

"Universidad del Bío Bío, Facultad de Ciencias Empresariales"



Universidad del Bío Bío

Facultad de Ciencias Empresariales

Departamento de Gestión Empresarial

"ESTIMACIÓN DE LA NECESIDAD DE PRODUCCIÓN DE ENERGIA ELECTRICA PARA  
LAS FAMILIAS CHILENAS ENTRE LOS AÑOS 2015 Y 2020."

MEMORIA PARA OPTAR AL TITULO DE:

INGENIERO COMERCIAL

PROFESOR GUÍA: SR. FROILAN QUEZADA

ALUMNOS:

FELIPE VALENZUELA MONTERO

STEFANÍA GONZÁLEZ MUÑOZ

CHILLÁN 2014

## RESUMEN

Frente al aumento de la demanda de energía eléctrica en Chile, ¿qué tan necesario se hace la generación de mayor producción de energía eléctrica, para que las familias chilenas no se vean afectadas? Tomando este problema coyuntural y presente en Chile, se ha realizado el presente estudio, considerando el comportamiento histórico y analizando el actual, mediante un análisis estadístico que nos permitirá concluir si nos encontramos preparados para soportar la constante y creciente demanda de energética domestica.

Por lo anterior, es que se ha de definir la importancia de la energía eléctrica, tipos de energía, las formas en que se presenta y principales empresas productoras de energía, para conocer el área de estudio y dar paso al análisis estadístico.

Se estimara además los niveles de superávit y déficit a futuro de energía eléctrica domestica, determinando el tiempo en que se puede producir un punto crítico de oferta y demanda, siguiendo con un mismo nivel de crecimiento, y así poder estimar un dato en profundidad de crisis energética futura, conociendo la posición en que nos encontramos como país frente a esta necesidad, si no se toman las medidas necesarias para cubrir la demanda.

## INDICE

RESUMEN.....	2
INDICE .....	3
1 INTRODUCCIÓN .....	6
1.1 Justificación del Problema .....	6
1.2 Antecedentes y Problema en estudio.....	7
1.3 Definición del Problema.....	7
1.4 Resumen del Problema.....	8
1.5 Objetivo General y Específico. ....	8
1.6 Descripción de los aspectos fundamentales de la metodología a utilizar.....	9
CAPITULO I.....	11
ENERGIA .....	11
2 ¿QUÉ ES LA ENERGIA?.....	12
2.1 Concepto General.....	12
2.2 Formas en que se presenta la energía. ....	13
2.2.1 Energía Química.....	13
2.2.2 Energía Térmica .....	13
2.2.3 Energía Mecánica.....	14
2.2.4 Energía Cinética .....	14
2.2.5 Energía Potencial.....	15
2.2.6 Energía Nuclear.....	15
2.2.7 Energía Electromagnética.....	16
2.2.8 Energía Luminosa o Lumínica .....	16
2.2.9 Energía Radiante .....	16
2.2.10 Energía Sonora .....	16
2.2.11 Energía Eólica .....	16
2.3 Formas de producción de electricidad.....	17
2.3.1 Centrales hidroeléctricas. ....	18
2.3.2 Centrales térmicas. ....	18

"Universidad del Bío Bío, Facultad de Ciencias Empresariales"

2.3.3	Centrales nucleares.....	18
2.3.4	Centrales solares.....	19
2.3.5	Centrales eólicas.....	19
2.3.6	Centrales geotérmicas. ....	20
2.3.7	Central mareomotriz.....	20
2.3.8	Relación Energía Humanidad.....	21
3	EVOLUCIÓN CIENTÍFICA TECNOLÓGICA DE LA INDUSTRIA. ....	24
	CAPITULO II .....	28
	"USOS DE LA ENERGÍA ELÉCTRICA EN CHILE" .....	28
4	ESTRUCTURA DEL SECTOR ELÉCTRICO EN CHILE.....	29
4.1	Sistema Interconectado del Norte Grande (SING).....	29
4.2	Sistema Interconectado Central (SIC).....	29
4.3	Sistema Eléctrico de Aysén.....	30
4.4	Sistema Eléctrico de Magallanes.....	30
5	SECTOR ELÉCTRICO EN CHILE.....	31
6	SEGMENTOS DEL MERCADO ELÉCTRICO EN CHILE, SEGÚN EL MINISTERIO DE ENERGÍA. ....	31
6.1	GENERACIÓN.....	31
6.2	TRASMISIÓN. ....	33
6.3	DISTRIBUCIÓN.....	34
7	GRUPOS PARTICIPANTES EN RUBRO ELÉCTRICO EN CHILE. ....	38
	CAPITULO III.....	40
	"ANÁLISIS ESTADÍSTICO PARA PROYECCIÓN" .....	40
8	Producción y Consumo de Electricidad Nacional por Sistema. ....	41
8.1	Registros de Producción y Consumo de Electricidad a Nivel Nacional.....	41
8.2	Consumo Residencial de Electricidad en el País.....	41
8.3	Proyección de la Producción y el Consumo de Electricidad.....	41
8.4	Modelo de Regresión Simple. ....	42
8.4.1	Ecuaciones de Regresión.....	42
8.5	PROYECCIÓN DE LA PRODUCCIÓN.....	42
8.6	PROYECCIÓN DEL CONSUMO.....	46
8.7	PROYECCIÓN DE CONSUMO ELÉCTRICO DEL PAÍS DEL 2015 A 2020. ....	48

*"Universidad del Bío Bío, Facultad de Ciencias Empresariales"*

CONCLUSIONES .....	49
BIBLIOGRAFIA.....	53
LINKOGRAFIA .....	55
ANEXOS.....	56

## **1 INTRODUCCIÓN**

### ***1.1 Justificación del Problema***

En el presente informe se plasmarán las diferentes actividades, estudios y análisis que se realizarán para determinar la demanda de energía eléctrica de las familias chilenas entre los años 2015 y 2020. Según estudios de privados y el gobierno, en el futuro podría no existir suficiente oferta de energía eléctrica que cubra la demanda de las familias chilenas, dado que Chile es un país que no cuenta con suficientes plantas de energía que generen las cuotas que se necesitarán en el futuro, además de no contar con suficientes fuentes de energías renovables.

Actualmente en Chile, se prevé que a futuro exista una falta de energía ante el incremento que se ha dado durante los últimos años en la demanda eléctrica, provocada por diversos factores como los aumentos de artículos eléctricos en los hogares, productos que necesitan de carga eléctrica al funcionar con baterías como celulares, tablet, computadores personales, entre otros aparatos eléctricos. Si nos enfocamos en la energía eléctrica generada por las Hidroeléctricas se observa que esta se ha visto afectada por la disminución de las lluvias que son la base de su producción.

Se destaca que no solo a nivel particular por hogares se necesita de esta energía sino también para el transporte, empresas, industrias, supermercados, entre otros sectores que van creciendo cada vez más, y que fomentan inversiones de crecimiento en base a las energías existentes, cuyo efecto genera la disminución de la capacidad para absorber la demanda.

Entre otros problemas que se provocarían de continuar con esta situación, son las alzas que se pueden producir en el costo de esta energía, apagones producidos por falta de abastecimiento e incluso en algunos medios de información se menciona como un apocalipsis energético.

## **1.2 Antecedentes y Problema en estudio.**

Este problema tiene un impacto a nivel nacional, por lo que el gobierno se tiene que hacer presente en buscar caminos que puedan dar las soluciones, en conjunto con las empresas generadoras existentes y buscar mecanismos que incentiven nuevas prácticas de generación de energía.

En este ámbito es que se necesita saber la situación actual, tanto de la oferta y demanda existente, la capacidad generadora de las empresas eléctricas, para poder proyectar a futuro cuanto tiempo se puede soportar esta situación frente a una demanda creciente, y en base a estas principales características establecer un análisis coyuntural que se genera al día de hoy para ver sus efectos en el futuro.

## **1.3 Definición del Problema.**

El problema se enfoca esencialmente en:

**Problema:** Escases de energía eléctrica a futuro en Chile.

**Impacto:** En los consumidores de energía eléctrica en Chile.

**Enfoque:** En las viviendas de las familias chilenas.

**Identificar:** Cuánto se produce actualmente y cuánta es la demanda, para luego proyectarla, a modo de definir hasta cuando es sostenible, mantener igual ritmo de crecimiento tanto de la oferta como de la demanda.

#### **1.4 Resumen del Problema.**

Frente al aumento de la demanda de energía eléctrica en Chile, ¿qué tan necesario se hace una mayor producción de energía eléctrica para que las familias chilenas no se vean afectas?

#### **1.5 Objetivo General y Específico.**

Ya analizado el problema en estudio a continuación se define el objetivo general y específicos en estudio.

El objetivo de esta memoria es estimar la producción y consumo de energía eléctrica doméstica para el periodo 2015 al 2020.

Del objetivo general se desprenden los siguientes objetivos específicos que ayudarán a guiar el desarrollo de esta memoria.

- Establecer la importancia de la energía para el hombre, en el transcurso de la historia.
- Identificar las principales empresas eléctricas presentes en Chile.
- Investigar estadísticas actuales de oferta y demanda de energía eléctrica.
- Estimar producción y consumo de energía eléctrica en el periodo del 2015 al 2020
- Estimar producción necesaria para abastecer a las familias chilenas entre 2015 y 2020.
- Evaluar el impacto en familias chilenas, ante un desabastecimiento de energía eléctrica.



### **1.6 Descripción de los aspectos fundamentales de la metodología a utilizar.**

Para desarrollar los objetivos específicos mencionados anteriormente, en primera instancia se hará un acercamiento al concepto general de energía y las formas de cómo se presenta, conociendo de igual manera las formas existentes de producción, y la situación actual en Chile, desde la generación, transmisión y distribución, para luego enfocarnos en lo medular de nuestro estudio que es esencialmente cuantitativo, trabajando con datos históricos obtenidos de fuentes confiables y oficiales, a modo de analizar su comportamiento y con estos realizar una proyección a futuro.

Dentro de los datos estadísticos a consultar como principales variables se encuentran tanto la demanda como oferta histórica, percibiendo que existe una relación constante y directa, situación que se ha dado durante las últimas décadas, lo que nos lleva a inducir que los motivos que están detrás de estos aumentos y disminuciones de estas variables se explican durante el tiempo, siendo la variable demanda un cúmulo de motivos que explican estas variaciones como lo son los aumentos de artefactos eléctricos, el uso de tecnología, entre otros.

Para poder estimar a futuro tanto la necesidad de energía eléctrica como la producción, es necesario realizar un trabajo de proyección en base a lo observado, y para la obtención de datos más precisos, se usará el programa estadístico SPSS (Statistical Package for the Social Sciences), de esta manera mediante el análisis de modelos estadísticos, se elegirá aquel que tenga un mejor ajuste y así proceder con la proyección respectiva.

Como análisis previo se puede observar que se cuenta con una gran cantidad de información histórica la que será necesaria clasificar e ir orientándola a nuestro estudio.

Ya definido el enfoque metodológico se puede establecer que nuestro estudio de investigación es de tipo inferencial, ya que pretende establecer el contraste que tiene una variable sobre otra al relacionar una dependiente y otra independiente, en base a una secuencia temporal de

*"Universidad del Bío Bío, Facultad de Ciencias Empresariales"*

carácter longitudinal con un alcance hacia el 2020, en base a la medición y estudio de los datos históricos, los que servirán entre otros factores como base de nuestra proyección.

El análisis consideró tanto el consumo como producción total de energía eléctrica, determinando un promedio para el consumo residencial, que servirá de base para determinar en qué porcentaje de variación afectará a las familias chilenas una crisis energética.

Finalmente es necesario estimar el tiempo en que se puede producir un punto crítico de oferta y demanda, siguiendo con un mismo nivel de crecimiento, con el fin de poder dar un dato en profundidad de crisis energética futura.

*"Universidad del Bío Bío, Facultad de Ciencias Empresariales"*

## CAPITULO I

### ENERGIA

## 2 ¿QUÉ ES LA ENERGÍA?

### 2.1 *Concepto General*

En la mayoría de los textos analizados la palabra de energía no logra tener una definición de forma tácita o explícita, sólo se hace referencia a la energía cuando está acompañada de alguna terminología más específica o con un valor agregado para su estudio, como la energía cinética, potencial, energía disponible, geotérmica, interna, rotacional, traslacional.

Toda la energía procede directa o indirectamente del Sol, con excepción de una pequeña parte, que procede del interior de la Tierra y que se manifiesta a través de volcanes, terremotos, géiseres, etc.

La palabra energía proviene del término griego “energos”, que originalmente significa fuerza de acción o fuerza de trabajo, con la fusión de la palabra “energeia” cuyo significado es actividad.

En términos generales, de acuerdo a la definición que presentan algunos libros, desde la concepción mecanicista, afirman y consideran a la energía como la propiedad intangible capaz de realizar un trabajo generando movimiento y calor.

Según la Real Academia de la Lengua Española, la definición de energía es la eficacia, poder, virtud. Capacidad para realizar un trabajo. Se mide en julios<sup>1</sup>.

La energía se puede definir como la “propiedad o atributo de todo cuerpo o sistema material en virtud del cual éste puede transformarse, modificando su situación o estado, así como actuar sobre otros originando en ellos procesos de transformación”<sup>2</sup>.

---

<sup>1</sup> Julios: Unidad de Medida de la Energía.

<sup>2</sup> López Rupérez y López Rupérez, citado en Hierrezuelo y Molina (1990).

## **2.2 Formas en que se presenta la energía.**

Las formas en que se presenta la energía son muy variadas, estas formas de energía son los distintos tipos de “visualización” en los que la energía se manifiesta en la naturaleza.

En la Física, cuando se habla de clases de energía, se hace referencia a los procesos que están involucrados como fuente original de esa energía. “Una clasificación habitual, que proviene de la Física clásica del siglo XIX, que propone esta división: Energía mecánica, energía electromagnética, energía química, energía térmica y energía nuclear”<sup>3</sup>.

### 2.2.1 Energía Química

Es la energía que se encuentra almacenada dentro de los productos químicos. Los combustibles como la madera, el carbón, y el petróleo, son claros ejemplos de almacenamiento de energía en forma química. También es la energía asociada a las uniones entre los átomos producida en las reacciones químicas.

“La energía química es una forma de energía que se almacena en las unidades estructurales de las sustancias, esta cantidad se determina por el tipo y arreglo de los átomos que constituyen cada sustancia. Cuando más sustancias participan en una reacción química, la energía química se libera, almacena o se convierte en otras formas de energía”<sup>4</sup>.

Un claro ejemplo de transformación de la energía: En los fuegos artificiales, la energía química se transforma en energía térmica, luminosa, sonora y de movimiento.

### 2.2.2 Energía Térmica

Se conoce a esta energía como el resultado de las partículas en movimiento. Es la energía que se desprende en forma de calor. “La energía térmica es la energía asociada con el movimiento aleatorio de los átomos y las moléculas. En general la energía térmica se calcula a partir de

---

<sup>3</sup>La energía: Cambios y movimientos. “Cuaderno para el Aula”. Ministerio de Educación Ciencia y Tecnología. Gobierno de Argentina (2007).

<sup>4</sup>Raymond Chang (2002). Química. Séptima Edición en español. McGraw-Hill Interamericana Editores. México.

mediciones de temperatura. Cuanto más vigoroso sea el movimiento de los átomos y de las moléculas en una muestra de materia, estará más caliente y su energía térmica será mayor. Sin embargo, es necesario distinguir con claridad entre energía térmica y temperatura”<sup>5</sup>. Estas pueden extraerse de la naturaleza mediante reacciones nucleares, mediante energía eléctrica por efecto Joule<sup>6</sup>, mediante una reacción exotérmica, mediante medios de aprovechamiento de la energía geotérmica, o mediante medios de aprovechamiento de energía solar.

Por ejemplo, una taza de café a 70°C tiene mayor temperatura que una tina llena con agua caliente a 40°C, pero en la tina se almacena mucha más energía térmica porque tiene un volumen y una masa mucho mayor que la taza de café y por tanto más moléculas de agua y mayor movimiento molecular. Toda sustancia se compone de moléculas, estas moléculas están en constante movimiento. Cuanto más caliente está algo, es porque más rápido se están moviendo las moléculas.

### 2.2.3 Energía Mecánica

Dentro de la energía mecánica hay dos tipos de energía mecánica, la energía cinética y la energía potencial. Según la física, se define a la energía mecánica como “la suma de las energías cinética y potencial de un sistema”<sup>7</sup>. La sumatoria de ambas energías siempre se mantiene constante y es igual a la energía mecánica (salvo en sistemas en los que actúen fuerzas no conservativas). Un ejemplo de esta forma de energía es la energía de las olas.

### 2.2.4 Energía Cinética

Una definición clásica establece que es la energía que tiene un cuerpo en movimiento, cuanto más rápido se mueven, más energía cinética posee. Mientras que un concepto más científico la define como, “la energía asociada con el movimiento de los integrantes del sistema y la

---

<sup>5</sup>Raymond Chang (2002). Química. Séptima Edición en español. McGraw-Hill Interamericana Editores. México.

<sup>6</sup> Efecto Joule: Es utilizado para calcular la energía disipada en un conductor atravesado por una corriente eléctrica.

<sup>7</sup>Serway, R y Jewett, J. (2005). Física para Ciencias e Ingeniería. Volumen 1. Séptima Edición. CengageLearning Editores. México.

energía cinética de un objeto depende del marco de referencia en el que se observa su movimiento”<sup>8</sup>

La cantidad de energía cinética que tiene un cuerpo, depende de la masa que está en movimiento y de la velocidad a la que se desplaza esa masa. Un pequeño ejemplo de aprovechamiento de la energía cinética, es el viento, que también se puede aprovechar en el mar, a través de la energía eólica.

#### 2.2.5 Energía Potencial

Es aquella energía almacenada, también conocida como la energía que mide la capacidad de realizar trabajo. Cualquier objeto que esté situado a cierta altura tiene energía potencial gravitatoria.

La energía potencial “es la energía disponible en función de la posición de un objeto. Por ejemplo, debido a su altitud, una piedra en la cima de una colina tiene mayor energía potencial y al caer en el agua salpicar más que una piedra semejante que se encuentre en la parte baja de una colina”<sup>9</sup>.

#### 2.2.6 Energía Nuclear

Es la energía propia de la materia contenida en el núcleo de sus átomos. Al fisiónar (romper) un átomo de uranio o plutonio, se obtiene gran cantidad de energía en forma de calor.

La energía química se considera como un tipo de energía potencial porque se relaciona con la posición relativa y el arreglo de los átomos en una sustancia determinada. Por ejemplo, el agua que está en una presa tiene energía potencial a causa de su posición. El agua puede caer desde esta posición y ejercer una fuerza desde una distancia y, por tanto, hacer trabajo, en este caso: accionar una turbina para generar electricidad.

---

<sup>8</sup>Serway, R y Jewwtt, J. (2005). Física para Ciencias e Ingeniería. Volumen 1. Séptima Edición. CengageLearning Editores. México.

<sup>9</sup>Raymond Chang (2002). Química. Séptima Edición en español. McGraw-Hill Interamericana Editores. México.

### 2.2.7 Energía Electromagnética

Es la cantidad de energía almacenada debido a la presencia de un campo electromagnético, y es proporcional a la suma de los cuadrados de los valores del campo eléctrico, y del campo magnético, en un punto del espacio.

### 2.2.8 Energía Luminosa o Lumínica

Es la energía que se manifiesta y se transporta por ondas lumínicas. Es gracias a este tipo de energía que hay vida en la Tierra. No se debe confundir con la energía radiante o solar. Es una forma de energía electromagnética, y como toda energía se puede transformar en energía eléctrica, mediante el efecto fotoeléctrico, y esto es la energía solar fotovoltaica.

### 2.2.9 Energía Radiante

La energía radiante, o energía solar, proviene del sol y es la principal fuente de energía de la tierra. La energía solar calienta la atmosfera y la superficie terrestre, estimula el crecimiento de la vegetación a través de un proceso conocido como fotosíntesis, e influye sobre los patrones globales del clima.

### 2.2.10 Energía Sonora

De entre todas las formas distintas de energías presentes, es la energía que se transporta por ondas sonoras. La energía del sonido es otro efecto de las moléculas en movimiento, procede de la energía vibracional de un foco sonoro.

### 2.2.11 Energía Eólica

Se basa en el mismo principio que los molinos de viento, aprovechar la energía proveniente del viento para hacer girar las aspas de una turbina, la cual está instalada y conectada a un generador eléctrico.

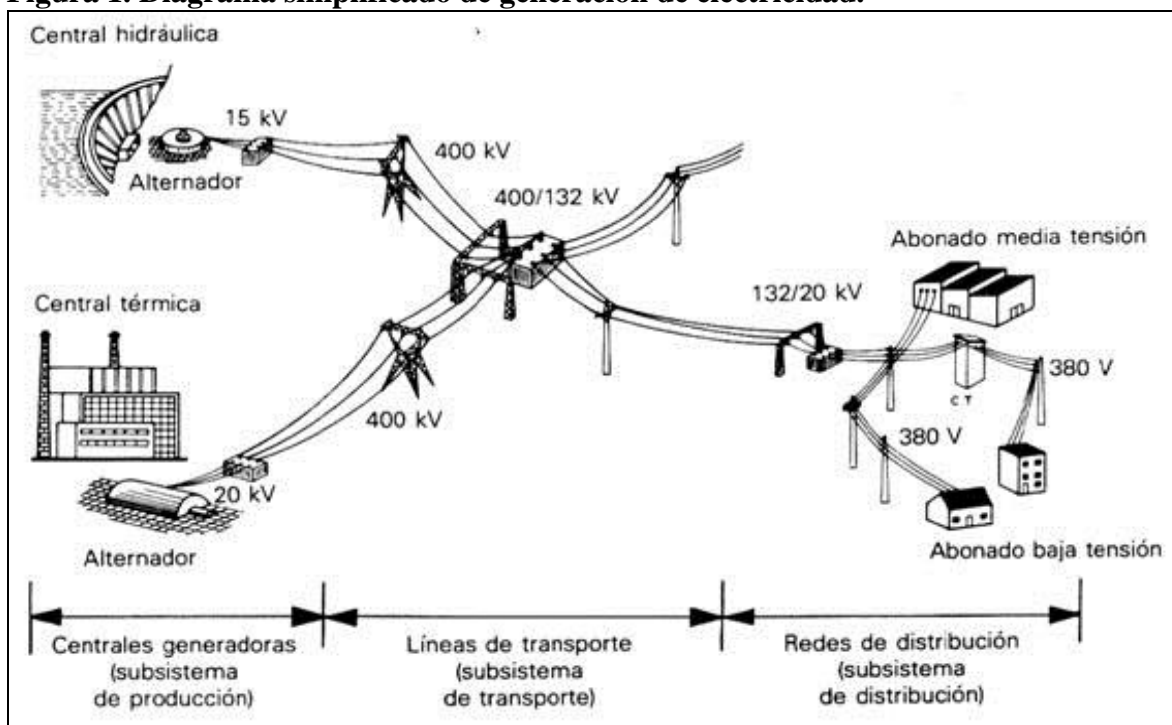
En Anexo 1, se puede ver el tipo de generadoras con sus respectivas fuentes primarias, en la que se detalla la potencia instalada en Chile.



### 2.3 Formas de producción de electricidad

Hoy en día, la electricidad es uno de los recursos indispensable en la vida diaria del ser humano, sin embargo generarla involucra varios temas interesantes como lo es su generación. Para producir la electricidad se necesita de una turbina y un generador para posteriormente transformarla, luego distribuirla y finalmente hacer uso cotidiano de ella. A continuación, en la figura 1 se presenta un bosquejo muy práctico de cómo se genera la electricidad. Se observan 2 centrales, una hidráulica y otra termoeléctrica, ambas tienen una turbina que se hace girar a través de vapor o de agua.

**Figura 1. Diagrama simplificado de generación de electricidad.**



Cuando la turbina comienza a moverse hace girar un generador que proporciona la electricidad para luego transformarla, es decir bajar el voltaje y finalmente distribuirla a los consumidores finales, que en el ejemplo de la figura el usuario final es un hogar usando la electricidad para los enceres que funcionan con este tipo de energía. Para generar la energía eléctrica hay diversos métodos, los cuales se mencionan a continuación.

### 2.3.1 Centrales hidroeléctricas.

Este tipo de centrales eléctricas fueron las primeras centrales eléctricas que se construyeron. Las centrales hidroeléctricas son aquellas donde el movimiento de la turbina se obtiene gracias a la caída del agua. Estas centrales se construyen en los cauces de los ríos, creando un embalse para retener el agua. Para ello se construye un muro grueso de piedra, hormigón u otros materiales apoyado generalmente en alguna montaña.

La poderosa masa de agua embalsada es conducida a través de una tubería hacia las palas de una turbina que suele estar a pie de presa la cual está conectada al generador.

### 2.3.2 Centrales térmicas.

Las centrales térmicas son instalaciones donde la energía para mover la turbina se obtiene a través del vapor provocado tras hervir el agua en una caldera. El vapor que se genera tiene una gran presión que se hace llegar a las turbinas para que su expansión sea capaz de mover las aspas de las mismas.

Este tipo de plantas, para lograr hacer hervir el agua y transformarla en vapor usan la energía de la combustión proveniente del carbón, gas natural y petróleo.

### 2.3.3 Centrales nucleares.

Al comparar una central nuclear con una central térmica, el mecanismo de funcionamiento es el mismo, la diferencia fundamental entre las centrales térmicas nucleares y las térmicas clásicas residen en el insumo energético que se utiliza. En las nucleares el uranio<sup>10</sup> y en las térmicas la energía utilizada es de combustibles fósiles.

Por lo tanto una central nuclear, es una central térmica en la que un reactor nuclear actúa como una caldera. La energía térmica se origina por las reacciones de fisión en el combustible nuclear formado por un compuesto de uranio. La fisión nuclear es un proceso por el cual los

---

<sup>10</sup> Uranio: Elemento químico metálico, utilizado como combustible para reactores nucleares.

núcleos de ciertos elementos químicos pesados se dividen (se rompen) en dos fragmentos por el impacto de una partícula o neutrón, liberando una gran cantidad de energía.

También se puede producir la energía térmica por fusión al juntar un núcleo de deuterio y otro de tritio, formando helio. Se sabe que en la fisión o separación, el peso resultante de la reacción nuclear es un poco menor que la suma de los pesos de sus componentes.

#### 2.3.4 Centrales solares.

Las centrales solares son aquellas instalaciones en la que se aprovecha la radiación del sol para producir electricidad. La energía solar es la que se obtiene por el efecto llamado fotovoltaico, que es el proceso mediante el cual se hace incidir las radiaciones solares sobre una superficie de un cristal semiconductor, llamada célula solar, y puede producir una corriente eléctrica bajo estas condiciones.

Este tipo de centrales se están instalando en países donde el transporte e instalación de tendidos de energía eléctrica se debe realizar desde mucha distancia y hasta ahora el empleo de la energía solar se enfoca principalmente para iluminación y algunos quehaceres domésticos.

#### 2.3.5 Centrales eólicas.

Una central eólica es un conjunto de instalaciones de torres que asemejan a los antiguos molinos de viento, en donde la energía se obtiene a través del viento, el que hace rotar unas aspas orientadas en dirección contraria al viento, las cuales presentan un eje en su parte central, el que conecta a un generador. Las palas o hélices giran alrededor de este eje horizontal, las que mientras más giren, mayor electricidad producen.

La manera en que una planta de generación eólica se compone, es de un conjunto de turbinas o generadores eólicos debidamente controlados, con el fin de obtener un efecto progresivo sobre las potencias que genera cada una de las turbinas. Con respecto al sistema de control, este posee una componente de control individual para cada turbina y un componente de

control supervisor del parque eólico en su conjunto (que coordina y da cursos de acción sobre los controles individuales).

A pesar de que solo un uno por ciento de la energía solar que se recibe de la tierra se transforma en un movimiento atmosférico, esta energía no se distribuye uniformemente, lo que limita su aprovechamiento. Existen más limitaciones tecnológicas para alcanzar potencias mayores a un megavatio, lo cual hace que su utilidad esté muy restringida.

### 2.3.6 Centrales geotérmicas.

Una central de tipo geotérmica es una estructura que aprovecha la energía geotérmica para producir energía eléctrica. Una central geotérmica no es otra cosa que una central térmica en la que la caldera ha sido remplazada por el emplazamiento geotérmico y en la que la energía es suministrada por el calor de la tierra en vez de petróleo gas u otra forma de combustible.

### 2.3.7 Central mareomotriz.

Este tipo de centrales se ubican en lugares costeros, a orillas del mar, donde el oleaje es conducido a un alternador, el cual de manera mecánica se encarga de generar la energía mareomotriz, la energía se produce gracias a las mareas provocadas por la atracción gravitacional del sol y principalmente la luna.

“La técnica utilizada consiste en encauzar el agua de la marea en una cuenca y en su camino, accionar las turbinas de una central eléctrica. Cuando las aguas se retiran, también generan electricidad usando un generador de turbina reversible”<sup>11</sup>.

Esta fuente de energía tiene un bajo nivel de desarrollo, con avances en investigación y algunos proyectos pilotos de pequeña escala. “El foco principal de atención en el desarrollo de

---

<sup>11</sup>AEN-OCDE-2010, Perspectivesde l'énergienucléaire

estas tecnologías está en el potencial de las diferencias de mareas, corrientes marinas y las olas”<sup>12</sup>.

### 2.3.8 Relación Energía Humanidad

Hoy en día la energía en particular es un tema de gran importancia y que afecta a todos en general, pero de manera principal a aquellos que presentan una mayor dependencia a la tecnología. El ostentoso modo de consuno de los países desarrollados depende de la disponibilidad y abundancia de energía, la que ha estado disponible en los combustibles tradicionales tales como el carbón, petróleo, gas y uranio, todos estos son utilizados para la producción de electricidad que luego puede ser convertida en calor, movimiento y luz para proporcionar muchas de nuestras necesidades en casas, oficinas, tiendas y fábricas. El petróleo es utilizado también para brindar energía al transporte en tierra y en aire, el gas también se ocupa para la calefacción de los hogares.

La demanda de energía se ha visto en aumento cada año desde el inicio del siglo pasado y se prevé un crecimiento aún más rápido en las próximas décadas. La razón de esto es el incontrolable aumento de la población del mundo en desarrollo y especialmente en los países pobres, por el deseo de estos para colocarse al mismo nivel de los estándares de los países más desarrollados. Los cálculos indican que si todos en el planeta tierra fueran o pudieran disfrutar del mismo nivel de vida de Alemania, sería necesario recursos energéticos convencionales proporcionados por tres planetas del porte de la tierra. Por lo tanto, el hombre se ha hecho dependiente de la energía.

Los combustibles tradicionales tienen complejas desventajas, en primer lugar, son de disponibilidad limitada. Es decir que solo hay una cantidad limitada de petróleo, carbón, gas y uranio, que pueden ser extraídos de la superficie de la tierra.

Es probable que solo haya unos pocos decenios fácilmente explotables de gas y petróleo, y quizás más de un siglo de carbón, según las tasas de extracción actuales. En segundo lugar, la escasez de recursos, provoque en el futuro graves conflictos, en particular las guerras de los grandes países. En tercer lugar, muchos de estos recursos están disponibles en los países con

---

<sup>12</sup>Comisión Nacional de Energía (CNE). Política Energética: Nuevos Lineamientos. Gobierno de Chile (2008).

regímenes políticos inestables. Todas estas cuestiones deberían ser de particular interés en los jóvenes, los cuales deberán hacer frente a estos graves problemas en unos pocos decenios.

Por último, y con una mayor urgencia, la utilización de la mayoría de estos combustibles contribuye a la generación de dióxido de carbono (CO<sub>2</sub>), un gas que es la causa de lo que se conoce como el efecto invernadero, lo que significa un aumento progresivo de la temperatura media del planeta. Los especialistas en esta área establecen que a menos que se reduzca drásticamente el dióxido de carbono utilizando menos combustible, el aumento de la temperatura puede resultar en devastadores desastres ambientales.

Es debido a este grave estado de cosas importantes, que se están haciendo esfuerzos para desarrollar otras energías naturales, renovables, disponibles a nivel local, no contaminantes, como los que proceden de la acción del sol. Uno puede asimilar los combustibles tradicionales con un capital limitado en el banco que la humanidad ha tenido la suerte de heredar. Hasta ahora, las necesidades energéticas se han facilitado por la disminución de este capital. Una mejor política será la de confiar en la utilización diaria de energía proporcionada por el sol.

El acceso progresivo a cada una de las fuentes energéticas, ha supuesto un incremento de la energía disponible y un salto significativo en el desarrollo de la humanidad. Tal cual como el acceso al fuego cambió radicalmente la vida del hombre, o cómo la tracción animal y las energías hidráulica y eólica influyeron en el desarrollo de la agricultura o cómo el carbón dio paso a la industrialización o la repercusión que tuvo el petróleo sobre el transporte, que revolucionó la movilidad de bienes y servicios y que además contribuyó de forma decisiva al fenómeno de la globalización, iniciado años atrás o la electricidad, que multiplicó por miles las aplicaciones de la energía y ha dado lugar a la entrada en la era de las nuevas tecnologías de la información y de la comunicación.

De acuerdo a los datos de la Agencia Internacional de la Energía (AIE), “en el año 2007, todavía más de 2.500 millones de personas (cifra que equivale casi al 40% de la población mundial) basan su consumo energético principalmente en la combustión de leña y desechos

animales"<sup>13</sup>, por otro lado, muy poco eficientes (AIE, 2008). Esta parte de la población se caracteriza esencialmente por pertenecer a países del tercer mundo América Latina, África y Asia.

Según datos de las Naciones Unidas, "aproximadamente unos 1.600 millones de habitantes en el mundo aún no tienen acceso a la electricidad"<sup>14</sup>. Con respecto a esta situación, la mayor parte de los países del África (concretamente África subsahariana), así como del sur de Asia y parte de Centroamérica, la energía eléctrica llega a menos de un 33% de la población. En países como Sudáfrica, la India Marruecos o Bolivia, la situación es levemente mejor, ya que alrededor del 33% y 66% de la población cuenta con electricidad para consumo residencial.

En la mayoría del continente norte y sudamericano, Europa oriental, centro de Asia y norte de África ya más del 66% de sus habitantes poseen energía eléctrica. Pero el abastecimiento pleno de electrificación total pertenece exclusivamente para los países miembros de la OCDE<sup>15</sup>.

Concretamente, esto significa que un 25% de la población mundial aún carece de los inigualables beneficios que otorga y proporciona la electricidad, como lo es la iluminación y refrigeración doméstica, las comunicaciones y el incalculable número de aplicaciones y aparatos tecnológicos de todo tipo que han hecho posible que otra parte de la humanidad haya alcanzado el nivel de desarrollo del que gozan en la actualidad los países del G20.

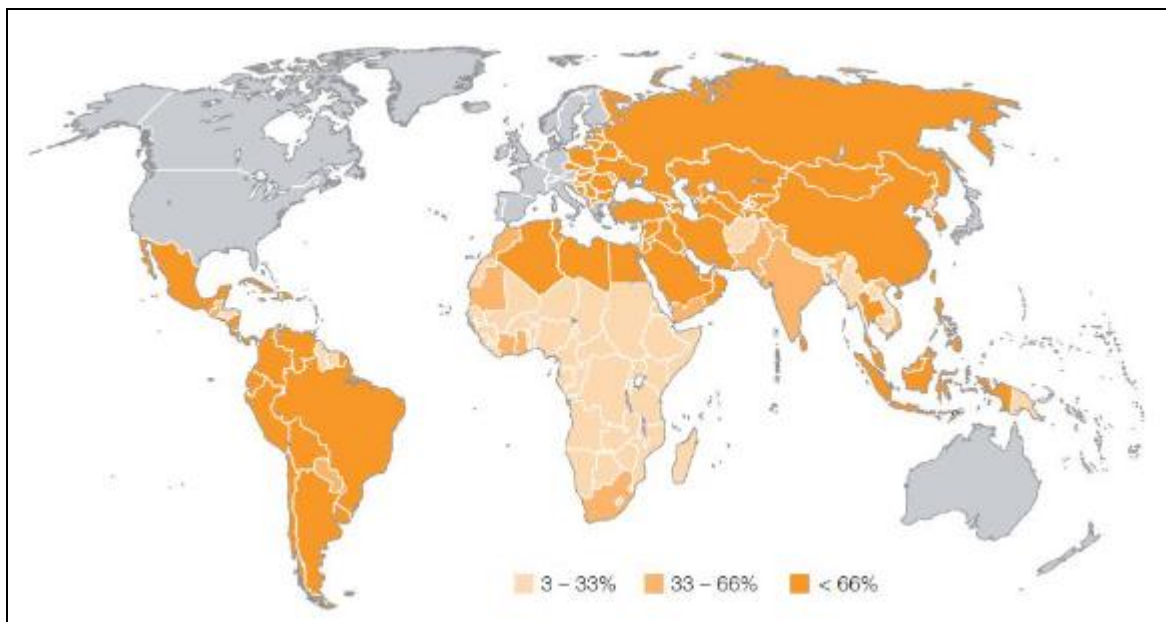
---

<sup>13</sup>Agencia Internacional de la Energía (AIE). [2007] "Tracking industrial energy efficiency and CO2 emissions. Energy indicators". OECD/IEA. París.

<sup>14</sup>Programa de las Naciones Unidas para el Desarrollo (PNUD) 2007. "Informe sobre Desarrollo Humano 2007-2008. La lucha sobre el cambio climático: Solidaridad frente a un mundo dividido". Editorial Mundiprensa. Madrid.

<sup>15</sup> OCDE: Organización para la Cooperación y el Desarrollo Económicos.

**Figura 2. Población mundial con acceso a la electricidad a principios del S. XXI.**



Fuente: ONU (2005), extraído de “La energía como elemento esencial del desarrollo”

### 3 EVOLUCIÓN CIENTÍFICA TECNOLÓGICA DE LA INDUSTRIA.

A grandes rasgos, desde el año mil hasta el siglo XV hay un período de lentas transformaciones que son el resultado de deliberados esfuerzos de sustitución de la energía proveniente del hombre por otro tipo de energías presentes en la naturaleza. En este sentido, el dominio de la tecnología de tipo mecánica reemplazó a los sistemas de energía de tracción animal por mecanismos movidos por el agua y el viento, más eficientes productiva y energéticamente. Es así como Descartes, señala: “si conociéramos la fuerza y las acciones del fuego, del agua, del aire, de las estrellas, de los cielos y de todos los demás cuerpos que nos rodean con la misma precisión con que conocemos los diversos oficios de los artesanos, podríamos aplicarlas, de igual manera, a todos los usos que le son propios y convertirnos así en amos y partícipes de la naturaleza”<sup>16</sup>.

<sup>16</sup>Descartes (1637) citado en White, L. Medieval and Technology and Social Change. Oxford. University Press (1962).



Durante el siglo XV se podía apreciar en toda Europa cada vez más instalaciones mecánicas movidas por molinos de viento o agua o encargados de “curtir o lavar, cortar maderas y triturar cualquier cosa, desde aceitunas hasta minerales para accionar fuelles de altos hornos, martillos de forjas o muelas destinadas a retocar y pulir armas y armaduras, para reducir los pigmentos que se usaban en las pinturas o en la pulpa para el papel, o en la malta para la cerveza. Durante la Edad Media la revolución industrial estaba basada en el agua y en el viento, lo cual parece haber alcanzado su máximo refinamiento alrededor del año 1534, cuando el italiano Matteo dal Nassaro instaló en los márgenes del río Sena, una especie de pulidora de piedras preciosas, de la que se adueñó la Casa Real de la Moneda en el año 1552 para fabricar las primeras monedas acuñadas mecánicamente.”<sup>17</sup>

El deseo general por dominar la energía natural y por aplicarla en beneficio de las personas se pone de manifiesto, en la India a partir del siglo XII y en Europa durante el siglo XIII en los intentos por conseguir el llamado movimiento perpetuo. El interés por esas máquinas de movimiento, que podían generar los medios de fuerza e impulsión, despertó la percepción del universo como una máquina en perpetuo movimiento. Los avances tecnológicos abrían las mentes y quebrantaban la rigidez intelectual e institucional de la Edad Media.

El creciente dominio de la energía mecánica hacía aumentar la idea y la fantasía de que el universo era un inmenso depósito de energías controlables por la voluntad humana. En el año 1260, Roger Bacon escribió que “es posible construir máquinas gracias a las cuales los grandes barcos, con apenas un hombre manejándolos, navegarán más velozmente que si estuviesen llenos de remadores; es posible construir vehículos que se moverán a velocidades increíbles y sin ayuda de animales; es posible construir máquinas voladoras en las que el hombre podrá vencer al aire con alas como si fuese un pájaro, las máquinas permitirán llegar al fondo de los mares y de los ríos”<sup>18</sup>

Los resguardos a la apropiación de los commodities o recursos naturales a gran escala, ya iniciados con el manejo de los sistemas energéticos, tanto hidráulicos como eólicos “hicieron aumentar la producción agrícola, el crecimiento demográfico, la expansión de las ciudades y

---

<sup>17</sup>White, L. Medieval and Technology and Social Change. Oxford. University Press(1962).

<sup>18</sup>White, L. Medieval and Technology and Social Change. Oxford. University Press(1962).

la producción metalúrgica”<sup>19</sup>, los que fueron completamente superados cuando se sustituyó en la navegación marítima la energía humana de propulsar los remos por las velas empujadas por la energía eólica del viento. Las notorias mejoras en el transporte naviero sobre todo, en el diseño del timón de popa alrededor del siglo XIII desencadenaron el desarrollo comercial, la acumulación de tipo capitalista, la caída institucional con el feudalismo, los cambios sociales y el surgimiento de los economistas políticos o “mercantilistas”.<sup>20</sup>

Cabe destacar que “la construcción de embarcaciones, su mantención y su abastecimiento representan inversiones que favorecen el crecimiento de un verdadero capitalismo financiero”<sup>21</sup>.

La masificación en la construcción de naves, inicio un gran consumo de madera, que se produjo en el viejo continente a partir del siglo XV que comenzó en la península Ibérica, extendiéndose después a Holanda en el siglo XVI y después a Inglaterra en el siglo XVII. Durante los años 1649 y 1688 se construyeron en Inglaterra 209 nuevos navíos, principalmente todos de guerra. “La industria naval, a esta altura, se convirtió una de las mayores en cada país que las producía, generando así empleos y renta”.<sup>22</sup>

Mientras que la desaparición del feudalismo hacia la aparición del capitalismo está marcada, por la sustitución de los sistemas de energía renovable (viento, agua y leña), por las energías provenientes de los fósiles. El principio de esta sustitución tuvo cabida en los siglos XVI y XVII.

El carbón mineral, sustituto escogido por su abundancia y proximidad técnica con la leña, pasa a ser utilizado en diversos sectores de la industria manufactura. Una petición de patente

---

<sup>19</sup>Rich, E y Wilson, C. (1967): *The Economy of Expanding Europe in the Sixteenth and Seventeenth Centuries*, vol. IV, cap. I. Cambridge: Cambridge Economic History of Europe.

<sup>20</sup>Cipolla, C. (1989): *Canhões e velas na primeira fase da expansão europeia (1400-1700)*. Lisboa: Gradiva. (Título original: *Guns, Sails and Empires*, 1965).

<sup>21</sup>Hémery, D. Debeir, J. Deléage, J. (1993): *Umahistória da energia*. Brasilia. Título original: *Lêsservitudes de la puissance: une histoire de l'énergie*. Flammarion, (1986).

<sup>22</sup>Oppenheim, (1896) citado en Church, R y Wrigley, E. [org.] (1994): *The Industrial Revolutions: The Coal and Iron Industries*. (The Economic History Series). Oxford / Cambridge: Blackwell.

en el año 1610 en nombre de Sir William Slingsby aclara las dificultades de sustituir la madera por el mineral. En su propuesta, Slingsby divide las manufacturas en dos grupos:

Aquellas en las cuales el carbón mineral fue utilizado con éxito y otras en las que esta sustitución falló. Según su división, el primer grupo incluía las tecnologías de ebullición: "cerveza, sal marina, azúcar, tinte". En el segundo grupo colocó el cocimiento de "malta, pan, ladrillos, tejas, cerámica" y la fundición de "metal de campanas, cobre, latón, hierro, plomo y vidrio"<sup>23</sup>.

Durante el año 1700 era solo la producción de hierro la que aún no se había adecuando a la utilización del carbón mineral. Esas nuevas líneas de producción que utilizan energía térmica exigían inversiones cada vez mayores en capital, así como la aproximación de la ciencia a la técnica. "La energía se vuelve desde entonces un campo de trabajo para inversores, sabios e ingenieros, la que desempeñará un papel decisivo en la nueva economía"<sup>24</sup>.

---

<sup>23</sup>Nef, Citado en Church, R y Wrigley, E. [org.] (1994): The Industrial Revolutions: The Coal and Iron Industries.(The Economic History Series). Oxford / Cambridge: Blackwell.

<sup>24</sup>Hémery, D. Debeir, J. Deléage, J. (1993): Umahistória da energia. Brasília. Título original: L'esservitudes de la puissance: une histoire de l'énergie. Flammarion, (1986).

*"Universidad del Bío Bío, Facultad de Ciencias Empresariales"*

## **CAPITULO II**

### **"USOS DE LA ENERGIA ELECTRICA EN CHILE"**

## 4 ESTRUCTURA DEL SECTOR ELECTRICO EN CHILE.

Según el Ministerio de Energía, Chile posee, dentro de su territorio cuatro sistemas eléctricos independientes, conocidos como Sistema Interconectado del Norte Grande (SING), Sistema Interconectado Central (SIC), Sistema Eléctrico de Aysén y Sistema Eléctrico de Magallanes.

La coordinación de la operación de las centrales generadoras es efectuada en cada sistema eléctrico de por un CDEC<sup>25</sup>, organismo conformado por las principales empresas de generación. El ODEC es el encargado de planificar la operación óptima del sistema y de valorar económicamente las transferencias de energía que se producen en todos los generadores.

A continuación se explican los Sistemas Eléctricos Presentes en Chile.

### 4.1 Sistema Interconectado del Norte Grande (SING)

Es una red compuesta con centrales generadoras, líneas de transmisión y vías de distribución que abastece de energía desde Arica (XV Región de Arica y Parinacota), hasta Taltal (II Región de Antofagasta), es decir, maneja un 30,17% de la capacidad instalada en el país.

El SING, abarca aproximadamente unos 800 kms. de extensión y proporciona energía a unas 880.000 personas. Sin embargo, debido a las características geográficas del norte de Chile, este sistema presenta problemas en cuanto a suministro. A causa de las grandes distancias entre las localidades y los centros de consumo, la gran demanda se extiende por parte de empresas mineras de la zona que se estima en un 90%.

El SING está compuesto por la interconexión de los sistemas eléctricos de líneas de transmisión y centrales generadoras de las empresas Edelnor, Electro Andina y Celta, entre otras compañías.

Actualmente, su capacidad instalada es de 3.602, 9 MW<sup>26</sup>, pero se estima que para el 2015 esta aumentará a 4.829, 1 MW.

### 4.2 Sistema Interconectado Central (SIC)

<sup>25</sup> CDEC: Centro de Despacho Económico de Carga.

<sup>26</sup> MW: Mega Watts, medida de potencia que es igual a 1 millón de watts.

"Universidad del Bío Bío, Facultad de Ciencias Empresariales"

Al igual que el SING, el SIC es una red compuesta de centrales generadoras que se unen por líneas de transmisión y distribución, que abastece de energía desde Taltal (II Región de Antofagasta), hasta la Isla grande de Chiloé (X Región de los Lagos), es decir, abarca un 69,01% de la capacidad instalada en el país.

El SIC, opera en aproximadamente 2.100 km de extensión, siendo este servicio el mayor de los cuatro sistemas eléctricos que proveen energía al territorio chileno, abasteciendo alrededor de 14,5 millones de personas.

Los sistemas eléctricos de las centrales generadoras de las empresas; Colbún, Endesa, Pahuente y Guacolda, entre otras compañías componen la interconexión del Sistema Interconectado Central SIC, mientras que la transmisión corre por parte de compañías como Transelec, CGE-Trasmisión y el Sistema de Transmisión del Sur.

Sin embargo, los entes que distribuyen la energía para el consumo final son Chilectra, Chilquinta y Grupo Emel.

Actualmente, su capacidad instalada es de 9.118,4 MW, se estima que para el 2015 ésta aumentará a 18.458,4 MW.

#### **4.3 Sistema Eléctrico de Aysén.**

Comprende redes compuesta de centrales generadoras que se unen por líneas de transmisión y distribución en la región Aysén del General Carlos Ibáñez del Campo y adicionalmente, también abarca la parte sur de la región de los Lagos.

Aysén, es controlado casi en su totalidad por Endesa y es el sistema más pequeño del país en cuanto a potencia instalada como en relación a la población que abastece. Si bien posee algunas unidades hidroeléctricas, predominan las pequeñas unidades diesel. Durante los últimos años Aysén pasó de ser un sistema de algo más de 11MW instalados, 80% hidroeléctrico, a uno de más de 50 MW termoeléctrico a diciembre del año 2012.

#### **4.4 Sistema Eléctrico de Magallanes.**

La lejanía geográfica de la zona de Magallanes con el resto del país ha propiciado la configuración del actual Sistema Eléctrico, el cual cuenta con un sistema aislado con respecto al resto de los sistemas eléctricos nacionales, con una amplia extensión e irregularidad geográfica, la cual dificulta la conexión entre sus principales centros poblados, traduciéndose en que cada localidad debe disponer de sistemas eléctricos aislados entre sí.

El sistema Eléctrico de Magallanes, está constituido por cuatro subsistemas eléctricos los cuales son: Sistema eléctrico de Punta Arenas, Puerto Natales, Puerto William y Puerto Porvenir, en la XII Región. La capacidad instalada de estos sistemas, a diciembre del año 2008, es 98,71MW, siendo cada uno de ellos 100% térmicos.

Durante el año 2008, la demanda máxima integrada del sistema Magallanes alcanzó un valor cercano a los 47MW, mientras que la generación de energía se ubicó en torno a los 249,2 GWH<sup>27</sup>.

Para los sistemas eléctricos de Magallanes, opera una sola empresa para desarrollar las actividades de generación, transmisión y distribución de energía eléctrica, atendiendo a un total cercano a los 50.000 clientes, esta empresa es EDELMAG S.A.

## **5 SECTOR ELECTRICO EN CHILE.**

El mercado eléctrico en Chile está compuesto según la legislación en tres segmentos: generación, transporte y distribución, los cuales son controlados casi en su totalidad por capitales privados. Donde el Estado cumple un rol de regulación, fiscalización y planificación indicativa de inversión en generación y transmisión.

El organismo del Estado que regula el sector eléctrico en Chile es la Comisión Nacional de Energía (CNE), la cual es la encargada de elaborar y coordinar planes necesarios para sus buen funcionamiento.

Sin embargo, a pesar que exista la Comisión Nacional de Energía, las compañías privadas presente en el mercado eléctrico, poseen amplias libertades para decidir respecto a sus inversiones, la comercialización de sus servicios y la operación de sus instalaciones, siendo por tanto responsables del servicio otorgado a los consumidores en los segmentos que componen el mercado eléctrico.

## **6 SEGMENTOS DEL MERCADO ELECTRICO EN CHILE, SEGÚN EL MINISTERIO DE ENERGÍA.**

### **6.1 GENERACIÓN.**

Este sector está conformado por las empresas eléctricas propietarias de centrales generadoras de electricidad, la que es transmitida y distribuida a los consumidores finales. La generación

---

<sup>27</sup> GWH: Medida de energía eléctrica que equivale a 1000 millones de watts suministrados en una hora.

funciona como un mercado competitivo, es decir, las empresas participantes carecen de poder para fijar precio de mercado.

Para el parque de generación ya instalado, el costo de producción unitario instantáneo crece al aumentar la demanda de electricidad. Esto ocurre porque el despacho de las distintas centrales se va haciendo en orden creciente de costos, lo que permite minimizar el costo total de producción instantáneo.

Existen alrededor de 30 empresas generadoras, las tres empresas más grandes son:

✓ **Endesa**

Filial de Enersis- holding, a través del cual Endesa España controla sus activos en el sector eléctrico de Latinoamérica, esta compañía es la principal empresa generadora. Opera un total de 4.779 MW de potencia, lo que representa el 37% de la capacidad instalada en el mercado local. El 72,2% de la capacidad instalada de Endesa Chile y sus filiales en Chile es hidráulica, el 27,4 es térmica y el 0,4 es eólica.

Endesa Chile participa en el Sistema Interconectado Central (SIC), principal sistema interconectado del país, donde vive alrededor del 93% de la población. La compañía y sus filiales en Chile suman una capacidad instalada de 4.597MW en este sistema, que representa en torno al 49% del SIC. Endesa también participa en el Sistema Interconectado del Norte Grande (SING), a través de su filial Celta, e indirectamente a través de la Sociedad Gasoducto Ataca Chile y GasAtacama Generación, dando suministro a diversas empresas mineras.

✓ **Colbún**

Nació como empresa pública en 1986 bajo el nombre Empresa Eléctrica Colbún- Machicura S.A. Fue privatizada en 1997 y desde 2006 es controlada por el Grupo Matte. Posee una capacidad instalada de 1.274 MW de origen hidráulico y 1.236 MW de fuente térmica, lo que da un total de 2.514 MW. Colbún opera en el SIC, donde representa cerca del 28% del mercado, lo que la convierte en la segunda empresa grande. Cuenta con 20 centrales eléctricas distribuidas en la zona centro y sur de Chile. Tiene clientes regulados, como algunos distribuidores de electricidad; así como libres, entre las cuales figuran grandes empresas mineras e industriales.

✓ **AES Gener**

Esta sociedad anónima abierta sirve al SIC a través de cuatro centrales hidroeléctricas de pasada, dos centrales termoeléctricas a carbón y una central turbogas a petróleo diésel, todas pertenecientes directamente a AES Gener. También sirve al SIC mediante una central de ciclo combinado a gas natural y una central a petróleo diésel pertenecientes a su filial Eléctrica Santiago; una central termoeléctrica a carbón perteneciente a la coligada Empresa Eléctrica



Guacolda; y dos centrales de cogeneración y una turbina a gas de su filial Energía Verde. La compañía es también proveedora de energía del SING a través de sus filiales Norgener y TermoAndes. La primera cuenta con una central termoeléctrica a carbón en la ciudad de Tocopilla; y la segunda, con una central de ciclo combinado a gas natural ubicada en Salta, Argentina, conectada al SING mediante una línea de transmisión de propiedad de filiales InterAndes.

Otras generadoras importantes son Guacolda, que se formó en 1992 con el fin de abastecer de energía eléctrica al SIC con unidades en base a carbón. Hoy es la principal generadora eléctrica del Norte Chico, la compañía cuenta con instalaciones en la provincia de Huasco, formada por cuatro unidades generadoras a carbón de 152 MW de potencia bruta cada una que totalizan 608 MW de capacidad, un terminal marítimo con capacidad para recibir naves de hasta 240 metros de eslora, una cancha de acopio de carbón con capacidad para almacenar 350 mil toneladas métricas y cinco líneas de transmisión propias con 223 kilómetros de extensión.

Suez, actor relevante en el SING que cubre aproximadamente el 10% de la demanda del sistema y Arauco Generación, compañía que aporta excedentes por 134 MW al Sistema Interconectado Central.

## 6.2 TRASMISIÓN.

De acuerdo a información publicada por la CNE en año 2002<sup>28</sup>, en Chile se considera como transmisión a toda línea o subestación con un voltaje o tensiones superior a 23.000 Volts<sup>29</sup>.

Los sistemas de transmisión corresponden al conjunto de líneas, subestaciones y equipos destinados al transporte de electricidad desde los puntos de producción hasta los centros de consumo o distribución.

En Chile el sistema de transporte de la electricidad esta categorizado en:

- Sistema de Transmisión Troncal: Corresponde al conjunto de líneas y subestaciones que configuran el mercado común.
- Sistema de Subtransmisión de Servicios Públicos Eléctricos: Son los sistemas que permiten retirar la energía desde el sistema troncal hacia los distintos puntos de consumo locales.

<sup>28</sup> CNE: Comisión Nacional de Energía.

<sup>29</sup> Volts: Unidades de potencial eléctrico.

El sistema de transmisión está más concentrado que el sistema de generación, existiendo escasos actores.

✓ **Transelec**: Es la compañía más grande de transmisión, la cual fue creada en 1993, cuya propiedad es de un consorcio extranjero, su sistema de transmisión se extiende desde Arica hasta la Isla de Chiloé, extendiéndose por 2.900 kilómetros.

✓ **CGE<sup>30</sup> Transmisión, filial de CGE**: Esta empresa opera en el SIC y está dedicada al ámbito eléctrico de la subtransmisión, por lo que dispone de líneas de transporte y subestaciones de poder que permiten a los generadores suministrar energía a distribuidores y cliente finales.

✓ **Transemel y Edelnor**, la cual participa en esta actividad en las regiones I y II, además de hacerlo en generación y distribución.

### 6.3 DISTRIBUCIÓN.

Los sistemas de distribución están constituidos por las líneas, subestaciones y equipos que permiten presentar servicios de distribuir la electricidad hasta los consumidores finales, localizados en cierta zona geográfica explícitamente limitada. Las empresas de distribución operan bajo un régimen de concesión de servicio público, con obligación de servicios y con tarifas reguladas para el suministro de energía a clientes tradicionales.

Según la Central de Información y Discusión de Energía en Chile, dentro del sector de la distribución eléctrica en Chile se encuentran presentes las siguientes empresas:

✓ **Chilectra S.A**

Chilectra es filial del Grupos Enersis, quien controla el 99% de la propiedad, y es la primera empresa de distribución en Chile en cuanto a ventas. Su zona de concesión es la Región Metropolitana de Santiago (RM)<sup>31</sup>, Chilectra posee a sus vez dos filiales, Empresa Eléctrica de Colina S.A y Luz Andes S.A, ambas empresas distribuidoras de la RM. Considerando sus filiales, Chilectra atiende a cerca de 1,6 millones de clientes en la RM. Durante el 2009, sus ventas de energía alcanzaron los 12.585 GWH. El Mayor volumen de ventas se presenta en el área del comercio, seguido de cerca por el consumo Residencial e Industrial. Chilectra tiene además participación en empresas de distribución en Argentina (Edesur), Brasil (Ampla y Coelce), Colombia (Condenda) y Perú (Edelnor).

<sup>30</sup> Compañía General de Electricidad.

<sup>31</sup> RM: Región Metropolitana (Santiago)

✓ **CGE Distribución S.A (CGE)**

CGE Distribución es una filial del grupo CGE. A través de sus diversas filiales, tienen presencia en casi todas las regiones de Chile, exceptuando la Región Metropolitana de Santiago. Consolidando el negocio de distribución, las empresas del grupo CGE abastecen a cerca de tres millones de clientes entre Chile y Argentina. Destaca la toma de control que efectuó CGE del grupo de empresas Emel en 2007. En Argentina, participa a través de las empresas San Juan, EDET, EJESA y sus filiales.

CGE: En año 1984 adquirió la Compañía Nacional de Fuerza Eléctrica S.A (CONAFE) y en el año 1995 la Empresa Eléctrica de Magallanes S.A (EDELMAG) pasó a ser controlada igualmente por el grupo CGE.

✓ **Grupo Emel**

Las empresas Emel, son un conjunto de sociedades, cuya propiedad es controlada por Emel Norte S.A. De esta depende tres compañías de distribución de energía eléctrica y una de transmisión (Transemel), todas en el SING.

Emel, opera con seis filiales de distribución eléctrica. Actualmente tiene 22.123 kilómetros de líneas de distribución. A través de sus filiales eléctricas Emelari, Eliqsa, Elecda, Emelat, Emelectric y Emetal. Emel distribuye energía en las regiones I, II, III, V, VI, VII y VIII.

✓ **Chilquinta**

Esta compañía, cuyos accionistas son Sempra Energy Internacional Holdings y AEI Bermudas America Bermuda, abastece de electricidad a la Región de Valparaíso, abasteciendo mayoritariamente con sus servicios a las provincias de Valparaíso, Marga Marga, Quillota, San Felipe, Los Andes y San Antonio. A través de filiales también atiende a cliente de la VI región.

Durante el año 2012, se atendieron 523.634 clientes, cifra que involucra un crecimiento de un 2,2% respecto del año 2011, de los cuales, el 92% corresponde al segmento de clientes residenciales.

Chilquinta posee además cuatro filiales: La Compañía Eléctrica del Litoral, Energía de Casablanca, Luzlinares y Luzparral.

✓ **Inversiones Eléctricas del Sur S.A (Grupo SAESA)**

El Grupo SAESA es una sociedad a través de las cuales se controlan las filiales SAESA, FRONTEL, LUZ Osorno y EDELAYSEN, considerando sólo la distribución. El grupo tiene una fuerte presencia en la zona sur de Chile. El grupo SAESA atiende a más de 650.000 clientes y tuvo ventas por más 2.600 GWH en el año 2008. Posee como filiales a Sociedad Austral de Electricidad S.A (SAESA), Empresa Eléctrica de la Frontera S.A (FRONTEL), Compañía eléctrica de Osorno S.A (Luz Osorno), Empresa Eléctrica de Asen S.A (EDELAYSEN).

También existen otras trece compañía que distribuyen energía eléctrica local en algunas zonas del país, a continuación se hace mención a ellas.

✓ **Empresa Eléctrica de Puente Alto Ltda.**

Eléctrica Puente Alto, EEPA, nace en el año 1921, cuando don Federico Bächler Dickman, comienza a otorgar electricidad a los vecinos de Puente Alto, actividad que años más tarde le significaría conseguir la concesión del Alumbrado Público de Puente Alto, modernizando las redes instaladas en el pueblo.

Hoy la concesión abarca gran parte de la comuna, alcanzando cerca de 55.000 clientes, con el objetivo de desarrollar una labor que permita entregar atención de excelencia a sus clientes, mejorando los tiempos de respuesta a requerimientos, profesionalizando los procesos de atención y fortaleciendo las alianzas con entidades relacionadas con la comunidad.

✓ **Cooperativa de Consumo de Energía Eléctrica de Chillán Ltda. (COPELEC)**

Es un holding de retail chileno, con distribución y zona de concesión en la VIII Región. En el año 2008, tuvo ventas por 92 GWH. Sus matriz se encuentra ubicada en Chillan, siendo fundada el 13 de noviembre de 1951, " (COPELEC es su nombre de fantasía) cuyo fin fue el de generar el suministro de electricidad a los habitantes de la provincia.

✓ **Cooperativa de Abastecimiento de Consumo Eléctrico Curicó Ltda. (CEC)**

Formada por la unión de la cooperativa de Consumo de Energía Eléctrica Curicó Ltda. y la Cooperativa de consumo de Energía Eléctrica Teno Ltda, dedicada a la distribución con zona de concesión en la VII Región. En el año 2008, tuvo ventas del orden de 80 GWH.

✓ **Cooperativa Eléctrica Los Ángeles Ltda. (COPELAN)**

Formada por la unión de la cooperativa de Consumo de Energía Eléctrica Curicó Ltda. y la Cooperativa de consumo de Energía Eléctrica Teno Ltda, dedicada a la distribución con zona de concesión en la VII Región. En el año 2008, tuvo ventas del orden de 80 GWH.

✓ **Compañía Distribuidora de Energía Eléctrica Ltda. (CODINER)**

La Compañía Distribuidora de Energía Eléctrica Codiner Limitada (Codiner Ltda.) nace de la necesidad de satisfacer las demandas de energía eléctrica que el sector agrícola de la Región de la Araucanía tiene realizando su actividad principalmente en la zona rural, atravesando distintos paisajes que van desde los refugios del imponente volcán Llaima hasta diferentes comunidades de nuestra Etnia Mapuche, quebradas de la zona de Galvarino y la ribera del Río Tolten, llevando energía eléctrica y por ende una mejor calidad de vida a estas zonas.

✓ **Cooperativa Eléctrica Limarí Ltda. (ELECOOP)**

Con fecha 1º de enero de 2007, comienza sus actividades como empresa concesionaria de servicio público de distribución de energía eléctrica ENELSA – Energía del Limarí S.A.- para las comunas de Ovalle, Punitaqui, Monte Patria y Combarbala, todas de la Provincia de Limarí, IV Región de Coquimbo.

Por razones de mejor administración y servicio a los usuarios, como asimismo de adaptación a los nuevos requerimientos de desarrollo del negocio energético y a las nuevas exigencias que derivan del marco regulatorio vigente, ENELSA nace de la sociedad de dos empresas, ELECOOP y CONAFE.

✓ **Cooperativa Regional Eléctrica Llanquihue Ltda. (CREIL)**

Es una empresa de distribución con zona de concesión en la X Región. Específicamente esta compañía se encuentra situada en Puerto Varas, con más de 53 trabajadores.

✓ **Sociedad Cooperativa de Consumo de Energía Eléctrica Charrúa Ltda. (COELCHA)**

Es una empresa de distribución con zona de concesión en la VIII Región. Las redes de distribución de energía eléctrica suministran a las comunas de Cabrero, Yumbel, Yungay, Florida, Quillón, Hualqui, Pemuco, Tucapel, Huepil, Nacimiento, Alto Bío Bío, Quilleco y Los Ángeles.

✓ **Cooperativa Eléctrica Paillaco Ltda. (SOCOPEPA)**

Es una empresa de distribución con zona de concesión en la X Región. Teniendo como objetivo brindar servicios de distribución eléctrica a zonas rurales de esta región.

Expandiendo sus líneas eléctricas de distribución a las comunas de Paillaco, Máfil, Panguipulli, Futrono, Los Lagos y La Unión, con una red de distribución que supera a los 1.000 kilómetros de línea.

✓ **Cooperativa Rural Eléctrica Río Bueno Ltda. (COOPREL)**

Es una empresa de distribución con zona de concesión en la X Región. La cual distribuye energía eléctrica a los sectores rurales de su mercado geográfico, como a las comunas de Río Bueno, Lago Ranco, Paillaco y La Unión.-

✓ **Empresa Eléctrica de Casablanca S.A (EMELCA)**

Es una empresa de distribución con zona de concesión en la V Región. Donde distribuye energía eléctrica, para la comuna de CasaBlanca, se está en su zona urbana como es sus localidades interiores rurales, tales como Lagunillas, Las Dichas, Quepilcho, Melosilla, Ruta 68, Lo Ovalle y La Rotunda. Siendo principalmente sus clientes de tipo residencial en un 98% y la diferencia en cliente con giro industrial y/o comercial. En la actualidad cuenta con respaldo en un 100% de generación propia a través de 3 generadores con una capacidad máxima de generación de 2.7MW. Alcanzando una capacidad de clientes de 5.300.-

✓ **Empresa Eléctrica Municipal de Til Til.**

Es una empresa de distribución con zona de concesión en la Región Metropolitana de Santiago. Suministra dos localidades del centro del país como son Til Til y Llay Llay. Con aproximadamente 3.300 clientes y venta de energía eléctrica de aproximadamente 11 GWH

✓ **Cooperativa de Abastecimiento de energía Socoroma Ltda.(COOPERSOL)**

Es una empresa de distribución con zona de concesión en la I Región. COOPERSOL, posee más de 200 socios en la zona andina y trabaja para distribuir energía a la Pre -cordillera y Putre.

## 7 GRUPOS PARTICIPANTES EN RUBRO ELECTRICO EN CHILE.

Según un estudio del Departamento de Energía Eléctrica de la Pontificia Universidad Católica de Chile del año 2001, La propiedad de las empresas eléctricas en Chile se encuentran en manos principalmente de dos grandes Grupos.

- Las Administradoras de Fondos de pensiones (AFP) y fondos de inversión extranjero (F.I.C.E), con propietarios minoritarios en la estructura de propiedad del sistema eléctrico en Chile.
- Grupos económicos, tales como ENERSIS, COPEC, CORFO, PPL, SEMPRA, PSG, AES, que dominan fuertemente la propiedad del sistema.

El sector eléctrico en Chile tuvo su origen, en manos del sector privado, sin embargo en algún momento de su historia aproximadamente en los años 70, este sector llegó a ser casi totalmente estatal. El proceso de privatización se inició con filiación de las empresas estatales, separando sus funciones, en 1981. En el caso de Endesa, que concentraba en gran parte del país las funciones de generación, transmisión y distribución, se fueron creando filiales regionales de distribución y empresas en las que se observa un tipo de integración vertical en la propiedad, debido al control de ellas por parte del grupo Enersis, por su importancia y las posibles repercusiones que podría tener dentro del mercado a la hora de suscribir los contratos, se hará reseña de la evolución histórica de la propiedad de ambas empresas.

*"Universidad del Bío Bío, Facultad de Ciencias Empresariales"*

### **CAPITULO III**

## **"ANALISIS ESTADISTICO PARA PROYECCIÓN"**



## **8 Producción y Consumo de Electricidad Nacional por Sistema.**

Antes de realizar cualquier análisis, se debe dejar en claro que el abastecimiento de electricidad en Chile está comprendido por sectores a lo largo del territorio nacional, estos son el sistema interconectado del norte grande, sistema interconectado central, Los Lagos, Aysén y Magallanes. A su vez, estos sistemas alimentan de electricidad las distintas actividades que dan vida al país, dentro de estas actividades se encuentran el comercial, minero, industrial, agrícola y residencial.

### ***8.1 Registros de Producción y Consumo de Electricidad a Nivel Nacional***

De acuerdo a los datos históricos obtenidos, se presenta un registro a partir del año 1960 hasta el 2013 y el consumo por años de electricidad en GWh<sup>32</sup>. Con respecto a ambas variables, se puede apreciar que a medida que avanza el tiempo, también avanza el consumo, y por ende la producción, la que alcanzó durante el año 2013 un nivel total de 63.644,80 GWh<sup>33</sup>.

Ver Anexo 2.

### ***8.2 Consumo Residencial de Electricidad en el País.***

Con respecto al consumo residencial de electricidad, este ocupa uno de los 5 sectores con mayor participación en el consumo del total del sistema eléctrico del país. Este consumo residencial en la última década ha registrado un 16,06% (ver Anexo 1) del total del consumo nacional.

### ***8.3 Proyección de la Producción y el Consumo de Electricidad.***

Como se mencionó anteriormente, se puede observar una tendencia, que a medida que aumenta el tiempo, también aumenta el nivel de consumo de electricidad, por lo que se puede inferir la existencia de una relación de dependencia entre ambas variables.

---

<sup>32</sup>Un kilowatt hora es igual a 1.000 watt hora. Un gigawatt hora, (GWH), es un millón de kilowatt hora.

<sup>33</sup> Indicadores Económicos y Sociales de Chile. Departamento Publicaciones de la Gerencia de Investigación Económica División de Estudios, Banco Central de Chile.

**8.4 Modelo de Regresión Simple.**

En el estudio de la relación funcional entre dos variables poblacionales, una variable X, llamada independiente, explicativa o de predicción y una variable Y, llamada dependiente o variable respuesta.

**8.4.1 Ecuaciones de Regresión**

- a) Lineal  $y = \beta_0 + \beta_1x$
- b) Logarítmica  $y = \beta_0 + \beta_1\text{Ln}(x)$
- c) Exponencial  $y = \beta_0e^{\beta_1x}$
- d) Cuadrática  $y = \beta_0 + \beta_1x + \beta_2x^2$

Dónde:

$\beta_0$  es el valor de la ordenada donde la línea de regresión se intercepta con el eje Y.

$\beta_1, \beta_2$  es el coeficiente de regresión poblacional (pendiente de la línea recta)

Variable Independiente (X)= Tiempo en (Años)

Variable Dependiente (Y) =Consumo en (GWh)

**8.5 PROYECCIÓN DE LA PRODUCCIÓN**

Para poder pronosticar la producción de electricidad durante los próximos 5 años, se incluyeron 4 modelos predictivos: el lineal, logarítmico, cuadrático y exponencial. El criterio de discriminación de cada modelo se basa en el nivel de ajuste o R, mientras más alto sea este valor, más explicativo y fiable es el modelo, además se apoyará esta decisión mediante la utilización de gráficos de dispersión de datos y tendencias.

**Figura 3: Resumen del modelo y estimaciones de los parámetros.**

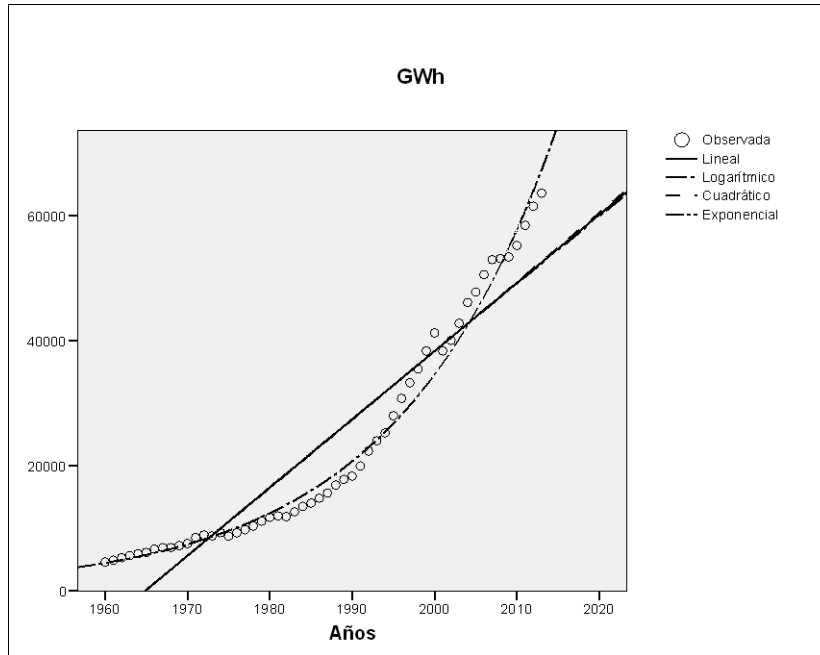
Variable dependiente: Producción GWh

Ecuación	Resumen del modelo					Estimaciones de los parámetros		
	R <sup>2</sup>	F	gl1	gl2	Sig.	Constante	b1	b2
Lineal	.890	420.795	1	52	.000	-2146005.945	1092.182	
Logarítmica	.888	411.845	1	52	.000	-16432323.49	2166937.380	
Cuadrático	.892	430.011	1	52	.000	-1062537.477	.000	.275
Exponencial	.989	4685.726	1	52	.000	9.99E-041	.051	

La variable independiente es Tiempo Años.

Al parecer, el modelo que presenta un mayor R<sup>2</sup>, es el modelo exponencial, con un R o bondad de ajuste cercano a 1, esto se puede apreciar en la tabla anterior, mientras que los modelos cuadrático y lineal también poseen un R muy elevado pero menor al exponencial, y en el siguiente gráfico se pueden observar las diferencias en los datos observados y la tendencia de que sigue cada modelo.

**Gráfico 1: Tendencia de los Modelos Analizados para Proyección de Producción.**



Fuente: Elaboración propia.

La bondad de ajuste del modelo exponencial es  $R = 0,99$  o correlación de Pearson casi perfecto, por lo que será el utilizado para pronosticar la futura producción eléctrica hasta el año 2020.

Ver Anexo 3: Que incorpora análisis de cumplimiento de supuestos de normalidad de los residuos.

Figura 4: Resumen del modelo.

La variable independiente es Tiempo (Años).

R	R cuadrado	R cuadrado corregida	Error típico de la estimación
.994	.989	.989	.086 = 8,6%

Fuente: Elaboración propia.

El siguiente cuadro entrega en la columna B, los coeficientes no estandarizados o reales y estandarizados. Los coeficientes beta o coeficientes estandarizados que miden el cambio en la variable dependiente (en unidades de desviación estándar) producido por un cambio unitario en la variable independiente a la que acompaña (en unidades de desviación estándar) manteniendo constantes las demás variables.

**Figura 5: Coeficientes.**

La variable dependiente es Producción (GWh).

	Coeficientes no estandarizados		Coeficientes estandarizados	t	Sig.
	B	Error típico	Beta		
Años (Constante)	.051 9.99E-041	.001 .000	.994	68.452	.000

Fuente: Elaboración propia.

Reemplazando los coeficientes Beta en la función exponencial, se tiene el siguiente modelo predictivo de Producción de energía a nivel nacional.

$$\text{Modelo Exponencial } y = \beta_0 e^{b_1 x}$$

Modelo de Producción de Electricidad $y = (9,99 * 10^{-41}) e^{0,05127x}$
---

Dónde:

X es la variable Año

Y la variable Producción

**Figura 6: Proyección de la Variable Producción de Electricidad.**

PRODUCCION DE ELECTRICIDAD	
Año	GWh
2015	78.049,3
2016	82.157,7
2017	86.482,4

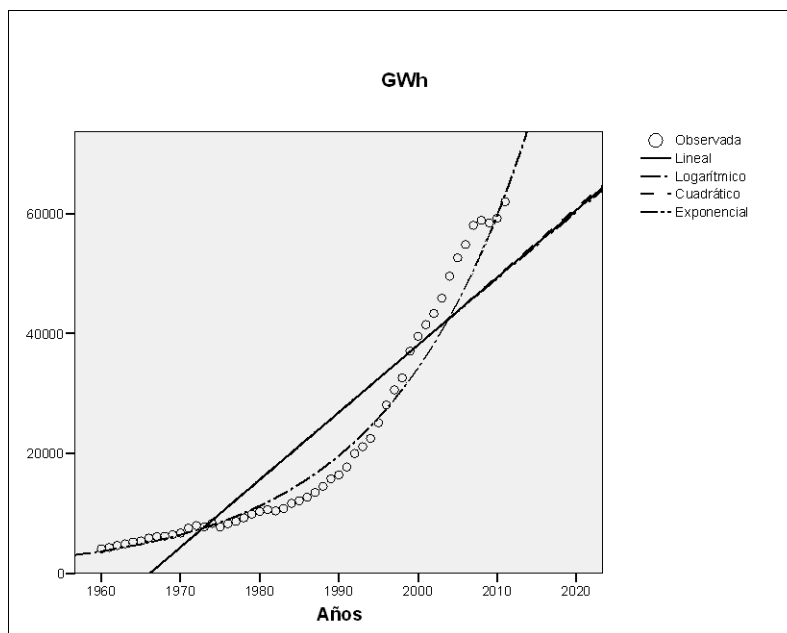
2018	91.034,7
2019	95.826,6
2020	100.870,8

Fuente: Elaboración propia.

### 8.6 PROYECCIÓN DEL CONSUMO

Para estimar cuál de los cuatro modelos logra tener una mejor proyección de los datos de consumo de electricidad, se graficará cada uno de ellos con el objetivo de estimar cual modelo presenta mayor nivel de ajuste.

**Gráfico 2: Tendencia de los Modelos Analizados para Proyección de Consumo.**



Fuente: Elaboración propia.

Al parecer, el modelo exponencial es que se aproxima con mayor exactitud a la distribución de puntos. Para verificar el resultado, se calculará la bondad de ajuste (R) de cada modelo.

**Figura 6: Resumen del modelo y estimaciones de los parámetros.**

Variable dependiente: Consumo (GWh)./ La variable independiente es Tiempo (Años).

Ecuación	Resumen del modelo					Estimaciones de los parámetros		
	R <sup>2</sup>	F	gl1	gl2	Sig.	Constante	b1	b2
Lineal	.839	261.128	1	50	.000	-2210322.383	1124.206	
Logarítmica	.837	256.603	1	50	.000	-16903314.074	2228864.800	
Cuadrático	.842	265.761	1	50	.000	-1095891.047	.000	.283
Exponencial	.979	2334.810	1	50	.000	1.63344E-044	.0556	

Fuente: Elaboración propia.

La tabla Resumen de los modelos, proporciona información acerca de la bondad de ajuste (R) del modelo. Concretamente el R cuadrado en el modelo exponencial tiene un valor de 0.979, es decir, un valor bastante alto, por lo que el modelo exponencial logra explicar en un (R=98,94%), lo que sucede en la variable de respuesta.

**Figura 7: Resumen del modelo exponencial.**

La variable independiente es Tiempo (Años).

R	R cuadrado	R cuadrado corregida	Error típico de la estimación
.989	.979	.979	.125

Fuente: Elaboración propia.

**Figura 8: Coeficientes de la función exponencial.**

La variable dependiente es ln(GWh).

	Coeficientes no estandarizados		Coeficientes estandarizados	t	Sig.
	B	Error típico	Beta		
Años	.056	.001	.989	48.320	.000
(Constante)	1.63E-044	.000		.	.

Fuente: Elaboración propia.

Tabla de coeficientes es la tabla que contiene los coeficientes no estandarizados, la columna etiquetada como B nos permite escribir la recta de regresión en puntuaciones directas. Así, la recta que relaciona el tiempo con el consumo de electricidad es:

$$\text{Modelo Exponencial } y = \beta_0 e^{b_1 x}$$

Modelo de Consumo de Electricidad  $y = (1,6334 * 10^{-44}) e^{0,0556x}$

Dónde:

X es la variable Año

Y la variable Consumo

### 8.7 PROYECCIÓN DE CONSUMO ELÉCTRICO DEL PAÍS DEL 2015 A 2020.

**Figura 9: Modelo Exponencial.**

<b>CONSUMO DE ELECTRICIDAD NACIONAL</b>		<b>Demanda Familiar</b>
<b>Año</b>	<b>GWh</b>	<b>16.06%</b>
2015	73.779,50	11.848,99
2016	77.997,80	12.526,45
2017	82.457,30	13.242,64
2018	87.171,80	13.999,79
2019	92.155,80	14.800,22
2020	97.424,80	15.646,42

**Fuente: Elaboración propia.**

En cuadro anterior se aprecia la demanda proyectada nacional, en base a datos históricos del consumo de electricidad entre los años 1960 al 2013 (Ver anexo 2), y sobre esta proyección se



aplica la media del consumo familiar que es un 16.06% de acuerdo a lo observado durante los años 1977 a 2011, según se puede apreciar en Anexo 1.

## CONCLUSIONES

### **Desarrollo y Cumplimiento de Objetivos.**

Durante el desarrollo de esta memoria, primeramente se realizó un estudio del sector eléctrico, para introducirse en este ámbito, todo enfocado tanto en el Objetivo General como los específicos, comenzando con establecer la importancia de la energía para el hombre, los tipos de energía y su elaboración, conociendo así este gran sector, para posteriormente identificar las principales empresas eléctricas y su red de distribución destacando el Sistema Interconectado del Norte Grande SING, Sistema Interconectado Central SIC, Sistema Eléctrico Aysén y el Sistema Eléctrico Magallanes.

Chile es conocido por ser una larga y angosta faja de tierra, y se debe llegar a cada rincón con este recurso, que es símbolo de avance tecnológico en los sectores rurales y apartados, en los cuales llega la energía, por esto también se ha dado énfasis a la generación de energía eléctrica su transmisión y su distribución.

Para poder realizar una proyección, objetivo principal de este trabajo, fue necesario recopilar información histórica tanto de producción como consumo de energía eléctrica, datos que

"Universidad del Bío Bío, Facultad de Ciencias Empresariales"

fueron trabajados dentro del programa estadístico SPSS (StatisticalPackageforthe Social Sciences), para así obtener las variables bases para analizar modelos de regresión simple tanto lineal, logarítmica, exponencial y cuadrática, y definir aquella que fuera mejor predictiva para un estudio de proyección de demanda y producción de energía eléctrica domestica.

Mediante la ecuación exponencial, que fue la que demostró un comportamiento más objetivo en el análisis estadístico, se pudo realizar las debidas proyecciones para el periodo en estudio, 2015-2020, tanto de la oferta (Fig. 6, Pag 46) como de la demanda nacional y residencial (Fig. 9, Pag. 49), estableciendo que la demanda residencial sería igual a la oferta que necesita para poder abastecerse, detectando que se puede suministrar la necesidad de consumo de los chilenos, ya que en todo el periodo de estudio existe superávit de GWh, siendo la oferta mayor a la demanda.

El resultado obtenido, nos muestra un superávit, correspondiendo un 16.06% para el consumo doméstico, lo que se puede considerar bueno ya que no implicaría un razonamiento para los distintos niveles de usuarios, entre estos las familias chilenas, por lo que el impacto con medidas restrictivas no serían necesarios.

Superávit o Déficit de Energía eléctrica en periodo de estudio.

Año	Superavit o Deficit	
	GWh	%
2015	4.269,8	0,05
2016	4.159,9	0,05
2017	4.025,1	0,05
2018	3.862,9	0,04
2019	3.670,8	0,04
2020	3.446,0	0,03

Fuente: Elaboración propia.

## **Comentarios Referentes al Rango de Estudio de la Necesidad de Producción de Energía Eléctrica para las Familias Chilenas.**

La conclusión inicial no fue del todo satisfactoria, ya que al ritmo de crecimiento de producción y de consumo, se aprecia que el superávit que se posee disminuye con los años, por lo que se procedió a aumentar el rango de estudio hasta el 2035, lo que nos da una señal de alarma al ver que ya en el año 2030 comienza un déficit de producción del 0.39% llegando a un alarmante 3.02% el 2035. (Ver Anexo 5 y 6).

Ante un déficit, comienzan los racionamientos de energía, aumentan los costos, y el usuario de todo tipo es quien comienza a pagar consecuencias ante tal desabastecimiento. Este impacto lo recibe cada sector demandante y si fuera equitativo igual porcentaje de racionamiento se aplicaría, incluyendo las familias chilenas, pero son las autoridades competentes quienes definen las medidas a aplicar, ya sea cortes de luz de alumbrados públicos, por sectores, por horas, racionamientos de diversos índoles.

### **Apreciaciones de la Investigación.**

En el Ministerio de Energía, se han realizado diversos tipos de estudios y se tiene conciencia del panorama que se viene si no se realizan inversiones tendientes a mejorar el abastecimiento, incluso el Ministro de Energía, Máximo Pacheco, ha señalado que “las cuentas de la luz han subido un 20% entre 2010 y 2014, y va a subir otro 34% en los próximos diez años si es que no hacemos nada”<sup>34</sup>

Solucionar esta situación futura de déficit se podría realizar mediante aumento de generadoras de electricidad, una solución que aunque pudiera sonar fácil, no lo es, ya que cada vez hay más restricciones ambientales para construir una hidroeléctrica, sancionada principalmente a nivel social, ya que al modificar un plano ambiental genera reacciones adversas entre los habitantes, ambientalistas, políticos de distintas áreas, que toman parte del asunto ya sea apoyando o desaprobando, situación que ha generado que proyectos como el de HidroAysén no se haya realizado, y que podría haber aportado una gran cantidad de energía. Aquellos que

---

<sup>34</sup> <http://www.theclinic.cl/2014/06/15/ministro-de-energia-cuentas-de-luz-en-chile-subiran-34-proximos-10-anos/>

*"Universidad del Bío Bío, Facultad de Ciencias Empresariales"*

lo apoyan señalan los beneficios y la necesidad existente de prepararse para el futuro ante un desabastecimiento, situación que según el presente estudio se dará si no se generan soluciones. Otro punto a favor de las hidroeléctricas es que son generadoras menos contaminantes y más económicas que las termoeléctricas. Si las restricciones son tales que ya no se puede generar hidroeléctricas, se debiera dar paso a termoeléctricas, que utilizan como base petróleo, carbón, gas, biomasa entre otras fuentes, cuya generación es más cara traduciéndose en un mayor costo de producción de electricidad, que solucionaría un desabastecimiento pero aumentaría los costos.

Aquellos que están en desacuerdo con las hidroeléctricas, toman como base el impacto medioambiental ante la alteración de este, por la modificación de los cauces de ríos, inundaciones de valles, pérdida de patrimonios entre otros.

Frente a lo anterior pareciera inevitable que los costos de consumo de la energía eléctrica aumenten, ya que cada vez existen mayores inconvenientes para producir la energía más económica. Por ende sería bueno echar mano a nuevos proyectos cuya inversión pudiera ser mayor en el momento pero con beneficios positivos a futuro, entre estas están la energía eólica y con mayor fuerza la energía solar.

Actualmente cada casa puede tener su propio generador de energía natural, como la solar, mediante los conocidos paneles solares, que permiten producir agua caliente, mediante la energía solar térmica y los paneles foto volcánicos que son utilizados para generar electricidad.

Incentivar el uso de energías renovables permite utilizar materias que están constantemente presente como la luz solar o el viento, y se puede ver como en otros países más desarrollados

como Alemania han diseñado políticas energéticas en base a energías renovables para reemplazar la energía nuclear y de origen fósil buscando la protección del medio ambiente.<sup>35</sup>

Para finalizar, con esta memoria se quiere poner en conocimiento el grado de importancia que tiene el posible desabastecimiento de la energía eléctrica a futuro, recurso tan importante en la vida actual, entregando al lector materia que formen un conocimiento general del sector eléctrico y datos históricos que fueron la base de la proyección y posteriores conclusiones.

## BIBLIOGRAFIA

- Gujarati, D (2010), *Econometría*. México: McGraw-Hill.
- Domínguez, J (2007), *Dirección de Operaciones, Aspectos estratégicos en la Producción y los Servicios*. Buffa, E; Hewman, R. (2001), *Administración de la Producción*. Editorial Limusa.
- Álvarez Vázquez, N (2002). *Econometría II: Análisis de modelos econométricos de series temporales*.
- Raymond Chang (2002). *Química*. Séptima Edición en español. McGraw-Hill Interamericana Editores. México.
- Serway, R y Jewett, J. (2005). *Física para Ciencias e Ingeniería*. Volumen 1. Séptima Edición. Cengage Learning Editores. México

---

<sup>35</sup> 28.08.14<http://cer.gob.cl/blog/2014/08/alemania-se-abastecera-con-energias-renovables-eolica-y-energia-solar-fotovoltaica/>).

"Universidad del Bío Bío, Facultad de Ciencias Empresariales"

- Agencia Internacional de la Energía (AIE). [2007] "Tracking industrial energy efficiency and CO2 emissions. Energy indicators". OECD/IEA. París.
- Programa de las Naciones Unidas para el Desarrollo (PNUD) 2007. "Informe sobre Desarrollo Humano 2007-2008. La lucha sobre el cambio climático: Solidaridad frente a un mundo dividido". Editorial Mundiprensa. Madrid.
- Descartes (1637) citado en White, L. Medieval and Technology and Social Change. Oxford. University Press (1962).
- White, L. Medieval and Technology and Social Change. Oxford. University Press(1962).
- Rich, E y Wilson, C. (1967): The Economy of Expanding Europe in the Sixteenth and Seventeenth Centuries, vol. IV, cap. I. Cambridge: Cambridge Economic History of Europe.
- Cipolla, C. (1989): Canhões e velas na primeira fase da expansão europeia (1400-1700). Lisboa: Gradiva. (Título original: Guns, Sails and Empires, 1965).
- Hémerly, D. Debeir, J. Deléage, J. (1993): Uma história da energia. Brasília. Título original: L'esservitudes de la puissance: une histoire de l'énergie. Flammarion, (1986).
- Oppenheim, (1896) citado en Church, R y Wrigley, E. [org.] (1994): The Industrial Revolutions: The Coal and Iron Industries.(The Economic History Series). Oxford / Cambridge: Blackwell.
- Nef, Citado en Church, R y Wrigley, E. [org.] (1994): The Industrial Revolutions: The Coal and Iron Industries.(The Economic History Series). Oxford / Cambridge: Blackwell.
- Estructura de propiedad del sector eléctrico Chileno y su relación con la estructura de contratos, Pontificia Universidad Católica de Chile, Facultad de Ingeniería, Departamento de Ingeniería Eléctrica IEE 3372 Mercados Eléctricos, Junio 2001.

## **LINKOGRAFIA**

- Ministerio de Energía, <http://www.minenergia.cl/>
- Comisión Nacional de Energía, <http://www.cne.cl>
- Superintendencia de Electricidad y Combustibles, <http://www.sec.cl>
- Centro de Despacho Económico de Carga – SIC, <https://www.cdec-sic.cl/>
- Centro de Despacho Económico de Carga – SING, <http://cdec2.cdec-sing.cl>
- Agencia Chilena de Eficiencia Energética, <http://www.acee.cl>
- Biblioteca del Congreso Nacional de Chile – buscador de leyes, <http://www.leychile.cl/Consulta>
- Biblioteca del Congreso Nacional de Chile – Legislación Ambiental

"Universidad del Bío Bío, Facultad de Ciencias Empresariales"

- Estudios e informes del sector: "Reporte Sector Eléctrico SYSTEP (mensual)", <http://www.systep.cl/reportes.php>
- Proyectos en tramitación ambiental: "Sistema de Evaluación de Impacto Ambiental", <http://www.sea.gob.cl/>
- Estadísticas de energía INE, [http://www.ine.cl/canales/chile\\_estadistico/estadisticas\\_economicas/energia/series\\_estadisticas/series\\_estadisticas.php](http://www.ine.cl/canales/chile_estadistico/estadisticas_economicas/energia/series_estadisticas/series_estadisticas.php)

ANEXOS.

**Anexo 1. Registros de Producción y Consumo de Electricidad a Nivel Nacional.**

CONSUMO								
Distribución de Energía Eléctrica por cliente (GWh)								
Año	Total	Residencial	Comercial	Minero	Agrícola	Industrial	Otros	% Residencial
1997	31.728	5.115	2.480	10.401	485	9.430	3.817	16,12
1998	33.833	5.623	2.818	11.456	594	9.797	3.545	16,62
1999	35.911	5.828	2.983	12.602	624	10.909	2.965	16,23
2000	39.510	6.515	3.480	13.456	623	11.916	3.520	16,49
2001	41.472	6.843	3.892	13.824	676	12.382	3.855	16,50
2002	43.336	7.226	4.084	14.575	684	12.329	4.438	16,67
2003	45.884	7.600	4.565	15.648	789	13.230	4.052	16,56
2004	49.550	7.986	5.101	16.567	902	14.880	4.114	16,12
2005	52.610	8.370	5.653	16.988	987	15.516	5.096	15,91
2006	54.843	8.649	5.939	17.903	1.106	15.628	5.618	15,77
2007	58.043	8.983	6.511	18.834	1.196	16.518	6.001	15,48
2008	58.877	8.691	6.463	19.323	1.227	16.386	6.787	14,76



"Universidad del Bío Bío, Facultad de Ciencias Empresariales"

2009	58.427	9.050	6.917	19.988	1.271	15.155	6.046	15,49
2010	59.190	9.644	7.261	20.629	1.330	14.176	6.150	16,29
2011	61.973	9.804	7.737	20.738	1.395	15.151	7.148	15,82
Media								16,06

Fuente: Indicadores Económicos y Sociales de Chile. Departamento Publicaciones de la Gerencia de Investigación Económica División de Estudios, Banco Central de Chile, mayo 2001.

**Anexo 2: Registros Históricos de Producción y Consumo de Electricidad Total Nacional**

<b>Año</b>	<b>Producción Total (GWh)</b>	<b>Consumo Total (GWh)</b>
1960	4.591,9	4.107,0
1961	4.879,3	4.319,0
1962	5.286,1	4.661,0
1963	5.623,3	4.924,0
1964	5.932,4	5.228,0
1965	6.131,0	5.414,0
1966	6.661,8	5.911,0
1967	6.891,6	6.153,0
1968	6.917,7	6.200,0
1969	7.214,2	6.454,0
1970	7.550,5	6.719,0

"Universidad del Bío Bío, Facultad de Ciencias Empresariales"

1971	8.524,2	7.569,0
1972	8.933,7	7.960,0
1973	8.766,3	7.780,0
1974	9.297,3	8.349,0
1975	8.732,0	7.745,0
1976	9.276,2	8.268,0
1977	9.776,3	8.671,0
1978	10.359,7	9.248,0
1979	11.133,4	9.864,0
1980	11.751,3	10.309,0
1981	11.977,8	10.645,0
1982	11.871,7	10.422,0
1983	12.624,0	10.794,0
1984	13.497,2	11.678,0
1985	14.040,2	12.112,0
1986	14.819,9	12.694,0
1987	15.636,3	13.507,0
1988	16.914,5	14.510,0
1989	17.810,5	15.786,0
1990	18.347,0	16.428,0
1991	19.961,0	17.735,0
1992	22.359,0	19.991,0
1993	24.005,0	21.124,0
1994	25.277,0	22.506,0

1995	28.028,0	25.100,0
1996	30.790,0	28.102,0
1997	33.292,0	30.598,0
1998	35.509,0	32.606,0
1999	38.389,0	37.073,0
2000	41.267,9	39.510,0
2001	38.386,3	41.472,0
2002	40.084,0	43.336,0
2003	42.836,2	45.884,0
2004	46.143,7	49.550,0
2005	47.814,7	52.610,0
2006	50.610,5	54.843,0
2007	53.008,3	58.043,0
2008	53.179,2	58.877,0
2009	53.441,9	58.427,0
2010	55.259,7	59.190,0

"Universidad del Bío Bío, Facultad de Ciencias Empresariales"

2011	58.492,7	61.973,0
2012	61.555,8	62.444,7
2013	63.644,8	66.014,9
2014	74.146,3	69.789,3

**Fuente: Indicadores Económicos y Sociales de Chile. Departamento Publicaciones de la Gerencia de Investigación Económica División de Estudios, Banco Central de Chile.**

**Anexo 3: CUMPLIMIENTO DE SUPUESTOS DE NORMALIDAD DE LOS RESIDUOS (PRODUCCIÓN).**

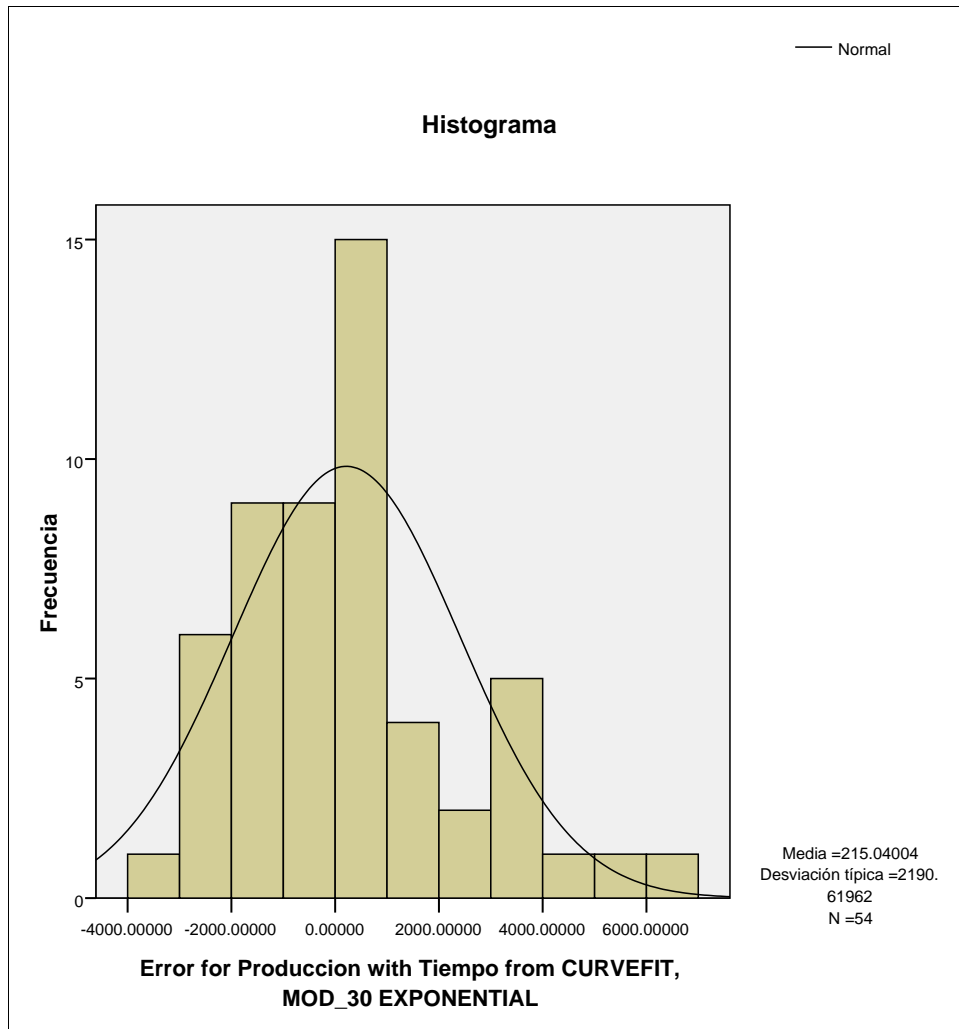
**Anexo 3.1: Pruebas de normalidad**

a Corrección de la significación de Lilliefors

	Kolmogorov-Smirnov(a)			Shapiro-Wilk		
	Estadístico	gl	Sig.	Estadístico	gl	Sig.
Error for Production with Tiempo from CURVEFIT, MOD_30 EXPONENTIAL	.152	54	.003	.939	54	.008

**Fuente: Elaboración propia.**

**Anexo 3.2: Histograma de Prueba de Normalidad**



Fuente: Elaboración propia.

#### Anexo 4: CUMPLIMIENTO DE SUPUESTOS DE NORMALIDAD DE LOS RESIDUOS (CONSUMO).

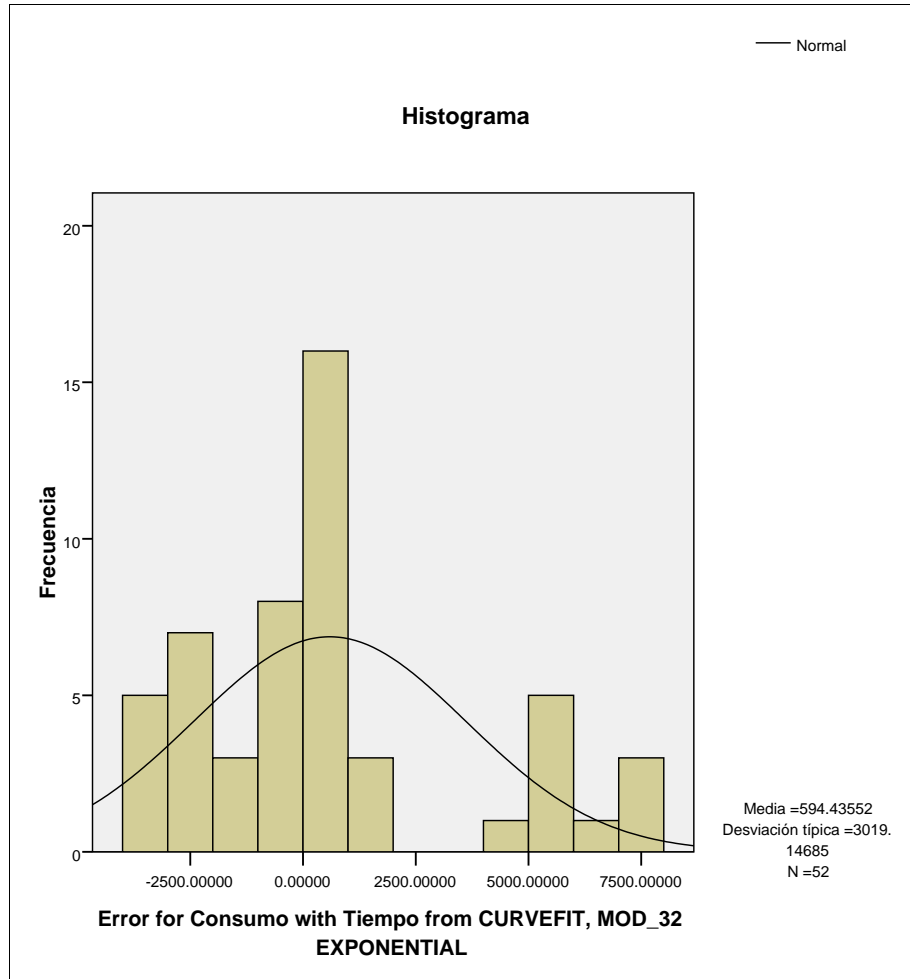
##### Anexo 4.1: Pruebas de normalidad

a Corrección de la significación de Lilliefors

	Kolmogorov-Smirnov(a)			Shapiro-Wilk		
	Estadístico	gl	Sig.	Estadístico	gl	Sig.
Error for Consumo with Tiempo from CURVEFIT, MOD_32 EXPONENTIAL	.230	52	.000	.880	52	.000

Fuente: Elaboración propia.

##### Anexo 4.2: Histograma de Prueba de Normalidad



Fuente: Elaboración propia.

**Anexo 5: Ampliación periodo de proyección para determinar punto crítico de déficit en producción y de consumo.**

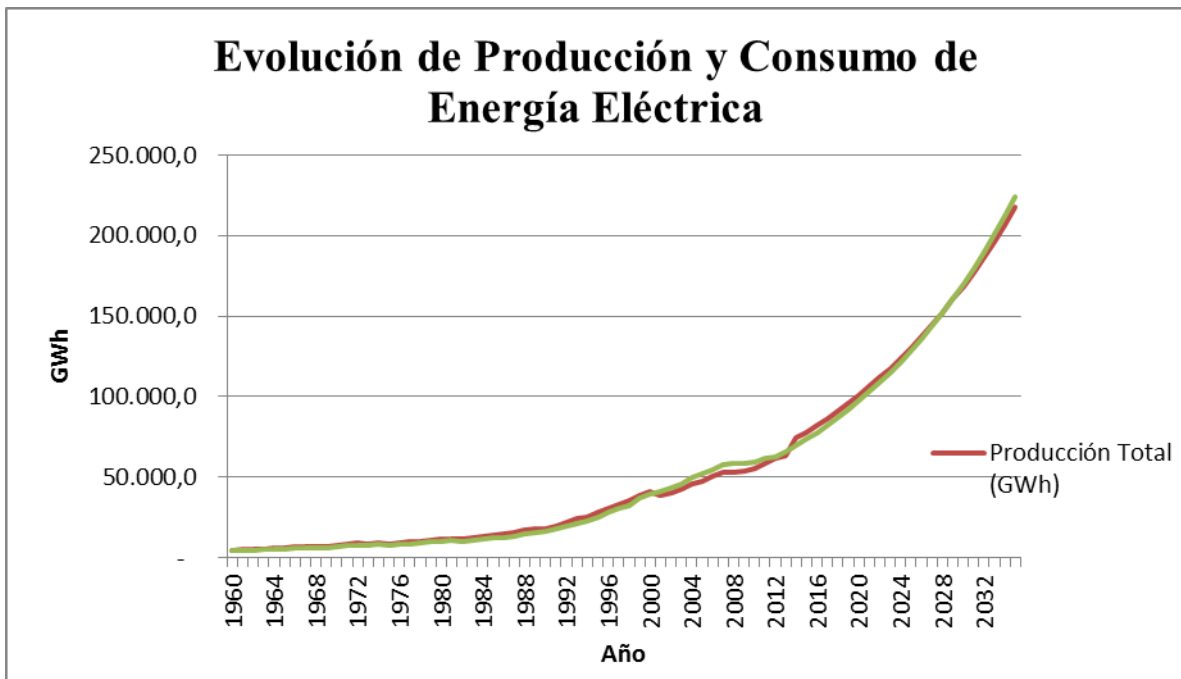
Año	Producción	Consumo	Superávit o Déficit	
	GWh	GWh	GWh	%
2021	106.181,00	102.995,02	3185,98	3,00%
2022	111.770,00	108.884,00	2886,00	2,58%
2023	117.653,10	115.109,13	2543,97	2,16%
2024	123.846,20	121.690,46	2155,74	1,74%
2025	130.365,30	128.648,08	1717,22	1,32%
2026	137.227,60	136.003,50	1224,10	0,89%
2027	144.451,00	143.779,47	671,53	0,46%
2028	152.054,70	152.000,02	54,68	0,04%

2029	160.058,70	160.690,58	-631,88	-0,39%
------	------------	------------	---------	--------

2030	168.484,00	169.878,02	-1394,02	-0,83%
2031	177.352,70	179.590,75	-2238,05	-1,26%
2032	186.688,30	189.858,80	-3170,50	-1,70%
2033	196.515,30	200.713,93	-4198,63	-2,14%
2034	206.859,60	212.189,69	-5330,09	-2,58%
2035	217.748,50	224.321,58	-6573,08	-3,02%

Fuente: Elaboración propia.

**Anexo 6: Evolución de Producción y Consumo de Energía Eléctrica.**



Fuente: Elaboración Propia

**Memoria de Título:** Estimación de la necesidad de producción de energía eléctrica para las familias chilenas entre los años 2015 y 2020.

Profesor Guía : Froilán Quezada Quezada.

Alumnos : Stefanía González Muñoz.

Felipe Valenzuela Montero.