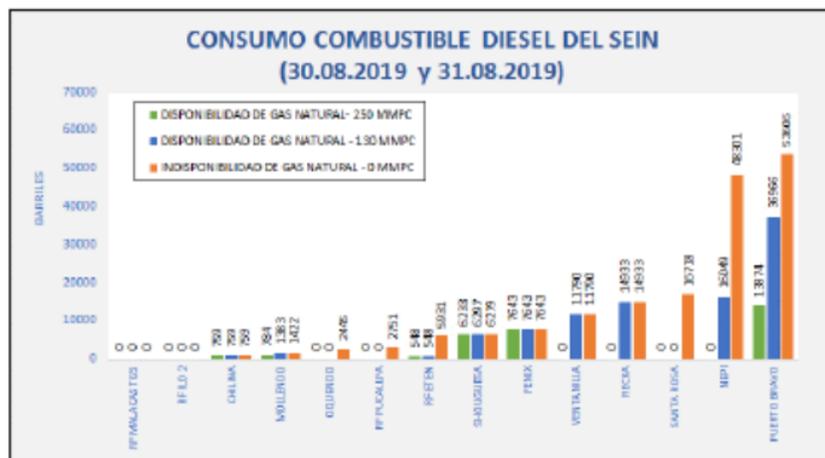


Figura 42 Consumo de Combustible del SEIN

4.4. Realizar el análisis de viabilidad Económica – Financiera de las mejoras a efectuar , tanto a criterios Privados , como a criterios sociales

La mejora de la variabilidad de los sistemas interconectados en el Peru , permitio obtener en base a la misma inversión adicional o marginal , el obtener mayores niveles de producción eléctrica , o dicho de otra manera obtener mayores ingresos , por lo que analizaremos la viabilidad económica de la optimización de la variabilidad , con el análisis de la inversión y rentabilidad a un modulo de **1,000 MVA** , considerando las inversiones necesarias para mejorar la variabilidad , los aumentos de ingresos logrados por esta mejora de variabilidad , por lo que optaremos por elaborar un presupuesto de inversión necesario , determinaremos los niveles de utilidad o ingresos adicionales , que se pueden obtener , a lo cual determinaremos el calculo de la vida útil económica del proyecto materia del presente trabajo de investigación , así como la tasa de descuento que se utilizara , para después determinar los indicadores de viabilidad económica financiera del proyecto , indicadores que sn el VAN y el TIR

El Presupuesto de inversión para aumentar la confiabilidad de un modulo de 1,000 Mw , son las siguientes :

PRESUPUESTO DE OPTIMIZACION DE LA VARIABILIDAD DEL SISTEMA INTERCONECTADO A NIVEL 1000 MVA				
ITEM	DESCRIPCION	P.UNITARIO	P.PARCIAL	P. TOTAL
01	Mejoramiento de los Parametros de arranque	35'000,000	35'000,000	
02	Mejoramiento de la flexibilidad del Sistema	25,000,000	25'000,000	
03	Optimizacion de los procesos de Recarga	20,000,000	20,000,000	
04	Disminucion de la indisponibilidad	15,000,000	15,000,000	
TOTAL DEL COSTO DIRECTO				95'000,000
GASTOS GENERALES Y UTILIDAD				19'000,000
IGV + IPM				20'520,000
PRECIO TOTAL				134'520,000

Tabla 1 Presupuesto Modular de variabilidad

A esta inversión inicial por modulo de 1,000 MVA , la tenemos que comparar contra , los mayores ingresos , obtenidos por año de operación , es decir la mayor sincronización de las diferentes , maquinas del sistema interconectado , permite , entregar mas energía y potencia al sistema , recibiendo una lógica mayor retribución al respecto , lo cual lo pasamos a sintetizar en cuadro adjunto

Año	Ingresos Energia	Ingresos Potencia	Ingresos Totales
2021	14'000,000	2'500,000	16'500,000
2022	14'000,000	2'500,000	16'500,000
2023	14'000,000	2'500,000	16'500,000
2024	14'000,000	2'500,000	16'500,000
2025	14'000,000	2'500,000	16'500,000
2026	14'000,000	2'500,000	16'500,000
2027	14'000,000	2'500,000	16'500,000
2028	14'000,000	2'500,000	16'500,000
2029	14'000,000	2'500,000	16'500,000
2030	14'000,000	2'500,000	16'500,000

Tabla 2. Ingresos por Potencia y Energia Modular

Estos valores no son determinísticos , por lo trabajaremos en distintos escenarios , escenario conservador , escenario realista y escenario optimista , lo cual nos deja valores de los ingresos , en rangos de 15 a 18 Millones US \$ al año , que procederemos posteriormente a analizar

Para determinar los principales criterios , con los cuales descontaremos , estos flujos de fondos , debemos de indicar , que utilizaremos el criterio de la tasa total de descuento , determinado por :

$$\text{Tasa Total} = \text{Tasa libre de riesgo} + \text{Tasa riesgo Pais} + \text{tasa riesgo Negocio}$$

Los componentes de estas tasas responden a los siguientes criterios :

Tasa libre de riesgo ²⁸, es la que resulta de la interacción entre la oferta y la demanda, y que únicamente responde a las condiciones de cantidad de oferta y demanda de masa monetaria ⁵², se expresa por la tasa de interés que paga una inversión muy sólida, como los bonos de la reserva federal del tesoro de los EE.UU., esta se publica todos los días en internet, razón por la que la colocamos en la figura siguiente:

Fecha	1 Mes	2 Meses	3 Meses	6 Meses	1 Año	2 Años	3 Años	5 Años	7 Años	10 Años	20 Años	30 Años
02/11/20	0,09	0,09	0,09	0,11	0,13	0,16	0,20	0,38	0,63	0,87	1,41	1,63
03/11/20	0,09	0,10	0,10	0,12	0,14	0,17	0,21	0,39	0,65	0,90	1,44	1,66
04/11/20	0,08	0,09	0,10	0,10	0,12	0,14	0,18	0,33	0,55	0,78	1,33	1,55
05/11/20	0,09	0,10	0,10	0,10	0,12	0,14	0,18	0,33	0,56	0,79	1,32	1,54
06/11/20	0,10	0,10	0,10	0,11	0,12	0,16	0,21	0,36	0,59	0,83	1,37	1,60
09/11/20	0,10	0,10	0,11	0,11	0,12	0,17	0,25	0,44	0,70	0,96	1,51	1,73
10/11/20	0,09	0,09	0,10	0,11	0,12	0,19	0,26	0,46	0,72	0,98	1,53	1,75
12/11/20	0,10	0,11	0,10	0,10	0,13	0,17	0,23	0,40	0,64	0,88	1,42	1,64
13/11/20	0,10	0,09	0,09	0,10	0,12	0,17	0,23	0,41	0,65	0,89	1,43	1,65
16/11/20	0,09	0,10	0,09	0,12	0,12	0,19	0,24	0,41	0,66	0,91	1,44	1,66
17/11/20	0,08	0,08	0,09	0,10	0,12	0,18	0,22	0,39	0,63	0,87	1,40	1,62
18/11/20	0,07	0,09	0,09	0,10	0,11	0,16	0,22	0,40	0,64	0,88	1,42	1,62
19/11/20	0,08	0,08	0,07	0,10	0,11	0,18	0,22	0,39	0,63	0,86	1,38	1,58
20/11/20	0,09	0,09	0,07	0,10	0,11	0,16	0,21	0,38	0,62	0,83	1,33	1,53
23/11/20	0,08	0,08	0,08	0,08	0,10	0,16	0,22	0,39	0,64	0,86	1,36	1,56

Figura 43 Tasas correspondientes Mes de Noviembre 2020

En cuanto a los riesgos de cambio, de disponibilidad de divisas, libertad de transferencias electrónicas, debemos tener en cuenta ², que son proporcionadas por las agencias calificadoras de riesgo, de donde podemos resaltar lo siguiente en la figura explicativa adjunta:

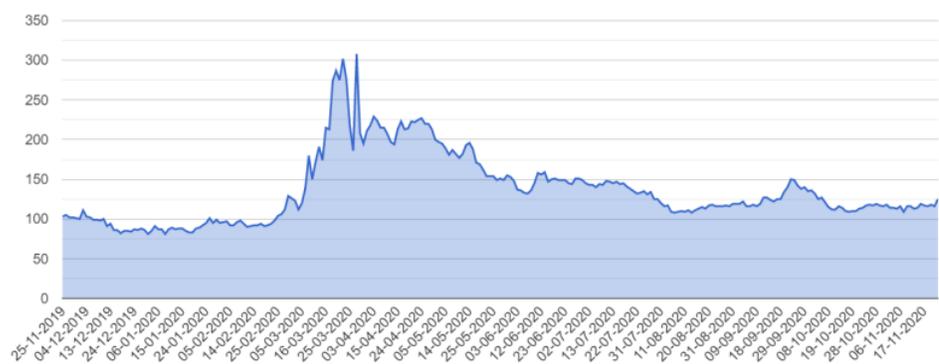


Figura 44 Tasas ¹ de interés riesgo País

Para finalmente considerar los riesgos de una determinada línea de negocio , con todas las particularidades que tiene , que se ve a nivel de tipo de negocio

Industry Name	Number of firms	Beta	D/E Ratio
Advertising	40	1.15	73.87%
Aerospace/Defense	87	1.08	18.46%
Air Transport	17	1.01	71.00%
Apparel	51	1.02	34.18%
Auto & Truck	18	1.20	148.09%
Auto Parts	62	1.04	28.30%
Bank (Money Center)	11	0.64	157.26%
Banks (Regional)	612	0.50	58.68%
Beverage (Alcoholic)	28	1.33	26.14%
Beverage (Soft)	35	0.70	23.06%
Broadcasting	27	1.12	112.17%
Brokerage & Investment Banking	42	1.24	219.92%
Building Materials	39	1.11	21.46%
Business & Consumer Services	169	1.17	27.44%

Figura 45 Tasas de interes riesgo Negocio

2 Con lo cual podemos elaborar el siguiente flujo de caja proyectado , para determinar los valores del VAN y del TIR

FLUJO DE CAJA										
ITEMAÑO	2021	2022	2023	2024	2025	2026	2027	2028	2029	2030
S. INICIAL C.J.	450	18.300	36.201	54.155	72.164	90.229	108.353	126.539	144.787	163.102
VENTAS	16.500	16.500	16.500	16.500	16.500	16.500	16.500	16.500	16.500	16.500
OTROS ING.	1.500	1.554	1.609	1.666	1.726	1.788	1.851	1.917	1.986	2.057
PRESTAMO	134.520									
S.DISPONIBL	152.970	36.354	54.310	72.321	90.389	108.517	126.705	144.956	163.273	181.659
EGRESOS										
MAT. PRIMA	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
MATERIALES	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
MANO OBRA	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
COMPRA EDI	134.520									
TOTAL EGRE	134.520	0	0	0	0	0	0	0	0	0
IMPUESTOS	150	153	155	158	160	163	166	169	172	175
TOTAL + IMF	134.670	153	155	158	160	163	166	169	172	175
S. FINAL	18.300	36.201	54.155	72.164	90.229	108.353	126.539	144.787	163.102	181.484

PERDIDAS Y GANANCIAS										
ITEMAÑO	2021	2022	2023	2024	2025	2026	2027	2028	2029	2030
VENTAS	16.500	16.500	16.500	16.500	16.500	16.500	16.500	16.500	16.500	16.500
OTROS ING.	1.500	1.554	1.609	1.666	1.726	1.788	1.851	1.917	1.986	2.057
TOTAL ING	18.000	18.054	18.109	18.166	18.226	18.288	18.351	18.417	18.486	18.557
EGRESOS										
MAT. PRIMA	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
MATERIALES	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
MANO OBRA	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
IMPUESTOS	150	153	155	158	160	163	166	169	172	175
TOTAL EGR	150	153	155	158	160	163	166	169	172	175
UTILIDAD	17.850	17.901	17.954	18.009	18.065	18.124	18.185	18.249	18.314	18.382
-134.520	17.850	17.901	17.954	18.009	18.065	18.124	18.185	18.249	18.314	18.382
VAN	46.514									
TIR	6%									

De donde se establece un VAN igual a 46,514,000 y una TIR del 6 %

V. DISCUSIÓN

En la actualidad vivimos , un cambio de matriz energética , que trae como ventajas notables ganancias ambientales , como ⁶⁰ la disminución de gases efecto invernadero , la disminución de emisión de NOx , SOx entre otros gases contaminantes , llegando hasta los furanos y alcanos , pero en cambio aparecen fuentes energéticas de alta variabilidad , tales como la energía eólica , que tienen variabilidad horaria , variabilidad de intensidad y dirección , salidas inesperadas por máxima o mínima velocidad del viento , entre otros , las fuentes solares y fotovoltaicas , también aportan un alto grado de variabilidad , en cuantos a horas de sol , intensidad de la radiación solar , esto aunado a una demanda variable , orientada a nuevos bloques horarios , determina que sea bastante mas complicado el manejo de la estabilidad de acoples , estabilidad de tensión , ausencia de perturbaciones como los Flickers , entre otros , por lo que es necesario invertir en sistemas que permitan controlar los efectos adversos de la variabilidad de los parámetros eléctricos

En Cuanto al ¹¹ Sistema Interconectado Nacional Chileno , en el año 2017 , se interconecto el Sistema Interconectado Central (SIC) , con el Sistema Interconectado del Norte Grande (SING) , con una capacidad instalada a Noviembre del 2019 de 25,248 Mw (48.3 % debido a fuentes Renovables y 51,7 % a fuentes Termicas) , quedando a la fecha dos sistemas eléctricos aislados , localizados al Extremo Sur del Pais , los sistemas ⁶ de Aysen (SEA) , con una ⁶ capacidad de 62 MW y el Sistema de Magallanes (SEM) , con una capacidad instalada neta de 104 MW

En cuanto a las Centrales Solares , estas son de dos tipos , las centrales Fotovoltaicas – se basan en la utilización masiva de paneles que utilizan el efecto fotovoltaico para la generación de Electricidad y las Centrales de calentadores solares , que utilizan colectores térmicos con fluidos tales como aceite , sales , dióxido de carbono , mediante ciclos termodinámicos y colectores concentradores que utilizan espejos que enfocan un recipiente que contiene liquido , destacan las torres concentradoras , colector o platos parabólicos y reflector fresnel Linea

En cuanto a las energías Eolicas existentes en los Sistemas Electricos Peruanos , debemos de tener en cuenta , que estas se clasifican de acuerdo al criterio de la orientación de las turbinas (en ¹⁹ de eje Horizontal y de eje Vertical) , de acuerdo a

las características de la instalación (En tierra y en el Mar) y de conectividad (On Grid / Off Grid) , las principales diferencias son :

- Aereogeneradores con Turbinas de eje Horizontal , son usualmente de tres aspas y tienen alturas equivalentes a edificios de 30 a 40 Pisos
- Aerogeneradores con turbinas de eje Vertical , es decir eje de rotación perpendicular al suelo , se clasifican por la forma de la turbina , en Turbinas Darrieus (2 a 3 Arcos) , panemonas (4 o mas semicírculos) y Sabonius (2 o mas filas de semicilindros)

En cuanto al aumento de la flexibilidad operativa de las centrales Termicas a Carbon o Gas Natural , existentes en el Sistema Electrico Interconectado , debemos de hacer mención a las siguientes principales acciones :

Tambien es necesario analizar las variabilidades que traen la interconexión a gran escala de los parques eólicos on grid (Tanto los on Shore , como los off Shore) y los parques solares (Tanto los fotovoltaicos , como los Termicos solares) , debido a su compormiento transitorio de los sistemas de energía , no realizar detallados análisis y estudios de interconexión (como el que se dio con la LT Mantaro – Cotaruse – Socabaya y mas recientemente con la interconeccion del Sistema Interconectado Nacional y el Sistema Norte Grande en Chile , es pues hora de no seguir permitiendo los modelos de caja negra de los fabricantes de equipo , si no ha estudios que tomen en cuenta los detalles de fabricación y puesta en operación , se necesitan realizar estudios con la aplicación del Power Plant Controller (PPC) , que controla las potencias activas y reactivas en el Punto de Interconexion (POI) y que además de funcionar en modo de control de voltaje o factor de potencia , determina que modificaciones de deben realizar a las centrales Eolicas y Termicas Peruanas , para optimizar la variabilidad y funcionamiento del sistema

En cuanto a la determinación de las variaciones , en los parques eólicos y solares estos que integran las turbinas o células fotovoltaicas , el convertidor , el transformador elevador , la red de colectores , el controlador de la planta de energía (PPC) y el transformador del Parque , deben se remodelados con el muestreo y filtrado de medidas , los bucles de control de la regulación se implementan en el marco de la referencia DQ0 , que permite la optimización del control desacoplado de la potencia activa y reactiva , mejores valores se obtienen con los bucles lentos

y rápidos , siendo la misión del primero el cálculo de los valores de referencia actuales , mientras que el segundo genera las referencias de voltaje CA

Finalidad: Evaluar la operación del SEIN considerando una hidrología típica de avenida y demanda proyectada para este periodo.

Con el banco serie de la S.E. Poroma fuera de servicio, las principales consideraciones para este periodo son:

Caso 1A: Indisponibilidad de C.H. Cerro el Águila, unidades UT15, UT16, TG8 de C.T. Santa Rosa e indisponibilidad de la línea L-5031 en el mes de marzo de 2019 (Se evalúa del 09 al 12 de marzo de 2019).

Caso 1B: Indisponibilidad de C.T. Fénix, unidad G1 de C.H. Huanza, unidades UT15, UT16 de C.T. Santa Rosa e indisponibilidad de las líneas L-5032 y L-5034 en el mes de marzo de 2019 (Se evalúa del 16 al 19 de marzo de 2019).

Periodo 2 : Abril - Junio de 2019

Finalidad: Evaluar la operación del SEIN, considerando hidrología típica de avenida y transición para el estiaje y demanda proyectada para este periodo.

Con el banco serie de la S.E. Poroma fuera de servicio, las principales consideraciones para este periodo son:

Caso 2A: Indisponibilidad de la unidad TV de C.T. Ventanilla, unidad TV de C.T. Kallpa, unidades UT15, UT16 de C.T. Santa Rosa e indisponibilidad de la línea L-5032 en el mes de abril de 2019 (Se evalúa del 13 al 16 de abril de 2019).

Caso 2B: Indisponibilidad de la unidad TV de C.T. Kallpa, unidad TGN4 de C.T. Malacas, unidad TG3 de C.T. Chilca 1, unidades UT15, UT16 de C.T. Santa Rosa e indisponibilidad de la línea L-5032 en el mes de mayo de 2019 (Se evalúa del 04 al 07 de mayo de 2019)

Periodo 3 : Julio - Setiembre 2019

Finalidad: Evaluar la operación del SEIN considerando una hidrología típica de estiaje y demanda proyectada para este periodo.

Con el banco serie de la S.E. Poroma fuera de servicio, las principales consideraciones para este periodo son:

Caso 3A: Intervención en el Ducto de Gas de TGP, indisponibilidad de la unidad TG3 de C.T. Ventanilla, unidad TG5 de C.T. Malacas y unidad G1 de C.H. Santa Teresa en el mes de agosto de 2019 (Se evalúa del 30 al 31 de agosto de 2019).

Disminuir el estrés Térmico en el cabezal del Sobrecalentador , para que en base de su geometría optimizar el gradiente máximo de temperatura en la rampa , dentro de los márgenes de seguridad. Disminuir la tasa de aumento alcanzable de los alimentadores de carbón y optimizar el sistema de encendido y la dinámica del evaporador

La mejora de la variabilidad de los sistemas interconectados en el Perú , permitio obtener en base a la misma inversión adicional o marginal , el obtener mayores niveles de producción eléctrica , o dicho de otra manera obtener mayores ingresos , por lo que analizaremos la viabilidad económica de la optimización de la variabilidad , con el análisis de la inversión y rentabilidad a un modulo de **1,000 MVA** , considerando las inversiones necesarias para mejorar la variabilidad , los aumentos de ingresos logrados por esta mejora de variabilidad , por lo que optaremos por elaborar un presupuesto de inversión necesario , determinaremos los niveles de utilidad o ingresos adicionales , que se pueden obtener , a lo cual determinaremos el calculo de la vida útil económica del proyecto materia del presente trabajo de investigación , así como ¹⁰ la tasa de descuento que se utilizara , para después determinar los indicadores de viabilidad económica financiera del proyecto , indicadores que son el VAN y el TIR

Se trabaja con la condición que la celeridad máxima de rampa y el numero de ciclos de carga de las plantas térmicas , están limitadas por las tensiones térmicas residuales , la fluencia y fatiga de los aceros de las paredes gruesas de los componentes , los cuellos de botella , pueden variar en función de la instalación , las tasas optimas de rampa que se obtienen son del orden de hasta un 300 % , siendo un factor critico de control la calidad del control de temperatura

1

VI. CONCLUSIONES

De acuerdo a los objetivos podemos decir que las conclusiones del presente trabajo de investigación son :

Uno :Con relación al primer objetivo , las Centrales Solares , estas son de dos tipos , las centrales Fotovoltaicas – se basan en la utilización masiva de paneles que utilizan el efecto fotovoltaico para la generación de Electricidad y las Centrales de calentadores solares , que utilizan colectores térmicos con fluidos tales como aceite , sales , dióxido de carbón , mediante ciclos termodinámicos y colectores concentradores que utilizan espejos que enfocan un recipiente que contiene líquido

, destacan las torres concentradoras , colector o platos parabólicos y reflector fresnel Linea

2 Dos :En cuanto al segundo objetivo , debemos de mencionar que , se analizo el caso de la flexibilidad necesaria de agregar via cambios , en una planta de concentración solar , del tipo torre con alta ganancia de eficiencia por aumento de la concentración , con alta temperatura de funcionamiento , sin considerar la integración de almacenamiento , lo cual agudiza la variabilidad propia de la naturaleza fluctuante del suministro solar , lo cual llega a ocasionar multiples puestas en marcha durante un periodo de un dia , la idea es lograr tiempos de puesta en marcha mas rapidos , para aprovechar la energía solar lo antes posible , la velocidad de arranque esta limitada por la inercia térmica térmica , de la turbina a vapor.

1 Tres En cuanto al tercer objetivo debemos de indicar , que se trabaja , con la condición que la celeridad máxima de rampa y el numero de ciclos de carga de las plantas térmicas , están limitadas por las tensiones térmicas residuales , la fluencia y fatiga de los aceros de las paredes gruesas de los componentes , los cuellos de botella , pueden variar en función de la instalación , las tasas optimas de rampa que se obtienen son del orden de hasta un 300 % , siendo un factor critico de control la calidad del control de temperatura , La modernización del sistema de control ofrece mejoras operativas clave que ayudan a aumentar la flexibilidad operativa, reducir los costos y gestionar las emisiones , al reducir las oscilaciones y las rampas mediante un control más estricto de la planta, las plantas pueden mejorar la eficiencia de las unidades (Producir mas con lo mismo) y obtener ahorros operativos

Cuatro :En cuanto al cuarto y ultimo objetivo , debemos de indicar , que La mejora de la variabilidad de los sistemas interconectados en el Peru , permite obtener en base a la misma inversión adicional o marginal , el obtener mayores niveles de producción eléctrica , o dicho de otra manera obtener mayores ingresos , por lo que analizaremos la viabilidad económica de la optimización de la variabilidad , con el análisis de la inversión y rentabilidad a un modulo de **1,000 MVA** , considerando las inversiones necesarias para mejorar la variabilidad , los aumentos de ingresos logrados por esta mejora de variabilidad , por lo que optaremos por elaborar un presupuesto de inversión necesario , determinaremos los niveles de utilidad o

ingresos adicionales , que se pueden obtener , a lo cual determinaremos el calculo de la vida útil económica del proyecto materia del presente trabajo de investigación , asi como ¹⁰ la tasa de descuento que se utilizara , para después determinar los indicadores de viabilidad económica financiera del proyecto , indicadores que sn el VAN y el TIR

VII. RECOMENDACIONES

La principal recomendación , es que este estudio conceptual , debe ser ampliado a otros escenarios específicos , para de esta manera mejorar la eficiencia del sistema interconectado nacional

ANALISIS Y CALCULO DE LA FLEXIBILIDAD DEL SISTEMA ELECTRICO INTERCONECTADO , PROSPECTIVAS DE MEJORAS

INFORME DE ORIGINALIDAD

22%

INDICE DE SIMILITUD

20%

FUENTES DE INTERNET

3%

PUBLICACIONES

6%

TRABAJOS DEL ESTUDIANTE

FUENTES PRIMARIAS

1	repositorio.ucv.edu.pe Fuente de Internet	7%
2	hdl.handle.net Fuente de Internet	4%
3	www.minem.gob.pe Fuente de Internet	2%
4	www.slideshare.net Fuente de Internet	1%
5	Submitted to Universidad Cesar Vallejo Trabajo del estudiante	1%
6	Submitted to UNIBA Trabajo del estudiante	1%
7	generadoras.cl Fuente de Internet	1%
8	Submitted to Universidad Politecnica Salesiana del Ecuador Trabajo del estudiante	<1%

9	Submitted to Universidad Nacional del Centro del Peru Trabajo del estudiante	<1 %
10	es.slideshare.net Fuente de Internet	<1 %
11	documentop.com Fuente de Internet	<1 %
12	www.coursehero.com Fuente de Internet	<1 %
13	Ortiz Escobedo, Mariela del Carmen Paredes Delgado, Johnny Gonzalo Romero Vittorino, Gina Paola Sanchez Fustamante, Mayra Ibeth. "Plan estrategico del sector electrico.", Pontificia Universidad Catolica del Peru - CENTRUM Catolica (Peru), 2020 Publicación	<1 %
14	www.semana.com Fuente de Internet	<1 %
15	baixardoc.com Fuente de Internet	<1 %
16	Submitted to unsaac Trabajo del estudiante	<1 %
17	Butron Fernandez, Cesar Octavio Orlando Cerida Apolaya, Americo Concepcion. "Propuesta de un marco regulatorio que incentive las inversiones	<1 %

eficientes en generacion electrica en el Peru.",
Pontificia Universidad Catolica del Peru -
CENTRUM Catolica (Peru), 2021

Publicación

18

" Spanish Abstracts Volume 20, Number 5 ",
Journal of Industrial Ecology, 2016

Publicación

<1 %

19

www.iter.es

Fuente de Internet

<1 %

20

www.monografias.com

Fuente de Internet

<1 %

21

Submitted to unach

Trabajo del estudiante

<1 %

22

Caceres Chavez, Martin Alexis | Gutierrez
Zambrano, Javier Hugo | Flores Rodriguez,
David Oswaldo. "Gestion de la calidad en las
empresas de transmision de energia electrica
en el Peru", Pontificia Universidad Catolica del
Peru - CENTRUM Catolica (Peru), 2021

Publicación

<1 %

23

Submitted to Pontificia Universidad Catolica
del Peru

Trabajo del estudiante

<1 %

24

Submitted to Universidad Católica de Santa
María

Trabajo del estudiante

<1 %

25	Fuente de Internet	<1 %
26	funtener.org Fuente de Internet	<1 %
27	paris2015cop21.org Fuente de Internet	<1 %
28	blog.bitso.com Fuente de Internet	<1 %
29	capital-riesgo.es Fuente de Internet	<1 %
30	noticias.eluniversal.com Fuente de Internet	<1 %
31	repositorio.unican.es Fuente de Internet	<1 %
32	sinergia.dnp.gov.co Fuente de Internet	<1 %
33	worldwidescience.org Fuente de Internet	<1 %
34	www.dane.gov.co Fuente de Internet	<1 %
35	www.meteorologia.com.uy Fuente de Internet	<1 %
36	Alexander Galetovic, Cristián M. Muñoz. "Carbón versus viento. Los costos de generar	<1 %

electricidad incluyendo las externalidades ambientales", El Trimestre Económico, 2011

Publicación

37	a4iu.blogsome.com Fuente de Internet	<1 %
38	portal.amelica.org Fuente de Internet	<1 %
39	redaccionlecturas.blogspot.com Fuente de Internet	<1 %
40	sustainableearth.com Fuente de Internet	<1 %
41	tam.mech.northwestern.edu Fuente de Internet	<1 %
42	www.barrons.com Fuente de Internet	<1 %
43	www.cepchile.cl Fuente de Internet	<1 %
44	www.pactomundial.org Fuente de Internet	<1 %
45	www.radiohc.cu Fuente de Internet	<1 %
46	www.sela.org Fuente de Internet	<1 %

47 Gutierrez Murga, Abraham Emiliano | Celis Castro, Alexander | Gutierrez Murga, Julio Leonid | Torres Siguenas, Lesly Liliana. "Plan estrategico del sistema de generacion termica de electricidad en el Peru.", Pontificia Universidad Catolica del Peru - CENTRUM Catolica (Peru), 2021
Publicación <1 %

48 anes.org.mx
Fuente de Internet <1 %

49 cicy.repositorioinstitucional.mx
Fuente de Internet <1 %

50 iucn.org
Fuente de Internet <1 %

51 mises.org
Fuente de Internet <1 %

52 www.clubensayos.com
Fuente de Internet <1 %

53 www.enel.cl
Fuente de Internet <1 %

54 www.mona.uwi.edu
Fuente de Internet <1 %

55 www.nxtbook.com
Fuente de Internet <1 %

56 www.scielo.org.mx

57

www.tib.eu

Fuente de Internet

<1 %

58

CESEL S A. "PMA de la Central Térmica Tablazo Colán - Piura a Gas Natural-IGA0002103", R.D. N° 121-2011-MEM/AAE, 2020

Publicación

<1 %

59

Airalde Soria, Jose Martin | Alban Contreras, Jorge Luis | Namuche Maldonado, Jose Luis. "Plan Estrategico de Generacion Hidroenergetica en la Region Piura.", Pontificia Universidad Catolica del Peru - CENTRUM Catolica (Peru), 2020

Publicación

<1 %

60

Ángel Valentín Mercedes García. "Metodología de análisis para la mejora de los indicadores de sostenibilidad en las redes de distribución presurizadas mediante el uso de sistemas híbridos", Universitat Politecnica de Valencia, 2023

Publicación

<1 %

