



PERÚ

Ministerio
del Ambiente



PERÚ

Ministerio de
Energía y Minas

EVALUACIÓN DE LA VULNERABILIDAD Y ADAPTACIÓN EN EL SECTOR ELECTRICIDAD

(página reservada para registros de publicación)

1 INTRODUCCIÓN

El presente el documento **“Evaluación de la Vulnerabilidad y Adaptación en el Sector Electricidad”** incluye información de diagnóstico y de pronóstico relativa a la Vulnerabilidad, y la política y las Medidas de Adaptación del sector, es presentado a las Partes Interesadas a fin de coadyuvar al desarrollo del mismo de cara al cambio climático futuro.

Este documento es un producto final del “Convenio Específico de Cooperación Interinstitucional” suscrito en mayo de 2007 entre el Ministerio del Ambiente (MINAM) y el Ministerio de Energía y Minas (MEM) cuyo fin es coadyuvar a alcanzar los resultados y los objetivos de la “Agenda Ambiental Nacional” y la “Estrategia Nacional de Cambio Climático”, así también se enmarca en la ‘Segunda Comunicación Nacional de Perú’ a la ‘Convención Marco de las Naciones Unidas sobre Cambio Climático’ (CMNUCC).

Este documento se sustenta en informes de estudios preparados con las unidades de medida de las magnitudes físicas, los números y las fechas en la forma normada por Ley 23560 ‘Sistema Legal de Unidades de Medida del Perú’ (SLUMP), que es coincidente con lo establecido por la *International Standardisation Organisation* (ISO) de Ginebra – Suiza.

El período mínimo incluido en la diagnóstico es de 38 años (1970-2007) y en la pronóstico es de 27 años (2008-2035). Las acepciones de los términos escritos con mayúscula inicial son las definidas por la Ley de Concesiones Eléctricas (LCE), o la “Ley para Asegurar el Desarrollo Eficiente de la Generación Eléctrica” (LGE), o “*Climate Change 2001: Impacts, Adaptation and Vulnerability*” IPCC 2001 - Contribución del Grupo de Trabajo II con el Tercer Informe de Evaluación del Grupo Intergubernamental de Expertos sobre el Cambio Climático. IPCC/ WMO / UNEP.

2 CAMBIO CLIMÁTICO

Por la ubicación geográfica de Perú en la costa occidental y central de América del Sur, los principales fenómenos naturales recurrentes, cíclicos y aperiódicos con los que las poblaciones tienen que lidiar son: (i) sismos, que incluye los terremotos y los maremotos; y, (ii) temperatura atmosférica, que determina el régimen pluviométrico y por lo tanto el hidrológico, influenciado sustantivamente por el evento mayor conocido como Fenómeno de El Niño (FEN), (o fenómeno climatológico El Niño, o últimamente, como El Niño Oscilación Sur (ENOS)). Los fenómenos antes señalados, acarrearán una serie de otros fenómenos de menor envergadura, denominados eventos derivados (v. gr. avalanchas, aluviones, huacos, derrumbes, inundaciones, sequías, y otros similares).

Para fines de los estudios de la vulnerabilidad del sector electricidad, los fenómenos naturales considerados tienen alguna y/o varias de las características siguientes: impredecible, inevitable e in-ponible. Sin embargo, en todos los casos, sí son factibles de adaptación. Los estudios ejecutados excluyen el análisis de la vulnerabilidad sectorial ante la presencia de algunos fenómenos naturales que por el avance de la tecnología que el ser humano ha desarrollado, son oponibles (v. gr. las solicitaciones externas (rayos atmosféricos)).

Para estos fenómenos, se han considerado las dimensiones de los mismos, tanto en magnitud, amplitud, duración temporal, alcance geográfico, como su incidencia en el sector electricidad. Dichas dimensiones son consideradas en términos relativos entre fenómenos similares ocurridos en Perú, medidos en las escalas *ad hoc*. Se ha hecho incidencia en los estragos ocasionados en la infraestructura eléctrica y en lo relativo a su explotación.

Considerando la definición dada por IPCC¹ a la variabilidad climática, o al cambio climático, todos los fenómenos naturales antes señalados, sean los básicos o sus derivados, se han incluido en los estudios.

2.1 Cambio Climático histórico

Por su incidencia en el sector electricidad, los eventos de cambio climático analizados, en orden de prelación son los siguientes.

¹ **“Cambio climático:** se refiere a cualquier cambio en el clima que ocurra con el tiempo, ya sea a causa de la variabilidad natural o de la actividad humana.” (IPCC, 2001). *Refiérase también a ‘variabilidad climática’.*
“Variabilidad climática: se refiere a variaciones en el estado promedio y a otras estadísticas (tales como desviaciones normales, la incidencia de extremos, etc.) del clima en todas las escalas temporales y espaciales que se extiendan más allá de los eventos climáticos individuales. La variabilidad puede surgir a partir de procesos naturales internos dentro del sistema climático (variabilidad interna) o debido a variaciones en las fuerzas externas naturales o antropogénicas (variabilidad externa).” (IPCC, 2001). *Refiérase también a ‘cambio climático’.*

2.1.1 Hidrología

En el estudio de diagnóstico, -se refiere que en adición a otras causas que determinan la climatología y por ende el régimen hidrológico de las cuencas hidrográficas del país, de lejos la determinante corresponde al fenómeno El Niño (FEN)-, por lo que, en adición a la serie hidrológica mensual de 41 años (1965-2005) de los caudales naturalizados de las principales cuencas hídricas donde se ubican centrales hidroeléctricas, se ha recopilado información de todos los eventos FEN ‘mayores’² acaecidos en Perú en los últimos 83 años (1924 en adelante), organizada en forma cronológica, incluyendo la data relativa a la máxima, media y mínima anomalía de la Temperatura Superficial del Mar (TSM) relativa a la mediana histórica y la calificación de la ocurrencia según trate su duración y dimensión.³

Así mismo, para los eventos más pronunciados se incluye información de la anomalía TSM mensual respecto a la mediana histórica e información relativa a la catalogación de FEN según su intensidad por parte de diferentes entidades públicas locales y/o internacionales. También se incluye información sobre la correlación de TSM medida en Paita y el nivel de precipitaciones pluviales en la zona de Piura, la conformación de los lagos de Piura en oportunidad de presencia de FEN mayor y la visualización de algunos expertos relativa a la zona de influencia de FEN en el ámbito de América del Sur.

La información acopiada de FEN muestra que, en relación con el sector electricidad, por más intenso que sea el evento, no necesariamente acarrea deterioro de la infraestructura de generación y/o transmisión de electricidad. Sin embargo, los fenómenos derivados de éstos, como avalanchas, aluviones, inundaciones y otros similares, han acarreado daños mayores a la infraestructura de generación y transmisión de electricidad.

Dada la característica de FEN, su incidencia en el sector electricidad se encuentra básicamente centrada en el cambio sustantivo del régimen hidrológico de las cuencas del país, y, por ende en la cantidad de producción de electricidad en plantas que utilizan dicha fuente. Así, la producción de hidroelectricidad se encuentra ligada en forma inversa a la magnitud del evento FEN en la zona noroeste del país.

La dimensión de los daños ocasionados en las instalaciones de distribución y de alumbrado de las vías públicas derivado de la presencia de FEN, -al igual que las consecuencias señaladas ante la presencia de terremotos y maremotos-, se circunscribe a las zonas donde se presenta inundaciones y avalanchas cercanas a las cuencas de los ríos. Si bien, para la población afectada por la carencia del suministro

² Se refiere con FEN mayor, a aquel evento cuya máxima Temperatura Superficial del Mar (TSM) ha tenido una diferencia superior a los 3 °C con respecto a la mediana histórica. TSM medida en la costa frente a Chicama en el norte del país.

³ Véase la Tabla A1 del Anexo. Ocurrencias de FEN (Mayor).

de electricidad en períodos relativamente cortos post evento, dicha condición es de suma importancia, su incidencia en términos de costos y/o de calidad de vida es comparativamente menor, con relación a otros efectos derivados del mismo evento⁴ (v. gr. red de agua potable y sanitaria, escuelas, hospitales y postas médicas, red de comunicaciones, y básicamente viviendas).

A fin de analizar la hidrología⁵ del país que incide en el sector electricidad, se han elegido las siguientes cuencas hidrográficas donde existen emplazamientos de centrales hidroeléctricas que son representativas de la oferta hidroeléctrica nacional⁶ y de la distribución geográfica del país, considerando las dos grandes cuencas, la del Pacífico y la del Atlántico.

- Chira (Poechos por CH Curumuy) en zona noroeste;
- Santa (aporte intermedio lagunas y CH Pariac, por CH Cañón del Pato, Cahua y Pariac) en zona centro-norte;
- Rímac (intercuencas Tamboraque, por las plantas CH en las cuencas Rímac y Santa Eulalia) en zona centro-oeste;
- Mantaro (por las plantas CH Mantaro y Restitución) en zona sierra central;
- Chili (afluentes a presa Frayle, por las plantas CH Charcani) en zona suroeste; y,
- Vilcanota (km105, por CH Machupicchu) en zona sureste.

En el análisis hidrológico (1965-2005) se resalta la inclusión de los eventos FEN mayores acaecidos en dicho período, a saber, 1971-1973; 1982-1983; 1991-1992; y 1996-1998.⁷

El Cuadro 1 y los Gráficos 1 a 4 permiten extraer conclusiones fehacientes sobre la incidencia de FEN en la hidrología histórica de las cuencas elegidas. A saber:

- La hidrología de la cuenca Chira se encuentra altamente influenciada por FEN, con una incidencia de incremento sustantivo del régimen hídrico.
- La hidrología de la cuenca Santa se encuentra influenciada por FEN en forma relativamente alta. Esta incidencia es básicamente en el incremento del régimen hidráulico, sin embargo en menor medida que en la cuenca Chira.

⁴ El despejar la incidencia de la carencia del suministro de electricidad con relación a los otros efectos derivados de la presencia del evento FEN (o, terremoto, o maremoto), en la calidad de vida de la población y en los costos de producción de bienes y servicios de los agentes económicos en las zonas afectadas, requiere de un estudio especializado.

⁵ La fuente de información de los caudales naturalizados, en promedio para los períodos mensuales, es la base de datos del modelo 'Perseo' utilizado para el cálculo del despacho y de los precios de electricidad. 'Perseo' fue elaborado por la Gerencia Adjunta de Regulación Tarifaria (GART) del Organismo Supervisor de las Inversiones en Energía y Minería (OSINERGMIN).

⁶ La producción de hidroelectricidad en el conjunto de cuencas hídricas elegidas como representativas, aportó en el año 2007 el 73% de la producción de hidroelectricidad del país destinada al mercado de electricidad. Dicho factor para el conjunto de cuencas del centro y sur del país correspondió a 64%. Es decir, que la producción de hidroelectricidad proveniente de las instalaciones de generación emplazadas en la zona de alta influencia de FEN fue de 9%.

⁷ Fuente: El Niño 1997-1998. ¿Veda o no Veda? Dr. Ronald Woodman Pollitt.; Instituto Geofísico del Perú; Lima, julio de 1997. Actualización a 1999, internet.

- La hidrología de la cuenca Rímac se encuentra influenciada por FEN en forma baja. Dicha incidencia es en el decremento del régimen hidráulico, condicionando una sequía relativamente menor.
- La hidrología de la cuenca Mantaro se encuentra influenciada por FEN en forma medianamente alta. Esta incidencia es en decremento del régimen hidráulico condicionando una sequía medianamente alta.

HIDROLOGÍA HISTÓRICA - CUENCAS ELEGIDAS					
CUENCA	RUBRO	MEDIANA		DESVIACIÓN ESTÁNDAR	
		ANUAL	RATIO	ANUAL	RATIO
		[m³/s]	[-]	[m³/s]	[-]
CHIRA	MC 1965-2005	78,2	1,06	126,5	1,75
	s/FEN 1965-2005	73,7	1,00	72,2	1,00
	FEN 1983	501,9	6,81		
	FEN 1992	127,2	1,73		
	FEN 1998	562,3	7,63		
SANTA	MC 1965-2005	78,3	1,00	35,8	1,12
	s/FEN 1965-2005	78,2	1,00	32,0	1,00
	FEN 1983	74,7	0,96		
	FEN 1992	46,6	0,59		
	FEN 1998	177,3	2,27		
RÍMAC	MC 1965-2005	11,48	0,99	3,55	1,00
	s/FEN 1965-2005	11,55	1,00	3,57	1,00
	FEN 1983	9,78	0,85		
	FEN 1992	7,26	0,63		
	FEN 1998	13,44	1,16		
MANTARO	MC 1965-2005	102,3	0,96	45,9	1,05
	s/FEN 1965-2005	106,8	1,00	43,7	1,00
	FEN 1983	53,6	0,50		
	FEN 1992	38,7	0,36		
	FEN 1998	92,1	0,86		
CHILI	MC 1965-2005	2,58	0,96	2,48	0,97
	s/FEN 1965-2005	2,69	1,00	2,55	1,00
	FEN 1983	1,06	0,39		
	FEN 1992	0,76	0,28		
	FEN 1998	2,11	0,79		
VILCANOTA	MC 1965-2005	108,1	0,98	33,6	1,02
	s/FEN 1965-2005	110,2	1,00	32,9	1,00
	FEN 1983	80,2	0,73		
	FEN 1992	80,2	0,73		
	FEN 1998	89,0	0,81		

FUENTE: Base de Datos Modelo 'Perseo'; OSINERGMIN-GART
 NOTA: MC = Muestra Completa de serie 1965-2005
 s/FEN = Muestra Completa sin años con presencia de FEN
 Elaboración: Propia

Cuadro 1 Hidrología Histórica – Cuencas Elegidas

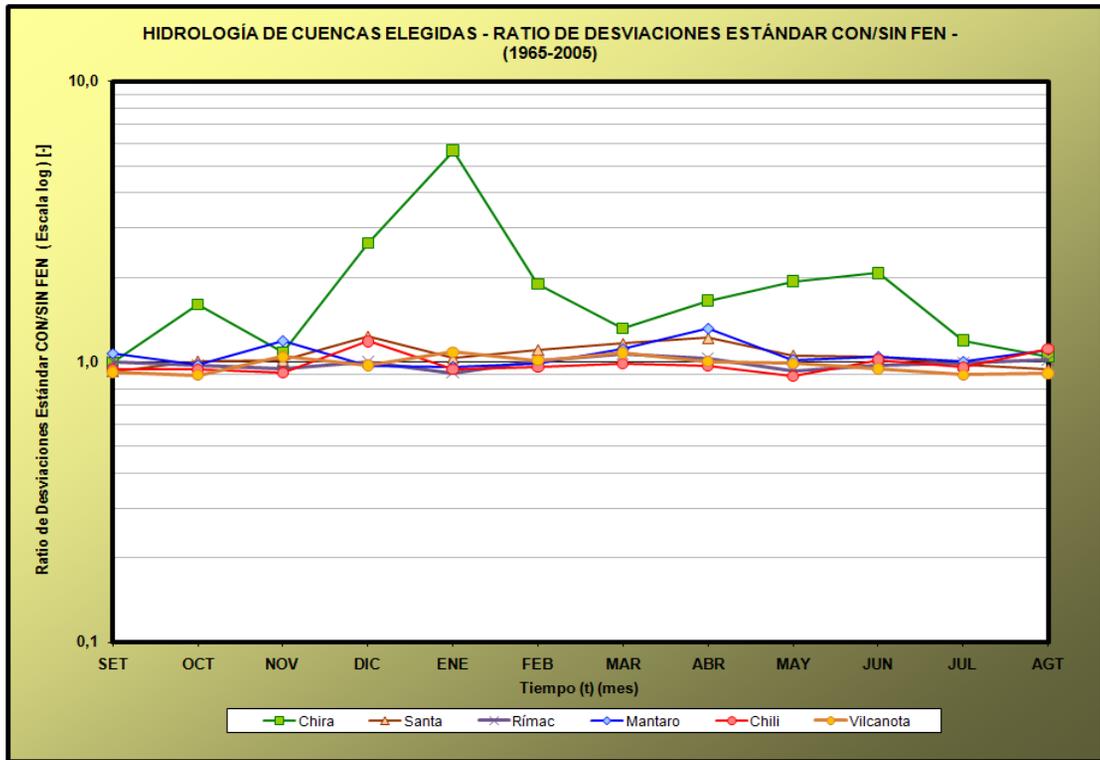


Gráfico 1 Hidrología de Cuencas elegidas – Ratio de Desviaciones Estándar CON/SIN FEN (1965-2005)

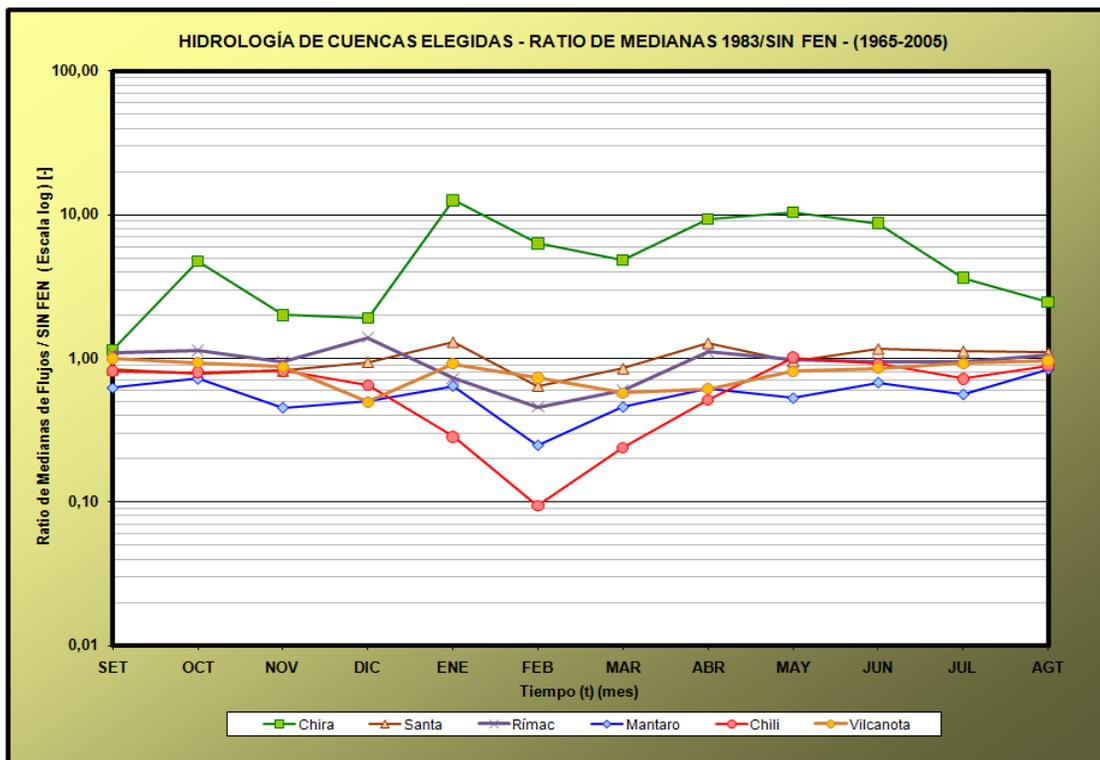


Gráfico 2 Hidrología de Cuencas elegidas – Ratio de Medianas 1983/SIN FEN (1965-2005)

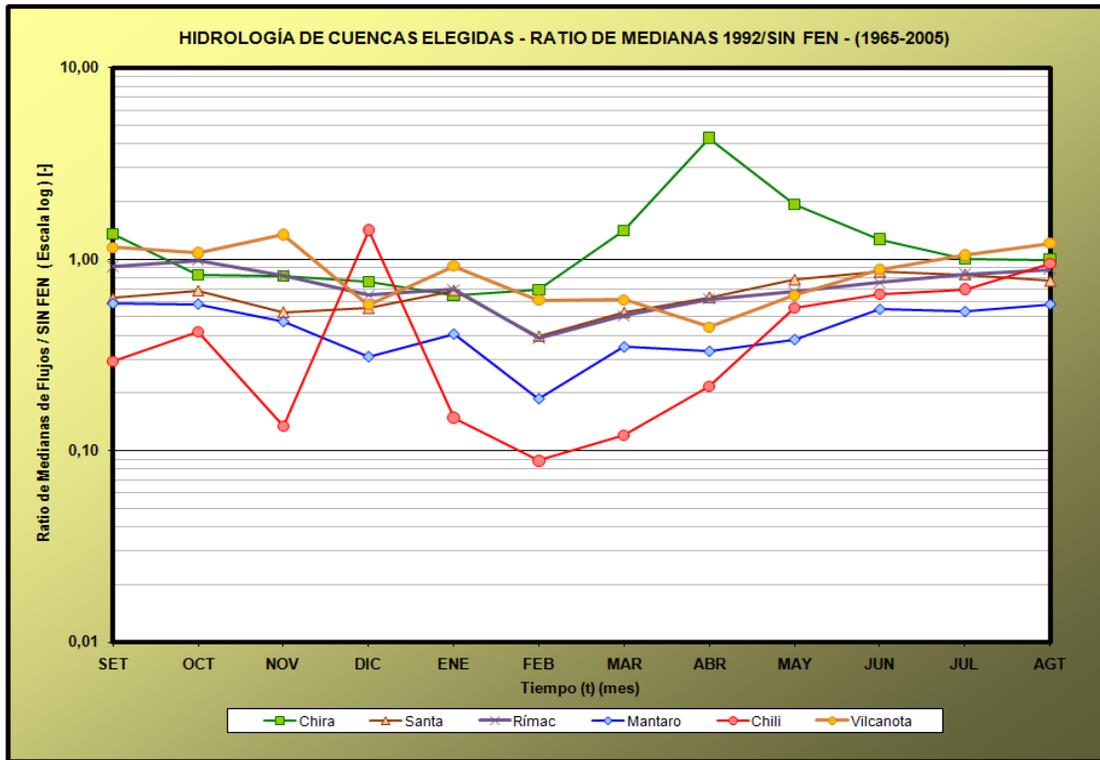


Gráfico 3 Hidrología de Cuencas elegidas – Ratio de Medianas 1992/SIN FEN (1965-2005)

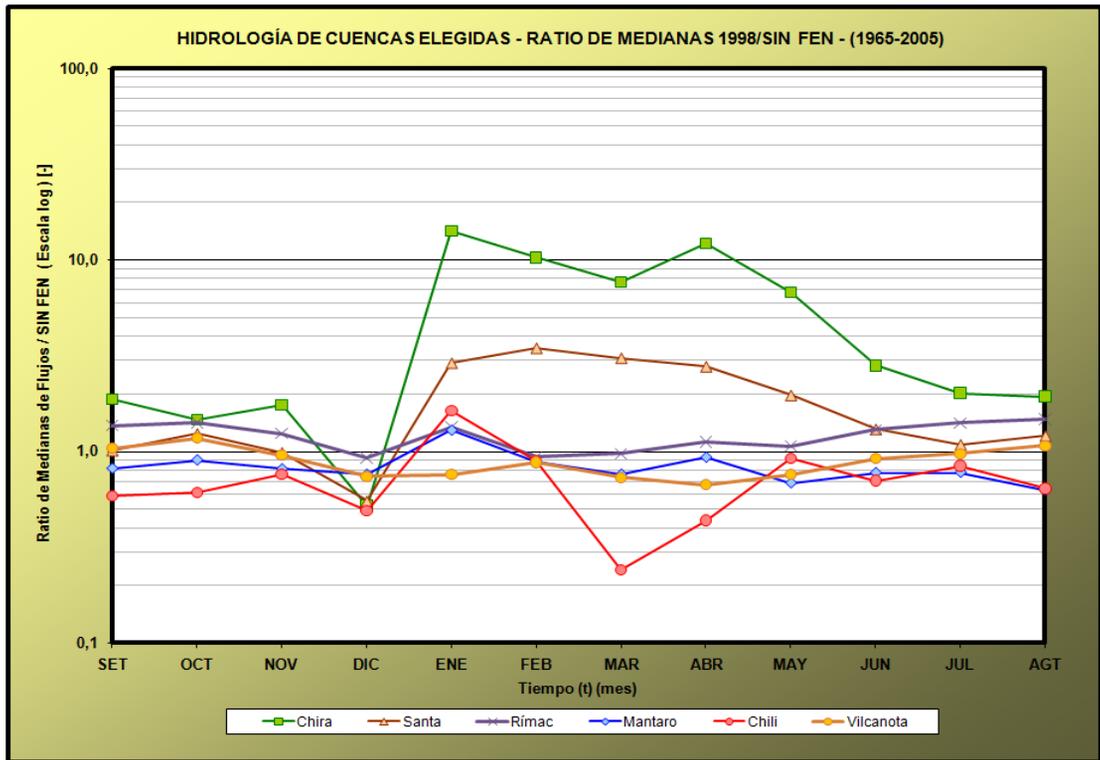


Gráfico 4 Hidrología de Cuencas elegidas – Ratio de Medianas 1998/SIN FEN (1965-2005)

- La hidrología de la cuenca Chili se encuentra influenciada por FEN en forma muy alta. Dicha incidencia es en el decremento sustantivo del régimen hidráulico, condicionando una sequía muy alta.
- La hidrología de la cuenca Vilcanota se encuentra influenciada por FEN en forma mediana y segmentada. Esta incidencia es segmentada dado que, en el primer semestre del año se presenta un decremento del régimen hidráulico condicionando una sequía mediana, y en el segundo semestre del año pudiendo ser de sequía leve o humedad leve.

EQUIVALENTE NACIONAL DE HIDROLOGÍA HISTÓRICA		
INDICADOR		HISTÓRICO
		1965-2006 (Data promedio anual) [%]
CUENCAS		Total selección
ESTACIONES		Anotadas
Media	COMPLETA	100,00
Mediana		99,13
Media	s/FEN	102,39
Mediana		101,82
Media	FEN	92,34
Mediana		90,18

FUENTE: Tablas de Anexos de Estudios
 NOTA: Cuenas elegidas: **Chira, Santa, Rimac; Mantaro; Chili y Vilcanota**
 Pensum por producción de energía eléctrica de 2007
 Datos relativos a media histórica MC = 100%
 Elaboración: Propia

Cuadro 2 Equivalente Nacional de Hidrología Histórica

- En general, ante la presencia de FEN, las cuencas hídricas de la zona noroeste del país tienen un incremento sustantivo de su régimen hidrológico, mientras que las cuencas de la sierra centro-sur del país tienen un decremento sustantivo, y las cuencas de la zona centro norte costera sirve de transición entre ambas.
- Dada la ubicación de la mayoría y de las más grandes centrales hidroeléctricas en cuencas de la zona sierra centro-sur del país, el equivalente nacional de la hidrología histórica⁸ para fines de producción hidroeléctrica muestra un decremento relativamente mayor ante la presencia de un evento FEN. Véase el Cuadro 2.

⁸ Los Gráficos 1 a 4 se han elaborado sobre la base de la serie histórica 1965-2005, empero dada la oportunidad de su elaboración, los datos del Cuadro 2 – Equivalente Nacional de Hidrología Histórica - corresponden a la serie 1965-2006.

2.1.2 Sismología

Mientras la academia discute el hecho de incluir los fenómenos sísmicos como parte del Cambio Climático,⁹ es indiscutible los estragos derivados de la presencia de éstos en las instalaciones del sector electricidad de Perú, el que se ubica en una zona del planeta con actividad sísmica pronunciada. Los eventos según el lugar de ocurrencia se muestran como terremotos y maremotos.

En el estudio de diagnóstico, se ha recopilado información de todos los terremotos 'mayores'¹⁰ acaecidos en Perú en los últimos 67 años (1940 en adelante) organizada cronológicamente (fecha y hora), ubicación geográfica del epicentro y del hipocentro, la magnitud, intensidad y momento sísmico de los eventos.¹¹

La información acopiada muestra que no todos los terremotos, por más que sean de una intensidad mayor, acarrearán deterioro de la infraestructura de generación y/o transmisión de electricidad, y viceversa, algunos terremotos relativamente de dimensión media, traen como consecuencia el deterioro de la infraestructura señalada.

Con el devenir, derivada de la pericia obtenida en el país en la construcción de instalaciones con características antisísmicas, permite afirmar que la incidencia de daños ocasionados en la infraestructura de generación y de transmisión de electricidad como consecuencia de la presencia de terremotos, es relativamente menor y con una tendencia a su disminución. Afirmación que se sustenta en la cantidad y dimensión de los terremotos presentes en el período de análisis, comparativamente con respecto a la infraestructura dañada.

La dimensión de los daños ocasionados en las instalaciones de distribución y de alumbrado de las vías públicas derivado de la presencia de terremotos, -al igual que las consecuencias señaladas ante la presencia de FEN-, se circunscribe a las zonas cercanas al epicentro y/o a aquellas zonas de influencia donde el terremoto es percibido en su mayor intensidad. Si bien, para la población afectada por la carencia del suministro de electricidad en períodos relativamente cortos post evento, dicha condición es de suma importancia, su incidencia en términos de costos y/o de calidad de vida es comparativamente menor, con relación a otros efectos derivados del mismo evento.¹²

Los maremotos como fenómeno natural complementario a los terremotos, en Perú carecen de las dimensiones como se presentan en otras zonas del planeta que también cuentan con una actividad sísmica pronunciada. En el estudio de diagnóstico

⁹ Nota 1 ut supra.

¹⁰ Se refiere con terremoto mayor, a aquel evento cuya Magnitud del Momento M_w es superior a 4,5.

¹¹ Véase la Tabla A2 del Anexo. Ocurrencias de Terremoto (Mayor)

¹² Acápites 2.1.1 y Nota 3 ut supra.

se ha recopilado información de los maremotos ‘mayores’¹³ acaecidos en Perú en los últimos 67 años (1940 en adelante). Dicha información, organizada en forma cronológica, incluye data relativa a la fecha y hora, ubicación geográfica de la zona de inundación, la magnitud del Tsunami y la oportunidad del evento respecto al sismo.¹⁴

La información de los maremotos acopiada muestra que solamente uno de ellos acarrió el deterioro de la infraestructura de generación y/o transmisión de electricidad. Se observa también que en este caso, es algo difícil separar los daños causados por el maremoto y por el terremoto.

Como señalado para los caso de FEN y los terremotos, el deterioro de las instalaciones de distribución y de alumbrado de las vías públicas derivado de la presencia de los maremotos la dimensión de los daños ocasionados se circunscribe a las zonas cercanas a la costa sujetas de la inundación donde el tsunami es percibido en su mayor intensidad.

2.2 Cambio Climático prospectivo

Por su potencial incidencia en el sector electricidad, los eventos de cambio climático prospectivos analizados, corresponden a aquellos históricamente ya observados.

2.2.1 Hidrología - Escenarios

En el estudio de prognosis, -sin profundizar en las condiciones que determinan la climatología del país-, ante la carencia de estudios especializados sobre la materia, se plantean tres (03) escenarios hidrológicos prospectivos para las mismas cuencas elegidas que en el estudio de diagnosis, que por su incidencia en la producción de hidroelectricidad y su representatividad geográfica también representan a las potenciales cuencas en las que se emplazarían nuevas centrales de generación, lo que permite establecer la hidrología equivalente nacional prospectiva desde la perspectiva del sector electricidad.

Los cálculos elaborados en el estudio prospectivo son empíricos y simplificados, tanto para la determinación de la serie hidrológica mensual de 34 años (2007-2040) de los caudales naturalizados de las cuencas elegidas, como para la inclusión aleatoria de eventos FEN ‘mayores’.

El escenario 1, ha sido elaborado sobre la base de la información proyectada y puntual proporcionada en su oportunidad por SENAHMI.¹⁵ El escenario 2, ha sido

¹³ Se refiere con maremoto mayor, a aquel evento cuya Magnitud del Tsunami M_T es superior a 8; equivalente a una ola mayor a 1,87m.

¹⁴ Véase la Tabla A3 del Anexo. Ocurrencias de Maremoto (Mayor).

¹⁵ El estudio de prognosis señala que el escenario 1, corresponde a la interpolación lineal de la data proporcionada por dicha institución, la que señala que dicha información ha sido elaborada exclusivamente
Nota continúa...

elaborado sobre la base de las tendencias mostradas por la información histórica de la base 'Perseo', asumiendo una distribución aleatoria de los caudales anuales a lo largo del período de estudio. El escenario 3, es similar al escenario previo, sin embargo, con una distribución aleatoria más dispersa, -que considera en forma más pronunciada el deshielo de los glaciales de la cordillera de los Andes-, y con una interpolación anual dentro de los márgenes de la desviación estándar histórica.

Dicho estudio arroja la serie hidrológica prospectiva para las diferentes cuencas¹⁶ y el equivalente nacional de hidrología prospectiva. El Cuadro 3 y el Gráficos 5 permiten extraer las siguientes conclusiones.

EQUIVALENTE NACIONAL DE HIDROLOGÍA PROSPECTIVA					
INDICADOR		HISTÓRICO	ESCENARIO 1	ESCENARIO 2	ESCENARIO 3
		1965-2006	2005-2040		
		(Sobre data promedio anual)			
		[%]			
CUENCAS		Total selección			
ESTACIONES		Anotadas			
Media	COM- PLET	100,00	71,12	96,99	103,40
Mediana		99,13	69,51	96,96	96,85
Media	SIN- FEN	102,39	70,23	99,91	109,91
Mediana		101,82	69,14	99,51	99,51
Media	FEN	92,34	74,57	85,75	78,30
Mediana		90,18	74,61	85,80	78,34

FUENTE: Data histórica PERSEO; OSINERGMIN-GART
Escenario 1; SENAHMI - DGH
NOTA: Promedio hidrología (1965-2006) Cuencas Selec. = 100%
FEN = 2011/2012; 2026/2028 y 2038/2039
Incluye las cuencas: **Chira, Santa, Rímac; Mantaro; Chili y Vilcanota**
Pensum por producción de energía eléctrica de 2007
Elaboración: Propia

Cuadro 3 Equivalente Nacional de Hidrología Prospectiva

- El escenario 1 corresponde a uno muy extremo, que no es coincidente con ninguna tendencia previa, por lo que aún bajo condiciones extremas es muy improbable que acontezca. El escenario 2 dentro de los márgenes de tolerancia de las tendencias observadas, sería uno relativamente algo más seco (con un promedio anual de -3%) que el promedio de la serie histórica. Por el contrario,

Nota viene de...

sobre la base de la precipitación pluvial y sin influencia de glaciales, inter-flujos y aportes de otras cuencas. A dicha información se ha incluido aleatoriamente la presencia de FEN.

¹⁶ Véase la Lámina A1 a Lámina A6 del Anexo. Se muestra para el escenario 2 el comportamiento mensual del régimen hidrológico prospectivo de las cuencas elegidas, a saber: Vilcanota, Chili, Mantaro, Rimac, Santa y Chira.

el escenario 3, sería uno relativamente más húmedo (con un promedio anual de +3,4%) que el promedio de la serie histórica.

- La presencia de un FEN mayor, en ciclos aproximados de cada década, juega un papel determinante en la hidrología promedio anual resultante.

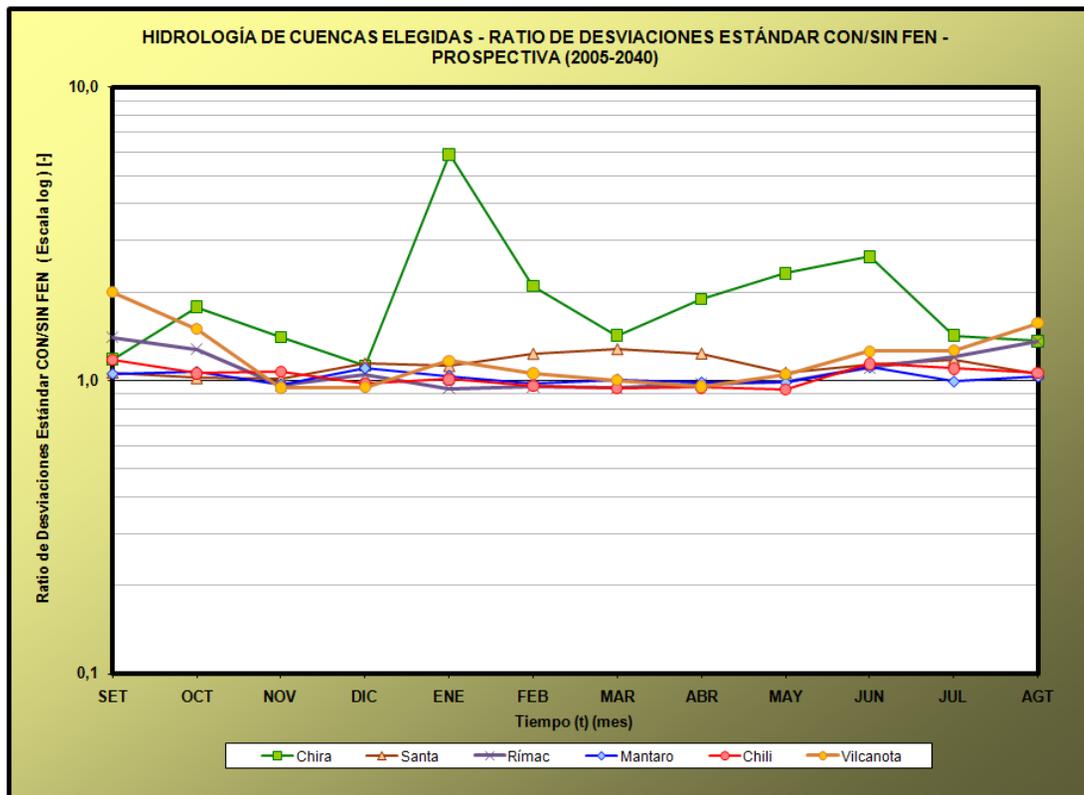


Gráfico 5 Hidrología de Cuencas elegidas – Ratio de Desviaciones Estándar CON/SIN FEN – Prospectiva (2005-2040)

2.2.2 Sismología

Para plantear la prospectiva del cambio climático en relación con los sismos, se ha recurrido como eventos de referencia a la data histórica. Es decir, son eventos de magnitud mayor y corresponden a aquéllos ocurridos en el último siglo.

Para los terremotos se considera un evento con una ocurrencia aproximada cada diez (10) años, ubicado en la franja costera del país en una zona entre Chimbote y Tacna y, con una magnitud similar al evento ocurrido en junio de 2001 en Arequipa-Ocoña. Para los maremotos se considera un evento con una ocurrencia aproximada cada treinta (30) años, ubicado en la franja costera del país en una zona entre Chimbote y Tacna y, con una magnitud similar al evento ocurrido en junio de 2001 en Camaná-Ilo.

3 ENERGÍA, ELECTRICIDAD Y SOCIEDAD

Para fines de la determinación de la vulnerabilidad del sector electricidad los estudios de diagnóstico y pronóstico analizan las series de datos de la demanda de energía, sean éstas, energía global, electroenergía e hidroenergía generada para abastecer a la demanda eléctrica. Dichas series, han sido correlacionadas con una serie de variables demográficas, económicas, sociales y ambientales, y a fin de validarlas se han comparado con relación a sus tendencias y con valores de otros países de mayor desarrollo relativo del ámbito de América Latina y algunos otros. La energía global incluye todos los energéticos utilizados por la demanda, sea energía primaria o secundaria, tradicional o comercial, renovable o no-renovable, a saber, entre otros, los derivados líquidos y gaseosos de los hidrocarburos, el carbón mineral, los dendroenergéticos (leña, bagazo), la biomasa (bosta y yareta), eólico, solar, geotermia y electricidad.

3.1 Energía, Electricidad y Sociedad - Histórica

El estudio de diagnóstico de la energía global y la electroenergía y su relación con la sociedad y su desarrollo a lo largo del período de análisis (1970-2007) muestra que la electricidad en el portafolio de productos energéticos requeridos por el mercado, ha tenido un comportamiento de crecimiento paulatino y sostenido por encima de todos sus productos competidores.

3.1.1 Energía

La demanda de energía global, históricamente en términos absolutos, ha tenido un comportamiento que varía por ciclos, más consecuencia de la incidencia de fenómenos económicos-políticos del devenir nacional, que como consecuencia de la incidencia de fenómenos naturales. Sin descartar, esta última incidencia, es puntual y fundamentalmente coincidente con la presencia de un FEN mayor, que en algunos casos profundiza los efectos derivados de los fenómenos inicialmente señalados. Véase el Gráfico 6.

La estructura de la demanda de la energía global en el período histórico analizado ha sufrido una variación sustantiva, encontrándose básicamente las siguientes causas.

- El ingreso masivo al mercado nacional de productos energéticos antes poco utilizados;
- La migración de los consumidores a productos energéticos más eficientes y menos contaminantes; y,
- El mantenimiento y/o el incremento de la distorsión de los precios de algunos productos energéticos en el mercado como consecuencia de las cargas tributarias aplicables.

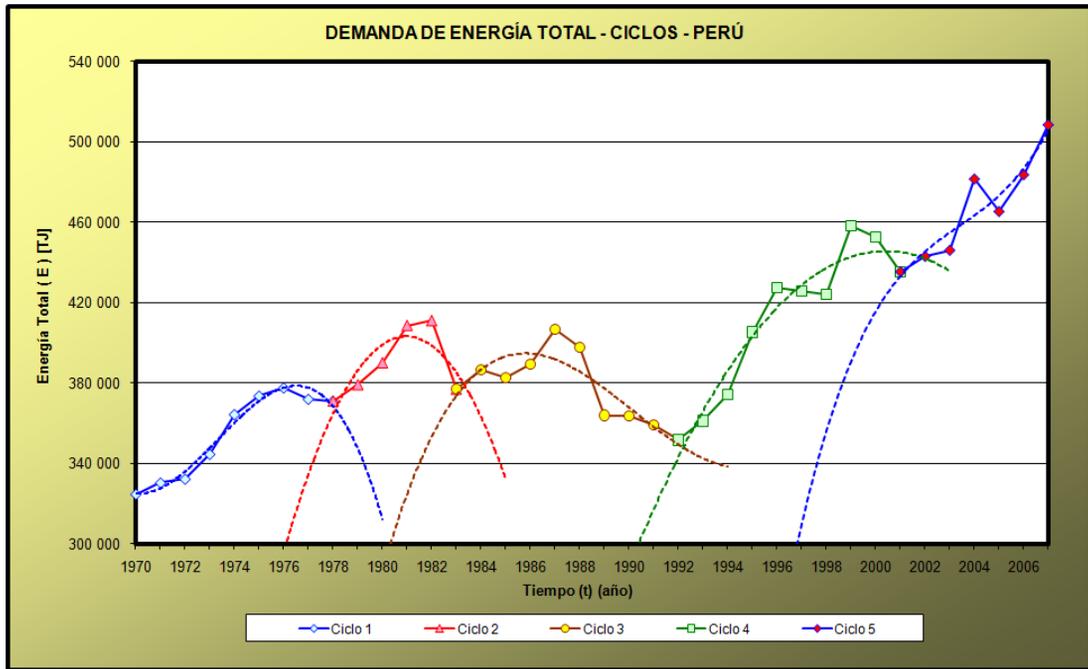


Gráfico 6 Demanda de Energía Total – Ciclos

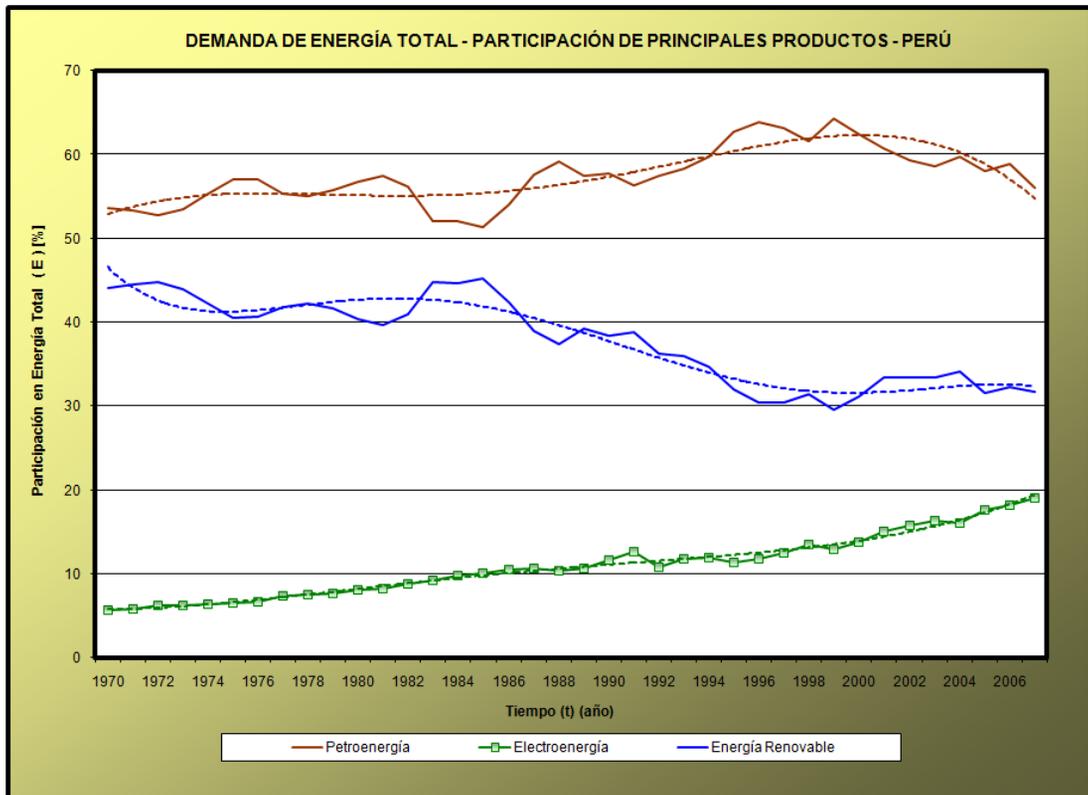


Gráfico 7 Demanda de Energía Total - Participación de Principales Productos

Los productos con un ingreso masivo al mercado nacional fueron el gas natural de producción local y el carbón mineral de importación, así como, y en menor escala, la

utilización de la energía de origen eólico y solar. Sin embargo, a pesar que el país cuenta con ingentes recursos geotermales, éstos aún no son explotados con fines energéticos.

La migración al consumo de productos más eficientes, entre otros, conllevó a la disminución de la demanda de la leña (energético renovable) en zonas rurales e inicialmente el incremento de la demanda por queroseno. Posteriormente, tanto en zonas urbanas, como rurales, éste producto fue reemplazo por el gas licuado de petróleo (GLP). El incremento de la demanda de electricidad y del gas natural distribuido en zonas urbanas, determinó la disminución en el consumo del queroseno y GLP. Véase el Gráfico 7.

La distorsión de los precios en el mercado derivada de tasas tributarias inconsistentes con una sana competencia entre productos, determino, en el segmento de transporte carretero, el incremento de la demanda por el derivado liviano del petróleo (diesel 2) y la disminución del consumo de gasolinas motor.

Si bien en el período de análisis los productos derivados del petróleo mantienen una preponderancia en la estructura de consumo (50%-60%) de la energía global, entre sus componentes se encuentra una variación sustantiva por las causas antes señaladas. Véase la Lámina A7.

3.1.2 Electricidad

En el período de análisis, la participación de la electroenergía en la demanda de energía global varió de 5,7% (1970) a 19,1% (2007), es decir, de 5,15TWh a 26,91TWh. Véase el Gráfico 7 y el Gráfico 8. A diferencia del comportamiento de la energía global por ciclos, la variación de la demanda por electricidad fue constante y sostenida. Sin embargo, se observa en escasas oportunidades, que dicho crecimiento fue errático, a saber:

- El año 1983, derivado de la crisis económica nacional e internacional y de la presencia de un FEN mayor (ambos en 1982-1983). Este FEN fue uno de los de mayor magnitud a lo largo del siglo pasado.
- Los años 1988-1990, derivado de la crisis económica nacional y de la serie de atentados terroristas a la infraestructura de transmisión de electricidad.
- El año 1992, derivado de la presencia de un FEN mayor que condicionó una sequía sustantiva en la sierra centro-sur del país y por la carencia de reserva operativa como consecuencia de la crisis económica de las empresas de generación.

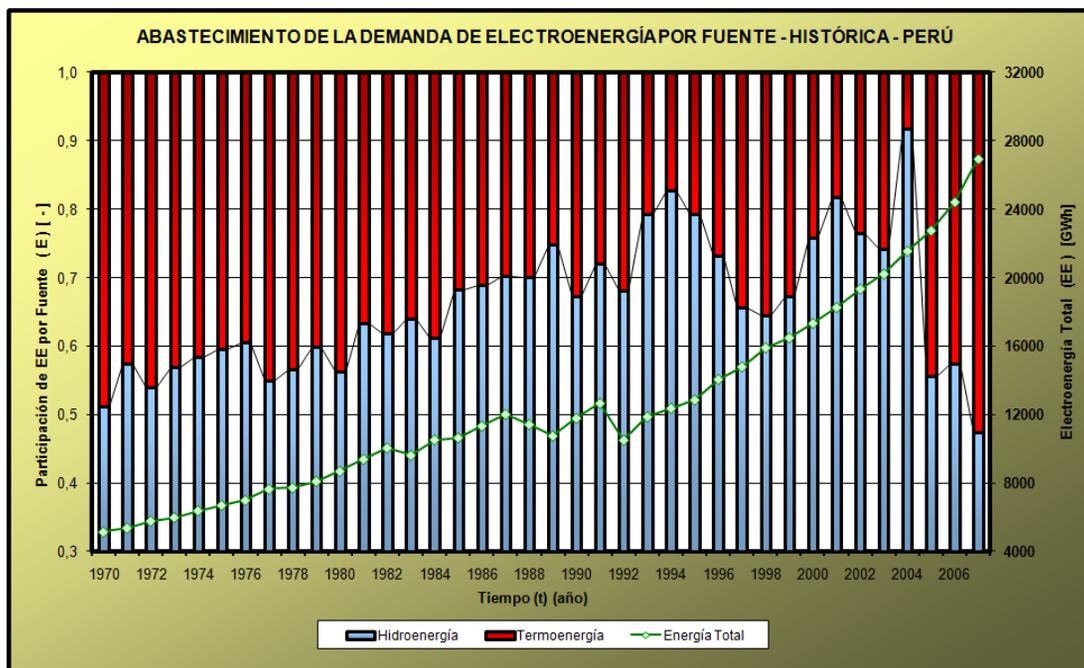


Gráfico 8 Abastecimiento de Demanda de Electroenergía – Absoluta y por Fuente

En el período de análisis, salvo contadas ocasiones, la hidroelectricidad participó en el abastecimiento de la electroenergía en el rango de 60% a 80%. Véase el Gráfico 8. Resalta las ocasiones al inicio y al fin del período de análisis; en la primera por el ingreso paulatino de la central del Mantaro y, en la segunda, por el ingreso en forma masiva al mercado nacional de gas natural como energético para generación.

3.1.3 Indicadores

En el estudio de diagnóstico se incluye data de indicadores energéticos relativos a variables económicas, demográficas, sociales y ambientales.

En relación al indicador energético-económico se eligió dos intensidades, la del Producto Bruto Interno (PBI) respecto a la Demanda de Energía Total (ENRG), y la de las Exportaciones (EXP) respecto a la Demanda de Energía Total. En ambos casos la unidad monetaria es US\$ a valor constante de diciembre del año 2001.

La mejora de la eficiencia productiva nacional a lo largo del período de análisis se observa, en cuanto la intensidad PBI/ENRG de 155,4 US\$/GJ (2007) alcanza el rango 183,3US\$/GJ-193,8US\$/GJ (2035) manteniendo una tendencia sostenida. Véase el Gráfico 20.

Confirmando la anterior observación, la intensidad EXP/ENRG muestra que a partir de inicios de la década de los años noventa, el ratio se incrementa de 9,8 US\$/GJ

(1970) a 27,7US\$/GJ (2007), habiendo sido dicho indicador, en los 20 años previos , casi constante con los consabidos ciclos evolutivos. Véase el Gráfico 10.

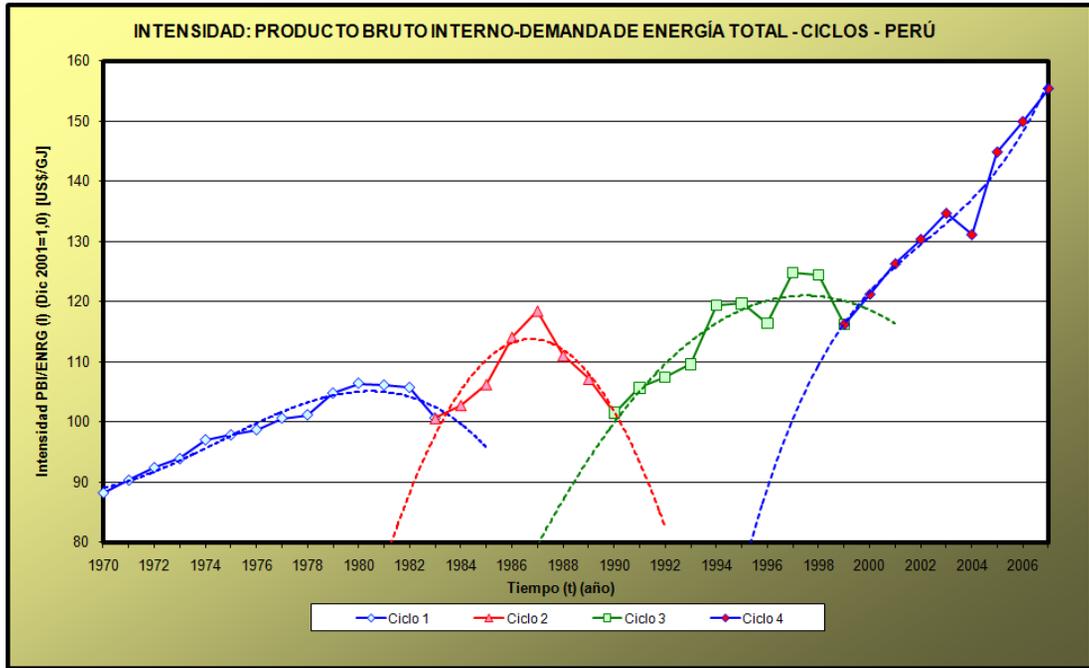


Gráfico 9 Intensidad: Producto Bruto Interno-Demanda de Energía Total – Ciclos

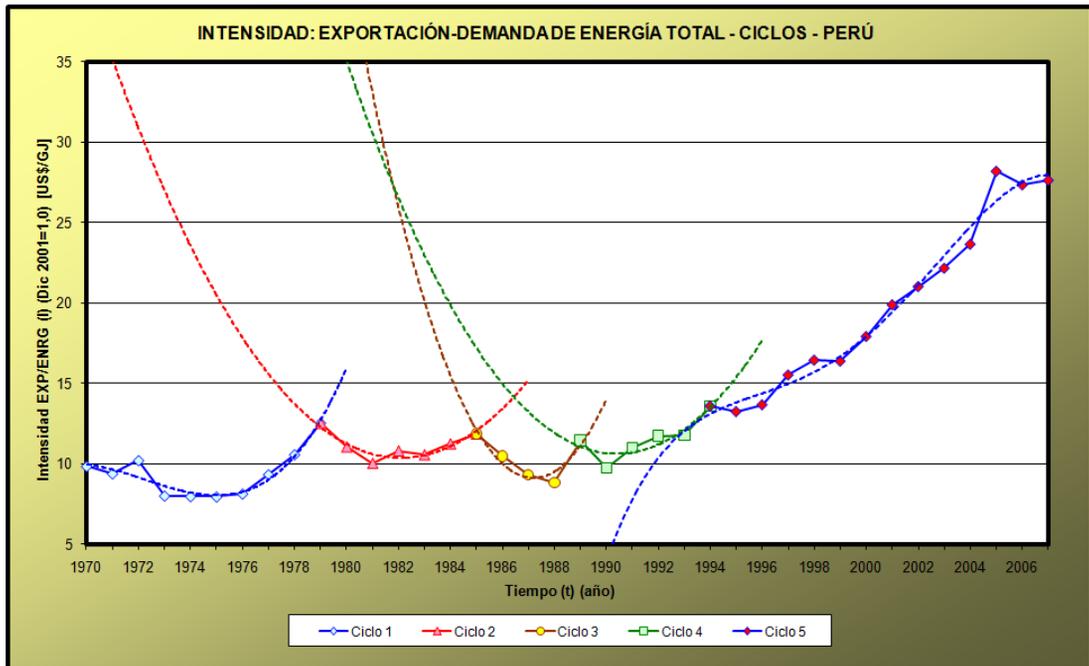


Gráfico 10 Intensidad: Exportación-Demanda de Energía Total – Ciclos

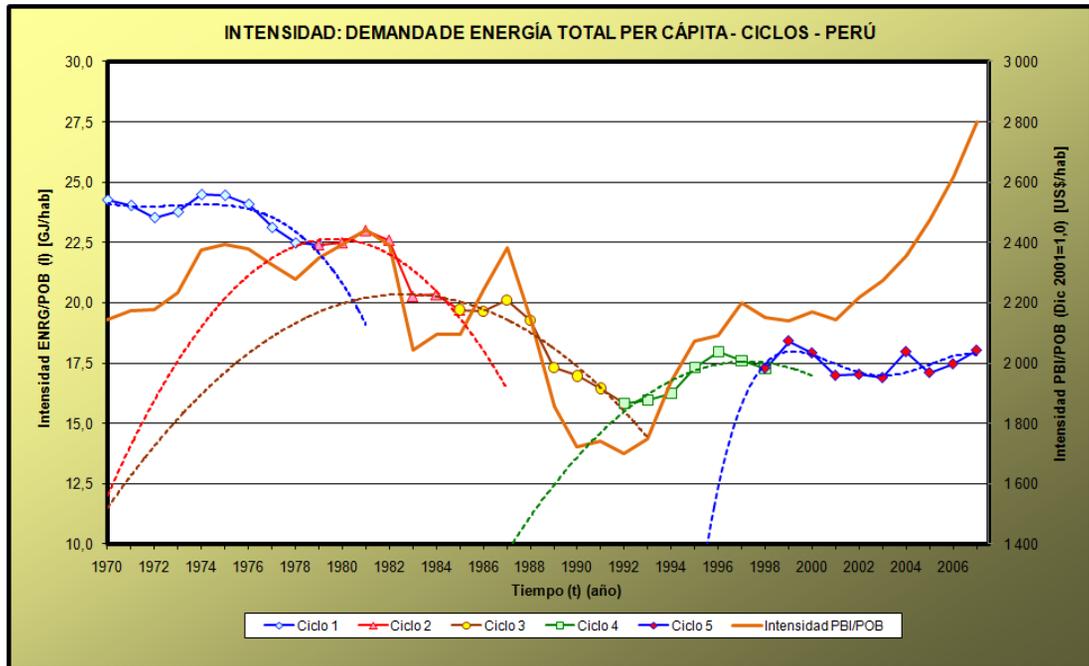


Gráfico 11 Intensidad: Demanda de Energía Total per Cápita – Ciclos

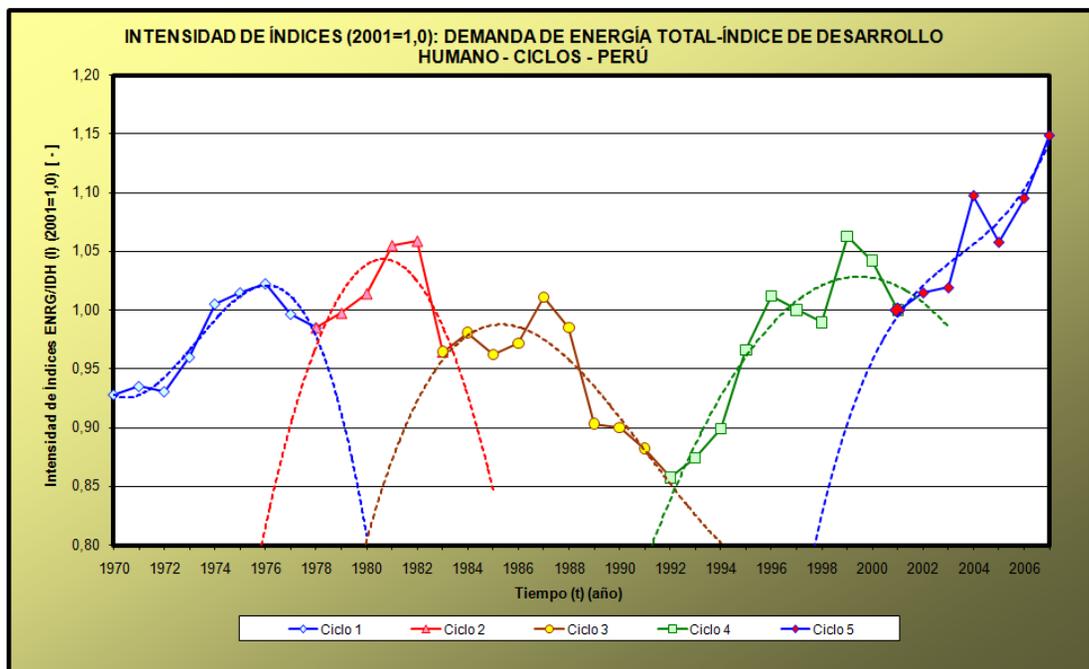


Gráfico 12 Intensidad de Índices (2001 = 1,0): Demanda de Energía Total-Índice de Desarrollo Humano – Ciclos

El indicador energético-demográfico elegido es la intensidad de Demanda de Energía Total (ENRG) respecto a la Población (POB). Véase el Gráfico 11. Durante los primeros veinte y tres años del período de análisis la tendencia de la intensidad ENRG/POB, con los respectivos ciclos, fue decreciente de 24,3GJ/hab (1970) a

15,8GJ/hab (1992). En el segundo tramo del período de análisis la intensidad ENRG/POB se ubicó en forma sostenida en el nivel de 17,5GJ/hab, a pesar que la intensidad PBI/POB creció de 1701US\$/hab (1992) a 2801US\$/hab (2007), confirmando nuevamente la mejora de la eficiencia productiva del país.

El indicador energético-social elegido es la intensidad de los índices (2001=1,0) de la Demanda de Energía Total (ENRG) respecto al índice de Desarrollo Humano (IDH). Véase el Gráfico 12. Durante los primeros veinte y tres años del período de análisis la tendencia de la intensidad ENRG/IDH, con ciclos bastante marcados, creció inicialmente de 0,93 (1970) hasta 1,06 (1982) para decrecer posteriormente a 0,86 (1992). En el segundo tramo del período de análisis la intensidad ENRG/IDH, a partir del nivel mencionado, tuvo un crecimiento sostenido, ubicándose en 1,15 (2007), confirmando que el incremento de la demanda por energéticos ha coadyuvado a la mejora de la calidad de vida de la población.

El indicador energético-ambiental elegido es la relación de dos intensidades, la intensidad Emisiones Nominales Totales respecto al Producto Bruto Interno (ENo/PBI) versus la intensidad Demanda de Energía Total respecto a la Población (ENRG/POB). Las emisiones nominales totales han sido planteadas en gramos del equivalente del dióxido de carbono y se muestran por lustros. Véase el Gráfico 13.

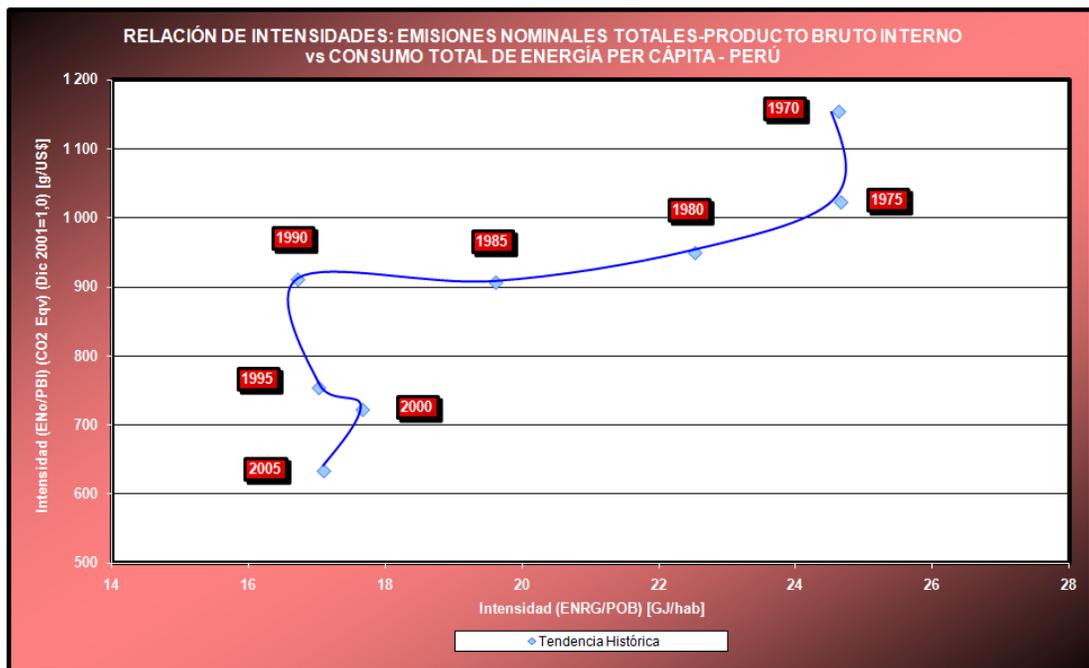


Gráfico 13 Relación de Intensidades: Emisiones Nominales Totales-Producto Bruto Interno per Cápita

En el tramo del período de análisis (1990-2005) la relación de las intensidades señaladas muestra que a una intensidad constante ENRG/POB (nivel de 17,5GJ/hab) la intensidad ENo/PBI se reduce sustantivamente de 911g/US\$ (1990) a 634g/US\$ (2005), confirmando en términos ambientales la mejora de la eficiencia productiva del país, dado el incremento sustantivo de la participación de la electricidad en el portafolio de energéticos demandados por los consumidores.

El indicador electroenergético-demográfico elegido es la intensidad de la Demanda de Electroenergía (EE) respecto a la Población (POB). Véase el Gráfico 14. Durante los primeros veinte y tres años del período de análisis la tendencia de la intensidad EE/POB, con los respectivos ciclos, fue creciente a una tasa relativamente menor de 385kWh/hab (1970) a 473kWh/hab (1992). En el segundo tramo del período de análisis, quince años, la intensidad EE/POB mostró un incremento sostenido con una tasa alta de crecimiento que se ubicó en 953kWh/hab (2007), confirmando la migración de los consumidores energéticos hacia la electricidad en detrimento de otros productos competidores.

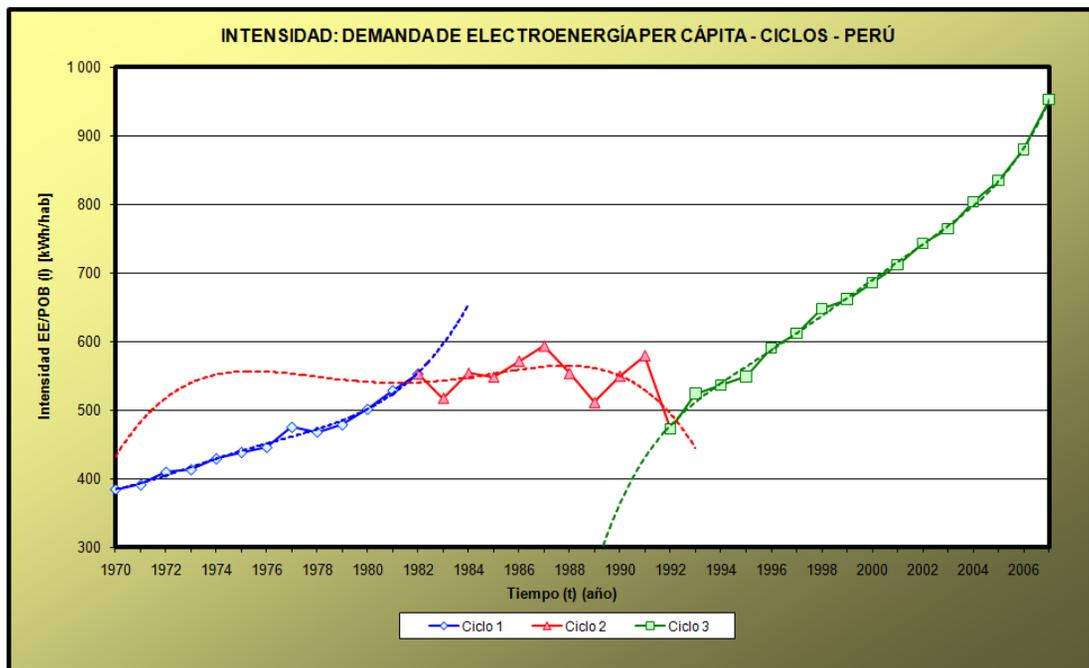


Gráfico 14 Intensidad: Demanda de Electroenergía per cápita - Ciclos

El indicador electroenergético-social elegido es la intensidad de los índices (2001=1,0) de la Cobertura Eléctrica (CE) respecto al índice de Desarrollo Humano (IDH). Véase el Gráfico 15. Durante los primeros veinte y tres años del período de análisis la tendencia de la intensidad CE/IDH, con ciclos poco marcados, creció inicialmente de 0,63 (1970) hasta 0,80 (1992). En el segundo tramo del período de análisis la intensidad CE/IDH, a partir del nivel mencionado, tuvo un crecimiento

sostenido, ubicándose en 1,06 (2007), confirmándose que el incremento de la demanda por electroenergía ha coadyuvado a la mejora de la calidad de vida de la población, especialmente de aquella con residencia rural.

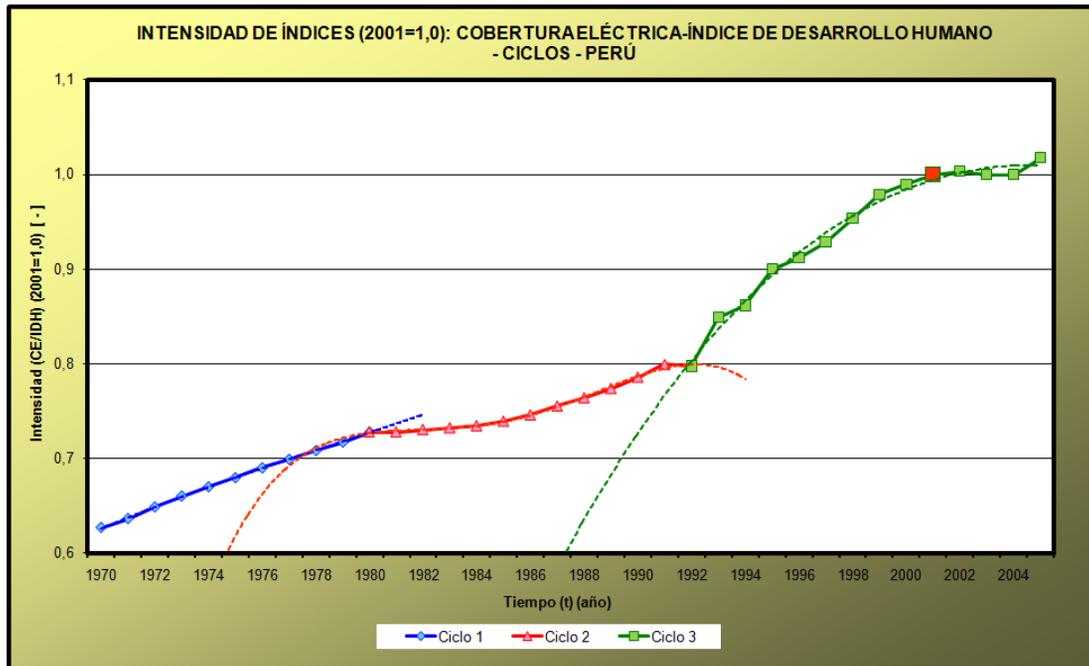


Gráfico 15 Intensidad de Índices (2001=1,0): Cobertura Eléctrica-Índice de Desarrollo Humano – Ciclos

3.2 Energía, Electricidad y Sociedad - Prospectiva

El estudio de pronosis, desde la perspectiva económica, considera que en gran medida el desarrollo nacional se encuentra engarzado con la exportación de bienes y servicios, y el incremento de la competitividad y eficiencia productiva del país, así como, que en cada año coincidente con un proceso electoral nacional se presenta una reducción relativa de la tasa de crecimiento, así como, un incremento en dicha tasa motivado por la efemérides de conmemoración de los doscientos años de la independencia del país; incluye también las consecuencias económicas de la presencia de fenómenos naturales de magnitud mayor, que dada su condición de aleatoria, se ha considerado un evento por década. En relación con las variables sociales, considera el método de planteamiento de objetivos, que en todos los casos son pragmáticos, alejado de la sola y exclusiva voluntad política de algunos de los representantes elegidos. Desde la perspectiva política señala que, durante el período involucrado, no se considera la presencia de factores distorsionadores como, la solución violenta de conflictos internacionales y un traspíe mayor en el desarrollo nacional derivado del acceso a la administración de la cuestión del Estado por medios violentos y/o por la imposición de modelos económicos que

sustentados en doctrinas políticas condicionen procesos hiperinflacionarios e hiperdevaluatorios.

El estudio señala que la coherencia de la estructura y de los supuestos considerados para plantear la prospectiva es verificada por medio de indicadores, que son contrastados con respecto a la tendencia histórica nacional de los últimos tres lustros y con respecto a aquéllos de otras latitudes de mayor desarrollo relativo, permitiendo verificar el nivel de pragmatismo en la elaboración de la prognosis.

El estudio de prognosis de la energía global y la electroenergía y su relación con la sociedad y su desarrollo a lo largo del período de análisis (2008-2035), en todos los escenarios, muestra que la electricidad sigue paulatina y sostenidamente incrementando su participación en el portafolio de productos energéticos demandados por el mercado.¹⁷

3.2.1 Energía

Según el estudio de prognosis, la demanda de energía global prospectiva arroja a lo largo del período de análisis y para todos los escenarios, tasas de variación decrecientes y con una tendencia menor a la histórica. Véase el Cuadro 4 y el Gráfico 16.

DEMANDA DE ENERGÍA - VARIACIÓN - PROSPECTIVA - PERÚ			
PERÍODO	DEMANDA ENERGÍA TOTAL		
	ESCENARIO		
	CNSV	REAL / MED	OPTM
[%]			
VARIACIÓN MEDIA ANUAL - LUSTROS			
1995-1992		4,84	
2000-1995		2,23	
2005-2000		0,56	
2010-2005	4,48	4,71	4,90
2015-2010	3,46	4,26	4,94
2020-2015	3,67	3,79	3,96
2025-2020	4,34	4,40	4,90
2030-2025	3,05	3,30	3,46
2035-2030	2,69	3,42	3,72

FUENTE: Tablas de Anexos de Estudios
Elaboración: Propia

Cuadro 4 Demanda de Energía – Variación - Prospectiva

¹⁷ Para fines comparativos, todos los Gráficos de la prognosis, muestran en adición a los escenarios prospectivos, la serie histórica y su tendencia de los últimos 15 años.

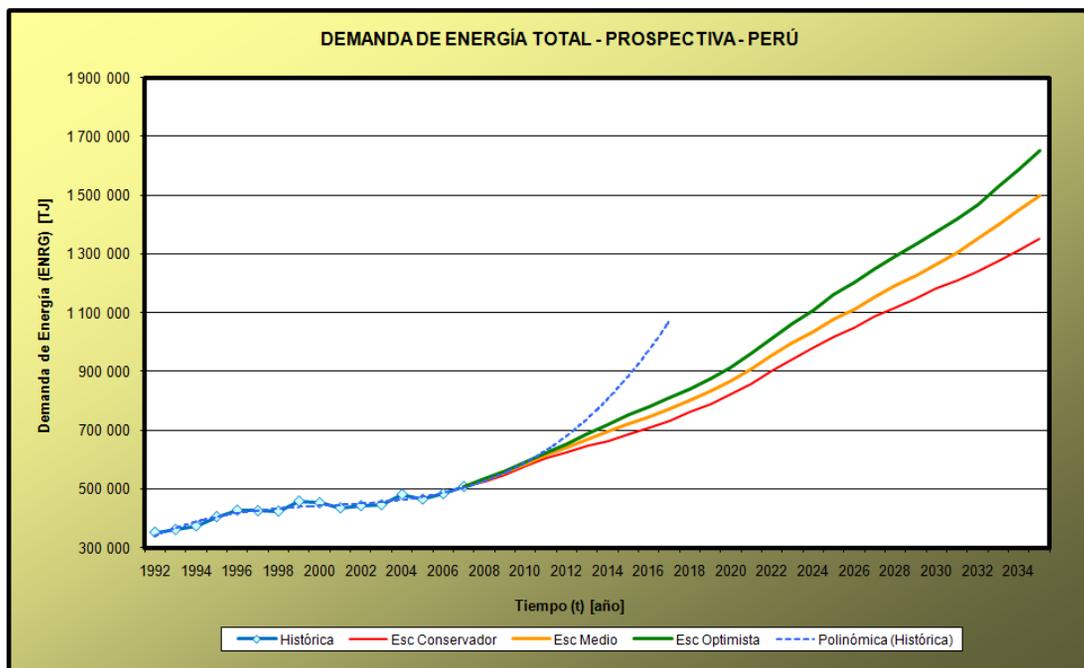


Gráfico 16 Demanda de Energía Total – Prospectiva

En el período de análisis, la estructura de la demanda de la energía global estará sujeta a una variación constante, paulatina y menor dada la tendencia a la migración de los consumidores a productos energéticos de una mayor eficiencia en su consumo. Esto implicará una reducción relativa en el consumo directo de productos dendroenergéticos y de biomasa y un incremento en los energéticos de fuente eólica, solar y especialmente en electricidad y la entrada en el mercado de la geotermia. La magnitud de la demanda por recursos energéticos nuevos y renovables encontrará su nicho según sean las ventajas comparativas y de competencia respecto de los otros energéticos. Sin embargo, dicha estructura estará sujeta a una variación sustantiva y mayor en un período relativamente corto, especialmente entre los productos derivados del petróleo, en la medida que las tasas tributarias aplicables al consumo de los energéticos dejen de introducir distorsiones en sus precios de mercado relativos y expresen la internalización de las externalidades derivadas de su uso.

3.2.2 Electricidad

Según el estudio de prognosis, la demanda de electroenergía prospectiva arroja también a lo largo del período de análisis y para todos los escenarios, tasas de variación decrecientes. Véase el Cuadro 5 y el Gráfico 17. Para la oferta de la componente hidroelectricidad las tendencias y sus tasas de variación son más pronunciadas.

DEMANDA DE ELECTROENERGÍA - VARIACIÓN - PROSPECTIVA - PERÚ						
PERÍODO	DEMANDA ELECTROENERGÍA			OFERTA HIDROELECTRICIDAD		
	ESCENARIO			ESCENARIO		
	CNSV	REAL / MED	OPTM	CNSV	REAL / MED	OPTM
	[%]			[%]		
VARIACIÓN MEDIA ANUAL - LUSTROS						
1995-1992		6,95			12,49	
2000-1995		6,15			5,21	
2005-2000		5,58			-0,72	
2010-2005	7,64	7,97	8,70	6,16	7,70	8,81
2015-2010	4,06	5,75	6,87	5,24	7,60	9,42
2020-2015	5,11	5,61	6,13	6,05	6,81	7,44
2025-2020	4,98	6,08	6,88	6,05	7,38	8,43
2030-2025	3,75	4,08	4,54	4,93	5,28	5,96
2035-2030	3,12	4,18	4,41	4,38	5,18	5,73

FUENTE: Tablas de Anexos de Estudios
Elaboración: Propia

Cuadro 5 Demanda de Electroenergía – Variación - Prospectiva

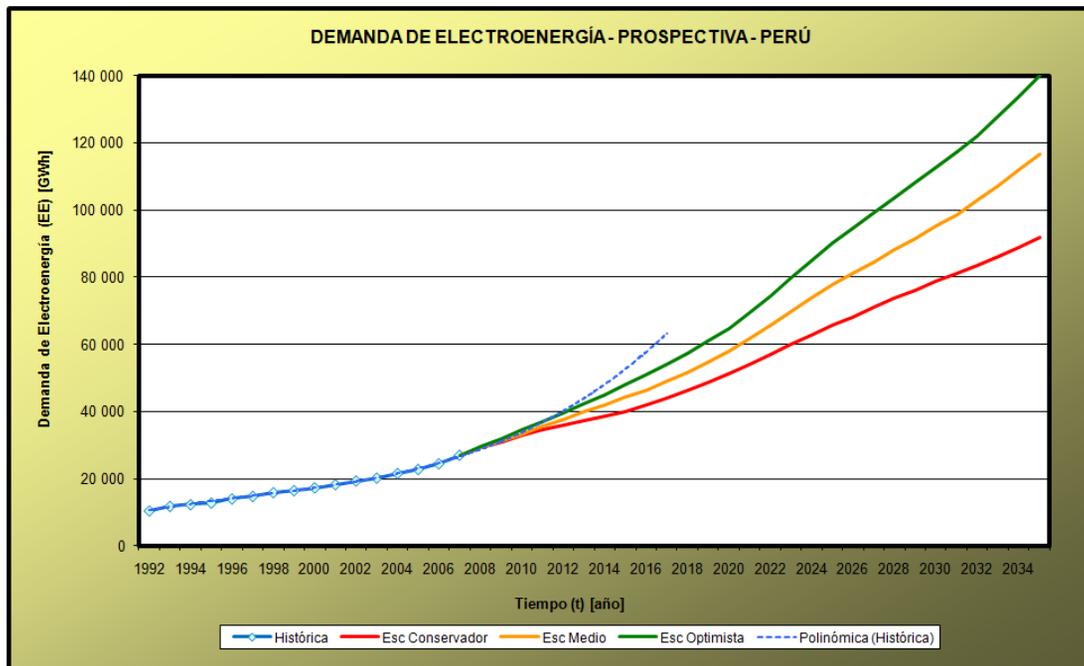


Gráfico 17 Demanda de Electroenergía – Prospectiva

En el período de análisis, la participación de la electroenergía en la demanda de energía global variará de 19,1% (2007) al rango de 24,5%-30,5% (2035), es decir, de 26,91TWh al nivel de 92TWh-140TWh. Véase el Gráfico 17 y el Gráfico 18. En relación a la participación de la hidroelectricidad en la electroenergía demandada, ésta recuperará los niveles históricos ubicándose en el rango de 68%-82% (2035). Véase el Gráfico 19.

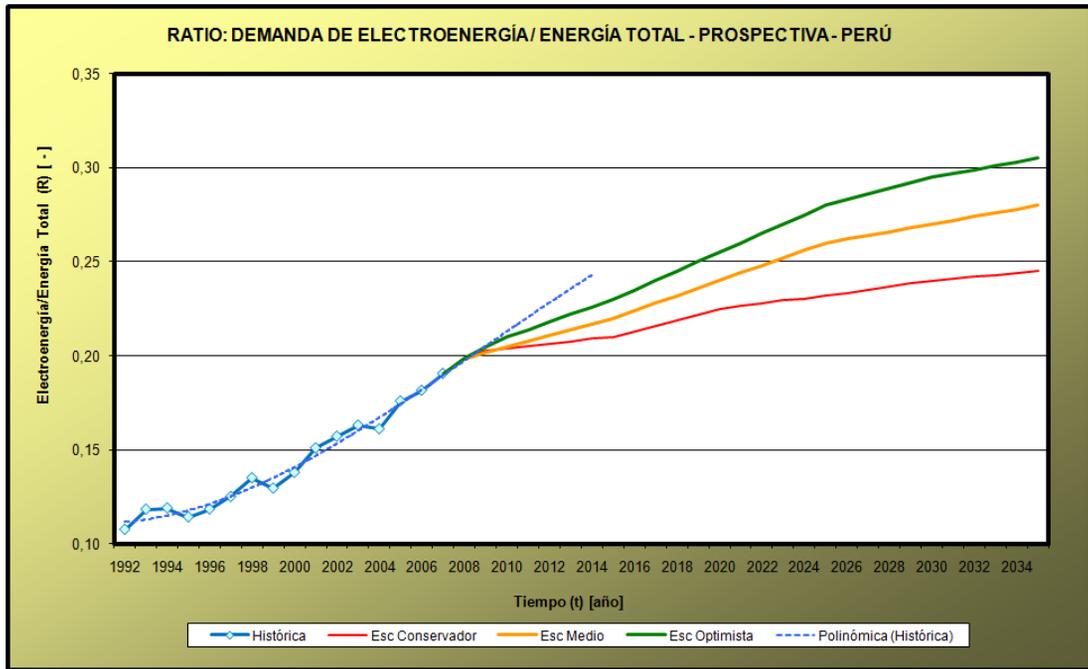


Gráfico 18 Ratio: Demanda de Electroenergía / Energía Total – Prospectiva

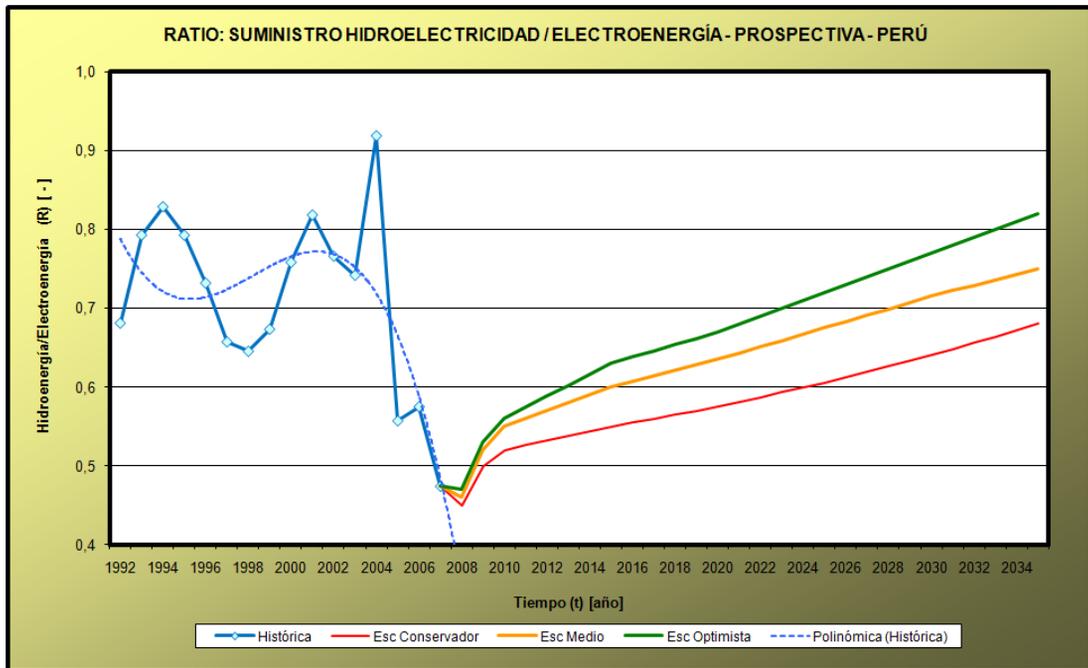


Gráfico 19 Ratio: Suministro de Hidroelectricidad / Electroenergía – Prospectiva

3.2.3 Indicadores

El estudio de prognosis incluye los mismos indicadores energéticos que el estudio de diagnóstico, utilizando la misma unidad monetaria (US\$) y la misma oportunidad de referencia (diciembre 2001=1,0).

Se plantea que el incremento de la eficiencia productiva nacional a lo largo del período de análisis, en términos de la intensidad PBI/ENRG, será mediano y sostenido, pasando de 155,4 US\$/GJ (2007) y según el escenario considerado, al rango de 183,3US\$/GJ-193,8US\$/GJ (2035). Véase el Gráfico 20.

Confirmando la anterior observación relativa al incremento de la eficiencia productiva nacional, la intensidad EXP/ENRG muestra un incremento constante y sostenido concordante con la tendencia histórica, que de 27,7US\$/GJ (2007) alcanza, según el escenario considerado, el nivel de 55,3US\$/GJ-70,2US\$/GJ (2035). Véase el Gráfico 21.

La mejora de la calidad de vida de la población, en términos de la intensidad ENRG/POB, después de un período en estado de austeridad pronunciada, 17,5GJ/hab (2007) alcanza, según el escenario considerado, el nivel de 35,6GJ/hab-42,4GJ/hab (2035). Véase el Gráfico 22. Dicha mejora es acompañada con el incremento de la magnitud económica del país, medida en términos de la intensidad PBI/POB, que de 2801US\$/hab (2007), alcanza, según el escenario considerado, el rango de 6533US\$/hab-8223US\$/hab (2035).

Confirmando la apreciación anterior, la intensidad de los índices (2001=1,0) ENRG/IDH muestra que el incremento de la demanda por energéticos coadyuva a la mejora de la calidad de vida de la población

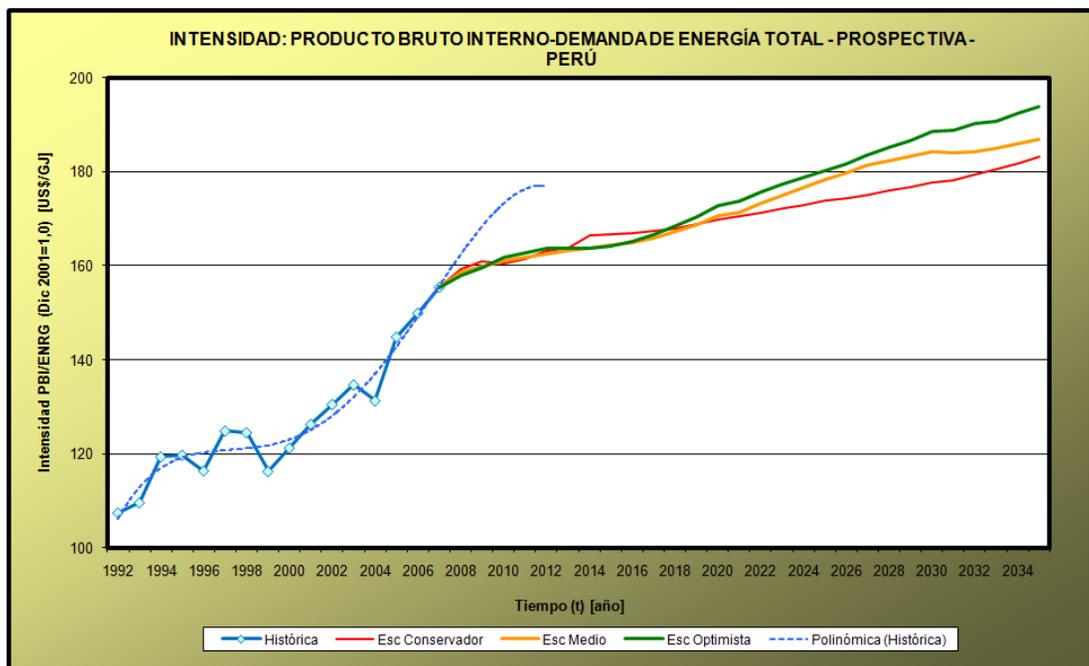


Gráfico 20 Intensidad: Producto Bruto Interno-Demanda de Energía Total – Prospectiva

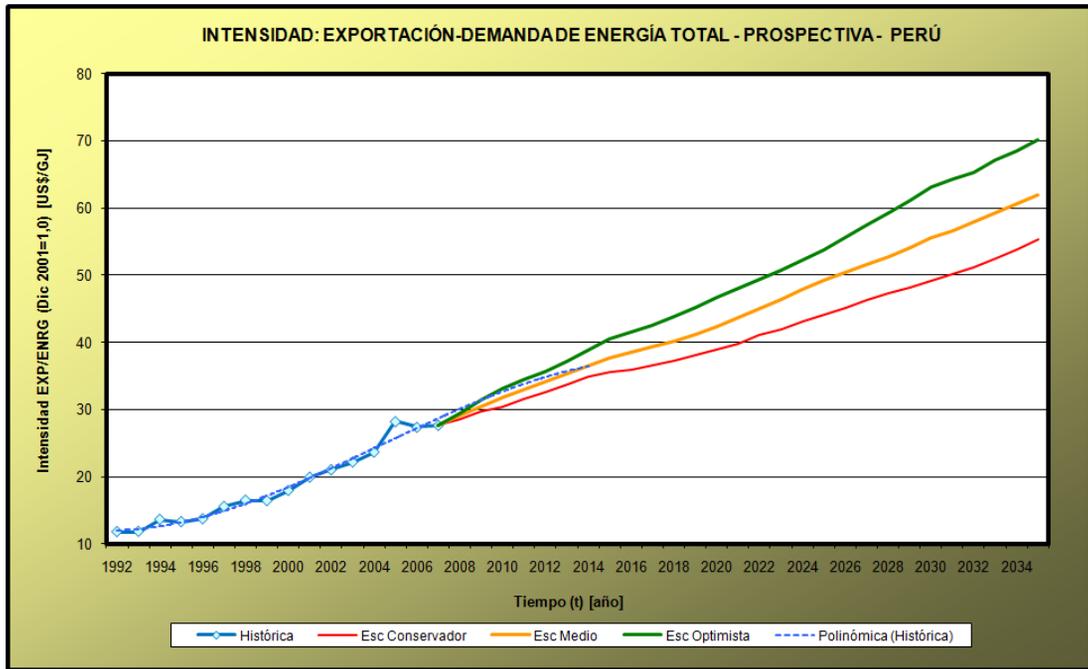


Gráfico 21 Intensidad: Exportación-Demanda de Energía Total – Prospectiva

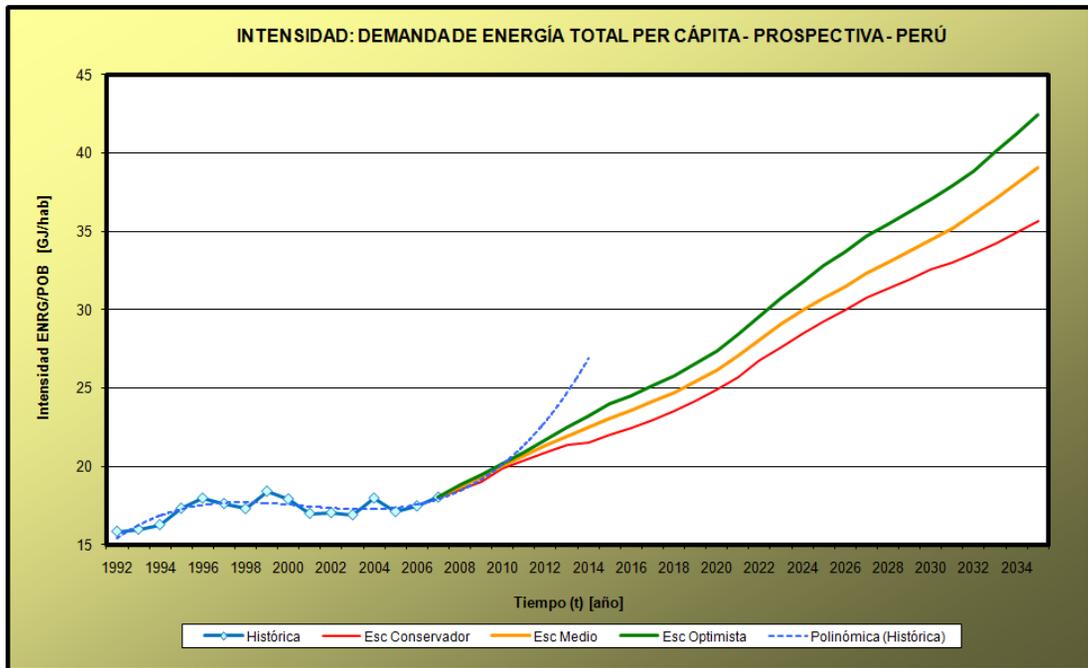


Gráfico 22 Intensidad: Demanda de Energía Total per Cápita – Prospectiva

Así, del nivel de 1,15 (2007) alcanza, según el escenario considerado, el rango de 2,91-3,43 (2035). Véase el Gráfico 23.

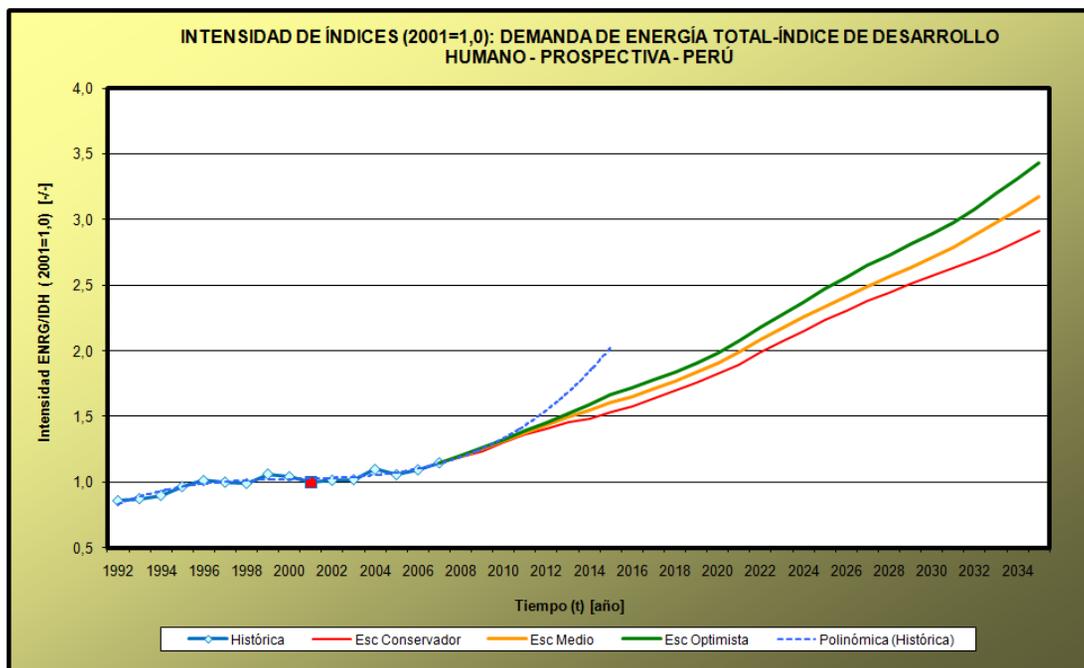


Gráfico 23 Intensidad de Índices (2001=1,0): Demanda de Energía Total-Índice de Desarrollo Humano – Prospectiva

Si bien con una tasa de variación menor a la histórica, empero constante y sostenida, como parte de la competencia entre los productos energéticos, la electroenergía sigue obteniendo el favor de los consumidores, tal como se visualiza de la intensidad EE/POB. Véase el Gráfico 24. Así, según el escenario considerado, del nivel de 953kWh/hab (2007) alcanza el rango de 2428kWh/hab-3597kWh/hab (2035). Comparativamente, para el mismo período (2008-2035) y según el escenario, la intensidad EE/POB y la intensidad ENRG/POB varían como promedio anual a tasas diferentes, a saber, 3,39%-4,86% y 2,47%-3,11%, respectivamente.

Confirmando que la demanda por electroenergía coadyuva a la mejora de la calidad de vida de la población, especialmente de aquella con residencia en zonas rurales, la intensidad de los índices (2001=1,0) de la Cobertura Eléctrica respecto al índice de Desarrollo Humano (CE/IDH), para el período analizado, muestra una tendencia creciente y constante. Véase el Gráfico 25. Así, de 1,06 (2007), según escenarios, alcanza el nivel de 1,28 (2035).¹⁸

¹⁸ Véase la Lámina A8 del Anexo. La intensidad de los índices (2001=1,0) Demanda de Electroenergía respecto a la Cobertura Eléctrica Rural (EE/CE-R) muestra que después de un periodo decreciente, en todos los escenarios, la tasa es positiva.

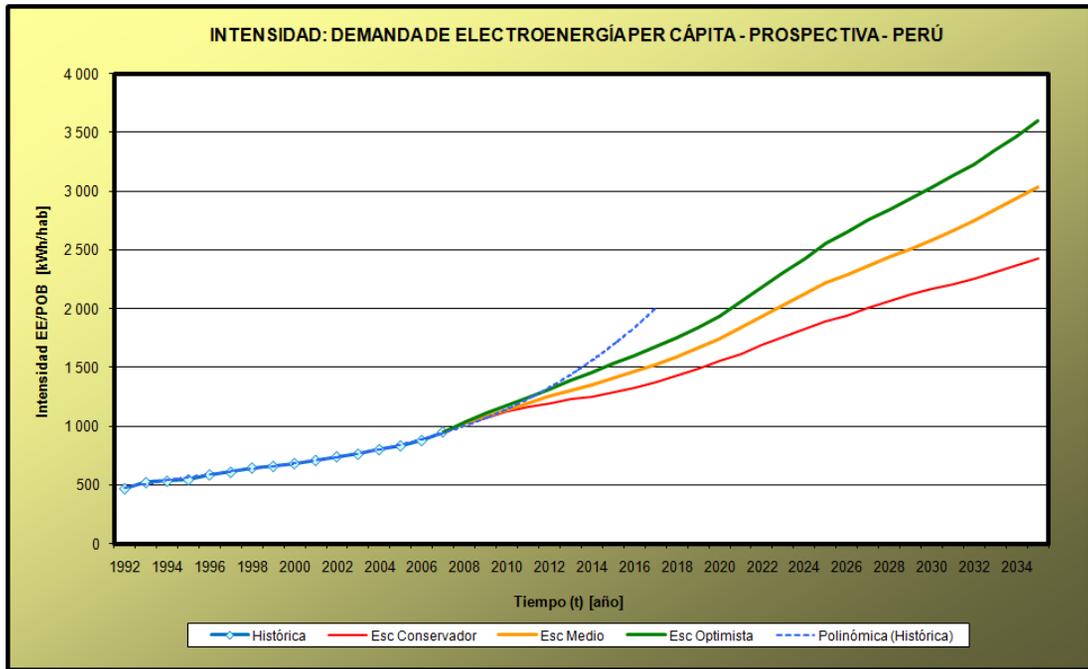


Gráfico 24 Intensidad: Demanda de Electroenergía per Cápita - Prospectiva

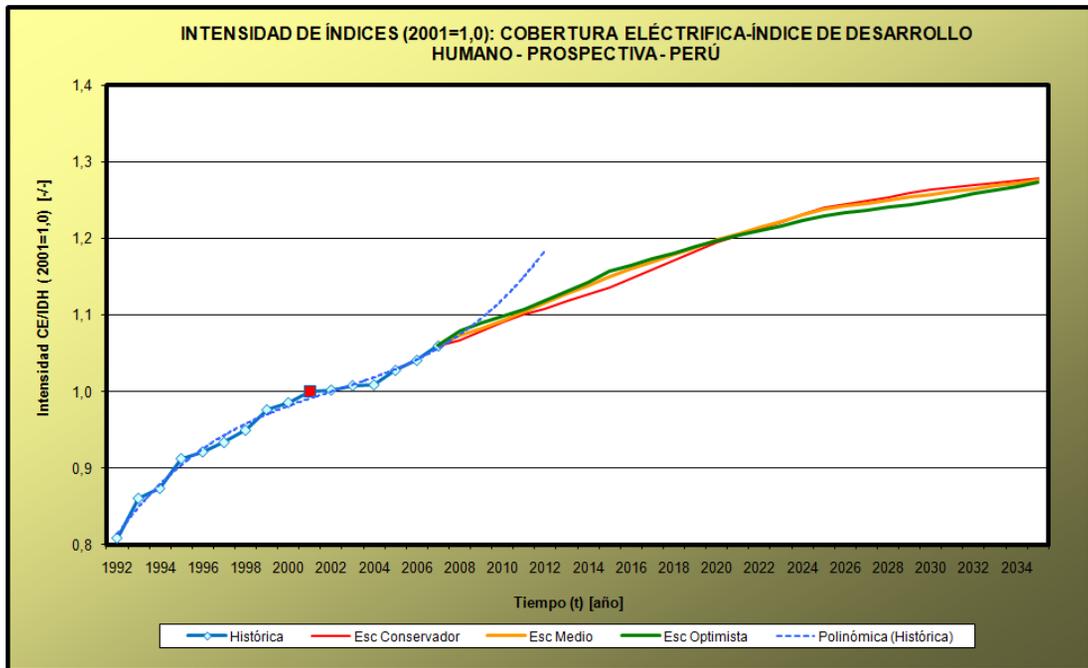


Gráfico 25 Intensidad de Índices (2001=1,0): Cobertura Eléctrica-Índice de Desarrollo Humano – Prospectiva

4 INCIDENCIA FÍSICA DEL CAMBIO CLIMÁTICO EN EL SECTOR ELECTRICIDAD

El estudio de diagnóstico y el estudio de pronóstico señalan que la vulnerabilidad del sector electricidad ante el cambio climático se presenta en dos dimensiones, por la incidencia en las condiciones de explotación y por el deterioro de su infraestructura.

La infraestructura física es vulnerable ante el cambio climático, sea que se presente como un evento 'principal', o como un evento 'secundario' derivado del primero. Los eventos 'principales' son los sismos y la variación de la temperatura ambiental. Como parte de los 'secundarios', y derivados de los sismos, se tienen los aluviones, avalanchas, huaycos, derrumbes, maremotos, etc., y derivados de la variación de la temperatura ambiental se tienen la variación del régimen pluviométrico e hidrológico, a saber, sequías, inundaciones, deshielo de los glaciales, etc.

La vulnerabilidad del sector electricidad en términos de la explotación del negocio, se encuentra directamente relacionada con las variaciones de la temperatura del ambiente, dadas las siguientes condiciones. La composición nacional de la producción de electricidad, -por origen del recurso energético utilizado para la generación, entre 60% y 80% de fuente hídrica-. La ubicación geográfica de gran parte de las centrales de generación, -en cuencas hidrológicas sujetas a una gran variación de sus caudales como consecuencia de los niveles pluviométricos-. Así como, la magnitud en el ámbito nacional del cambio climático relativo a la variación de la hidrología, -especialmente con la presencia del evento FEN y otros eventos secundarios derivados-.

La matriz de incidencia en el sector electricidad y por lo tanto de la vulnerabilidad del mismo ante el cambio climático se describe a continuación organizada por causa y efecto, y así mismo se muestra un resumen simplificado.¹⁹

4.1 Incidencia histórica

La incidencia física en la infraestructura del sector electricidad de los eventos de cambio climático son los siguientes.

4.1.1 Incidencia en Infraestructura

El resumen, del deterioro de las instalaciones eléctricas, de menor a mayor incidencia económica, derivado de los eventos de cambio climático, es el siguiente.

¹⁹ Véase la Tabla A4 del Anexo.

- Los sismos afectan principalmente a las redes de distribución y de alumbrado de las vías públicas; siendo sus efectos geográfica y temporalmente muy circunscritos.
- Los sismos y sus efectos secundarios y, los efectos secundarios de la variación de la temperatura del ambiente afectan en menor medida a las redes de transmisión, siendo sus efectos también geográfica y temporalmente muy circunscritos.
- La infraestructura de generación es afectada básicamente por los eventos secundarios de los sismos y de la variación de la temperatura del ambiente. En ambos casos, si bien los efectos son geográficamente circunscritos, dichos efectos son temporalmente más amplios.

Como consecuencia de la observancia de las medidas de adaptación, -vigente en el país desde hace varias décadas atrás-, establecidas para la construcción de dicha infraestructura, a saber, la normativa de construcción antisísmica, la vulnerabilidad y por lo tanto el estrago se ha ido reduciendo sustantivamente. Así, se observa que la incidencia de los sismos y sus eventos secundarios, paulatinamente son de menor envergadura y se focalizan en algunas instalaciones, sin afectar necesariamente al conjunto de instalaciones del sector.

De los fenómenos principales de cambio climático señalados y sus fenómenos secundarios derivados, FEN es el que cubre la mayor parte del territorio del país, siendo también el de mayor duración y mayor incidencia.

4.1.2 Incidencia en Explotación

El resumen, de la incidencia en la explotación de las instalaciones de electricidad derivada de los eventos de cambio climático, es el siguiente.

- La producción de hidroelectricidad en las cuencas del centro-sur del país alcanza aproximadamente 2/3 del total hidroeléctrico, mientras que en las cuencas del noroeste del país la producción es algo menor a 10%. Las cuencas comprendidas en la zona noroeste se encuentran sujetas a una gran influencia e incremento sustantivo de los regímenes hidrológicos ante la presencia de FEN. Por otro lado, las cuencas comprendidas en la zona centro-sur también se encuentran altamente influenciadas ante la presencia de FEN,, sin embargo, en sentido opuesto, con un decremento sustantivo de los regímenes hidrológicos.
- En la zona centro-sur, aún en las cuencas con un sistema de almacenamiento mayor de agua para la producción de hidroelectricidad, y dado el ciclo de reposición anual de los mismos, en años con presencia de FEN los niveles de los caudales hidrológicos son sustantivamente menores, incidiendo en forma determinante en la magnitud de producción de hidroelectricidad.
- En el pasado remoto, ante la carencia de un sistema de transmisión de electricidad de alcance nacional, algunos centros de demanda aislados se

vieron afectados, tanto en el precio por la sustitución parcial de electricidad de origen térmico, como en la cantidad de electricidad suministrada, por carencia de un abastecimiento alternativo y por la disminución de la producción hidroeléctrica motivada por una sequía mayor derivada del cambio climático ante la presencia de un evento FEN.

- En el pasado reciente, contando con un incipiente sistema de transmisión de alcance nacional, ante la presencia de FEN y su consecuente reducción de producción hidroeléctrica, la vulnerabilidad del sector radicó en el incremento de los precios de la electricidad como consecuencia de un abastecimiento de origen térmico alternativo.

Con el devenir progresivamente se han ido aplicando medidas de adaptación ante la vulnerabilidad del sector frente al cambio climático. Una corresponde a la ampliación paulatina del sistema de transmisión que, actualmente, aún incipiente, cubre casi la totalidad del territorio nacional. Otra medida de adaptación ha constituido la ampliación del portafolio de energéticos utilizados para la generación de electricidad, a fin de no depender exclusivamente del recurso hídrico. Una tercera medida de adaptación ha constituido el establecimiento de una capacidad de generación de reserva para casos de contingencia; sin embargo, ésta, en la actualidad es ineficiente y de alto costo de producción como consecuencia del devenir histórico.

RESUMEN CUALITATIVO DE INCIDENCIA FÍSICA DE EVENTOS - PERÚ							
TIPO DE EVENTO	INSTALACIÓN	INCIDENCIA			TIEMPO		
		DAÑO	ENERGÍA		DURACIÓN	PERÍODO	
			SUSTITUIDA	NO-SERVIDA	[día]		
1	Terremoto + Maremoto	CT Ilo 21 Carbón	X	X		110	2001-06-23 2001-12-21
2	FEN + Aluvión	CH Machu Picchu	X	X		1 228	1998-02-27 2001-07-13
3	FEN + Inundación	LT Chiclayo - Piura	X	X		15	1998-02-12 1998-02-27
4	FEN + Sequía	Explotación Sector		X	X	210	1992-05-01 1992-11-30
5	FEN + Sequía	Explotación Sector		X	X	135	1983-07-01 1983-11-15
6	FEN + Sequía	Explotación Sector		X	X	120	1972-06-15 1972-10-14
7	Terremoto + Aluvión	CH Cañón del Pato	X	X	X	185	1970-05-31 1970-12-03

FUENTE: Tablas de Anexos de Estudios
 NOTA: Para daños, período corresponde al de rehabilitación
 Para sustitución y/o carencia de producción, período corresponde al máx. observado
 Elaboración: Propia

Cuadro 6 Resumen Cualitativo de Incidencia Física de Eventos

En el Cuadro 6, para el período de análisis, -independiente del origen, se muestran los casos de eventos que incidieron en las instalaciones y su explotación del sector electricidad, como consecuencia del cambio climático.

4.2 Incidencia prospectiva

La prospectiva de la incidencia física en la infraestructura del sector electricidad de los eventos de cambio climático prospectivos, es la siguiente.

4.2.1 Incidencia en Infraestructura

En relación con los efectos de deterioro de la infraestructura eléctrica derivados del cambio climático, el estudio de prognosis básicamente se señala que serán puntuales y de menor magnitud que los históricos. Dicha condición será resultado de la aplicación escrupulosa de las medidas de adaptación establecidas y por establecerse, especialmente aquella relativa la normativa antisísmica nacional, e inclusive medidas más amplias como las relativas a la micro-ubicación y obras de arte de protección contra eventos secundarios, como maremotos, aluviones, deslizamientos, etc.

Esta disminución prospectiva de los efectos de deterioro de las instalaciones eléctricas ante la presencia de eventos de cambio climático, beneficia a los agentes del mercado, sin embargo, determinando un incremento relativamente menor de los costos de inversión y de los costos de los seguros. Desde la perspectiva de la sociedad, la aplicación de las medidas de adaptación señaladas, redundará en un beneficio directo al disminuir los potenciales riesgos de disminución y/o carencia de suministro de electricidad y cuyo costo total incremental es asumido por la sociedad con el pago de la respectiva reserva del sistema.

4.2.2 Incidencia en Explotación

El estudio de prognosis, tomando en consideración las conclusiones históricas de la vulnerabilidad del sector electricidad en relación con el cambio climático en su componente variación de la temperatura ambiental y especialmente a la presencia recurrente y acíclica de un evento FEN mayor, y sobre la base de los escenarios hidrológicos, auscultar los siguientes factores para la reducción de la vulnerabilidad.

- La proporcional reducción de la emisión de gases de efecto invernadero y su incidencia en la temperatura ambiental se puede lograr, sobre la base de obtener que el ratio de producción de hidroelectricidad respecto de la producción total, se establezca en el largo plazo en la banda de 60% y 80%, similar a la media histórica.

- La volatilidad de los regímenes hidrológicos, especialmente en casos de presencia de eventos FEN mayores, pueden ser paliados con la implantación de centrales hidroeléctricas nuevas en cuencas hidrográficas de la selva alta, a saber, sobre la gran cuenca del Atlántico, tanto en la zona norte, como sur de la amazonia peruana.
- El establecimiento de rutas troncales de transmisión a lo largo y ancho del país a fin de constituir vías redundantes y con capacidad suficiente para el transporte de electricidad ante contingencias derivadas de eventos climáticos. Complementariamente se logra el incremento de la competencia entre agentes oferentes del mercado.
- El incremento de la eficiencia de las centrales de generación que utilizan energéticos no-renovables con la aplicación de tecnologías acordes (v. gr. ciclo combinado, cogeneración y combinación de ambas).
- La mejora paulatina de la eficiencia y costos de explotación del equipamiento de generación de reserva, desechando plantas obsoletas y reemplazándolas por otras más eficientes y que hacen uso de energéticos de costo medio.

5 INCIDENCIA ECONÓMICA DEL CAMBIO CLIMÁTICO EN EL SECTOR ELECTRICIDAD

El estudio de diagnóstico y el estudio de pronóstico sobre la base de la incidencia física y las condiciones de vulnerabilidad del sector electricidad ante el cambio climático, aproxima la cuantificación económica de dicha presencia, tanto desde la perspectiva de los consumidores, los agentes del mercado y la sociedad en su conjunto. Dada las magnitudes, los montos absolutos de la incidencia son comparados con el respectivo valor del Producto Bruto Interno. En todos los casos los valores son los reales y reexpresados a US\$ a valor constante de diciembre del año 2001.

5.1 Incidencia histórica

Los valores tomados en cuenta para la determinación de la incidencia económica histórica son: (i) los costos reales de reparación y de rehabilitación irrogados por los agentes del mercado para subsanar los deterioros de las instalaciones como consecuencia del cambio climático; (ii) los valores de las tarifas eléctricas aplicables a los consumidores regulados y los precios del mercado libre, ambos válidos en la oportunidad de acaecimiento del evento; (iii) los valores válidos en la oportunidad de adquisición de la electricidad de otras fuentes de generación para suplir las obligaciones contractuales; y, (iv) los valores de los Costos por la Energía No-Servida al mercado (CENS), que siendo temporalmente disímiles, son parcialmente tomados de estudios oficiales.²⁰

Como conclusión, el estudio de diagnóstico señala que la vulnerabilidad del sector electricidad frente al cambio climático, para el período de análisis 1970-2007, es determinante. Así, en términos societales, el monto absoluto es de 6900 M*US\$ que corresponde a un promedio anual de 0,33% de PBI. Es obvio, que dicho promedio para un plazo tan largo, incluye gran cantidad de años cuya incidencia es nula y algunos años cuya incidencia es muy alta. Es de resaltar que de dicho monto absoluto, la distribución, respectivamente entre los consumidores y los agentes del mercado, es 94,2% y 5,8%. Véase el Cuadro 7.

²⁰ A falta de data oficial y de estudios especializados sobre el tema, para el año 1992, el Estudio de Diagnóstico ha tomado dos alternativas de CENS.

RESUMEN DE INCIDENCIA ECONÓMICA DE EVENTOS - PERÚ								
CAUSA - EVENTO	INSTALACIÓN	AÑO	VALOR			INCIDENCIA SOCIEDAD		
			(Dic. 2001=1,0)					
			OPERA DOR	CONSU MIDOR	SOCIE DAD	PBI	RATIO	
			[M*US\$]					[%]
1	Terremoto + Maremoto	CT Ilo 21 Carbón	2001	57,0	0,0	57,0	55 002	0,10
2	FEN + Aluvión	CH Machu Picchu	1998	167,1	5,5	172,6	52 829	0,33
3	FEN + Inundación	LT Chiclayo - Piura	1998	6,5	0,0	6,5	52 829	0,01
4	FEN + Sequía	Explotación Sector	1992	180,9	2 316,8	2 497,7	37 813	6,61
				139,9	5 466,7	5 606,6		14,83
5	FEN + Sequía	Explotación Sector	1983	2,9	124,5	127,4	37 972	0,34
6	FEN + Sequía	Explotación Sector	1972	3,2	636,5	639,7	30 740	2,08
7	Terremoto + Aluvión	CH Cañón del Pato	1970	21,3	263,3	284,6	28 683	0,99
SUBTOTAL			1970-2007	438,9	3 346,6	3 785,5		
		Incidenia Infraestr.		397,9	6 496,5	6 894,4		
		Explotación Sector		251,9	268,8	520,7		
				187,0	3 077,8	3 264,8		
				146,0	6 227,7	6 373,7		
PROMEDIO AÑO				11,6	88,1	99,6		
			2001	10,5	171,0	181,4	55 002	
								0,18
								0,33

FUENTE: Tablas de Anexos de Estudios
Elaboración: Propia

Cuadro 7 Resumen de Incidencia Económica de Eventos

5.1.1 Incidencia en Infraestructura

En relación a las consecuencias causadas por el cambio climático con el deterioro de la infraestructura del sector, la incidencia económica histórica para el período analizado, en términos absolutos fue de 521 M*US\$ y en términos relativos respecto a la incidencia total fue de 7,6%. Empero, la proporción de dichos costos, respectivamente, entre consumidores y agentes del mercado fue de 51,6% y 48,4%.

La conclusión general, de la incidencia económica del cambio climático en el sector electricidad por los daños causados en la infraestructura física, es equivalente a una central hidroeléctrica de mediano tamaño para la magnitud del mercado nacional.

5.1.2 Incidencia en Operación

Por el extremo de las consecuencias causadas por el cambio climático en la explotación de la infraestructura del sector, la incidencia económica histórica para el período analizado, en términos absolutos fue de 6 375 M*US\$ y en términos

relativos respecto a la incidencia total fue de 92,4%. Así, la proporción de dichos costos, entre consumidores y agentes del mercado fue de 97,7% y 2,3% respectivamente, es decir, los consumidores asumieron casi la totalidad de los costos involucrados.

La conclusión general, de la incidencia económica del cambio climático en el sector electricidad por su vulnerabilidad en la explotación de la infraestructura ante la variación hidrológica, esta alcanza magnitudes astronómicas para la magnitud del mercado eléctrico nacional, y de lejos sobrepasa a la incidencia derivada de los daños causados en la infraestructura.

5.2 Incidencia prospectiva

El estudio de pronóstico, en una aproximación simplificada para el largo plazo (2008-2035) compara la expansión de la generación y la transmisión, 'con' y 'sin' la incidencia del cambio climático y obtiene los respectivos costos marginales nodales (CMN) en la barra de referencia. Para esto hace uso de los siguientes costos prospectivos según trate los escenarios: (i) los costos de inversión; (ii) los costos de los energéticos utilizados para la generación; (iii) los precios resultantes de la electricidad; (iv) la energía no-servida (ENS); y, (v) los costos de la energía no-servida. Los escenarios considerados en la prospectiva corresponden a: tres para la demanda; tres para la hidrología; y, tres escenarios para el Costo de la Energía No-Servida (CENS). Los valores resultantes de la incidencia del cambio climático en el sector electricidad son comparados con el respectivo valor de PBI de su oportunidad.

La conclusión del estudio de pronóstico señala que la vulnerabilidad del sector electricidad frente al cambio climático, para el período de análisis de 28 años (2009-2035), es determinante. Así, en términos societales, el monto involucrado con relación al respectivo PBI, corresponde a un promedio anual muy amplio,²¹ que sin embargo tiene una tendencia clara cuando se organiza según el escenario hidrológico considerado. Véase el Cuadro 8 y el Gráfico 26. Dicho promedio para un plazo tan largo, incluye gran cantidad de oportunidades cuya incidencia es nula y algunos años cuya incidencia es muy alta.

Dada la alta vulnerabilidad del sector frente al cambio climático prospectivo es imprescindible la implantación de las medidas de adaptación sectoriales.

²¹ Así, para el cambio climático, con un escenario hidrológico promedio anual inferior en 3,01% respecto del histórico, con una variación promedio anual de la demanda de 5,2% y con un valor de CENS de 5000 US\$/MWh la incidencia se encontraría en un promedio anual de 1,45% de PBI.

Dada en la serie histórica la relativa gran incidencia del cambio climático por la variación de la temperatura ambiental, -y por ende en la variación de la hidrología y para el caso en la 'explotación' de las instalaciones de generación hidroeléctricas-, con relación a la incidencia total en el sector electricidad de dicho cambio climático, el estudio de prognosis hizo hincapié en dichos eventos.

También, considerando la factibilidad de la aplicación de medidas de adaptación a fin de disminuir la vulnerabilidad sectorial ante la presencia del cambio climático que origine 'deterioros' de la infraestructura, así como su relativa menor incidencia económica en el resultado total y lo aleatorio de su acaecimiento, el estudio de prognosis trató el tema como de incidencia menor que puede ser enmarcado y asumido dentro de los resultados señalados en el párrafo precedente.

6 POLÍTICA DE ADAPTACIÓN DEL SECTOR ELECTRICIDAD

Considerando un escenario de paulatino incremento de la temperatura ambiental y por lo tanto, en el largo plazo, una reducción de las precipitaciones pluviales y, la presencia recurrente y acíclica del Fenómeno El Niño (FEN) con eventos mayores en períodos cada vez más cortos, así como, un desarrollo constante y sostenido nacional, se prevé un incremento de la demanda de energía, soportado, entre otros, principalmente por la electricidad.

Las condiciones señaladas para Perú, muy probablemente también condicionen en el ámbito mundial la necesidad imperativa de prever y prevenir, en la medida de lo posible, procesos migratorios masivos, el incremento de los precios de los recursos crecientemente más escasos, como los energéticos y entre ellos, el agua, y sin descartar la aparición de conflictos nacionales e internacionales por el manejo de los recursos de escasez creciente (agua).

La propuesta de política de adaptación del sector electricidad frente al cambio climático se enmarca en la Política Nacional del Ambiente²² y se sustenta en tres (03) principios pilares, a saber, institucional, financiero y operativo. El primero incluye la planificación, las medidas y los participantes; el segundo trata sobre el financiamiento para la aplicación de las medidas; y, el tercero incluye la perspectiva de demanda y oferta de electricidad.²³

Planificación

La formulación del “Plan Nacional de Adaptación del Sector Electricidad” (PLANSE) de largo plazo frente al cambio climático,²⁴ que incluye una evaluación constante de los sistemas eléctricos, de las regiones climáticas, de los sectores económicos de consumo, de los escenarios de cambio climático, e identificación de las regiones

²² Véase la Bibliografía; “Política Nacional del Ambiente” Lima, mayo de 2009. Aprobada por Decreto Supremo 012-2009-MINAM.

“Eje de Política 1; Conservación y Aprovechamiento Sostenible de los Recursos Naturales y de la Diversidad Biológica”; Acápite 5 – Minería y Energía - Lineamientos de Política; y, Acápite 9 – Mitigación y Adaptación al Cambio Climático – Lineamientos de Política.

“Eje de Política 3; Gobernanza Ambiental”; Acápite 1 – Institucionalidad – Lineamientos de Política; Acápite 2 – Cultura, Educación y Ciudadanía Ambiental – Lineamientos de Política; y, Acápite 3 - Inclusión social en la Gestión Ambiental – Lineamientos de Política.

“Eje de Política 4; Compromisos y Oportunidades Ambientales Internacionales”; Acápite 6 – Estándares de Cumplimiento.

²³ Véase la Bibliografía; “Ley General del Ambiente” Lima, mayo de 2005. Aprobada por Ley 28611.

Artículo 10 – “De la vinculación con otras políticas públicas” y Artículo 11 – “De los lineamientos ambientales básicos de las políticas públicas”.

²⁴ Nota previa.

Artículo 19 – “De la planificación y del ordenamiento territorial ambiental”.

donde la implantación de las medidas de adaptación son más efectivas y económicas. El PLANSE se revisa y emite en forma periódica.

Medidas

Las medidas de adaptación son planificadas, pro-activas y vinculantes. Las medidas de adaptación incluyen las propuestas de emisión de normas técnica y de programas de generación de conocimientos, divulgación y fortalecimiento de capacidades a todo nivel de la sociedad.²⁵

Participantes

La formulación del instrumento de planificación es sujeto a la participación ciudadana organizada, responsable e informada y de los agentes demandantes y oferentes del sector.²⁶

Financiamiento

El financiamiento para la implantación de las medidas de adaptación al cambio climático se sustenta en la utilización de mecanismos de mercado.²⁷

Demanda

Se promueve la utilización racional y eficiente de la electricidad, en competencia con otros energéticos en equidad tributaria.

Oferta

Se promueve la producción de electricidad con instalaciones que utilicen como fuente energéticos renovables endógenos en un mercado en competencia y en libre concurrencia.

Para aprovechar la complementariedad hidrológica, la seguridad del abastecimiento y la competencia en el mercado se instalan vías troncales de transmisión en el ámbito nacional.

En un sistema adaptado económicamente se promueve la eficiencia y el menor impacto ambiental en la generación de electricidad que utilice como fuente recursos energéticos no-renovables.

²⁵ Nota 23 ut supra.
Artículo 17 – “De los Tipos de Instrumentos”.

²⁶ Nota 23 ut supra.
Capítulo 4 – “Acceso a la Información Ambiental y Participación Ciudadana”; Artículo 41 en adelante.

²⁷ Nota 23 ut supra.
Artículo 36 – “De los Instrumentos Económicos”.

7 MEDIDAS DE ADAPTACIÓN DEL SECTOR ELECTRICIDAD

Sobre la base de la propuesta de política de adaptación sectorial y considerando las características y condiciones de los instrumentos de adaptación nacional se proponen las medidas de adaptación del sector electricidad.²⁸ Éstas, en todos los casos responden a los cuestionamientos básicos para cada etapa de su formulación, a saber, identificación, participación, corrección, divulgación, implantación, seguimiento, mejora y ajuste.

Las medidas de adaptación del sector electricidad frente al cambio climático propuestas constituyen un todo integral y coherente, que se exponen en cuatro grandes grupos,²⁹ a saber, institucionales, normativas, financieras y operativas. El primero incluye la institucionalidad y su actuar; el segundo corresponde a la formulación de la reglamentación aplicable; el tercero trata sobre el financiamiento para la implantación de las medidas; y, el cuarto incluye las medidas específicas de los segmentos de demanda y de oferta de electricidad.

Complementando las medidas de adaptación propuestas, se planteadas también la matriz de asignación de funciones según las instituciones³⁰ y la matriz de priorización temporal de las medidas de adaptación.³¹

7.1 Institucional

La medida de adaptación, denominada institucional, corresponde a la siguiente, señalándose que no se plantea la creación de ninguna nueva institución ad-hoc. Se plantea que la asignación de funciones se realice en concordancia con la estructura organizativa actualmente vigente del Estado y de las otras instituciones sectoriales. Véase el Gráfico 27.

1. Determinar las funciones requeridas para la ejecución de las actividades de adaptación del sector electricidad y asignarlas a las instituciones sectoriales correspondientes.³² Así, se plantea que las actividades correspondientes a las

²⁸ Nota 23 ut supra.
Artículo 26 – “De los Programas de Adecuación y Manejo Ambiental”.

²⁹ Véase la Tabla A5 del Anexo. Resumen de Medidas de Adaptación del Sector Electricidad.

³⁰ Véase la Tabla A6 del Anexo. Matriz de función-institución de Medidas de Adaptación del Sector Electricidad.

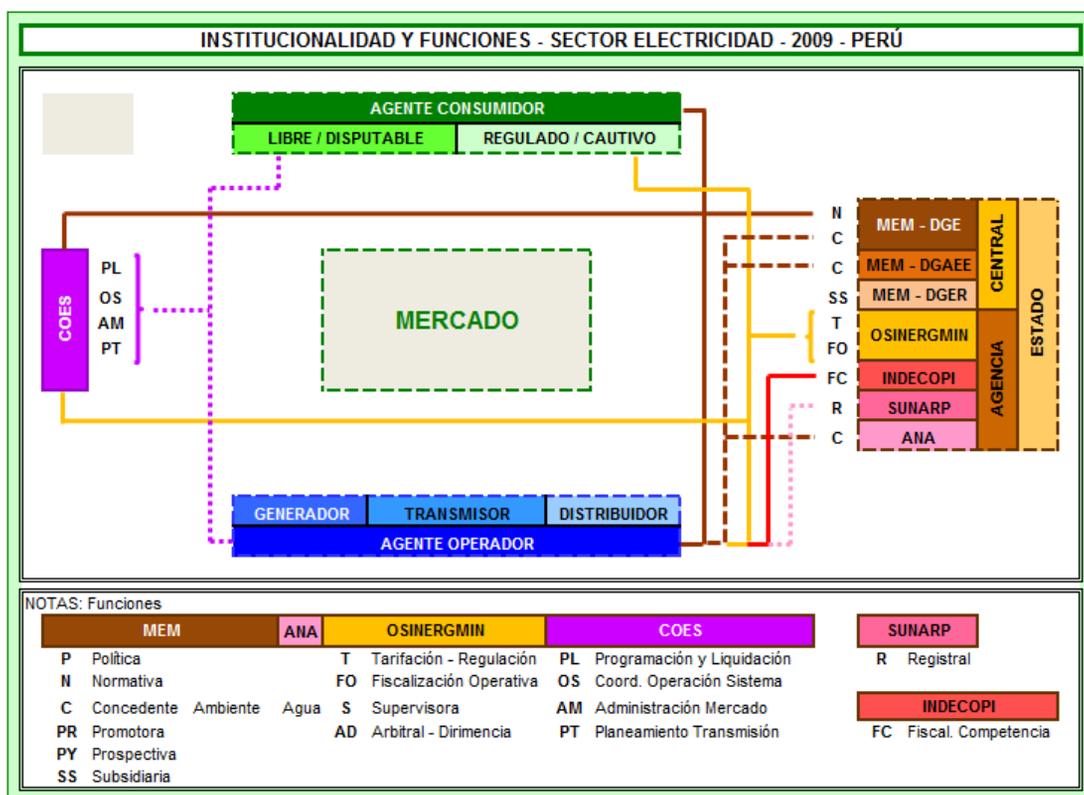
³¹ Véase la Tabla A7 del Anexo. Matriz de priorización temporal de Medidas de Adaptación del Sector Electricidad.

³² Nota 23 ut supra.
Artículo 52 – “De las Competencias Ambientales del Estado” y Artículo 58 – “Del ejercicio sectorial de las funciones ambientales”.

funciones, política, concedente, normativa y promotora corresponda al Ministerio de Energía y Minas (MEM); las funciones fiscalizadora y en caso aplicable a la tarificación al Organismo Supervisor de la Inversión en Energía y Minería (OSINERGMIN); y, las actividades técnicas de apoyo para el cumplimiento de las funciones antes señaladas asignarlas al Comité de Operación Económica del Sistema (COES).

Es menester resaltar que las funciones de alcance multisectorial y como ente rector y coordinador entre todas las dependencias del Estado, -en términos de su organización horizontal y vertical-, le corresponde al Ministerio del Ambiente (MINAM).³³

Dado el proceso de descentralización en el que se encuentra inmerso el país, cuya maduración también es de largo plazo, la asignación de las respectivas funciones también corre la misma suerte.³⁴



³³ Nota 23 ut supra.
Artículo 56 – “De la Autoridad Ambiental Nacional”.

³⁴ Nota 23 ut supra.
Artículo 59 – “Del ejercicio descentralizado de las funciones ambientales”.

7.2 Normativa

Las medidas de adaptación normativas, corresponden a las siguientes.

1. El ‘Plan de Adaptación del Sector Electricidad’ (PLANSE) frente al cambio climático con una perspectiva de largo plazo es elaborado por MEM.³⁵ Su formulación se ajusta a la participación ciudadana y de los agentes del sector.
2. Elaborar y ejecutar los programas a cargo de MEM de generación de conocimientos, fortalecimiento de capacidades de adaptación a todo nivel de la sociedad, y de divulgación de información, especialmente entre el personal de trabajadores del sector electricidad y de los grupos organizados de los consumidores, así como, entre las organizaciones representativas de las comunidades involucradas con la ejecución de infraestructura del sector.³⁶
3. Identificar si la normativa de alcance nacional para la ejecución de obras (construcción) incluye aquéllas que se requieren para que la infraestructura del sector se adapte a las condiciones de cambio climático futuras. V. gr. sismicidad, maremotos, avalanchas, avenidas, huaycos, derrumbes, inundaciones, vientos, nevadas, heladas, etc. Dado que dichas normas técnicas se requieren para la aplicación en todos los sectores económicos, por lo tanto su formulación y aprobación, es multisectorial. Esta actividad es de iniciativa de múltiples orígenes y de responsabilidad de MEM.
Sobre la base de la identificación de las necesidades, MEM debe plantear las respectivas propuestas, hasta su aprobación e implantación.
4. Identificar si la normativa de alcance nacional para la explotación de infraestructura incluye aquéllas que se requieren para que la operación de la infraestructura del sector se adapte a las condiciones de cambio climático futuras.³⁷ V. gr. caudales hidrológicos regulados mínimos, condiciones de inundación para fines de represamiento de agua, niveles de emisiones de Gases de Efecto Invernadero (GEI) por zonas territoriales, eco-etiquetado, etc. Las normas técnicas que son de aplicación multisectorial o exclusiva del sector electricidad, requieren su formulación y aprobación correspondiente.
Esta actividad es de iniciativa de múltiples orígenes, de responsabilidad de MEM y de aprobación de MINAM.
5. Identificar e incluir en el “Plan Referencial de Energía” (PREN), en el “Plan Referencial de Electricidad” (PRE), en el “Plan Referencial de Hidrocarburos” (PRH), en el “Plan de Transmisión” (PT) y en el “Plan Referencial de Uso Eficiente de la Energía” (PRUE) los escenarios que incorpore las condiciones del cambio climático analizado en PLANSE.

³⁵ Nota 23 ut supra.

Artículo 19 – “De la planificación y del ordenamiento territorial ambiental”.

³⁶ Inicialmente los programas pueden ser financiados parcialmente con fondos procedentes del Consejo de Administración de Recursos para la Capacitación en Electricidad (CARELEC).

³⁷ Nota 23 ut supra.

Artículo 31 – “Del Estándar de Calidad Ambiental” y Artículo 32 – “Del Límite Máximo Permissible”.

7.3 Financieras

Las medidas de adaptación financieras, corresponden a las siguientes.³⁸

1. Identificar el nivel de competencia en el mercado entre los productos energéticos, así como las distorsiones del mercado, derivadas de la aplicación de tributos y subsidios. Actividad bajo responsabilidad de OSINERGMIN.

Se plantea que el tributo específico a los energéticos, -independiente de aquéllos generales aplicables a todos los bienes y servicios-, de preferencia debe aplicarse al consumo final, sobre la base de tres variables, a saber, (i) la capacidad energética de los mismos; (ii) la eficiencia en su utilización; y, (iii) el nivel de impacto ambiental derivado de su uso.³⁹ Es decir, el tributo específico debe internalizar las externalidades derivadas de su utilización. MEM y MINAM en coordinación con el Ministerio de Economía y Finanzas (MEF) son los responsables de la aprobación e implantación de esta medida.

Así mismo se plantea que, los subsidios a los energéticos, de preferencia deben aplicarse al consumo final, en forma directa,⁴⁰ plazo finito y tendencia decreciente, y sobre la base de las variables sociales elegidas. Actividad bajo responsabilidad de MEM y MEF.

2. La cadena de valor del mercado de energía, sin distorsiones tributarias y subsidiarias, en adición a la libertad que otorga al consumidor de elegir los productos energéticos de su preferencia, permite transparencia en la aplicación y fiscalización de medidas de adaptación y en la colección de fondos por tributos ambientales para la implantación de las medidas de adaptación. Actividad bajo responsabilidad de MEM.
3. Identificar las fuentes y los métodos para la obtención de recursos financieros, tanto nacionales, como internacionales, que pueden ser utilizadas para la implantación de las medidas de adaptación.⁴¹ Actividad bajo responsabilidad de MINAM y MEM.

³⁸ Nota 23 ut supra.

Artículo 36 – “De los instrumentos económicos”.

³⁹ Nota 23 ut supra.

Artículo 4 – “De la Tributación y el Ambiente”.

⁴⁰ A diferencia de los subsidios cruzados entre los diferentes estratos de consumidores del país, la aplicación de subsidios directos del Estado permite transparencia en la contabilidad pública y facilidad en la definición de los programas de lucha contra la pobreza por zonas geográficas y estratos sociales.

⁴¹ Nota 23 ut supra.

Artículo 38 – “Del financiamiento de la gestión ambiental”.

7.4 Operativas - Promotoras

Las medidas de adaptación operativas de demanda y oferta son las siguientes:⁴²

1. Sobre la base de un saludable mercado en competencia entre productos energéticos, y la potencial migración de los consumidores a la electricidad, condiciona que se identifique e implante prácticas de consumo eficientes.⁴³ Dichas prácticas, tanto desde la perspectiva de la tecnología de los aparatos utilizados,⁴⁴ hasta los usos y costumbres de los consumidores⁴⁵ son nichos para la aplicación de medidas adaptación.⁴⁶ Actividad bajo responsabilidad de MEM.
2. El calentamiento global determina en el ámbito mundial un incremento de los precios de los energéticos utilizados para la producción de electricidad por lo que se debe aprovechar aquéllos con los que cuenta el país, especialmente los renovables. Actividad de promoción bajo responsabilidad de MEM.
3. El cambio climático determina en el país un proceso constante de desertificación, especialmente de la franja costera, también, para la generación de electricidad, el país solo hace uso de menos del cinco (5%) por ciento de su potencial recurso hídrico aprovechable, por lo que, de cara al futuro, se debe considerar la explotación de las cuencas hidrográficas de la gran cuenca amazónica (selva alta). Actividad de promoción bajo responsabilidad de MEM.
4. La tecnología de la plantas de generación de electricidad con energéticos no-renovables endógenos debe maximizar la eficiencia y la utilización racional del recurso⁴⁷ para beneficio de la generación actual y las futuras.⁴⁸ Actividad de promoción bajo responsabilidad de MEM.
5. La ampliación de la matriz de los energéticos utilizados como insumo para la generación de electricidad, especialmente aquéllos renovables, endógenos y

⁴² Nota 23 ut supra.

Artículo 37 – “De las medidas de promoción” y Artículo 40 – “Del rol del sector privado en el financiamiento”.

⁴³ El ‘Plan Referencial de Uso Eficiente de la Energía’ (PRUE) recientemente promovido y aprobado para el ámbito nacional por MEM, constituye un instrumento para acometer la práctica del consumo eficiente.

⁴⁴ La importación de aparatos eléctricos del mercado mundial debe estar condicionada a medidas para-arancelarias de seguridad, calidad y eficiencia.

V. gr. Al consumidor no se le puede ofrecer en el mercado conductores de un nivel de tensión que no es el normado en el país, haciéndolo pasar por uno adecuado. Dicha condición de inseguridad es origen de múltiples accidentes, especialmente entre los estratos sociales más pobres.

V. gr. El etiquetado del nivel de consumo de electricidad por el uso de equipos que operan con este energético es fundamental, tanto para la elección del mismo, en términos económicos (precio de inversión y explotación), como en términos ambientales (emisión de gases de efecto invernadero, equivalentes a CO₂).

⁴⁵ El precio de la electricidad a niveles económicos, sin distorsiones de tributos y subsidios condiciona que el consumidor ajuste sus usos y costumbres en forma acelerada.

⁴⁶ Nota 23 ut supra.

Artículo 68 – “Del consumo responsable”.

⁴⁷ Entre otros, se incluye la producción de electricidad que utiliza el gas natural, considerando la cogeneración, y la de ciclo combinado, y la conjunción de ambas tecnologías más eficientes.

⁴⁸ Nota 23 ut supra.

Artículo 84 – “De los recursos naturales y el rol del Estado” y Artículo 96 – “De los recursos naturales no renovables”.

nuevos para el país, debe ser considerada en su real magnitud,⁴⁹ dadas las condiciones geográficas, orográficas y pluviométricas del país. Actividad de promoción bajo responsabilidad de MEM.

6. El incremento de la competencia entre los agentes generadores en el mercado de electricidad, la maximización de la relativa menor complementariedad hidrológica de las cuencas hídricas del país, aún con la presencia cíclica de FEN, y el mantener e incrementar la seguridad y calidad del abastecimiento de electricidad, se logra con la implantación de líneas de transmisión de electricidad troncales, con capacidad suficiente de transporte aún en condiciones de contingencia. Actividad promotora bajo responsabilidad de MEM.⁵⁰

⁴⁹ La producción de electricidad de fuente geotermal, eólica, solar, mare-motriz, biomasa, de reciclaje de residuos, etc., sin ser descartada, -en términos económicos-, es de menor potencial respecto a las necesidades de largo plazo del crecimiento de la demanda eléctrica anual del país.

⁵⁰ En el pasado reciente, a diferencia del pasado remoto, los eventos, -condicionados por el cambio climático-, que ocasionaron deterioro parcial o total de la infraestructura eléctrica, o una disminución de la producción de hidroelectricidad por variación de la hidrología, no implicó necesariamente el racionamiento en el abastecimiento de la electricidad. Entre otros, esto se debió a la capacidad de transporte de electricidad de la red de transmisión eléctrica nacional (SEIN) de relativamente reciente implementación, que permitió transportar electricidad para abastecer a la demanda de las zonas de influencia del evento.

ANEXOS

FENÓMENO EL NIÑO (Mayor) - OCURRENCIAS						
AÑO	ANOMALÍA DE TSM					
	MAX		MED		MIN	
	[°C]					
1924	8,4		2,9		1,1	
1925		5,4		1,7		-0,5
1926						
1929	3,0		1,9		0,9	
1930		4,0		1,2		-1,0
1931						
1940	4,6		2,5		0,2	
1941						
1971	3,4		1,5		-1,5	
1972		5,1		0,5		-1,5
1973						
1982	10,1		6,0		1,3	
1983						
1991	5,2		2,9		0,1	
1992						
1996	6,3		2,1		-1,8	
1997		9,7		4,0		-0,4
1998						
2007						

FUENTE: El Niño 1997-1998. Veda o no Veda?; Dr. Ronald Woodman P.; Instituto Geofísico del Perú; Lima julio 1997; Actualizado 1999 - internet IGP.

NOTA: Los datos de la Temperatura Superficial del Mar (TSM) corresponde a:
 - Ciclo Oct a Set;
 - Anomalía de TSM respecto a mediana histórica; y,
 - TSM tomados en mar frente a Chicama.

Tabla A 1 Fenómeno El Niño (Mayor) - Ocurrencias

TERREMOTO (Mayor) - OCURRENCIAS												
TIEMPO		UBICACIÓN			MAGNITUD (Escala)				INTENSIDAD		MOMEN TO	
AÑO	FECHA (Local)	HIPOCENTRO		EPICENTRO	M _w	M _L	M _S	M _b	M _T	LUGAR		M _o [Z·N·m]
		Longitud - S	Latitud d - O							Profund. [km]	Distancia [km]	
1940	May-24	11:35	77,79°	50	7,9	8,4	8,8	6,6			Lima, Chancay, Huacho	0,2
1942	Agt-24	18:50	75,3°	60	8,2	8,6	8,6				Nazca	0,43
1946	Nov-10	12:43	77,83°	35		6,3	6,3	6,5				0,17
1947	Nov-01					7,5						
1950	May-21					6,0						
1955	Jul-21					6,7						
1958	Ene-15					7,3						
1959	Jul-19	14:14	72,00°	60		7,0	7,0				Arequipa, Tiabaya	
1960	Ene-13	10:40	72,144°	60		7,5	6,2				Arequipa	
1963	Set-24					7,0						
1966	Oct-17	16:42	76,70°	38	8,1	7,5	8,0	6,4			Lima, Callao	
1968	Jun-19					7,0						
1970	May-31	15:23	78,872°	64		7,7	7,8	6,6				
1974	Oct-03	09:21	77,98°			7,5	7,6	6,6			Chimb., Callejón Huaylas	
1979	Feb-16	05:58	72,599°	41		6,9	6,2				Lima	
1986	Abr-05	15:14	71,905°	57		5,8	5,4				Arequipa	
1990	May-30	18:41	77,229°	24	6,4	6,1					Cusco	
1991	Abr-04	23:20	77,01°	19		6,5					Moyobamba	0,0053
1993	Abr-18	04:16	76,62°	94	6,4	6,1		5,8			Moyobamba, Rioja, Soritor	0,006
1996	Nov-12	11:59	76,44°	14	7,7	7,5		6,5			Lima	0,0042
1999	Abr-03	01:17	72,82°	92	6,6	6,1		6,0			Nazca, Palpa, Ica, Acari	0,44
	Oct-31	08:27	78,64°	14	4,5	4,0		4,0			Camaná, Ocoña	0,02
2001	Jun-23	15:33	73,75°	28	8,4	6,9	7,9	6,6	8,6		Ocoña, Camaná, Mollendo	1,3
2005	Set-25	20:55	76,20°	115	7,5	7,0		6,9			Yurimaguas, Lamas	0,2
	Oct-01	17:20	70,609°	5,7	5,3	5,4					Carumas, Sjuaya	
2007	Agt-15	18:41	76,76°	40	7,9	7,0					Pisco, Chincha, Cañete	1,2

FUENTE: Instituto Geofísico del Perú; portal de internet IGP.

NOTA: Z (Setta) = 10²¹; equivale mil trillones (SLUMP Ley 23560)
N*m = Newton*metro

M_w Magnitud de Momento
M_L Magnitud Local (Escala Richter)
M_S Magnitud de Momento Modificada
M_b Magnitud Ondas de Volumen
M_o Momento Sísmico
M_T Intensidad de Mercalli Modificada

Elaboración: Propia

Tabla A 2 Terremoto (Mayor) - Ocurrencias

MAREMOTO (Mayor) - OCURRENCIAS							
AÑO	TIEMPO		DENOMINACIÓN TERREMOTO	MAGNITUD	LUGAR DE OBSERVACIÓN	ALTURA OLA	TIEMPO (Post-Terremoto)
	FECHA	HORA (Local)		M _T		(Max.)	(min)
				[-]			[m]
1940	May-24	11:35	Lima		La Punta, Callao	<3	
1942	Agt-24	18:50	Nazca-Ica		SJ Marcona	<3	
1966	Oct-17	16:42	Lima		Callao	2,55	
1974	Oct-03	09:21	Lima		Lima	1,52	
1996	Nov-12	11:59	Nazca-Ica		SJ Marcona	1,8	
2001	Jun-23	15:33	Arequipa-Ocoña	8,6	Camaná	7	15
2007	Agt-15	18:41	Pisco		Sur de península Parac	5	

FUENTE: Instituto Geofísico del Perú; portal de internet IGP.
 NOTA: **M_T** Magnitud del Maremoto (Tsunami)
 Elaboración: Propia

Tabla A 3 Maremotos (Mayor) - Ocurrencias

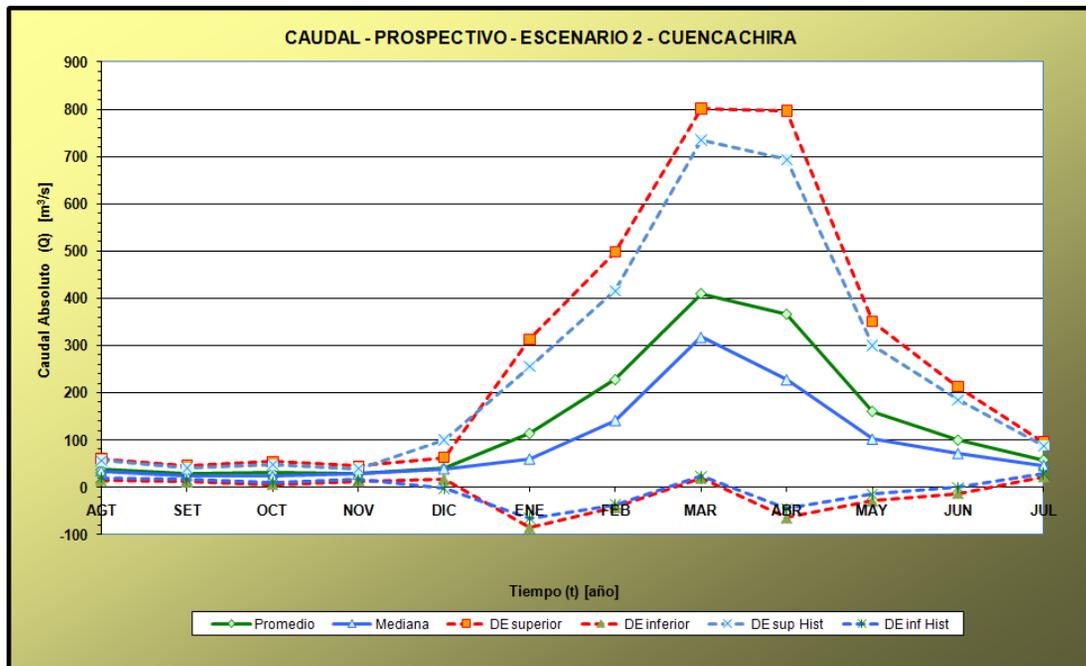


Lámina A 1 Caudal promedio anual prospectivo – Cuenca Chira

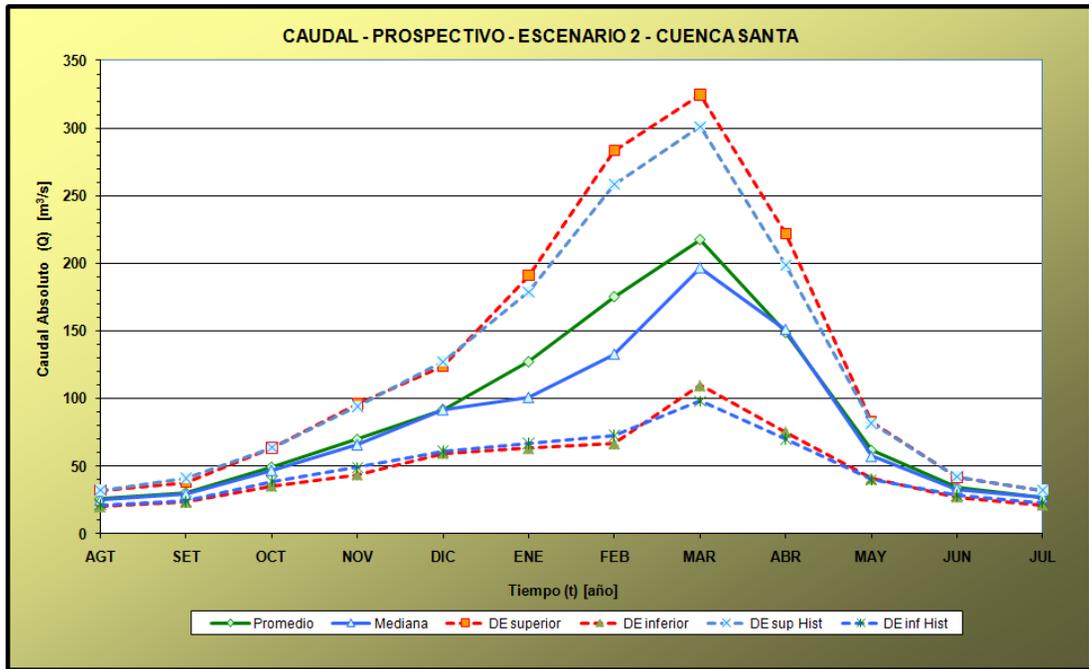


Lámina A 2 Caudal promedio anual prospectivo – Cuenca Santa

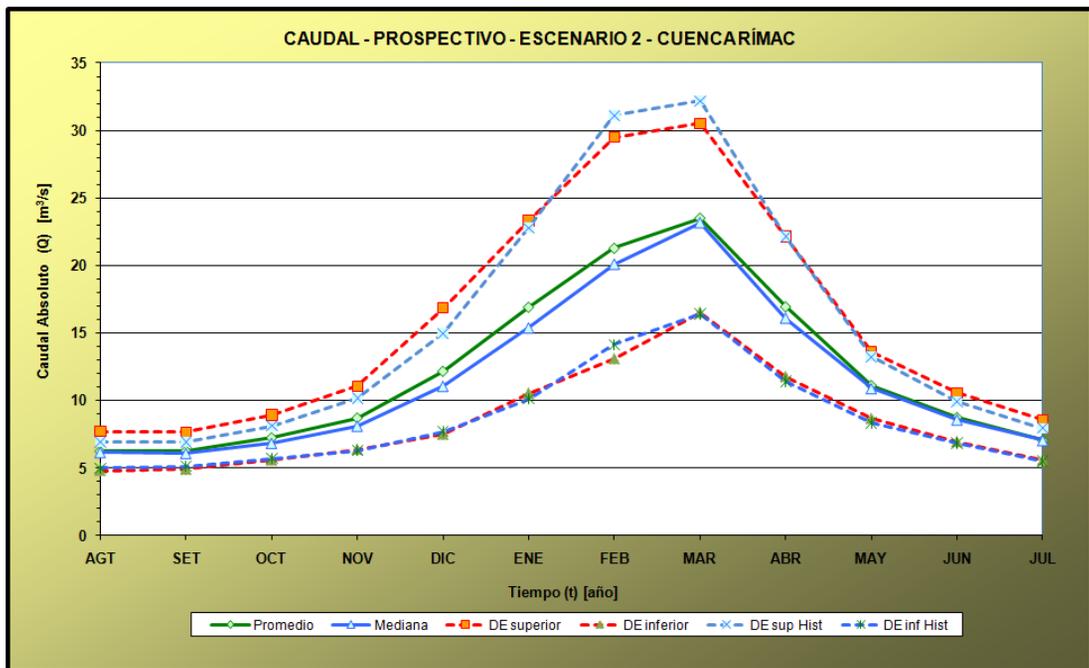


Lámina A 3 Caudal promedio anual prospectivo – Cuenca Rímac

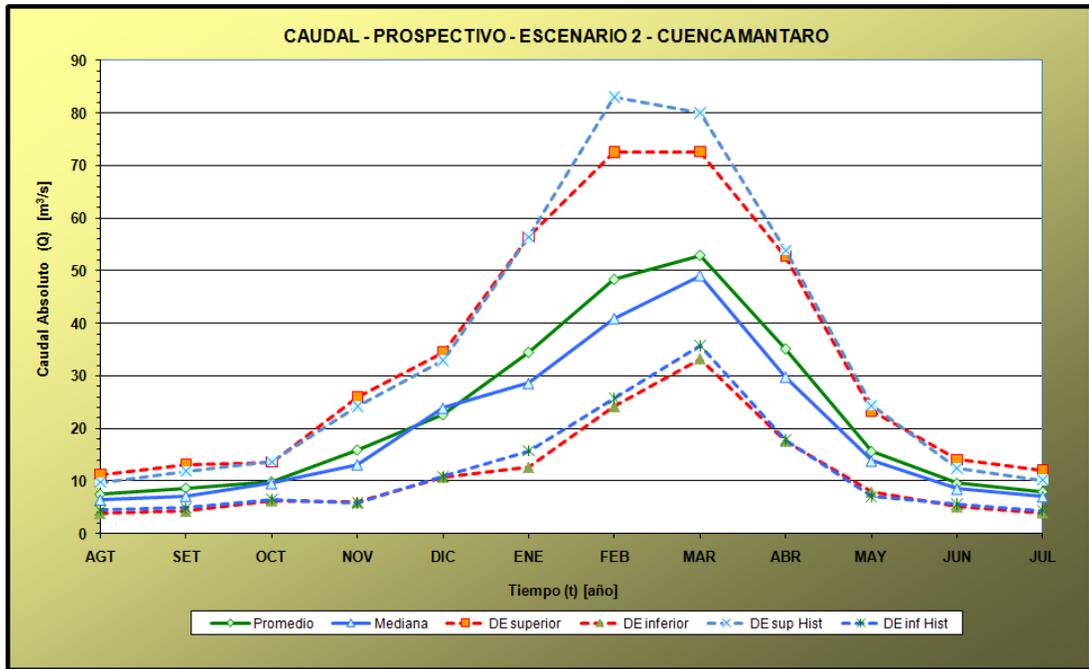


Lámina A 4 Caudal promedio anual prospectivo – Cuenca Mantaro

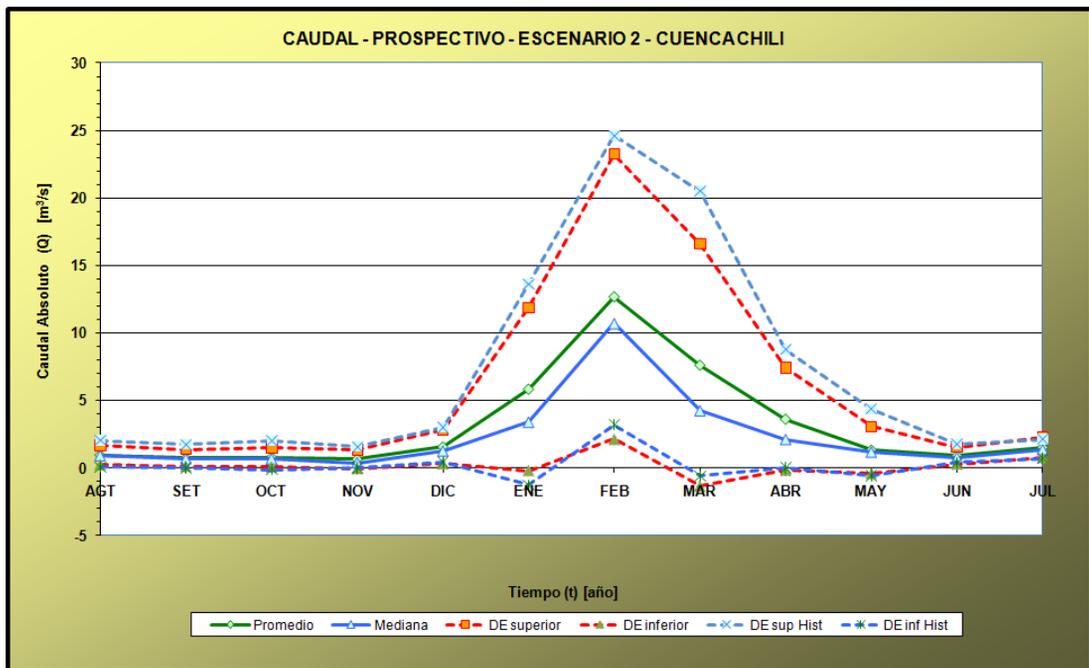


Lámina A 5 Caudal promedio anual prospectivo – Cuenca Chili

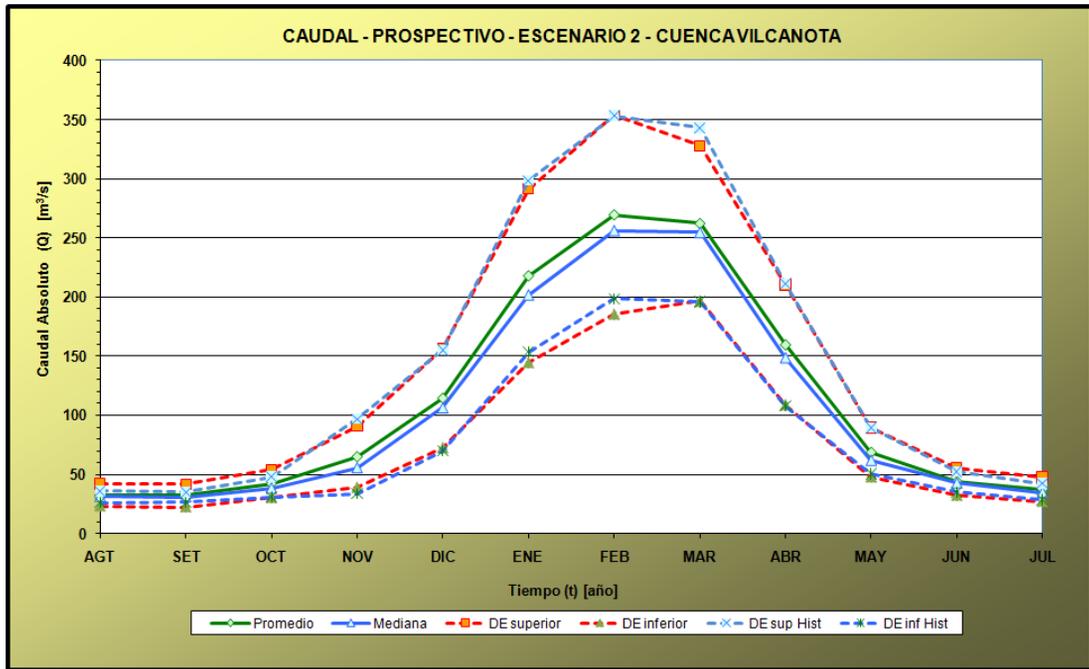


Lámina A 6 Caudal promedio anual prospectivo – Cuenca Vilcanota

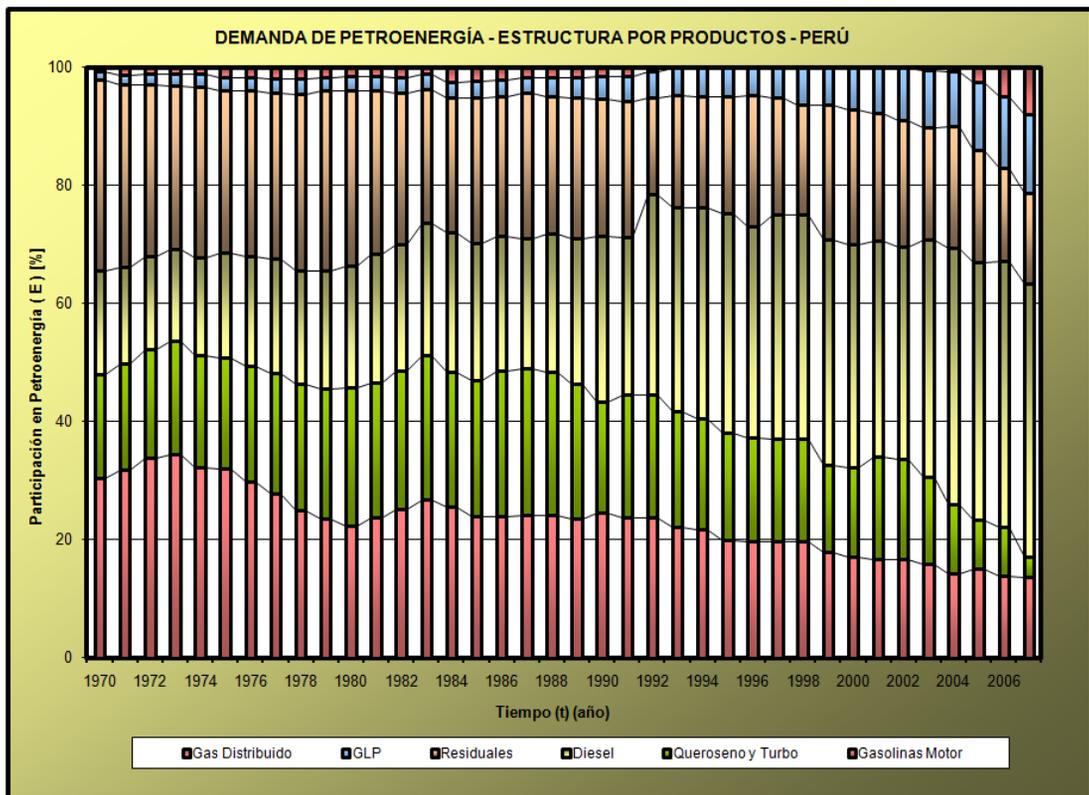


Lámina A 7 Demanda de Petroenergía – Estructura por Productos

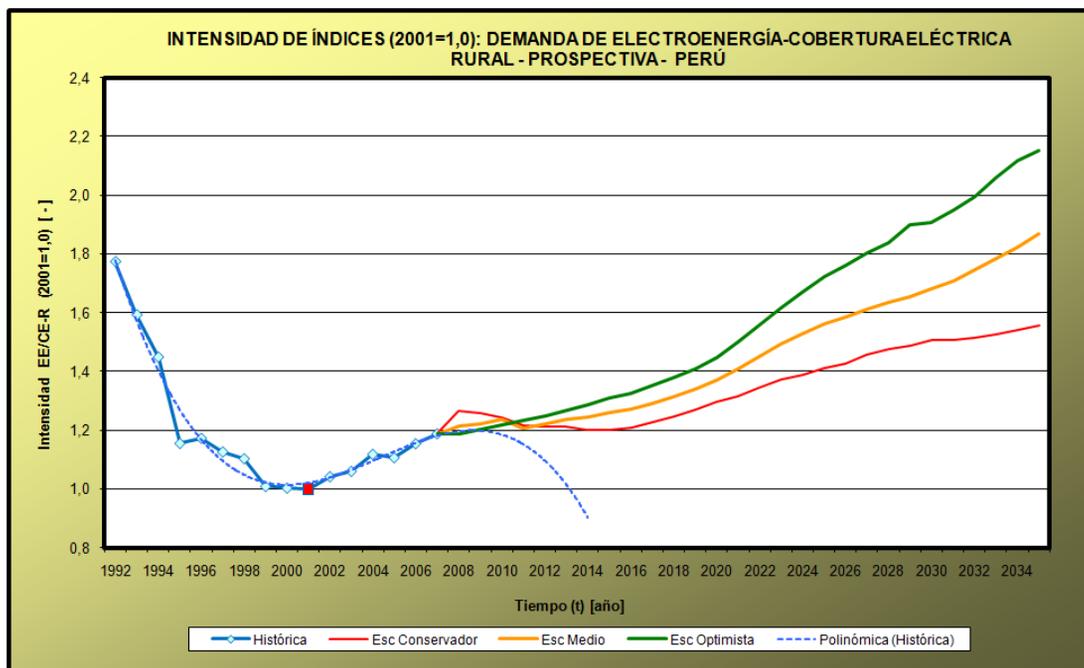


Lámina A 8 Intensidad de Índices (2001=1,0): Demanda de Electroenergía-Cobertura Eléctrica Rural – Prospectiva

MATRIZ SIMPLIFICADA DE INCIDENCIA DEL CAMBIO CLIMÁTICO EN EL SECTOR ELECTRICIDAD - PERÚ					
CAUSA			EFECTO - VULNERABILIDAD		
CAMBIO CLIMÁTICO			INFRAESTRUCTURA ELÉCTRICA		
PRIMARIA	SECUNDARIA	CONDICIÓN	GENERACIÓN	TRANSMISIÓN	DISTRIBUCIÓN
SISMO	Terremoto	Repentina	Potencial Deterioro y Reducción en Generación		
	Maremoto				
	Derrumbe				
	Avalancha				
	Avenida				
	Huayco				
VARIACIÓN DE TEMPERATURA	Sequía	Tendencial	Potencial Reducción en Generación	Potencial Deterioro	
	Deshielo	Tendencial y Repentina (FEN)	Potencial Deterioro y Reducción en Generación	Potencial Deterioro	
	Inundación				
	Nevada				
	Helada				
	Viento				
	Avalancha				
	Avenida				
Huayco					

FUENTE: Tablas del Estudio de Diagnóstico
NOTA: "Cambio Climático: se refiere a cualquier cambio en el clima que ocurra con el tiempo, ya sea a causa de la variabilidad natural o de la actividad humana." (IPCC 2001)
 Elaboración: Propia

Tabla A 4 Matriz Simplificada de Incidencia del Cambio Climático en el Sector Electricidad

MEDIDAS DE ADAPTACIÓN SECTOR ELECTRICIDAD FRENTE A CAMBIO CLIMÁTICO - RESUMEN - PERÚ				
MEDIDA	INSTITUCIONAL	NORMATIVA	FINANCIACIÓN	OPERACIÓN
Asignación de funciones	XXX			
Plan de Adaptación (PLANSE)		XXX		
Participación+Divulgación		XXX		
Normas Construcción		XXX		
Normas Explotación		XXX		
Escenarios PLANSE en PRE, PT y PRUE		XXX		
Aplicación de tributos-Transparente			XXX	
Asignación de subsidios-Directo			XXX	
Colección de fondos vía tributos			XXX	
Fuentes+métodos financieros adaptación			XXX	
Consumo eficiente-Tecnología y Precio				XXX
Promoción uso recursos endógenos				XXX
Promoción uso agua amazonia				XXX
Promoción eficiencia uso No-Renovables				XXX
Promoción uso renovables nuevos				XXX
Transmisión troncal robusta				XXX

NOTA: XXX = Aplica
Elaboración: Propia

Tabla A 5 Medidas de Adaptación Sector Electricidad frente a Cambio Climático - Resumen

MATRIZ DE MEDIDAS DE ADAPTACIÓN SECTOR ELECTRICIDAD - INSTITUCIONALIDAD - PERÚ														
MEDIDA	ESTADO					AGENTE					PARTICIPANTE ORGANIZ.			
	CENTRAL			REGIO NAL	LO CAL	DEMANDANTE		OFERENTE			DIREC TO	FINAN CISTA	INDI RECTO	
	MINAM	MEM	MEF			OSIMERG MIN	COES	LIBRE	REGU LADO	GENER ADOR				TRANS MISOR
Asignación de funciones: - Política; Normativa - Concedente; Promotora - Fiscalizadora; Tarificación - Tributaria; Subsidiaria - Técnica de Apoyo	XX	XX												
	XX	XX		XX										
	XX	XX	XX		X									
		X				X								X
		X				X								X
Plan de Adaptación (PLANSE)														
Participación+Divulgación														
Normas Construcción	X													X
Normas Explotación														X
Escenarios PLANSE en PRE, PT y PRUE		X												X
Aplicación de tributos-Transparente	X	X	X											
Asignación de subsidios-Directo	X	X	X											
Colección de fondos via tributos														
Fuentes+métodos financieros adaptación														
Consumo eficiente-Tecnología y Precio		X												
Promoción uso recursos endógenos		X												
Promoción uso agua Amazonia		X												
Promoción eficiencia uso No-Renovables		X												
Promoción uso renovables nuevos		X												
Transmisión troncal robusta		X												

Elaboración: Propia

NOTA: X = Aplica

Tabla A 6 Matriz de Medidas de Adaptación Sector Electricidad - Institucionalidad

MATRIZ DE MEDIDAS DE ADAPTACIÓN SECTOR ELECTRICIDAD - PRIORIZACIÓN TEMPORAL - PERÚ						
TIPO	MEDIDA DE ADAPTACIÓN ESPECÍFICA	TIEMPO				
		CORTO PLAZO	MEDIANO PLAZO	LARGO PLAZO		
OPERACIÓN	Promoción uso renovables nuevos		X	X	X	X
	Promoción uso agua amazonia		X	X	X	X
	Promoción eficiencia uso No-Renovables	X	X	X	X	X
	Transmisión troncal robusta	X	X	X	X	X
	Promoción uso recursos endógenos		X	X	X	X
	Consumo eficiente-Tecnología y Precio	X	X	X	X	X
	Financiamiento de adaptación			X	X	X
	Colección de fondos vía tributos			X	X	X
	Asignación de subsidios-Directo			X		
	Aplicación de tributos-Transparente			X	X	
FINANCIACIÓN	Participación+Divulgación	X	X	X	X	X
	Normas Explotación				X	
	Normas Construcción	X	X	X		
NORMATIVA	Escenarios PLANSE en PRE, PT y PRUE	X				
	Plan de Adaptación (PLANSE)	X				
INSTITUCION	Asignación de funciones	X				

NOTA: X = Aplica Elaboración: Propia

Tabla A 7 Matriz de Medidas de Adaptación Sector Electricidad – Priorización Temporal

BIBLIOGRAFÍA

- “Balance Nacional de Energía 2007” y versiones anteriores; MEM
- “Anuario de Electricidad 2007” y versiones anteriores; MEM
- “Perú: Crecimiento y distribución de la población, 2007 - Primeros resultados de los Censos Nacionales 2007; INEI
- “Compendio Estadístico 2007” y versiones anteriores; INEI
- “Reporte Económico 2007” y versiones anteriores; BCRP
- “Informe sobre Desarrollo Humano 2007-2008”; y versiones anteriores; PNUD.
- “Marco de Políticas de Adaptación al Cambio Climático: Desarrollo de Estrategias, Políticas y Medidas” – 2006; PNUD
- “Climate Change 2001: Impacts, Adaptation and Vulnerability” IPCC 2001; Contribución del Grupo de Trabajo II con el Tercer Informe de Evaluación del Grupo Intergubernamental de Expertos sobre el Cambio Climático. IPCC/ WMO / UNEP
- “Adaptation to Climate Change: International Policy Options”, PEW Center on Global Climate Change; 2006
- “Marco de Políticas de Adaptación al Cambio Climático: Desarrollo de Estrategias, Políticas y Medidas” – PNUD; Editado por LIM, y SPANGER-SIEGFRID; Noviembre 2006.
- “Evaluación de la vulnerabilidad de la producción hidroenergética frente a los peligros climáticos”; Informe Final – 2008; Gastón MIRANDA Zanardi; CONAM-MEM
- “Evaluación de la vulnerabilidad de la producción de hidroenergía, de la infraestructura y de los sistemas de transmisión, frente a los peligros climáticos futuros con base a escenarios de cambio climático, estimando costos de las pérdidas futuras frente a los impactos”; Informe Final – 2009; Gastón MIRANDA Zanardi; MINAM-MEM
- “Evaluación de la vulnerabilidad y adaptación en el sector electricidad y propuesta de adaptación frente al cambio climático”; Informe Final – 2009; Gastón MIRANDA Zanardi; MINAM-MEM

“Política Nacional del Ambiente”, aprobada por Decreto Supremo 012-2009-MINAM; Mayo 2009

“Ley General del Ambiente” (LGA) aprobada por Ley 28611; Octubre 2005

“Ley de Concesiones Eléctricas” (LCE), aprobada por Decreto Ley 25844; Noviembre 1992

“Reglamento de la Ley de Concesiones Eléctricas” (RLCE), aprobado por Decreto Supremo 009-93-EM; Febrero de 1993

“Ley para Asegurar el Desarrollo Eficiente de la Generación Eléctrica” (LGE), aprobada por Ley 28832; Julio 2006

“Reglamento de Transmisión Eléctrica” (RTE), aprobado por Decreto Supremo 027-2007-EM; Mayo 2007

“Reglamento del Comité de Operación Económica del Sistema” (RCOES), aprobado por Decreto Supremo 027-2008-EM en mayo de 2008;

“Norma Técnica de Calidad de los Servicios Eléctricos” (NTCSE), aprobada por Decreto Supremo 020-97-EM; Octubre 1997

“Norma Técnica para la Coordinación de la Operación en Tiempo Real de los Sistemas Interconectados” (NTOTR) aprobada por Resolución Directoral 014-2005-EM/DGE; Marzo 2005

ÍNDICE GRÁFICOS

Gráfico 1 Hidrología de Cuencas elegidas – Ratio de Desviaciones Estándar CON/SIN FEN (1965-2005)	8
Gráfico 2 Hidrología de Cuencas elegidas – Ratio de Medianas 1983/SIN FEN (1965-2005) ..	8
Gráfico 3 Hidrología de Cuencas elegidas – Ratio de Medianas 1992/SIN FEN (1965-2005) ..	9
Gráfico 4 Hidrología de Cuencas elegidas – Ratio de Medianas 1998/SIN FEN (1965-2005) ..	9
Gráfico 5 Hidrología de Cuencas elegidas – Ratio de Desviaciones Estándar CON/SIN FEN – Prospectiva (2005-2040)	14
Gráfico 6 Demanda de Energía Total – Ciclos	16
Gráfico 7 Demanda de Energía Total - Participación de Principales Productos	16
Gráfico 8 Abastecimiento de Demanda de Electroenergía – Absoluta y por Fuente	18
Gráfico 9 Intensidad: Producto Bruto Interno-Demanda de Energía Total – Ciclos	19
Gráfico 10 Intensidad: Exportación-Demanda de Energía Total – Ciclos	19
Gráfico 11 Intensidad: Demanda de Energía Total per Cápita – Ciclos.....	20
Gráfico 12 Intensidad de Índices (2001=1,0): Demanda de Energía Total-Índice de Desarrollo Humano – Ciclos	20
Gráfico 13 Relación de Intensidades: Emisiones Nominales Totales-Producto Bruto Interno per Cápita.....	21
Gráfico 14 Intensidad: Demanda de Electroenergía per Cápita - Ciclos.....	22
Gráfico 15 Intensidad de Índices (2001=1,0): Cobertura Eléctrica-Índice de Desarrollo Humano – Ciclos	23
Gráfico 16 Demanda de Energía Total – Prospectiva	25
Gráfico 17 Demanda de Electroenergía – Prospectiva.....	26
Gráfico 18 Ratio: Demanda de Electroenergía / Energía Total – Prospectiva	27
Gráfico 19 Ratio: Suministro de Hidroelectricidad / Electroenergía – Prospectiva	27
Gráfico 20 Intensidad: Producto Bruto Interno-Demanda de Energía Total – Prospectiva....	28
Gráfico 21 Intensidad: Exportación-Demanda de Energía Total – Prospectiva	29
Gráfico 22 Intensidad: Demanda de Energía Total per Cápita – Prospectiva	29
Gráfico 23 Intensidad de Índices (2001=1,0): Demanda de Energía Total-Índice de Desarrollo Humano – Prospectiva	30
Gráfico 24 Intensidad: Demanda de Electroenergía per Cápita - Prospectiva	31
Gráfico 25 Intensidad de Índices (2001=1,0): Cobertura Eléctrica-Índice de Desarrollo Humano – Prospectiva	31
Gráfico 26 Tendencia del Impacto Económico de Cambio Climático con relación a PBI – Prospectiva	40
Gráfico 27 Institucionalidad y Funciones – Sector Electricidad	45

ÍNDICE CUADROS

Cuadro 1 Hidrología Histórica – Cuencas Elegidas	7
Cuadro 2 Equivalente Nacional de Hidrología Histórica	10
Cuadro 3 Equivalente Nacional de Hidrología Prospectiva	13
Cuadro 4 Demanda de Energía – Variación - Prospectiva	24
Cuadro 5 Demanda de Electroenergía – Variación - Prospectiva	26
Cuadro 6 Resumen Cualitativo de Incidencia Física de Eventos.....	34
Cuadro 7 Resumen de Incidencia Económica de Eventos.....	38
Cuadro 8 Impacto Económico del Cambio Climático con relación a PBI – Prospectiva.....	40

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla A 1 Fenómeno El Niño (Mayor) - Ocurrencias	50
Tabla A 2 Terremoto (Mayor) - Ocurrencias.....	51
Tabla A 3 Maremotos (Mayor) - Ocurrencias.....	52
Tabla A 4 Matriz Simplificada de Incidencia del Cambio Climático en el Sector Electricidad .	56
Tabla A 5 Medidas de Adaptación Sector Electricidad frente a Cambio Climático - Resumen	57
Tabla A 6 Matriz de Medidas de Adaptación Sector Electricidad - Institucionalidad	58
Tabla A 7 Matriz de Medidas de Adaptación Sector Electricidad – Priorización Temporal	59

ÍNDICE DE LÁMINAS

Lámina A 1 Caudal promedio anual prospectivo – Cuenca Chira	52
Lámina A 2 Caudal promedio anual prospectivo – Cuenca Santa	53
Lámina A 3 Caudal promedio anual prospectivo – Cuenca Rímac.....	53
Lámina A 4 Caudal promedio anual prospectivo – Cuenca Mantaro	54
Lámina A 5 Caudal promedio anual prospectivo – Cuenca Chili.....	54
Lámina A 6 Caudal promedio anual prospectivo – Cuenca Vilcanota.....	55
Lámina A 7 Demanda de Petroenergía – Estructura por Productos	55
Lámina A 8 Intensidad de Índices (2001=1,0): Demanda de Electroenergía-Cobertura Eléctrica Rural – Prospectiva	56

ÍNDICE ESPECÍFICO

1	INTRODUCCIÓN	3
2	CAMBIO CLIMÁTICO	4
2.1	Cambio Climático histórico.....	4
2.1.1	Hidrología.....	5
2.1.2	Sismología	11
2.2	Cambio Climático prospectivo	12
2.2.1	Hidrología - Escenarios.....	12
2.2.2	Sismología	14
3	ENERGÍA, ELECTRICIDAD Y SOCIEDAD	15
3.1	Energía, Electricidad y Sociedad - Histórica	15
3.1.1	Energía	15
3.1.2	Electricidad	17
3.1.3	Indicadores	18
3.2	Energía, Electricidad y Sociedad - Prospectiva.....	23
3.2.1	Energía	24
3.2.2	Electricidad	25
3.2.3	Indicadores	27
4	INCIDENCIA FÍSICA DEL CAMBIO CLIMÁTICO EN EL SECTOR ELECTRICIDAD	32
4.1	Incidencia histórica	32
4.1.1	Incidencia en Infraestructura.....	32
4.1.2	Incidencia en Explotación	33
4.2	Incidencia prospectiva	35
4.2.1	Incidencia en Infraestructura.....	35
4.2.2	Incidencia en Explotación	35
5	INCIDENCIA ECONÓMICA DEL CAMBIO CLIMÁTICO EN EL SECTOR ELECTRICIDAD	37
5.1	Incidencia histórica	37
5.1.1	Incidencia en Infraestructura.....	38
5.1.2	Incidencia en Operación	38
5.2	Incidencia prospectiva	39
6	POLÍTICA DE ADAPTACIÓN DEL SECTOR ELECTRICIDAD	42

7	MEDIDAS DE ADAPTACIÓN DEL SECTOR ELECTRICIDAD	44
7.1	Institucional.....	44
7.2	Normativa	46
7.3	Financieras.....	47
7.4	Operativas - Promotoras	48
	ANEXOS	50
	BIBLIOGRAFÍA	60
	ÍNDICES	62