

***“ESTUDIO DE FACTIBILIDAD DE LA INSTALACIÓN DE UN
REACTOR DE POTENCIA CAREM 150 EN LA PROVINCIA DE
SANTA FE MEDIANTE UN ESTUDIO DE DEMANDA DE
ENERGÍA ELÉCTRICA”***

***CARRERA: ESPECIALIZACIÓN EN REACTORES NUCLEARES
Y SU CICLO DE COMBUSTIBLE***

Alumno: Paula Torres
Director: Santiago Nicolás Jensen Mariani

Mes y año: Marzo 2013



UNSAM
UNIVERSIDAD
NACIONAL DE
SAN MARTÍN

Índice

Resumen Ejecutivo.....	4
 Capítulo 1:	
1.1. Introducción.....	5
1.2. Objetivo.....	5
1.3. Perfil de la Provincia de Santa Fe.....	6
1.3.1. Ubicación Geográfica y Clima.....	6
1.3.2. Demografía.....	8
1.3.3. Economía.....	11
1.3.3.1. Santa Fe y su inserción en el contexto mundial.....	11
1.3.3.2. Santa Fe en el país.....	12
1.4. Ventajas estratégicas de la provincia de Santa Fe para la instalación de una central nuclear.....	17
 Capítulo 2:	
2.1. Descripción metodológica – modelo MAED.....	21
2.1.1. Selección del año base y horizonte de análisis.....	23
2.2. Descripción cualitativa de los escenarios.....	23
2.3. Descripción de los supuestos y consideraciones para los escenarios..	24
2.3.1. Supuestos en demografía.....	24
2.3.2. Supuestos de crecimiento económico.....	27
2.3.3. Consideraciones en los sectores de consumo.....	33
2.3.3.1. Sector Industrial.....	34
2.3.3.2. Sector Residencial.....	34
2.3.3.3. Sector Servicios.....	37
 Capítulo 3:	
3.1. Proyección de la Demanda Eléctrica.....	39
3.1.1. Calibración año base.....	39
3.1.2. Demanda Final de Energía Eléctrica MAED.....	40
3.1.2.1. Análisis detallado Escenario 1.....	40
3.1.2.2. Análisis detallado Escenario 2.....	41
3.2. Principales resultados obtenidos.....	43
 Conclusiones.....	45

Referencias bibliográficas.....	46
--	-----------

Anexos

Anexo 1 – Evolución de la tasa de Demanda Eléctrica Nacional vs la tasa. de PBI (CAMMESA).....	48
---	----

Le sigue el desarrollo del trabajo de acuerdo al Índice propuesto, comenzando en la hoja siguiente.

Resumen Ejecutivo

En el marco de la presentación del Trabajo Final de la Especialización en Reactores Nucleares y su Ciclo de Combustible, se origina este “Estudio de factibilidad de la Instalación de un Reactor CAREM 150 en la Provincia de Santa Fe mediante un Estudio de Demanda de Energía Eléctrica”, empleando una metodología propiciada por el Organismo Internacional de Energía Atómica (IAEA).

Para la modelación de la demanda eléctrica provincial, se realizaron una serie de hipótesis, expresadas en dos escenarios, acerca del crecimiento de la población, la evolución de la economía, y los factores propios de los sectores de consumo ^{[1][2][3][4][5][6]}, con el objeto de determinar la demanda final de energía eléctrica para el período de estudio 2010 – 2035.

De los resultados obtenidos se desprende que sería posible que para el año 2025 el Reactor CAREM 150 aporte entre un 6 y un 7% del total demandado, y sumado a las ventajas geográficas, sociales y de infraestructura que posee la provincia se llega a que es viable la instalación de la central nuclear.

Capítulo 1

1.1 Introducción

Con el propósito de evaluar la factibilidad de instalación de una central CAREM 150 “de 150 MWe” en la provincia de Santa Fe se debe realizar, previo al estudio de localización, un estudio de demanda de energía eléctrica.

El análisis consiste en una evaluación actual y futura de los usos y costumbres de los sectores de consumo energéticos, que para este estudio en particular serán el sector Industria, Residencial y Servicios

La herramienta empleada en el presente estudio de demanda energética en la provincia de Santa Fe, es el Modelo para el Análisis de Demanda de Energía “MAED”, propiciado por el Organismo Internacional de Energía Atómica (IAEA).

Para la modelación de la demanda energética, se realizaron una serie de hipótesis acerca del crecimiento de la población, la evolución de la economía, y otras variables ^{[1][2][3][4][5][6]}.

Partiendo de información económica histórica suministrada por organismos oficiales se desarrollan dos escenarios, con el objeto de determinar la evolución de la demanda eléctrica para el período de estudio.

Los escenarios plantean una demanda de energía alta y baja, basando sus variaciones fundamentalmente en una mayor influencia de las políticas de desarrollo socioeconómico. El objetivo es estimar entre que valores máximos y mínimos se encontrará la demanda futura.

1.2 Objetivos

El Objetivo Principal al realizar el estudio de demanda de energía eléctrica en la provincia de Santa Fe, utilizando el Modelo MAED, es analizar la factibilidad de la instalación de una central CAREM 150 en la provincia. El modelo MAED es una de las herramientas a considerar en la planificación energética para estudiar la demanda de energía en una determinada zona y consiste en un análisis de los usos y costumbres energéticos de los sectores de consumo de dicha zona, en este caso de estudio, dicha zona es la provincia de Santa Fe y se intenta arribar a una análisis de demanda de energía eléctrica en un período de tiempo de mediano plazo que justifique la instalación de una central CAREM 150.

El objetivo secundario es describir las características geográficas, sociales, técnicas y de infraestructura de la provincia para justificar la elección de Santa Fe como posible lugar de emplazamiento. Si bien actualmente existe un impedimento legislativo provincial, el estudio intenta mostrar las ventajas estratégicas que posee dicho lugar.

1.3 Perfil de la Provincia de Santa Fe

1.3.1. Ubicación Geográfica y Clima

La Provincia de Santa fe se encuentra en una ubicación estratégica, situada en el área territorial más dinámica de la República Argentina, le asigna un rol fundamental en su integración social, económica, cultural y política. Santa Fe representa un 3,54 % del territorio y un 8 % de la población nacional, está ubicada en la región Centro-Este del país, al sur del Continente Americano, y es una de las 24 jurisdicciones que conforman Argentina, como podemos observar en la Figura 1.1 ^[7].

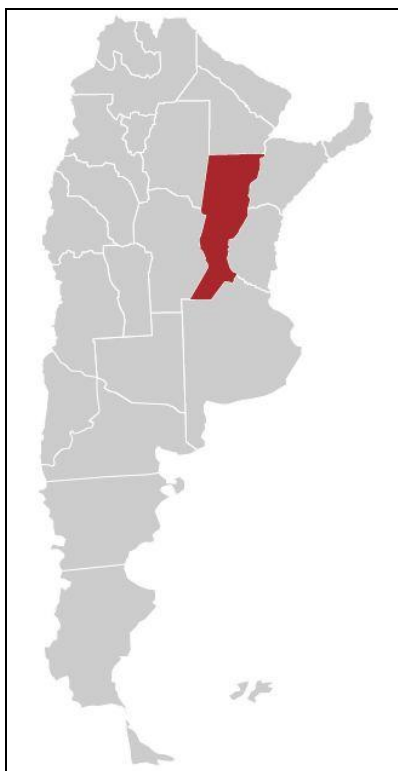


Figura 1.1: Ubicación geográfica de Santa Fe dentro de Argentina.

Limita al norte con la provincia de Chaco; al este con las provincias de Corrientes y Entre Ríos; al sur con Buenos Aires; y al oeste, con las provincias de Córdoba y Santiago el Estero.

Todo el territorio de la provincia es una vasta llanura de 133.007 km² de construcción o acumulación en dirección noroeste-sureste, situada íntegramente dentro de la llanura Chaco pampeana. El terreno provincial llano presenta alturas que van desde los 10 a los 150 metros sobre el nivel del mar. En el ángulo noroeste se extiende una zona baja, con difícil desagüe, conocida como los bajos submeridionales. Al este, la región ribereña del río Paraná es baja y anegadiza, y las aguas de la creciente suelen cubrirla con frecuencia. Al sur de la ciudad de Santa Fe, en cambio, la costa del río Paraná está formada por altas barrancas que se continúan hasta el límite con la provincia de Buenos Aires.

Desde el punto de vista geomorfológico, la Provincia se halla dividida por el valle del río Salado en dos grandes llanuras bien diferenciadas: la baja llanura chaqueña al norte y la relativamente elevada llanura pampeana al sur, sin alcanzar la cota de 150 metros.

La inclusión de la provincia en dos zonas geográficas como la chaqueña al norte y la pampeana al sur, marca dos ambientes climáticos claramente diferenciados. La parte norte, se caracteriza por su temperatura elevada, con promedios de 21° C y precipitaciones entre 800 y 1.100 milímetros anuales, que disminuyen hacia el oeste como se presenta en la figura 1.2 [5].

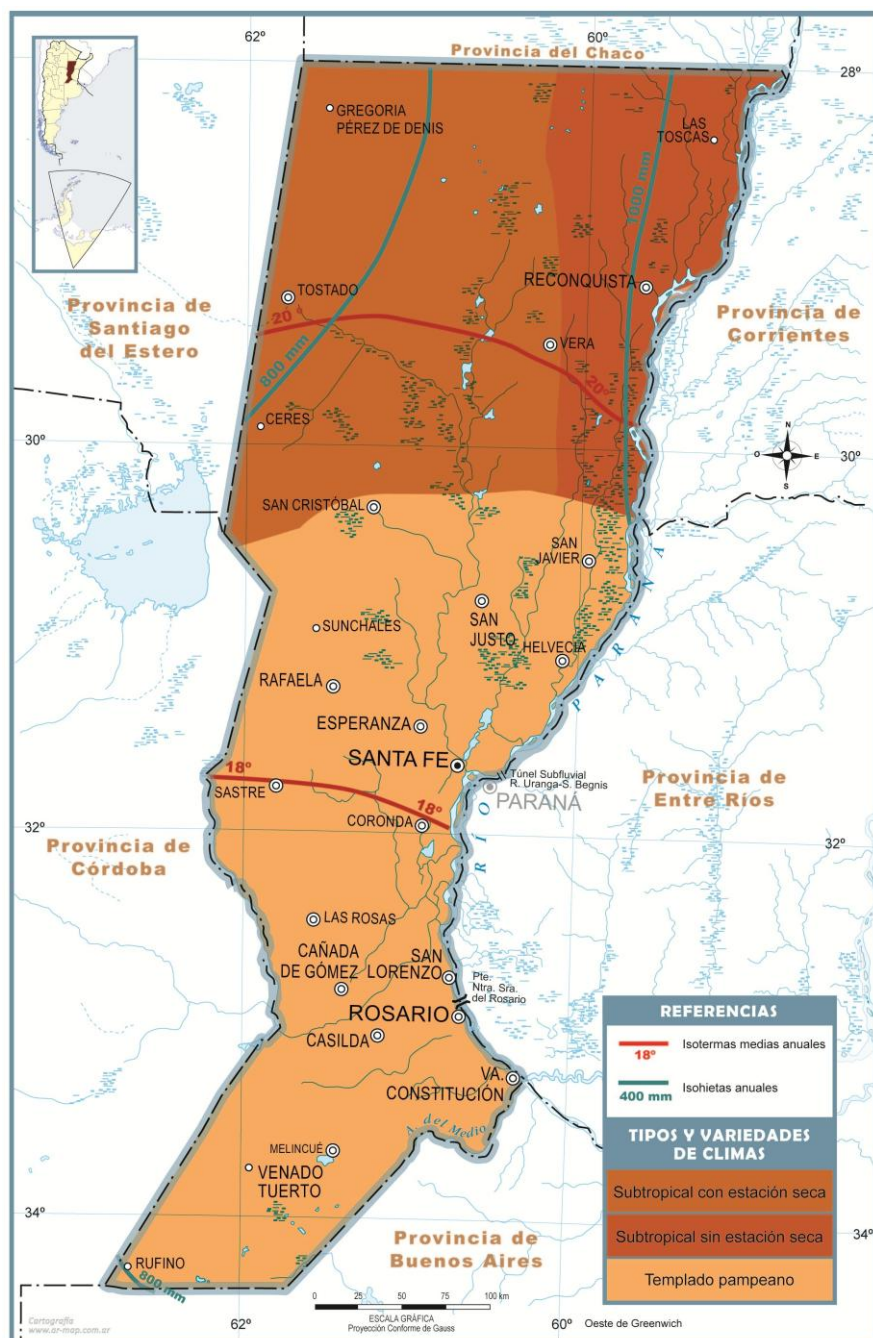


Figura 1.2: Mapa climático de Santa Fe.

El clima templado pampeano del sur provincial, presenta temperaturas moderadas, que disminuyen de norte a sur por influencia de la latitud, y de oeste a este por influencia del mar, con una media anual de 17° C. Las precipitaciones regulares decrecen del nordeste al sudoeste y su media anual es de 944mm.

El N.O. de Santa Fe presenta un clima tropical con estación seca. Tiene como características temperaturas elevadas y tiene precipitaciones abundantes pero presenta un período seco que dura hasta la mitad del año. El centro y Sur de Santa Fe presenta la característica de los climas templados. Entre ellos se encuentra el clima templado pampeano, representado especialmente por la franja ribereña del Paraná–Plata. En la franja limítrofe con el clima subtropical está la variedad templado sin invierno, caracterizado por la falta de período frío definido.

1.3.2. Demografía

Con una población de 3.194.537 habitantes arrojada por el Censo Nacional de 2010 ^{[1][2]}, Santa fe está dividida políticamente y administrativamente en 19 departamentos que contienen 362 distritos. De éstos, 50 son municipios y 312 son comunas. De los 362 distritos, más de 50% son pequeñas localidades con menos de 2.000 habitantes. Sin embargo, sólo el 5% de la población vive en localidades con menos de 2.000 habitantes y el 95% restante vive en localidades de más de 2.000 habitantes ^[5]. Su territorio es profundamente rural, y a la vez fuertemente urbanizado. En la figura 1.3 podemos ver su fuerte urbanización tanto en su Capital como en Rosario y sus cercanías ^[4].

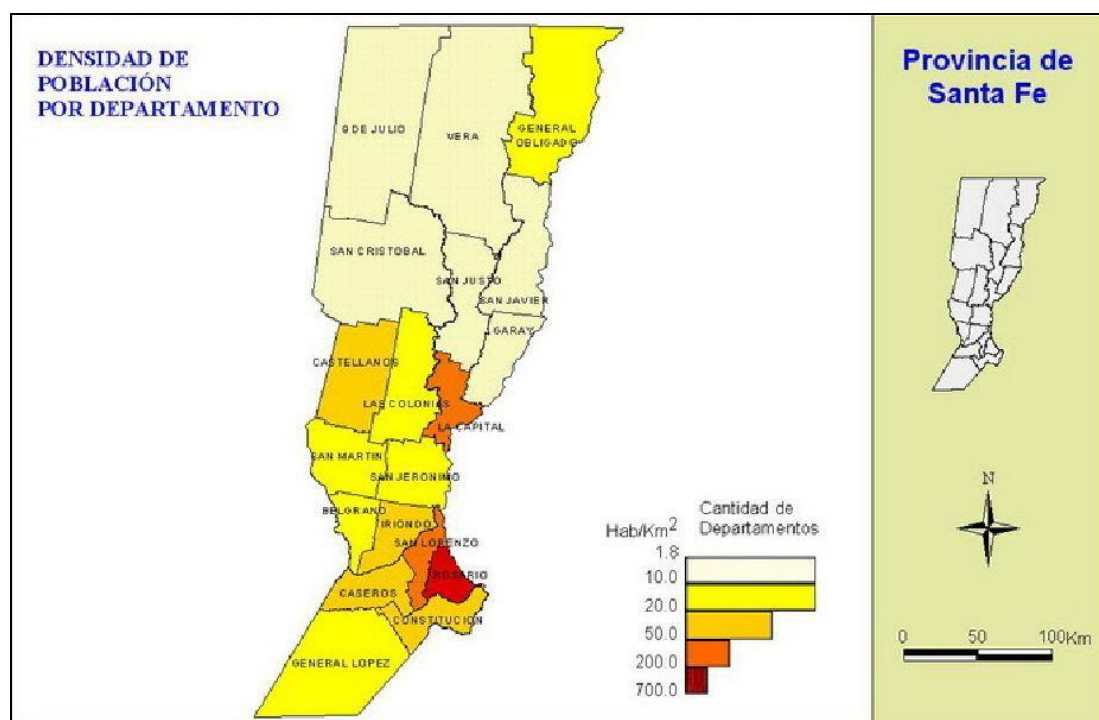


Figura 1.3: Densidad de Población por Departamento de la Provincia de Santa Fe – Censo Nacional 2010.

La capital de la Provincia es la ciudad de Santa Fe, fundada por Juan de Garay en 1573. La ciudad capital es la cabecera de un aglomerado urbano que alcanzó en el año 2010 los 525.093 habitantes. La ciudad más importante de la Provincia es Rosario; sin fecha de fundación específica, ni fundador conocido, nace como una villa entre fines del siglo XVII y principios del XVIII. Rosario se encuentra en el centro de una de las aglomeraciones urbanas más importantes del país, que alcanza la cifra de 1.193.605 habitantes. Actualmente, el Gran Rosario abarca el 37.3% de la población de la Provincia, en tanto que la ciudad Capital y su aglomerado agrupan al 16.44% del total de sus habitantes. Los dos aglomerados más poblados concentran casi el 54% del total provincial.

En la tabla 1.1 se puede observar la variación poblacional departamental de la provincia en los últimos 3 Censos Nacionales ^[2].

Departamento	Población		
	1991	2001	2010
Total	2.798.422	3.000.701	3.194.537
Belgrano	38.818	41.449	44.788
Caseros	76.690	79.096	82.100
Castellanos	141.994	162.165	178.092
Constitución	79.419	83.045	86.910
Garay	16.253	19.913	20.890
General López	172.054	182.113	191.024
General Obligado	145.265	166.436	176.410
Iriondo	62.838	65.486	66.675
La Capital	441.982	489.505	525.093
Las Colonias	86.046	95.202	104.946
Nueve de Julio	27.285	28.273	29.832
Rosario	1.079.359	1.121.441	1.193.605
San Cristóbal	63.353	64.935	68.878
San Javier	26.369	29.912	30.959
San Jerónimo	69.739	77.253	80.840
San Justo	36.887	40.379	40.904
San Lorenzo	129.875	142.097	157.255
San Martín	57.118	60.698	63.842
Vera	47.078	51.303	51.494

Tabla 1.1: Población Total por departamento – Provincia de Santa Fe – Años 1991 – 2001 – 2010.

A partir del año 2008 la provincia inició un proceso de regionalización con el objetivo de descentralizar el Estado provincial. Las 5 nuevas regiones que forman la provincia en su nueva organización del territorio incorporan la planificación estratégica como herramienta de análisis y toma colectiva de decisiones fortaleciendo la construcción participativa de políticas públicas y promoviendo el desarrollo del trabajo en red ^{[5][7]}.

Santa Fe, con 3.194.537 habitantes, es la tercer provincia más poblada del país, luego de la provincia de Buenos Aires con alrededor de 15 millones

habitantes y Córdoba con alrededor 3,3 millones habitantes (cercana a Santa Fe). Considerando los aglomerados urbanos primero tenemos al Gran Buenos Aires con alrededor de 13 millones habitantes, en segundo lugar Gran Córdoba con 1,39 millones habitantes, en tercer lugar el Gran Rosario con 1,25 millones habitantes y en noveno lugar queda el Gran Santa Fe con 0,5 millones habitantes.

El crecimiento histórico de la población de Santa Fe presenta en las últimas dos décadas las menores tasas de crecimiento del país luego de la Ciudad de Buenos Aires. Entre los años 1991 y 2001 presentó un crecimiento del 0.67 por ciento anual y entre los años 2001 y 2010 presentó un crecimiento del 0.7 por ciento anual comparado con el crecimiento histórico del país que en las últimas décadas se estabilizó en torno al 1 por ciento anual acumulativo.

Se presentan a continuación la tabla 1.2 y la figura 1.5 que describen el crecimiento de la población de la provincia de Santa Fe capturados por los diez Censos Nacionales de Población que abarcan 141 años, desde 1869 hasta 2010 ^[3].

Año	Habitantes en miles Provincia de Santa Fe
1869	89
1895	397
1914	900
1947	1.703
1960	1.885
1970	2.136
1980	2.466
1991	2.798
2001	3.001
2010	3.195

Tabla 1.4: Población en miles de habitantes de la Provincia de Santa Fe según Censos de Población – Fuente: INDEC – IPEC.

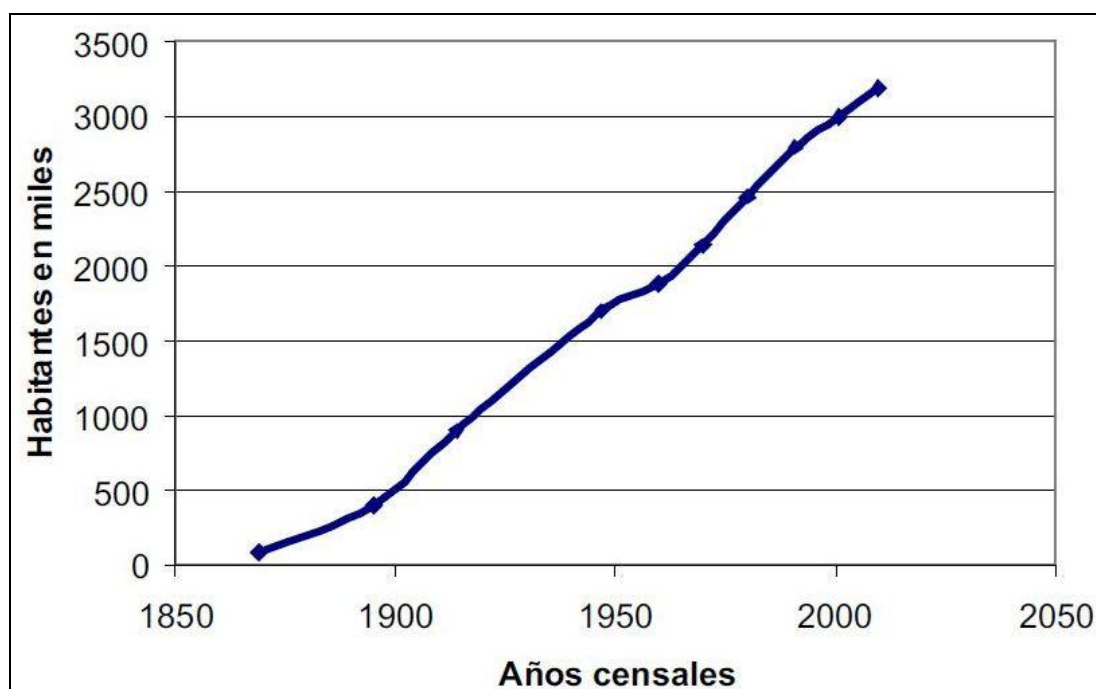


Figura 1.5: Población en miles de habitantes de la Provincia de Santa Fe según Censos de Población – Fuente: INDEC – IPEC.

De acuerdo a lo observado existen dos dinámicas diferentes entre los primeros 25 años y los últimos 50 años. En el año 1960, los habitantes de la provincia de Santa Fe representaban más del nueve por ciento (9,42%) de la población total del país. En el año 2010, la participación de la población de la provincia de Santa Fe en el total país ronda el ocho por ciento (7,96 %).

1.3.3. Economía

1.3.3.1 Santa Fe y su inserción en el contexto mundial.

La evolución de la población mundial implica un desafío para las próximas décadas, fundamentalmente para los próximos 20 años. Se estima que, en 2030, la población mundial ascenderá a más de 8.000 millones de personas; en tanto. Los desafíos para la agricultura no tendrán precedentes: el mundo necesitará dos veces más de alimentos dentro de los próximos 30 años. Será clave adoptar un nuevo enfoque agrícola, fomentar nuevos desarrollos en alimentos cárnicos y potenciar el campo ictícola y la acuicultura. En este sentido, la inserción internacional de la provincia de Santa Fe adquiere actualmente una posición estratégica: en torno a la ciudad de Rosario se despliega el mayor complejo agroalimentario y portuario del mundo ^[7].

Por otra parte, la emergencia en el mundo de nuevas escalas de integración y cooperación generan importantes escenarios de intervención regional en los cuales Santa Fe podrá desplegar sus capacidades. La conformación de bloques de escala supranacional permite actualmente la consolidación de espacios como el CODESUL (Consejo de Desarrollo e Integración del Sur – Brasil-), como así también el establecimiento de nuevas vinculaciones con

México, Chile y Asia. Estos vínculos, relativamente recientes, se suman a aquellos más tradicionales con el continente europeo y los Estados Unidos.

La centralidad que adquiere la producción de agroalimentos pone de manifiesto el liderazgo de Santa Fe en el contexto nacional, no sólo como proveedora de bienes primarios sino como plataforma de servicios integrados a los territorios contiguos y vinculados. Con 849 kilómetros de frente fluvial sobre el río Paraná, la actividad portuaria encuentra en la provincia las mejores condiciones de competitividad, las cuales posibilitan la embarcación de más del 70% de las exportaciones argentinas en agroalimentos ^[8].

La conformación de espacios sub-nacionales, como la Región Centro y el Tratado de Integración Regional (integrada por Santa Fe junto a las provincias de Córdoba y Entre Ríos), o la CRECENEA (Comisión Regional de Comercio Exterior del Noreste Argentino, en el marco de los Acuerdos de Integración – Cooperación), con el fin de impulsar la integración del noreste argentino (NEA) con los Estados fronterizos vecinos. Desde allí, la CRECENEA Litoral ha integrado su problemática con la de los Estados del sur de Brasil (nucleados en el CODESUL, el Consejo de Desarrollo del Sur, en el que se incluyen los Estados de Mato Grosso do Sul, Paraná, Río Grande do Sul y Santa Catarina), elaborando planes de trabajo conjuntos, a la vez que conforma el principal bloque subregional dentro del Mercosur y es el único pacto subregional que lo precede, permitiendo potenciar la cooperación entre Estados que comparten profundos vínculos históricos, promoviendo además un espacio de competitividad y oportunidad conjuntas en beneficio de sus habitantes.

Por otro lado, la provincia de Santa Fe está recientemente reconocida como miembro permanente del Comité de Integración Atacalar, macro-región que agrupa a las provincias de Catamarca, La Rioja, Córdoba, Tucumán y Santiago del Estero y a la región de Atacama en Chile.

1.3.3.2 Santa Fe en el país.

Santa Fe ocupa un lugar muy importante en la economía nacional. Las actividades que hoy en día se desarrollan en la provincia tienen su evolución histórica en conjunto con la Nación y con sus particularidades debido a que el río Paraná recorre toda su frontera este, permitiendo una temprana colonización y posterior desarrollo y asentamiento de poblaciones. Desde las primeras incursiones de la conquista española la principal actividad de lo que sería Argentina fue la actividad ganadera sobretudo en el área de Buenos Aires y extendiéndose radialmente desde ahí. La figura 1.6 muestra la distribución geográfica del ganado vacuno para tambo, invernada y cría por departamento para el año 2006 en la provincia de Santa Fe ^[4]. Pasaron muchos años para que la actividad ganadera pasara a segundo lugar y empezara el auge de la actividad agrícola. Durante esta transición fue Santa Fe, la provincia pionera, donde comenzó la agricultura comercial a gran escala en colonias como Esperanza y San Carlos alrededor de 1850. De esta manera Santa Fe se desarrolla como un territorio en sus inicios totalmente agropecuario, alrededor

de 1852 se fundan el puerto de Rosario y en 1878 se realiza la primera exportación de trigo a Europa desde ese puerto y comenzando así con una marcada actividad comercial que dio origen al asentamiento de muchas industrias, sobretudo alimenticias dando entonces el panorama que en gran medida hoy conocemos ^{[9][10]}. La figura 1.7 muestra la distribución de las hectáreas de las Explotaciones agropecuarias por destino de la tierra según departamento provincial para junio de 2006 ^[4]. La región noroeste y noreste tiene una marcada actividad agrícola ganadera, junto con la región centro y sur de la provincia. Por otro lado tenemos un marcado desarrollo industrial en la actividad del centro de la provincia con la industria metalmecánica, industrias alimenticias (molinos harineros, aceiteras y lácteos) y petroquímicas. Estas últimas dos industrias se desarrollan más aun con la ventaja de la presencia del puerto de Santa Fe. El sureste de esta región, que linda con el río Paraná, presenta una marcada industrialización debida en gran parte a la presencia de sus puertos (San Lorenzo, Rosario y Villa Constitución). La industrias que se desarrollan en esta zona son las siderúrgicas, metalmecánicas, automotrices, agroindustrias, alimenticias, maquinarias agrícolas. También industrias petroquímicas debido a la llegada del oleoducto de San Lorenzo. La figura 1.8 muestra la distribución de locales industriales por departamento provincial para el año 2005 ^[4]. Mención especial tiene el desarrollo en alza en los últimos años de la producción del biodiesel en esta región, ya que Santa Fe lidera las inversiones a nivel nacional de esta industria. Y además presenta una marcada actividad financiera y bursátil y presencia de empresas internacionales desarrollándose en muchas de las industrias antes mencionadas.

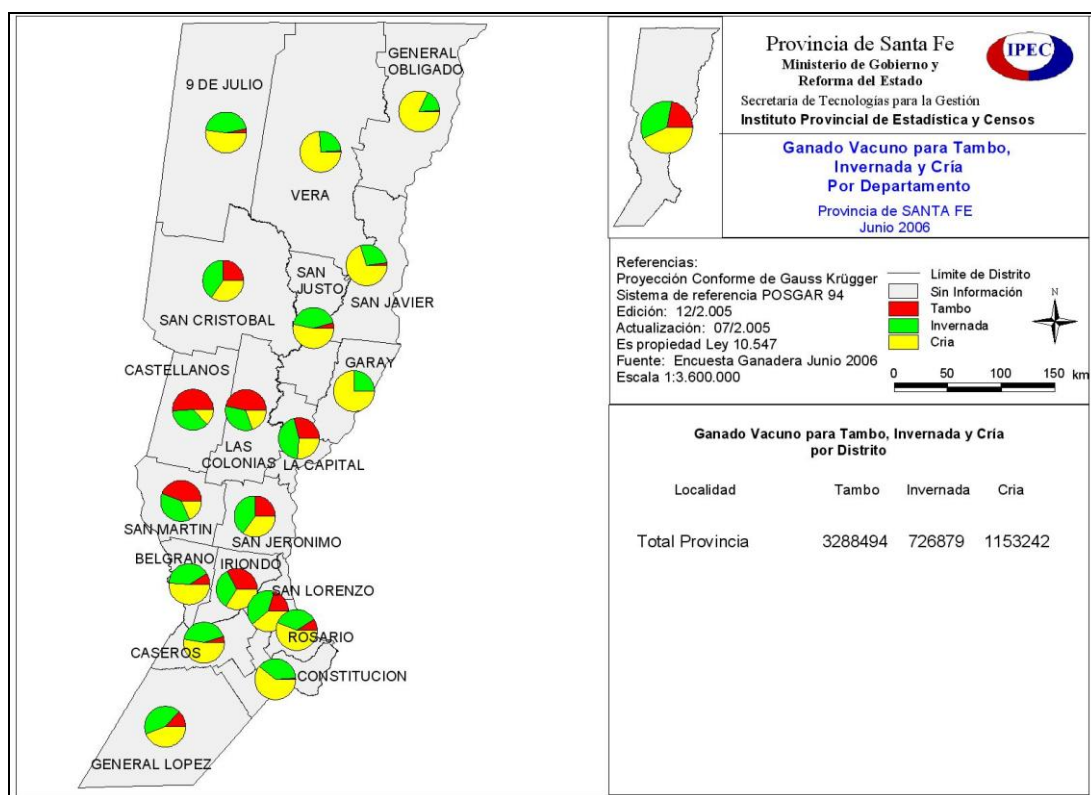


Figura 1.6: Distribución geográfica del ganado vacuno para tambo, invernada y cría por departamento para el año 2006.

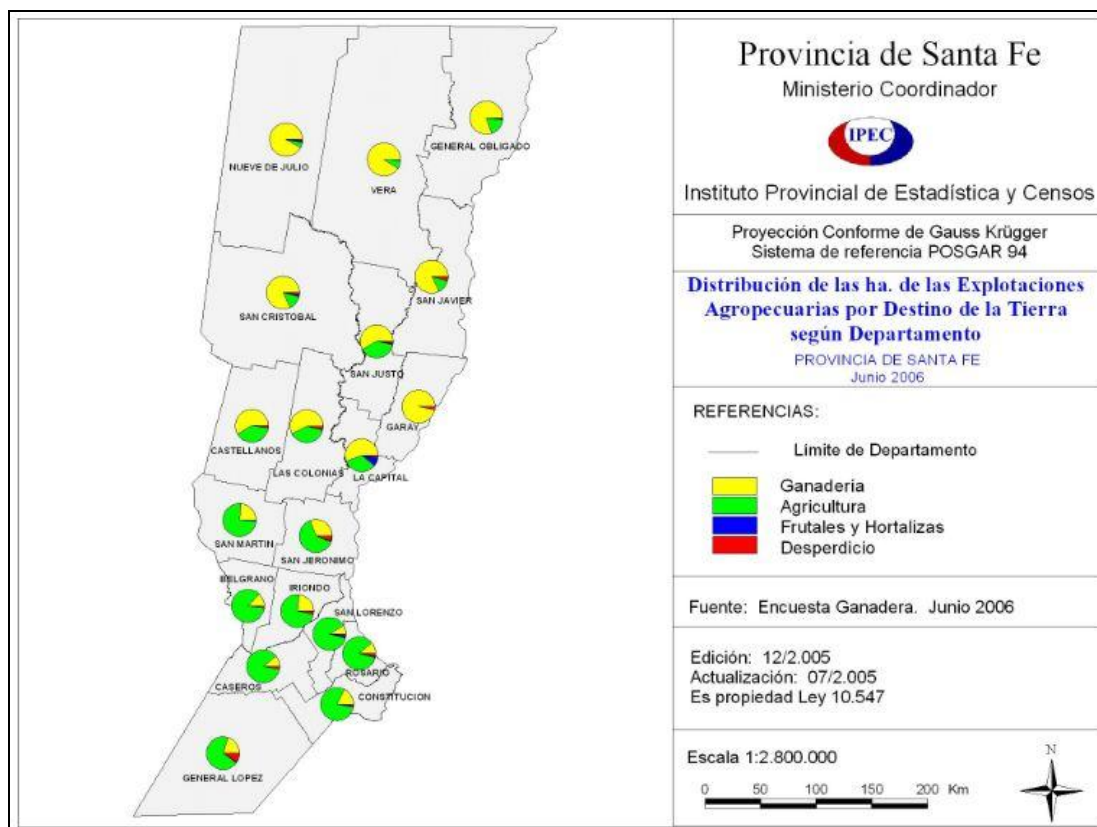


Figura 1.7: Distribución de las hectáreas de las Explotaciones agropecuarias por destino de la tierra según departamento – junio 2006.

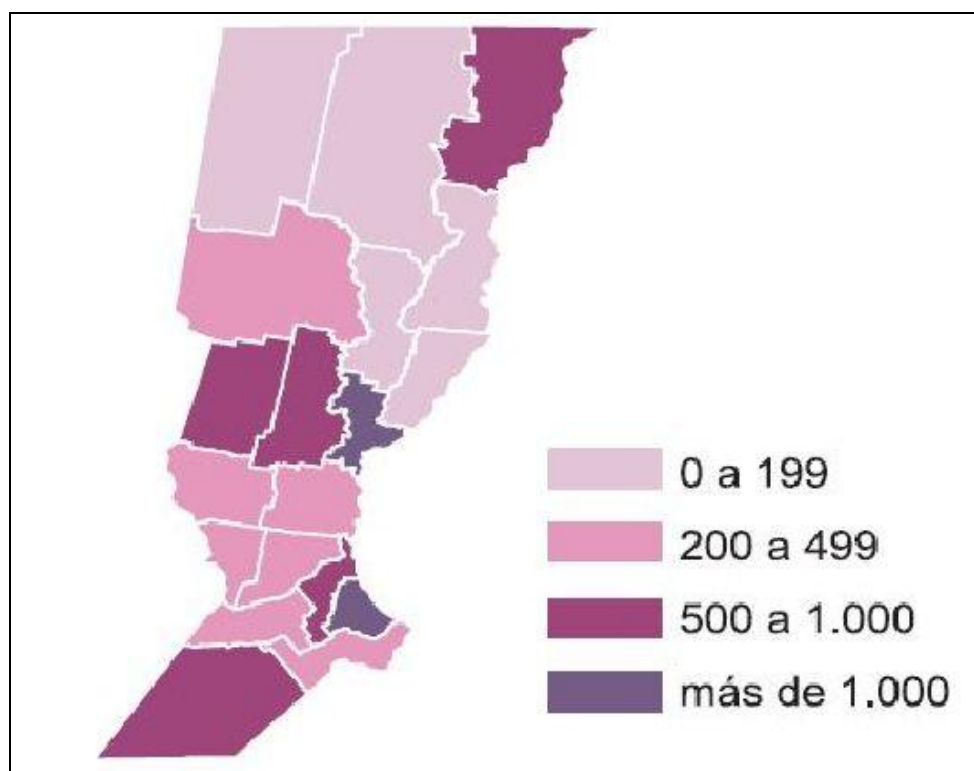


Figura 1.8: Cantidad de locales industriales por departamento – Santa Fe – Censo Nacional Económico 2004/2005.

La evolución histórica muestra que la economía santafesina creció a una tasa anual promedio del 3,2%, desde 1993 ^[5]. El impulso principal estuvo dado por el incremento real de los sectores productores de bienes, que crecieron a una media de 4,1% en los pasados 18 años, mientras que los servicios lo hicieron al 2,8% promedio. Puede verse en la figura 1.9 la evolución del PBG de Santa Fe categorizado a precios constantes de 1993 ^[6]. También podemos observar en la figura 1.10 la evolución del producto bruto per cápita provincial y nacional a precios corrientes en pesos en el período 1993 – 2011 ^[6].

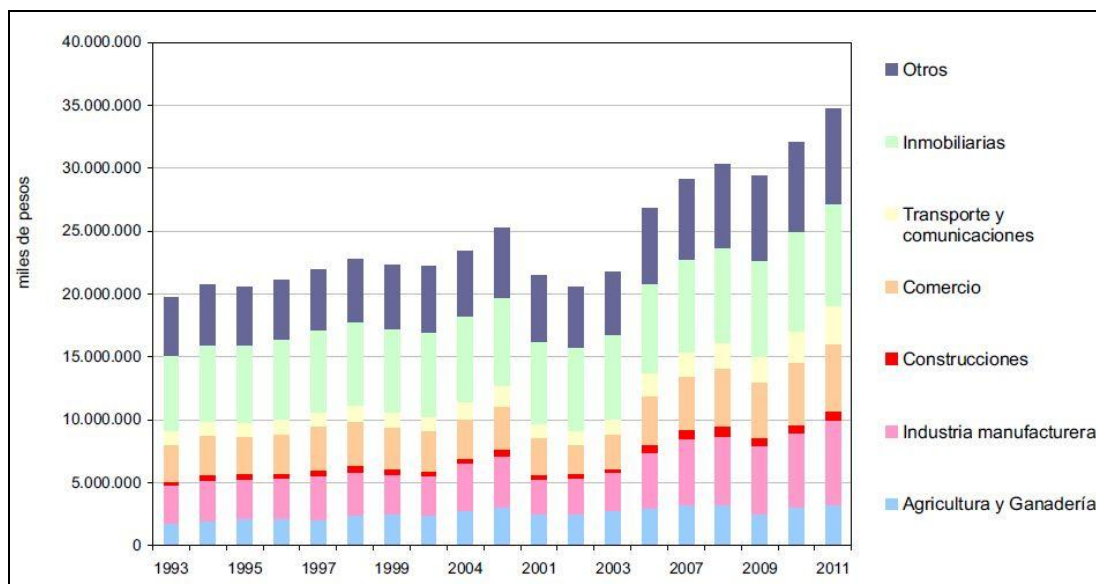


Figura 1.9: Producto Geográfico Bruto de Santa Fe– Categorías – a precios constantes de 1993 – Fuente: IPEC.

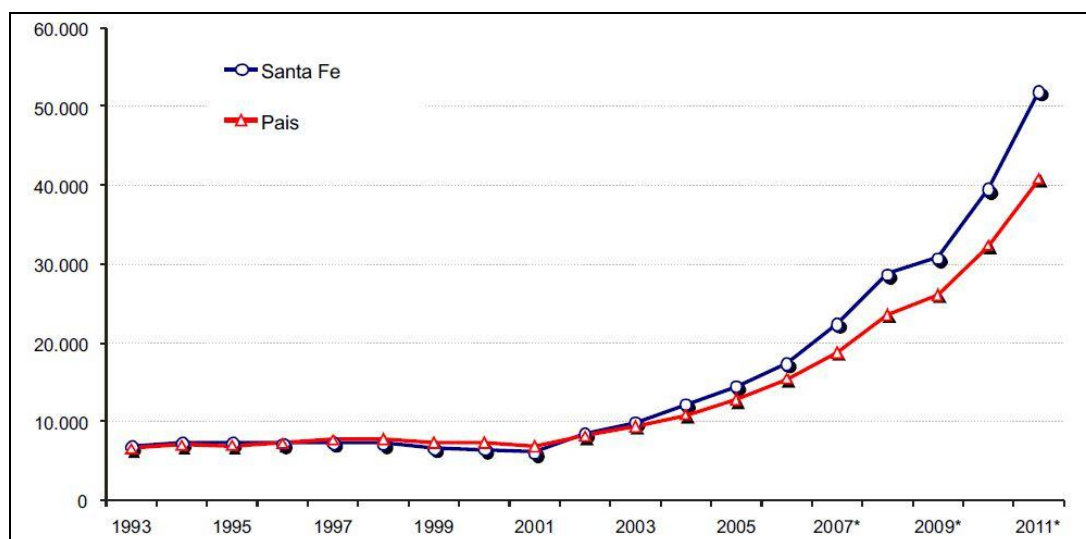


Figura 1.10: Producto Bruto Per Cápita - a precios corrientes, en pesos. Fuente: IPEC

La participación relativa, en términos reales, del PBG de la provincia de Santa Fe en el Valor Agregado Bruto de la Nación para el año 2011, como puede verse en la figura 1.11, fue del 8,2%, ubicándose sobre el promedio de participación para el período 1993 – 2011, mientras que el PBI de Argentina creció un 8,9%^[6].

A nivel nacional se toma el Valor Agregado Bruto a precios de productor, puesto que el PGB y el PIB no son comparables, en razón de incluir, este último, partidas de conciliación de la valorización de la oferta y la demanda.

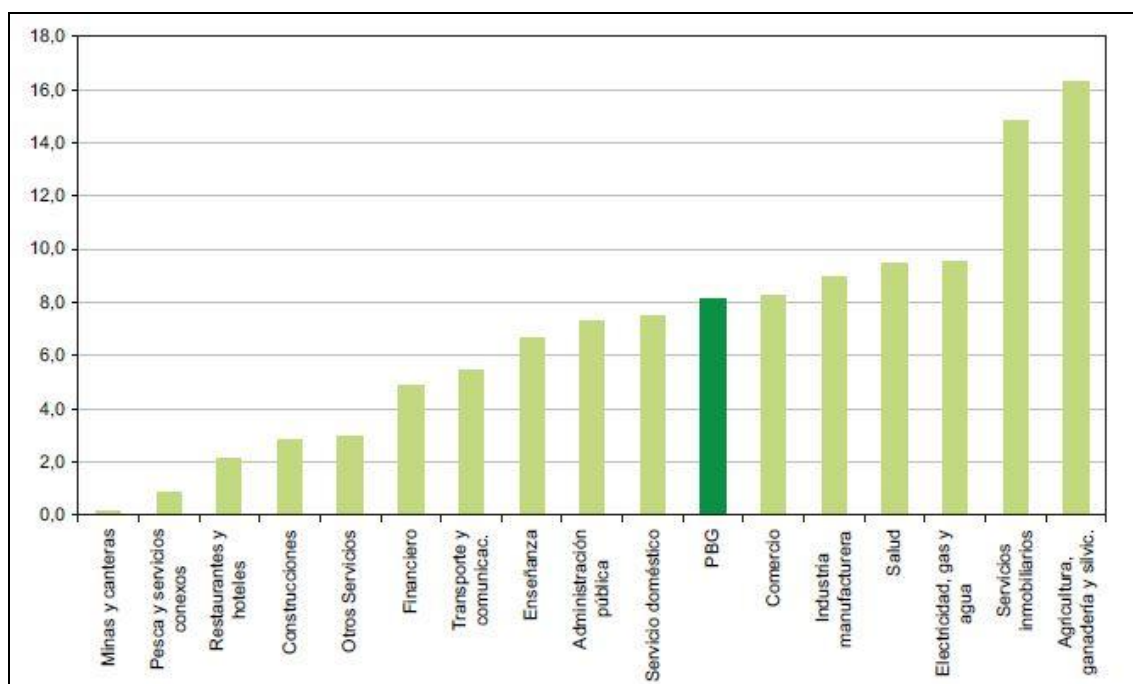


Figura 1.11: Participación del PBG en el VAB Nacional – a precios constantes de 1993 – año 2011 – Fuente: IPEC.

Es destacable la participación del sector agropecuario, que alcanzó durante el año 2011 un peso de 16,3% dentro del producto nacional. Asimismo, el sector servicios inmobiliarios, empresariales y de alquiler logró una participación del 14,9%, ubicándose ambos sectores entre los de mayor aporte provincial al valor agregado nacional. Sin embargo, ambos sectores vienen disminuyendo su contribución desde el año 2002 respecto de la Industria Manufacturera santafesina, la cual representa un 9,0% del VAB nacional.

Promediando los registros del período 1993 – 2011 la provincia de Buenos Aires registra la mayor participación en el PBG Total con un 34% aproximadamente, seguida en orden de importancia por Capital Federal con alrededor del 25%, Santa Fe con un 8,2%, Córdoba con un 7,9% y Mendoza con el 4%, representando éstas aproximadamente el 80,0% del VAB del país. En cuanto a la participación de la población la provincia de Buenos Aires participa con casi el 38%, seguido de la provincia de Córdoba con el 8,4% y la provincia de Santa Fe con el 8,2% ^{[2][5][6]}.

Por otro lado, la provincia de Santa Fe es la segunda provincia exportadora del país y el centro neurálgico del complejo agroalimentario exportador argentino y de otros sectores claves como el petroquímico, automotriz y siderúrgico ^[11].

Cerca del 60% de la producción agrícola nacional fue aportada por 3 provincias: Buenos Aires (29%), Santa Fe (15%) y Córdoba (15%) en 2006.

Entre la provincia de Buenos Aires (49%), la Ciudad Autónoma de Buenos Aires (19%), Santa Fe (8%) y Córdoba (7%), se generó más del 80% del producto de la industria manufacturera a nivel nacional en ese mismo año. Esta presente en Santa Fe la industria agroalimenticia como actividad principal, los molinos harineros, aceiteras, industrias lácteas y otras industrias alimenticias, además de estar fuertemente presente la industria siderúrgica, metalmecánica y automotrices ^{[12][13]}.

En cuanto a la agricultura, Santa Fe cuenta con el 21% de las tierras cultivadas del país (soja, maíz, girasol y trigo) y referente a la actividad ganadera tiene el 20% del stock nacional de cabezas de ganado siendo materia prima para la industria frigorífica y lechera, generando además el 40% de la producción nacional de leche ^[14].

1.4. Consideraciones Energéticas de la provincia de Santa Fe.

Cabe aclarar que el presente estudio es un ejercicio teórico de factibilidad de instalación de una central, dado que actualmente la legislación ambiental de la provincia de Santa Fe prohíbe la instalación de una central nuclear amparándose bajo la Ley N° 10753/1992 (de la Legislación Ambiental de la provincia de Santa Fe), aunque una ley como tal puede ser derogada no constituyendo una limitación definitiva.

No obstante la provincia tiene ciertas características positivas que se detallan a continuación:

Demanda eléctrica

En la actualidad la Provincia ocupa el segundo lugar de mayor participación de la Demanda Eléctrica Nacional, luego de la provincia de Buenos Aires (Capital Federal + Gran Buenos Aires y resto de la provincia de Buenos Aires) como puede verse en la Figura 1.12, ubicándose dentro de los mayores centros de consumo del país. Dentro de la categoría Industria la provincia se encuentra también en segundo lugar de mayor participación de la demanda eléctrica provincial ^[15].

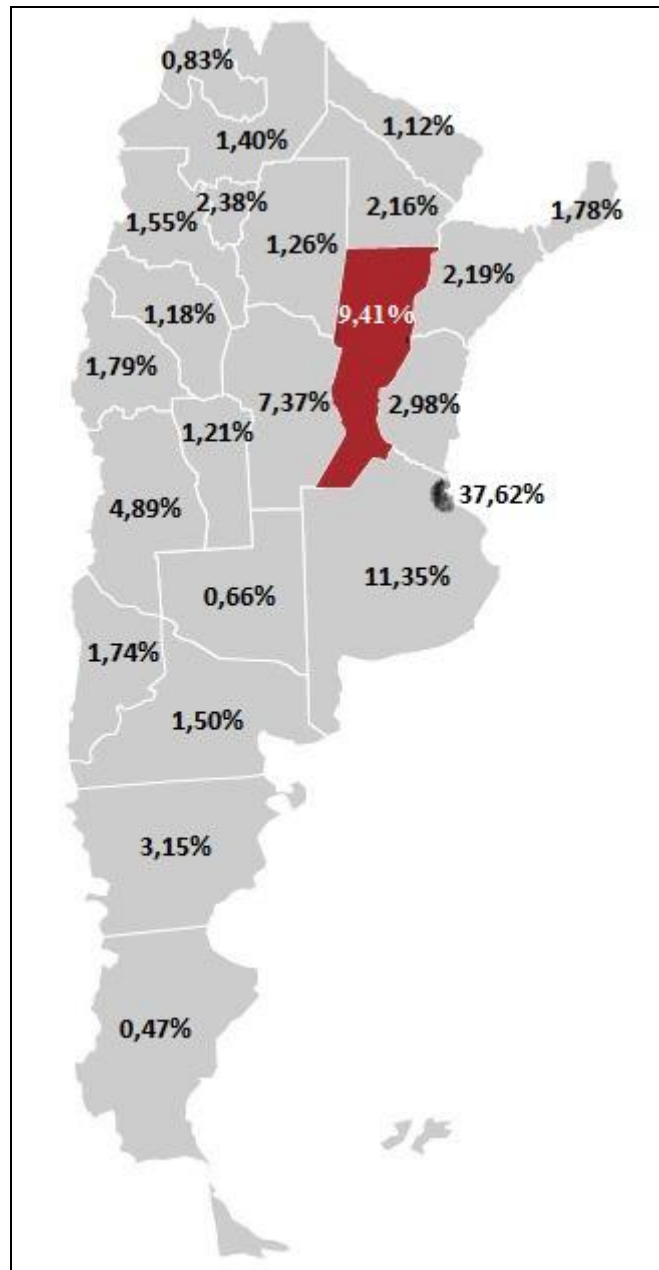


Figura 1.12: Participación de las provincias en la Demanda Eléctrica Nacional – Enero 2013 – ADEERA

Interconexión eléctrica

Considerando el transporte de energía eléctrica como uno de los limitantes, a la hora de analizar la factibilidad de la instalación de una central generadora en un área determinada, encontramos resuelto el inconveniente para la provincia de Santa Fe debido a que las líneas de transporte de energía eléctrica que tiene la provincia están en condiciones de transportar la energía de una central tipo CAREM 150, ya que una línea de alta tensión de 500kV puede transportar 1000 – 1200 MW, como podemos ver en la Figura 1.13 ^[16].

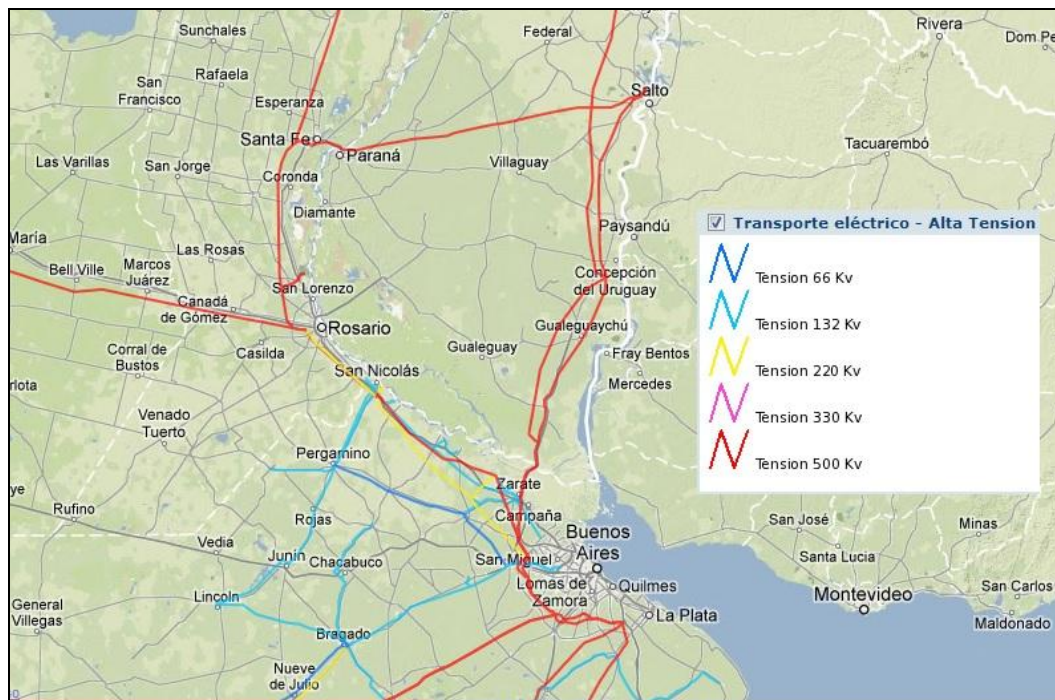


Figura 1.13: Transporte Eléctrico – Alta Tensión – Secretaría de Energía

Sismicidad

En cuanto a las condiciones geográficas de instalación de una central, Santa Fe cuenta con dos ventajas considerables. Por un lado, la provincia se encuentra dentro del área de zonificación de peligrosidad sísmica muy reducida, lo cual reduce considerablemente el costo de instalación de una central nuclear. Los mapas de Zonificación Sísmica individualizan zonas con diferentes niveles de peligro sísmico. La Figura 1.14 muestra el mapa de Zonificación Sísmica del Reglamento INPRES – CIRSOC 103, donde se puede ver que Santa Fe se encuentra en la zona de menor peligro sísmico del país [17].

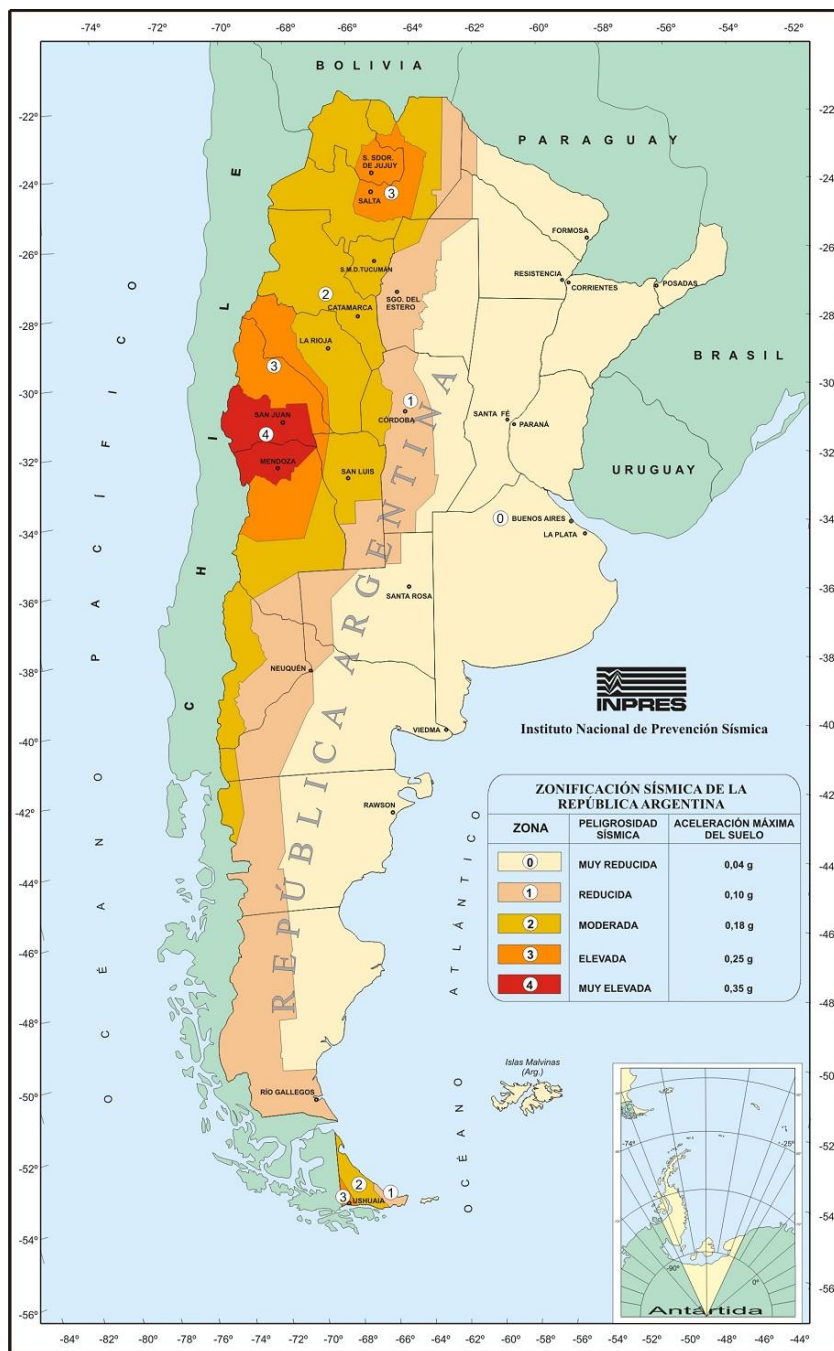


Figura 1.14: Zonificación Sísmica del Reglamento INPRES – CIRSOC 103.

Aseguramiento de agua de refrigeración

Otra de las ventajas que presenta la provincia es que uno de sus límites geográficos, y en gran extensión, es el río Paraná, el cual asegura un caudal de agua más que suficiente para el circuito terciario de refrigeración de una central nuclear. Actualmente el río Paraná es la fuente de refrigeración de Atucha I y en poco tiempo lo será de Atucha II también. El caudal de agua requerido para el circuito terciario es alrededor de $15 \text{ m}^3/\text{seg}$ siendo superado ampliamente por el caudal del río Paraná de $16000 \text{ m}^3/\text{seg}$ [18].

Capítulo 2

2.1. Descripción metodológica – modelo MAED

El Modelo MAED del OIEA se compone de 27 hojas electrónicas en formato Excel. Es un modelo de simulación no de optimización, que emplea escenarios socioeconómicos y propios de los sectores de consumo como el sector industrial, servicios, residencial y el sector de transporte de carga y pasajeros.

Respecto a la fiabilidad del modelo, en el año 2006 el Organismo Internacional de Energía Atómica, IAEA, implementó un programa regional para América Latina en el uso de dos herramientas de planificación energética, MAED para estudiar la demanda de energía y MESSAGE para estudiar la oferta, contando con la participación de 15 países de Latinoamérica. La división de Prospectiva Nuclear y Planificación Energética de la CNEA, realizó tres informes de demanda comparando los resultados obtenidos con el estudio de demanda de Fundación Bariloche usando otro modelo (LEAP) que realizó para la Secretaría de Energía de la Nación, comprobando la validez y confiabilidad del modelo. Actualmente IAEA se encuentra en proceso de publicación de los estudios realizados en Latinoamérica usando la herramienta MAED. Al mismo tiempo, durante el año 2012, se realizó en Croacia un taller para evaluar el uso de la herramienta en el mundo y se comprobó que es un modelo utilizado por varios países, estando presentes en dicho taller representantes de Europa del Este, Asia y Latinoamérica.

El modelo proporciona un esquema contable y sistemático, evaluando los efectos sobre la demanda de energía proveniente de cambios producidos en los factores determinantes.

A grandes rasgos, el proceso de aplicación del modelo MAED implica dos pasos generales: por un lado la reconstrucción dentro del modelo del esquema de consumo de energía para el año base y con ello su ajuste para establecer el Balance de Energía para ese año. Esto ayuda, en principio, en la calibración del modelo a la situación específica del país, región o provincia. Y por el otro lado, el desarrollo de los escenarios futuros.

Los escenarios podrían, a su vez, ser subdivididos en dos tipos de sub-escenarios, esto es: un primer tipo, asociado con el sistema socio-económico, en el cual se describen las características fundamentales de la evolución social y económica del país, región o provincia. Y un segundo tipo, asociado con los factores tecnológicos que afectan la evaluación de la demanda de energía, por ejemplo, cambios en la eficiencia y la penetración potencial de cada forma alternativa de energía en el mercado.

El precio de las diferentes formas de energía no es explícitamente considerado en el análisis MAED, el cual es utilizado como variable en el modelo de oferta.

El consumo de combustibles fósiles no es desagregado en petróleo, gas natural, carbón, porque en MAED, siempre que sea posible, la demanda de energía es calculada en términos de ENERGIA UTIL con el propósito de poder

evaluar la sustitución de combustibles, no siendo este el caso dado que solo se estudia la demanda de energía eléctrica.

En este caso solo se analizará la demanda de energía eléctrica, y no se tendrá en cuenta la demanda de combustibles fósiles, debido a que se contempla exclusivamente los requerimientos eléctricos con el fin de evaluar el abastecimiento producto de la inserción de la central nuclear CAREM de 150 MWe en la provincia. Por tal razón la definición del período de estudio y la construcción del MAED depende en este caso de la Información relevada de los Informes Eléctricos, la energía facturada histórica, de la Empresa Provincial de Energía de Santa Fe (EPE); Informe de energía real demandada de CAMMESA, Compañía Administradora del Mercado Mayorista Eléctrico S.A. y la información económica, poblacional y de consumos obtenida del Instituto Nacional de Estadísticas y Censos (INDEC), del Ministerio de Gobierno y Reforma de Estado de la Provincia de Santa Fe y del Instituto Provincial de Estadísticas y Censos (IPEC). Adicionalmente se empleó información de las instituciones relacionadas con cada sector estudiado, como ser el Instituto Nacional de Tecnología Industrial (INTI).

Dado que el Modelo MAED fue diseñado para realizar estudios de demanda energética a largo o mediano plazos, se adoptaron etapas de 2 a 5 años como puntos intermedios del período, denominados “años de corte”, manteniendo los períodos 2010, 2012, 2015, 2020, 2025, 2030 y 2035 para analizar el comportamiento de las variables de los dos escenarios generados.

La unidad monetaria empleada es U\$S. Para el Producto Bruto Interno (PBI), que en este caso es el Producto Bruto Geográfico, la unidad de medida utilizada es miles de millones de U\$S (M MM U\$S), la población es medida en millones de habitantes (MM p) y la medida de energía es Giga Watts año (GWa).

Como ya se mencionó, el Modelo MAED del OIEA se compone de 27 hojas electrónicas en formato Excel. Para la simulación se requiere el ingreso de datos en la mayoría de ellas. En la hoja 5, llamada “Defs” (definiciones) se especifica la descripción del estudio general y de los escenarios.

En dicha pestaña “Defs” se definió una estructura de tres módulos, donde:

El primer módulo se conforma de 6 grandes sectores económicos principales: Agricultura, Construcción, Minería, Manufacturas, Servicios y Energía.

Agricultura: se dividió en dos subsectores: Ganadería y Agricultura propiamente dicha.

Construcción: no se subdividió.

Minería: no se subdividió.

Manufacturas: no se subdividió por no disponer de información desagregada.

Servicios: no se subdividió, pero comprende servicios públicos y privados.

Energía: es el complemento al 100% del resto de los servicios.

El segundo módulo es el relacionado al transporte, y como el presente es un análisis de demanda eléctrica, y Santa Fe no presenta transporte eléctrico, no se utiliza este apartado para el análisis.

El tercer módulo es el sector Residencial que el modelo divide por defecto en urbano y rural.

Residencial urbano está diferenciado por Casas, Departamentos (apartamentos) y Viviendas precarias (personas de bajos recursos). Y Residencial rural, está clasificado en Casas con suministro eléctrico y Casas sin suministro eléctrico.

2.1.1. Selección del año base y horizonte de análisis.

Se utilizó como año base el año 2010, debido a que se cuenta con información del Censo Nacional 2010 y por ser un año considerado estable en la economía del país y de las variables socioeconómicas requeridas por el modelo. Por otro lado, es el año más reciente, al momento de realizar este trabajo, para la disponibilidad de informes completos y oficiales de las variables requeridas.

Para la modelación de la demanda energética de la Provincia de Santa Fe con el modelo MAED fue necesario realizar una serie de hipótesis acerca del crecimiento de la población, y la evolución de la economía ^{[1] [2] [3] [4] [5] [6]} hasta el año 2035, con el objeto de determinar la demanda final de energía eléctrica para todo el período de estudio.

2.2. Descripción cualitativa de los escenarios

La variable principal que determina en este estudio que los valores de demanda de energía difieran entre sí, es la evolución del PBG. No obstante, el resto de los cambios efectuados en los factores de consumo, serán explicados en los siguientes apartados.

El escenario 1, escenario de alta demanda, se modeló con una proyección del crecimiento de la economía superior a la del otro escenario, manteniendo constante la participación de los sectores económicos a lo largo del período de estudio.

El escenario 2, escenario de baja demanda, posee una menor tasa de crecimiento para el PBG, y al igual que para el escenario 1, la estructura de los sectores económicos permanece constante.

2.3. Descripción de los supuestos y consideraciones para los escenarios.

2.3.1. Supuestos en demografía.

El crecimiento histórico poblacional de la provincia de Santa Fe es inferior a la media del país y presenta en las últimas dos décadas las menores tasas de crecimiento luego de la Ciudad de Buenos Aires. Entre los años 1991 y 2001 presentó una tasa de crecimiento media anual de 0.67 por ciento y entre los años 2001 y 2010 presentó un crecimiento del 0.7 por ciento anual comparado con el crecimiento histórico del país que en las últimas décadas se estabilizó en torno al 1 por ciento anual acumulativo.^{[1] [3]}

De acuerdo a lo observado existen dos dinámicas diferentes entre los primeros 25 años y los últimos 50 años. En el año 1960, los habitantes de la provincia de Santa Fe representaban más del nueve por ciento (9,42%) de la población total del país. En el año 2010, la participación de la población de la provincia de Santa Fe en el total país ronda el ocho por ciento (7,96 %).

Por lo tanto, en términos demográficos se adoptó la proyección realizada por el Instituto Provincial de Estadística y Censos de Santa Fe para el período 2010-2035 de forma similar a la histórica de la provincia con una tasa de crecimiento que va disminuyendo gradualmente desde el 0,7 por ciento anual del valor oficial del censo 2010 al 0,5 por ciento anual al final del período (pasando de 3.194.537 habitantes en el año 2010 a 3.621.000 proyectados para el año 2035 como se puede ver en la figura 2.1).

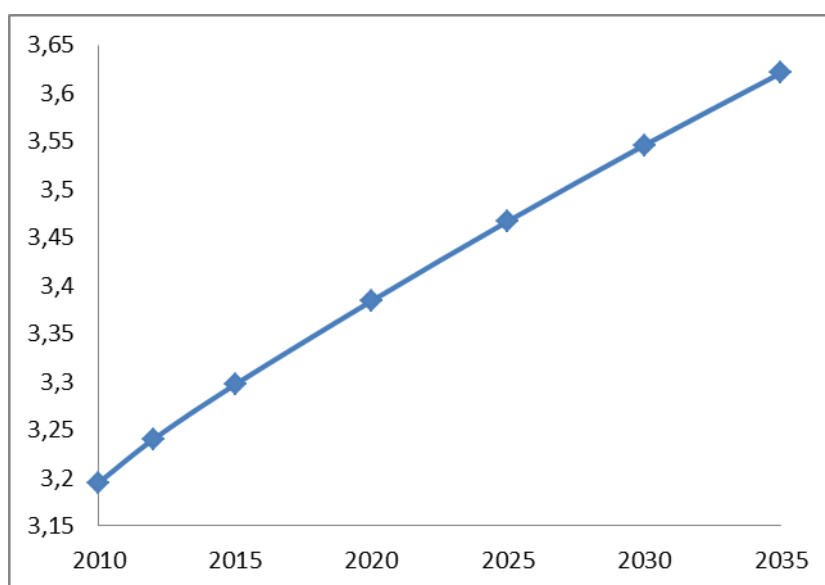


Figura 2.1: Población total (en MM=millón) proyectada en habitantes por año.

La Provincia está compuesta por 362 distritos, de los cuales 195 (54%) son pequeñas localidades con menos de 2.000 habitantes (considerada población rural) y 167 (46%) localidades de más de 2.000 habitantes (considerada población urbana). Sin embargo, sólo el 5% de la población (160.676 personas) vive en localidades con menos de 2.000 habitantes y el 95% restante

(3.081.875 personas) vive en localidades de más de 2.000 habitantes. Por otro lado, la Provincia cuenta con una gran concentración de población en sus dos principales centros urbanos: Rosario y Santa Fe, en los cuales viven el 37,36 % y el 16,44 % de la población provincial respectivamente, considerándolas “grandes ciudades”, según definición del INDEC aquellas ciudades con más de 500.000 habitantes, quedando entonces que el 53,8 % es la “población en grandes ciudades” [5].

En el caso de la Capital y Rosario, en ellos se concentra más de la mitad de la población total de la provincia, volviéndolos sumamente relevantes a la hora de evaluar consumos energéticos residenciales y de servicios.

En los valores demográficos proyectados se consideró que: el número de viviendas urbanas y rurales es proporcional al crecimiento demográfico y el porcentaje de participación de la población empleada crece a lo largo del período de estudio por lo que la fuerza laboral activa es cada vez mayor.

La fuerza laboral potencial definida para el MAED es la razón entre la población entre 15 y 64 años y la población total que dentro de nuestro estudio y basándonos en los últimos 4 censos nacionales se mantuvo constante cerca del 65 %. En cambio la fuerza laboral trabajadora es la razón entre población ocupada y población entre 15 y 64 años que sí es sensible a la actualidad política y económica de la provincia.

Escenario demográfico 1 (Ej. Escenario de alta demanda).

En el escenario 1, de alta demanda, hay un aumento del porcentaje de población urbana por efecto de la migración de la población a las grandes ciudades, atraída por la mayor oferta laboral debida al crecimiento de la actividad económica en los sectores servicio e industria concentradas en las grandes ciudades. Esto trae como efecto un aumento de demanda de energía para el sector residencial urbano, más demandante que el rural por poseer mayores equipamientos de confort y un rango más amplio de actividades a lo largo del día. En la Tabla 2.1 podemos ver la relación de los porcentajes de población urbana y rural, el aumento del porcentaje de población en grandes ciudades y la fuerza laboral trabajadora en aumento.

Ítem	Unidad	2010	2012	2015	2020	2025	2030	2035
Población	[MM]	3,195	3,24	3,297	3,384	3,467	3,546	3,621
Tasa de crecimiento	[%]		0,702	0,583	0,522	0,486	0,452	0,419
Población Urbana	[%]	95	95,1	95,25	95,45	95,7	95,9	96,1
Habitantes por vivienda urbana	[hab]	3,5	3,6	3,6	3,6	3,6	3,6	3,6
Viviendas Urbanas Totales	[MM]	0,867	0,856	0,873	0,896	0,923	0,944	0,967
Población Rural	[%]	5	4,9	4,75	4,55	4,3	4,1	3,9
Habitantes por vivienda rural	[hab]	3,5	3,6	3,6	3,6	3,6	3,6	3,6
Viviendas Rurales Totales	[MM]	0,046	0,044	0,044	0,043	0,041	0,04	0,039
Fuerza laboral potencial	[%]	64,87	65	65	65	65	65	65
Fuerza laboral trabajadora	[%]	73,91	74,13	75,2	76,52	77,86	79,22	80,61
Fuerza laboral Activa	[MM]	1,532	1,561	1,612	1,683	1,755	1,826	1,897
Población en grandes ciudades	[%]	53,8	54,5	55,7	56,3	56,8	57,6	58,8

**Tabla 2.1: Valores demográficos proyectados para el escenario 1
(MM = millones)**

Escenario demográfico 2 (Ej. Escenario de baja demanda).

En el escenario 2, de baja demanda, se proyecta que la participación del porcentaje de población urbana se mantiene constante a lo largo del estudio, debido a la desaceleración de la economía, que no ofrece una gran oferta laboral en las grandes ciudades. Como se puede ver en Tabla 2.2 se mantienen constantes los porcentajes de población urbana y rural, el porcentaje de población en grandes ciudades y la fuerza laboral trabajadora.

Ítem	Unidad	2010	2012	2015	2020	2025	2030	2035
Población	[MM]	3,195	3,24	3,297	3,384	3,467	3,546	3,621
Tasa de crecimiento	[%]		0,702	0,583	0,522	0,486	0,452	0,419
Población Urbana	[%]	95	95	95	95	95	95	95
Habitantes por vivienda urbana	[hab]	3,5	3,6	3,6	3,6	3,6	3,6	3,6
Viviendas Urbanas Totales	[MM]	0,867	0,855	0,871	0,892	0,916	0,935	0,956
Población Rural	[%]	5	5	5	5	5	5	5
Habitantes por vivienda rural	[hab]	3,5	3,6	3,6	3,6	3,6	3,6	3,6
Viviendas Rurales Totales	[MM]	0,046	0,045	0,046	0,047	0,048	0,049	0,05
Fuerza laboral potencial	[%]	64,87	65	65	65	65	65	65
Fuerza laboral trabajadora	[%]	73,91	74	74	74	74	74	74
Fuerza laboral Activa	[MM]	1,532	1,558	1,586	1,628	1,69	1,729	1,765
Población en grandes ciudades	[%]	53,8	54	54	54	54	54	54

**Tabla 2.2: Valores demográficos proyectados para el escenario 2
(MM = millones)**

2.3.2. Supuestos de crecimiento económico.

El Producto Bruto Geográfico de la provincia de Santa Fe del año 2011 creció por segundo año consecutivo, presentando una variación con respecto al año 2010 del 8,3% en términos constantes.

La profunda depresión económica que atravesó el país a fines de 2001 y principios de 2002, impactó en el PBI hasta descender un 11% en 2001 y desde luego en el PBG de Santa Fe. En la figura 2.2 se puede observar la variación de la tasa anual de crecimiento en términos constantes en el período de 2001 al 2011. La recuperación económica que aconteció a partir del año siguiente al 2001 se vio estimulada por la capacidad ociosa que había en el país. Esto, sumado a las señales positivas de la economía mundial y a un tipo de cambio competitivo, permitió completar el proceso de recuperación. El crecimiento se

sostiene hasta que comienza a desacelerarse y la crisis de Estados Unidos del 2008 impacta en la economía local en los años 2008 y 2009. Luego en 2010 comienza la recuperación, a pesar de la tendencia a la desaceleración del crecimiento económico mundial, desfasado en el tiempo en el caso de la Argentina. Se espera que el país continúe proveyendo al resto del mundo bienes agro-industriales, y desde ya, siendo la provincia de Santa Fe una de las economías más importantes en cuanto a bienes agro-industriales, la economía provincial estaría protegida, en forma relativa, de los acontecimientos económicos de los países centrales.

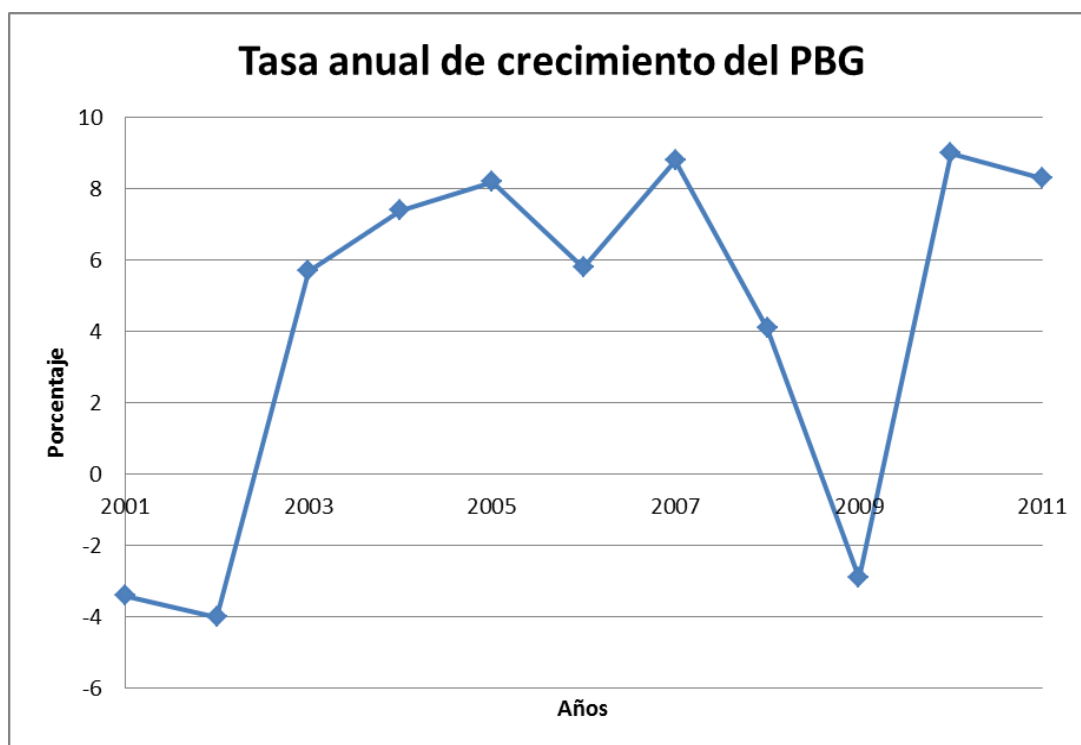


Figura 2.2: Tasa anual de crecimiento, a precios constantes de 1993.

Con respecto a los sectores económicos el más importante en cuanto al aporte al PBG, es el sector Servicios, (tal como se refleja en el PBI); siguiéndole el Manufacturero, la Agricultura (que incluye la Ganadería), la Construcción y por último la Minería.

El sector Servicios es el más grande de la economía con un 66,8% en el año base, y se presume seguirá siendo el sector dominante a lo largo del período prospectado.

El sector Manufactura tiene una participación del 18,4% en el año base.

El sector Agricultura participa en el PBG del año base un 9,5%; con más del 41% producto de la agricultura y el saldo restante para ganadería.

El sector Construcción tiene una participación en el PBG del orden de 2,1%. El sector Minería, el más pequeño de la economía con un aporte del 0,017% inicial.

Con el objetivo de contar con parámetros para formular en términos operativos el escenario económico, se asignaron valores para cada uno de los años de corte a las tasas de crecimiento del PBG, por convención con los organismos participantes y para facilitar la comparación y análisis posteriores de los resultados entre países, las estimaciones fueron realizadas en dólares constantes del año 2000.

En ambos escenarios se plantea, de manera conservadora, que no se proyectan variaciones en la participación de los sectores económicos, coincidiendo coherentemente con la participación al PBG de cada sector en los últimos 20 años que no ha variado drásticamente.

Para la determinación de las tasas de crecimiento de ambos escenarios se consideró una evolución económica consecuente con la teoría de los ciclos económicos. Como los ciclos económicos son irregulares con recurrentes períodos de expansión y contracción que no tienen lapsos fijos, en tiempos de prosperidad se desarrolla un optimismo especulativo mientras aumenta el volumen de crédito, hasta que los beneficios producidos no pueden costearlo, momento en que los impagos generan la crisis. El resultado es una contracción del préstamo, incluso para aquellas empresas que sí pueden pagarlo, y en ese momento la economía entra en recesión. Por este motivo no se puede considerar una tasa de crecimiento anual sostenida en el tiempo de la economía nacional o provincial.

Escenario económico 1 (Ej. Escenario de alta demanda).

Siendo Argentina uno de los principales productores de soja, y Santa Fe una de las principales provincias productoras, podría entonces seguir abasteciendo la demanda de productos primarios de China y demás economías asiáticas, acrecentando de este modo sus exportaciones y pudiendo pasar sin grandes problemas, la eventual desaceleración de la economía mundial. Se considera esto último en este escenario de alta demanda.

Se adoptaron tasas de crecimiento del PBI para cada sub-período, comenzando con un crecimiento del 8,3%, ajustado al valor ya conocido del año 2011 posterior al año base; para alcanzar un 1,5% al final del estudio, de acuerdo a estimaciones del impacto de la desaceleración de la economía mundial en nuestra economía.

Por esta razón, se asume que Argentina crecerá en forma más dinámica que la región durante la primera mitad del período de análisis, mientras que luego irá convergiendo a los valores de crecimiento regionales. Lo expresado anteriormente se presenta en la tabla 2.3 acerca del PBG total y sectorial.

Ítem	Unidad	2010	2012	2015	2020	2025	2030	2035
PBG [M MM]	US\$	32,03	36,07	40,57	46,81	52,44	57,47	62,07
Tasa crecimiento	[%]		6,12	4,00	2,90	2,30	1,85	1,55
PBG per cápita	US\$	10025	11132	12306	13831	15126	16208	17141
Agricultura	[%]	9,49	9,50	9,50	9,50	9,50	9,50	9,50
Construcción	[%]	2,14	2,10	2,10	2,10	2,10	2,10	2,10
Minería	[%]	0,02	0,02	0,02	0,02	0,02	0,02	0,02
Manufactura	[%]	18,41	18,50	18,50	18,50	18,50	18,50	18,50
Servicios	[%]	66,77	66,80	66,80	66,80	66,80	66,80	66,80
Energía	[%]	3,18	3,08	3,08	3,08	3,08	3,08	3,08

Tabla 2.3: PBG total y estructura por sectores económicos. (* M MM=miles de millones).

A continuación en la figura 2.3 se muestra el comportamiento proyectado para el PBG en el período de análisis.

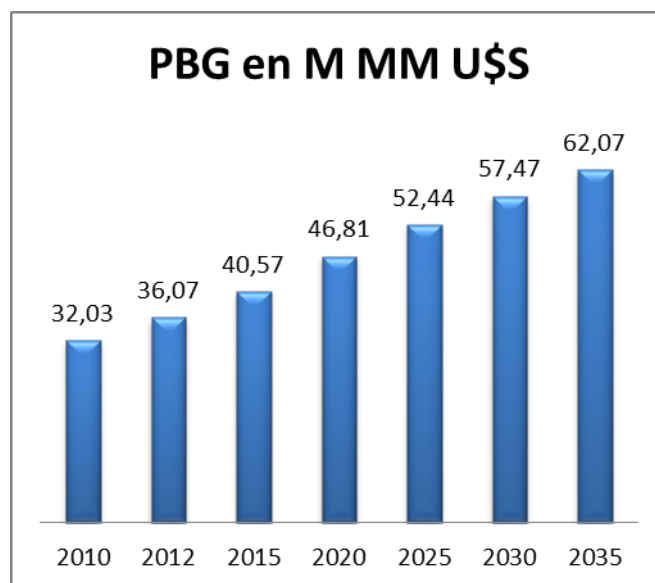


Figura 2.3: Crecimiento del PBG en M MM U\$S (U\$S constantes del año 2000).

A continuación en la tabla 2.4 y la figura 2.4 se muestran los valores absolutos de valor agregado de cada uno de los sectores de la economía provincial y su incremento a lo largo del período de análisis.

Ítem	M MM U\$S						
	2010	2012	2015	2020	2025	2030	2035
Agricultura	3,039	3,426	3,854	4,446	4,982	5,460	5,896
Agricultura	1,253	1,439	1,619	1,868	2,092	2,293	2,477
Ganadería	1,786	1,987	2,236	2,579	2,889	3,167	3,420
Construcción	0,685	0,757	0,852	0,983	1,101	1,207	1,303
Minería	0,005	0,007	0,008	0,009	0,010	0,011	0,012
Manufactura	5,896	6,673	7,506	8,659	9,701	10,633	11,483
Servicios	21,388	24,093	27,102	31,266	35,030	38,393	41,461
Energía	1,017	1,111	1,250	1,442	1,615	1,770	1,912
PBG total	32,031	36,068	40,572	46,805	52,440	57,474	62,068

Tabla 2.4: PBG por sectores.

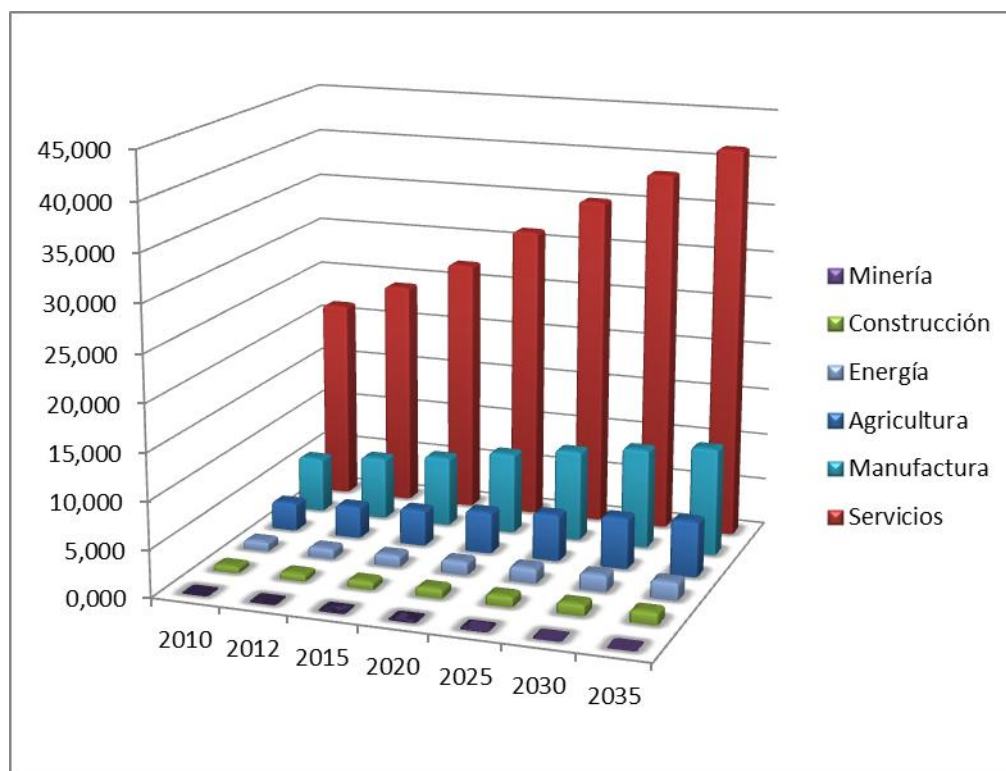


Figura 2.4: PBG subsectorial en M MM U\$S.

Escenario económico 2 (Ej. Escenario de baja demanda)

Este escenario es el de menor tasa de crecimiento de PBG.

La estructura de los sectores económico se mantiene constante, de igual manera que en el escenario 1, supuesto si bien conservador, típicamente representativo de la evolución de la economía provincial.

Se adoptaron tasas de crecimiento del PBI para cada sub-período, comenzando con un crecimiento del 8,3%, ajustado al valor ya conocido del año 2011 posterior al año base; para alcanzar un 0,5% al final del estudio.

Lo expresado anteriormente se presenta en la tabla 2.5 acerca del PBG total y sectorial.

Ítem	Unidad	2010	2012	2015	2020	2025	2030	2035
PBG [M MM]	US\$	32,03	36,07	39,80	43,29	45,50	47,24	48,43
Tasa crecimiento	[%]		6,12	3,33	1,70	1,00	0,75	0,50
PBG per cápita	US\$	10025	11132	12070	12794	13124	13321	13374
Agricultura	[%]	9,49	9,50	9,50	9,50	9,50	9,50	9,50
Construcción	[%]	2,14	2,10	2,10	2,10	2,10	2,10	2,10
Minería	[%]	0,02	0,02	0,02	0,02	0,02	0,02	0,02
Manufactura	[%]	18,41	18,50	18,50	18,50	18,50	18,50	18,50
Servicios	[%]	66,77	66,80	66,80	66,80	66,80	66,80	66,80
Energía	[%]	3,18	3,08	3,08	3,08	3,08	3,08	3,08

Tabla 2.5: PBG total y estructura por sectores económicos.

A continuación en la figura 2.5 se muestra el comportamiento proyectado para el PBG en el período de análisis.

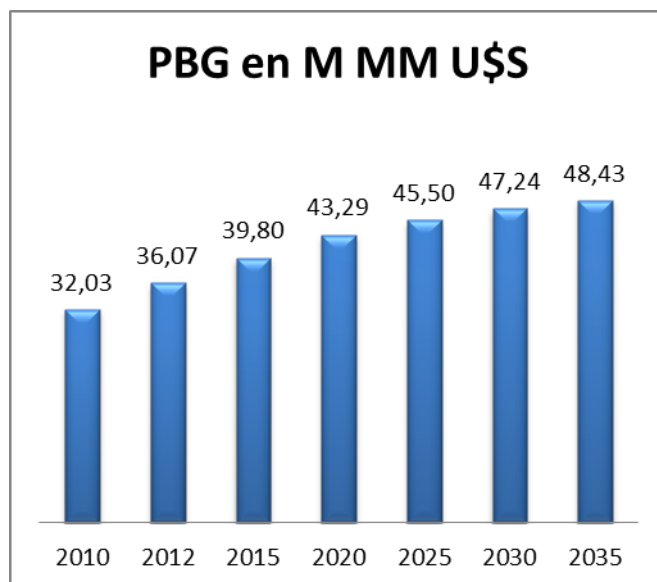


Figura 2.5: Crecimiento del PBG en M MM U\$S (U\$S constantes del año 2000).

A continuación en la tabla 2.6 y la figura 2.6 se muestran los valores absolutos de valor agregado de cada uno de los sectores de la economía provincial y su incremento a lo largo del período de análisis.

Ítem	M MM U\$S						
	2010	2012	2015	2020	2025	2030	2035
Agricultura	3,039	3,426	3,781	4,113	4,323	4,487	4,601
Agricultura	1,253	1,439	1,588	1,727	1,816	1,885	1,932
Ganadería	1,786	1,987	2,193	2,385	2,507	2,603	2,668
Construcción	0,685	0,757	0,836	0,909	0,956	0,992	1,017
Minería	0,005	0,007	0,008	0,009	0,009	0,009	0,100
Manufactura	5,896	6,673	7,362	8,009	8,418	8,738	8,959
Servicios	21,388	24,093	26,583	28,920	30,395	31,553	32,349
Energía	1,017	1,111	1,226	1,333	1,401	1,455	1,492
PBG total	32,031	36,068	39,795	43,294	45,502	47,235	48,427

Tabla 2.6: PBG por sectores.

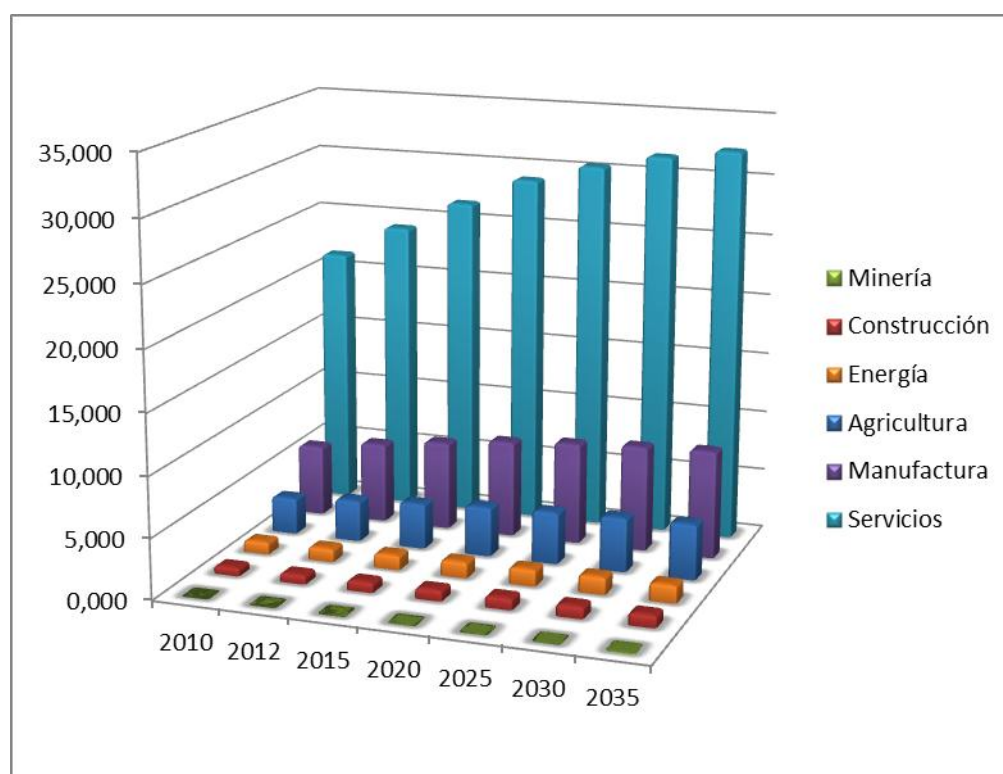


Figura 2.6: PBG subsectorial en M MM U\$S.

2.3.3. Consideraciones en los sectores de consumo.

A continuación se detallan las consideraciones realizadas en el sector industrial, el sector residencial y el sector servicios para ambos escenarios.

2.3.3.1. Sector Industrial.

Una de las variables que el MAED requiere en cuanto a este sector es el indicador intensidad energética, en este estudio en particular la referida a los usos específicos de la electricidad. La intensidad energética es un indicador de la eficiencia energética de una economía. Es la relación entre el consumo energético y el producto interno bruto del país en este caso.

Escenario del sector industrial 1 (Ej. Escenario de alta demanda).

Las intensidades energéticas en la industria se mantuvieron constantes a en los primeros años de corte y al final del período disminuyen debido a el progreso tecnológico, que se supuso con las tasas de crecimiento del PBG a una configuración de mayor demanda, con crecimiento de la industria y la instalación de nuevas tecnologías más eficientes. En la tabla 2.7 podemos ver los valores de intensidades energéticas utilizadas.

Intensidades energéticas	unidad	2010
Agricultura	[kWh/U\$S]	0,070
Construcción	[kWh/U\$S]	0,105
Minería	[kWh/U\$S]	0,410
Manufactura	[kWh/U\$S]	0,443

Tabla 2.7: Intensidades Energéticas sector industria.

Escenario del sector industrial 2 (Ej. Escenario de baja demanda).

En este caso las intensidades energéticas del sector industrial se mantienen constantes a las del año base, por falta de inversión en equipamiento industrial y/o falta de aplicación de políticas adicionales de uso racional de la energía; siendo consecuente con un escenario de baja demanda con tasas de crecimiento del PBG en marcado descenso.

2.3.3.2. Sector Residencial.

Se consideró una electrificación total, tanto de la población urbana como rural, ya que se tiene como dato oficial que en el año 2001 la electrificación de la provincia era del 96,36% ^[4], como puede verse en la figura 2.7, por lo que se asume que del año 2010 en adelante la electrificación es del 100%.

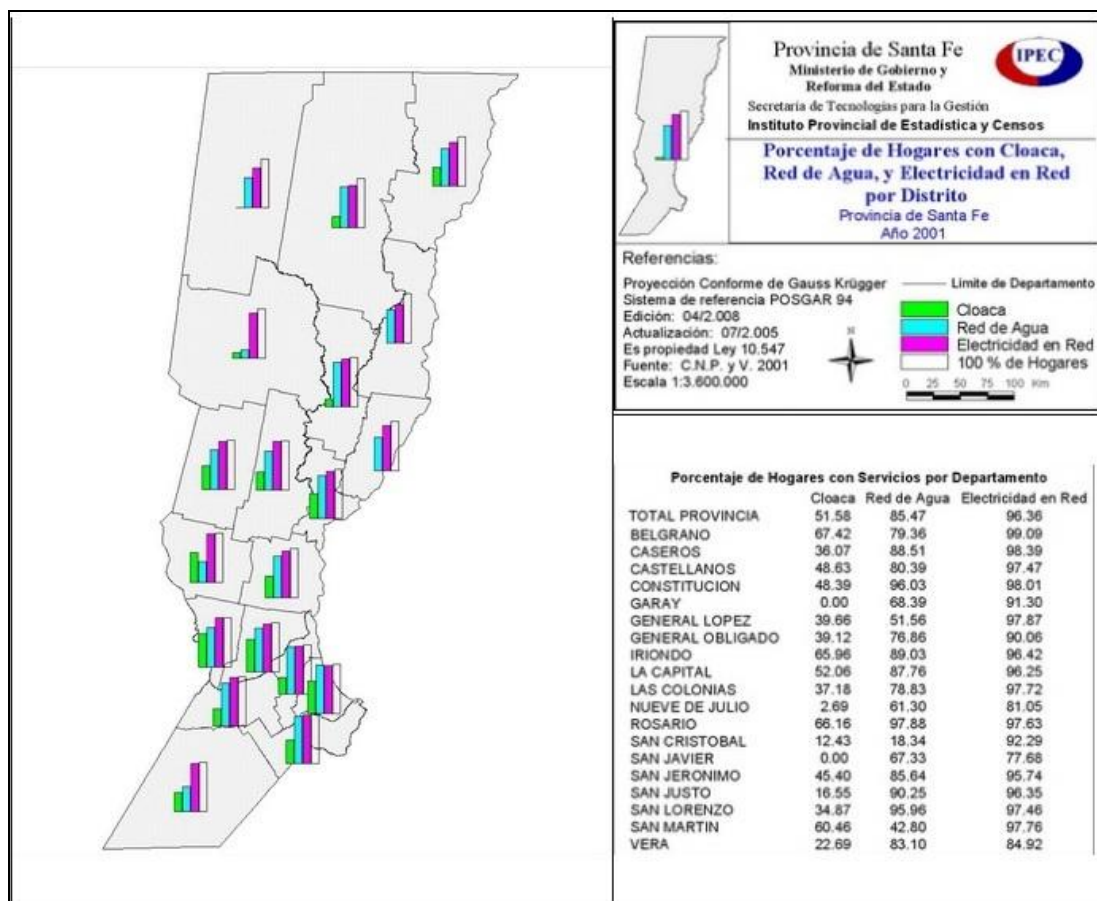


Figura 2.7: Porcentaje de Hogares con cloaca, red de agua, y electricidad en red por Distrito. Provincia de Santa Fe. Año 2001. Fuente: IPEC.

En la Tabla 2.8 y 2.9 se muestra la información relevada de diferentes estudios ^{[2][4][19][20]} aportando los datos requeridos por el MAED para el cálculo de demanda eléctrica del sector residencial urbano y rural. En el porcentaje de viviendas con agua caliente se considera aquellas que utilizan electricidad para obtener la misma, o sea, casas con agua caliente por medio de calentadores eléctricos, ya que el cálculo es de demanda energía eléctrica, motivo por el cual los porcentajes son tan bajos, considerando un 1% para residencial urbano y 5% para residencial rural en el año base. Los valores que se detallan son los considerados para el año base.

	Sector Residencial Urbano		
Factores de vivienda	Departamentos	Casas	Viv. Precarias
% tipo de vivienda	13,96	83,64	2,4
Tamaño [m ²]	50	80	20
Viviendas con aire acondicionado [%]	50	30	1
Área con calefacción [%]	50	50	10
Viviendas con agua caliente [%]	1		
Penetración electricidad [%]	100	100	100

Tabla 2.8: Información para el sector Residencial Urbano.

	Sector Residencial Rural	
Factores de vivienda	Casas con electricidad	Casas sin electricidad
% tipo de vivienda	100	0
Tamaño [m ²]	60	-
Viviendas con aire acondicionado [%]	0	-
Área con calefacción [%]	50	-
Viviendas con agua caliente [%]	5	

Tabla 2.9: Información para el sector Residencial Rural.

Para el cálculo estimado de los consumos eléctricos del Sector Residencial se utilizó la información de las Tablas 2.10 y 2.11 y la información brindada por el Instituto Nacional de Tecnología Industrial (INTI) y las Compañías Eléctricas Edesur y Edenor. En el año base, año 2010, el cálculo estimado resultó ser 3400 kWh/viv/año para el residencial urbano y 3700 kWh/viv/año para el residencial rural.

Censo Nacional 2010 INDEC-IPEC (datos relativos a la provincia de Santa Fe)	población con computadora [%]	47,6
	población con heladera [%]	95,9
	población con gas de red [%]	43,5

Tabla 2.10: Equipamiento de los hogares – Censo Nacional 2010.

Encuesta Nacional de Gastos de los Hogares 2004/2005 INDEC-IPEC (datos relativos a la Provincia de Santa Fe)	Hogares con TV [%]	95,7
	hogares con microondas [%]	20,4
	hogares con heladera sin freezer [%]	50,6
	hogares con heladera con freezer [%]	45,8
	hogares con extractor de aire [%]	28,9
	hogares con procesadora [%]	25,3
	hogares con freezer [%]	13,6
	hogares con lavarropas automático [%]	47,8
	hogares con lavarropas no automático [%]	36,7
	hogares con aspiradora [%]	18,9
	hogares con lavavajilla [%]	0,6
	hogares con cocina con horno [%]	97,2

Tabla 2.11: Equipamiento de hogares – Encuesta Nacional de Gastos de los Hogares 2004/2005.

Escenario sector residencial 1 (Ej. Escenario de alta demanda).

Considerando un escenario de alta demanda se consideró un aumento en el consumo eléctrico en equipamientos del sector residencial del 45% para el fin del período de estudio, año 2035, considerando que un mayor ingreso per cápita representa mayor poder adquisitivo y mayor consumo en artículos de confort. Se consideró además un aumento gradual del porcentaje de viviendas con aire acondicionado y en menor crecimiento se considera un aumento del uso de electricidad para la obtención de agua caliente.

Escenario sector residencial 2 (Ej. Escenario de baja demanda).

Para el escenario 2, se consideró un menor crecimiento del consumo eléctrico residencial, considerando un crecimiento del 35% para el año 2035, menor que en el escenario 1 pero no nulo, ya que la tecnología energética requerida por este sector resulta accesible para la población en su mayoría, incluso para quienes habitan viviendas precarias. Del mismo modo se consideró un crecimiento menor para los porcentajes de las viviendas con aire acondicionado y el uso de la electricidad para el agua caliente para el fin del período en estudio.

2.3.3.3. Sector Servicios.

Los requerimientos del MAED para este sector son los datos relativos a superficie asignada por empleado, cantidad de empleados del sector, porcentaje de superficie calefaccionada o refrigerada. Según el Censo Nacional Económico 2004/2005 (INDEC – IPEC) el Sector Servicios nuclea el 54,1% del personal ocupado de la Provincia, seguido por Comercio con el 23,5%, Industria Manufacturera con el 16% y Construcción con el 1,1%. Considerando

las definiciones de los sectores del modelo, lo que el Sector Servicios nuclea son, propiamente al sector servicios, más el considerado sector comercio por el INDEC, por lo tanto en la modelación se considera que el Sector Servicios comprende el 77,6% del personal ocupado de Santa Fe ^[5].

No se realizaron modificaciones en los supuestos de este sector, respecto a ambos escenarios, entendiendo que las repercusiones en la variación del PBG, no afectarían de manera sustancial su desempeño ni variarían su forma de consumo. En las Tablas 2.12 y 2.13 se pueden observar los valores utilizados en la modelación para el Sector Servicios.

Factores de confort	Porcentaje
Área que requiere calefacción	100
Área con calefacción	50
Área con aire acondicionado	35

Tabla 2.12: Información para el Sector Servicios.

Intensidades energéticas	Unidad	2010
Usos específicos de la electricidad	[kWh/U\$S]	0,032

Tabla 2.13: Intensidad Energética del Sector Servicios.

Capítulo 3

3.1. Proyección de la Demanda Eléctrica.

3.1.1. Calibración del año base.

El punto de partida para usar el modelo MAED es la reconstrucción del inventario de consumo de energía del año base dentro del modelo. Esto requiere la recopilación y conciliación de los datos necesarios de las diferentes fuentes, deducir y calcular varios parámetros de entrada y ajustarlos para reproducir el balance energético en el año base. Este proceso ayuda a ajustar el modelo a la situación específica del país.

Una parte fundamental del presente estudio consistió en comparar los resultados del MAED para el año base con la información presente en el Informe Eléctrico de Santa Fe del mismo año, ajustando los valores más inciertos o sensibles de la simulación hasta lograr la aproximación deseada, con la función de garantizar que el modelo sea capaz de representar la realidad energética del país. Es importante destacar que no existe un balance energético provincial, solo uno a nivel nacional elaborado por la Secretaría de Energía de la Nación, con lo que se hace mucho más difícil elaborar un estudio de demanda para cualquier provincia del país. De todas formas en este caso particular en que solo se evalúa la demanda de energía eléctrica, el proceso resultó menos laborioso dado que el sector eléctrico cuenta con buenas estadísticas. Dicho Informe Eléctrico tiene información desagregada en Residencial, Comercial, Industrial, Servicios Sanitarios, Alumbrado Público, Riego, Oficial, Rural y Otros. La información contenida en el segmento Rural se la consideró como Agropecuaria dentro del Sector Industrial, al igual que la información del segmento Riego. Los sectores quedaron entonces agrupados en Residencial, Industrial y Servicios de la siguiente manera:

Sector Industrial: Industrial + Rural + Riego.

Sector Residencial: Residencial + Otros.

Sector Servicios: Comercial + Serv. Sanitarios + Al. Público + Oficial.

A continuación se puede observar en la tabla 3.1, la diferencia entre los valores presentados en el Informe Eléctrico de Santa Fe (más el Informe de Demanda Eléctrica de CAMMESA) y los datos del año base del modelo MAED discriminado por electricidad demandada para cada sector. Se trató de representar el año base con una diferencia menor al 1%, algo que se logró salvo en el caso del sector industria cuyas variables de ajuste son más rígidas. El modelo MAED permite desagregar Sector Industria en Agricultura (dividido a su vez en Agricultura y Ganadería), Minería, Construcción y Manufactura. En los Informes oficiales se cuenta con la información desagregada de esa manera en cuanto a los aportes al Producto Bruto Geográfico pero no se cuenta con los valores de consumo eléctrico de los sectores bien diferenciados, es así que lo que se encuentra desagregado en Rural y Riego en el Informe Eléctrico del año 2010 no son consumos apreciables para ser considerados los del Sector

Agropecuario y poder calibrar de esta manera también este sector. Por lo tanto se unificó todo en el Sector Industrial y se calibró el mismo.

Sector	Informe Eléctrico Santa Fe 2010 (GWa)	MAED 2010 (GWa)	Diferencia %
Industria	0,5503	0,556	-1,025
Residencial	0,5327	0,528	0,890
Servicios	0,2274	0,227	0,176
TOTAL	1,3104	1,319	-0,046

Tabla 3.1: Calibración año base

3.1.2. Demanda Final de Energía Eléctrica MAED

3.1.2.1. Análisis detallado Escenario 1 (ALTA DEMANDA)

En la tabla 3.2, se exponen los resultados de la modelación con el modelo MAED para los años de corte del estudio.

Demanda de Energía Eléctrica en GWa							
Sector	2010	2012	2015	2020	2025	2030	2035
Industria	0,556	0,689	0,843	1,052	1,229	1,369	1,401
Residencial	0,528	0,540	0,598	0,660	0,744	0,809	0,887
Servicios	0,227	0,252	0,277	0,307	0,327	0,346	0,364
Total	1,311	1,481	1,718	2,019	2,300	2,524	2,652

Tabla 3.2: Evolución de la demanda de energía eléctrica por sector – Escenario 1.

En la misma se expone que el escenario 1 arroja un crecimiento de la Demanda de Energía Eléctrica para el período considerado de:

un 152% para el sector Industria en su totalidad (incluyendo los subsectores Agricultura, Construcción, Minería y Manufactura);

un 68% para el sector Residencial (urbano y rural);

un 60% para el sector Servicios;

resultando un crecimiento Total de 102% para todos los Sectores.

En la figura 3.1 se muestra la evolución de la demanda de energía eléctrica sectorial para el caso de estudio.

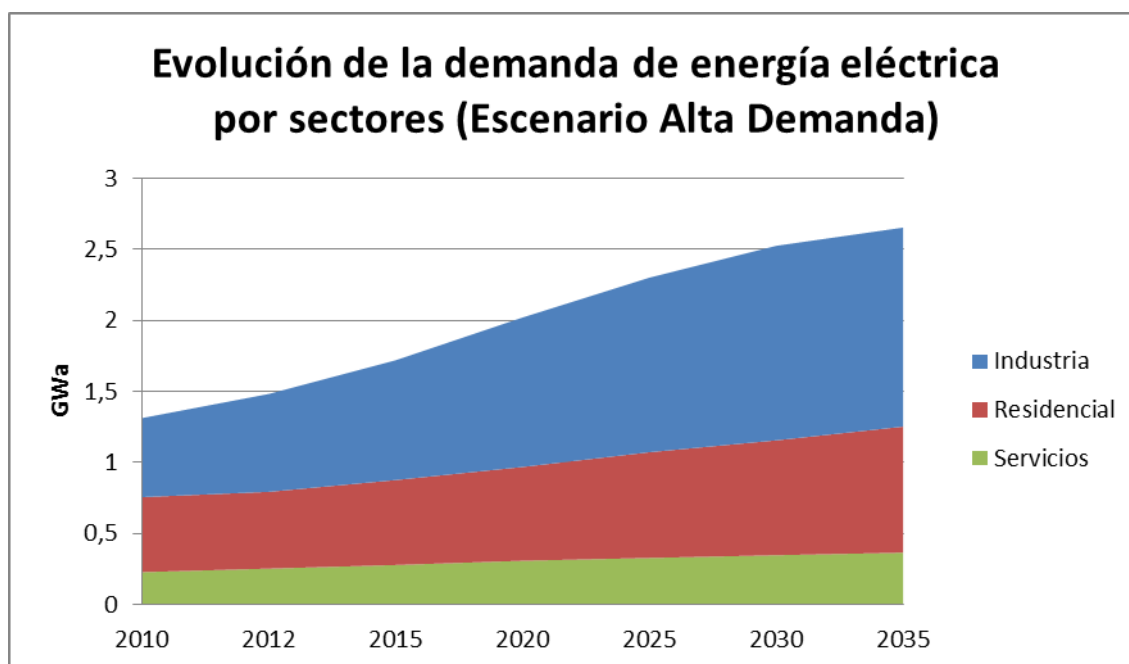


Figura 3.1: Demanda de energía eléctrica por sectores (GWha) - Escenario 1.

Las figuras 3.2 y 3.3, exponen las participaciones de los sectores económicos en el consumo de energía eléctrica, tanto al inicio como al final del período analizado.

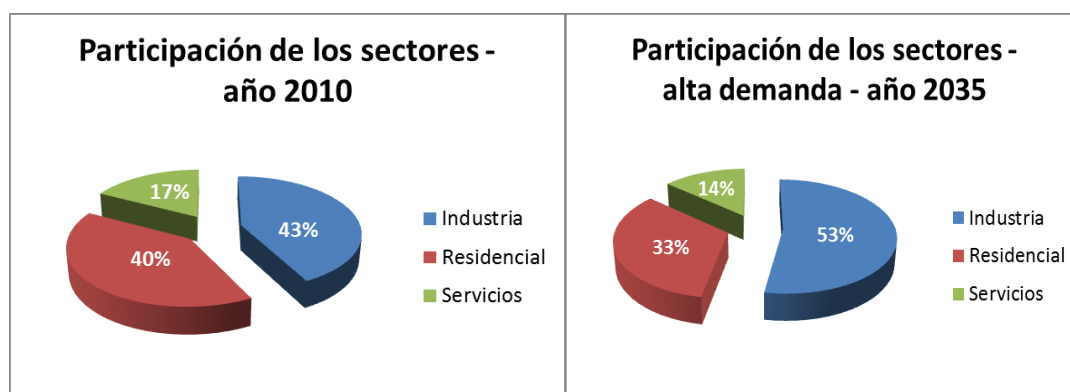


Figura 3.2 y 3.3: Evolución de la participación de los sectores económicos en el consumo de energía eléctrica – años 2010 y 2035 – Escenario 1.

3.1.2.2. Análisis detallado Escenario 2 (BAJA DEMANDA)

En la tabla 3.3, se exponen los resultados de la modelación con el modelo MAED para los años de corte del estudio.

Demanda de Energía Eléctrica en GWa							
Sector	2010	2012	2015	2020	2025	2030	2035
Industria	0,556	0,689	0,827	0,980	1,082	1,169	1,206
Residencial	0,528	0,534	0,592	0,638	0,717	0,765	0,829
Servicios	0,227	0,252	0,272	0,285	0,287	0,288	0,289
Total	1,311	1,475	1,691	1,903	2,086	2,221	2,325

Tabla 3.3: Evolución de la demanda de energía eléctrica por sector – Escenario 2.

En la misma se expone que el escenario 2 arroja un crecimiento de la Demanda de Energía Eléctrica para el período considerado de:

un 117% para el sector Industria en su totalidad (incluyendo los subsectores Agricultura, Construcción, Minería y Manufactura);

un 57% para el sector Residencial (urbano y rural);

un 27% para el sector Servicios;

resultando un crecimiento Total de 77% para todos los Sectores.

En la figura 3.4 se muestra la evolución de la demanda de energía eléctrica sectorial para el caso de estudio.

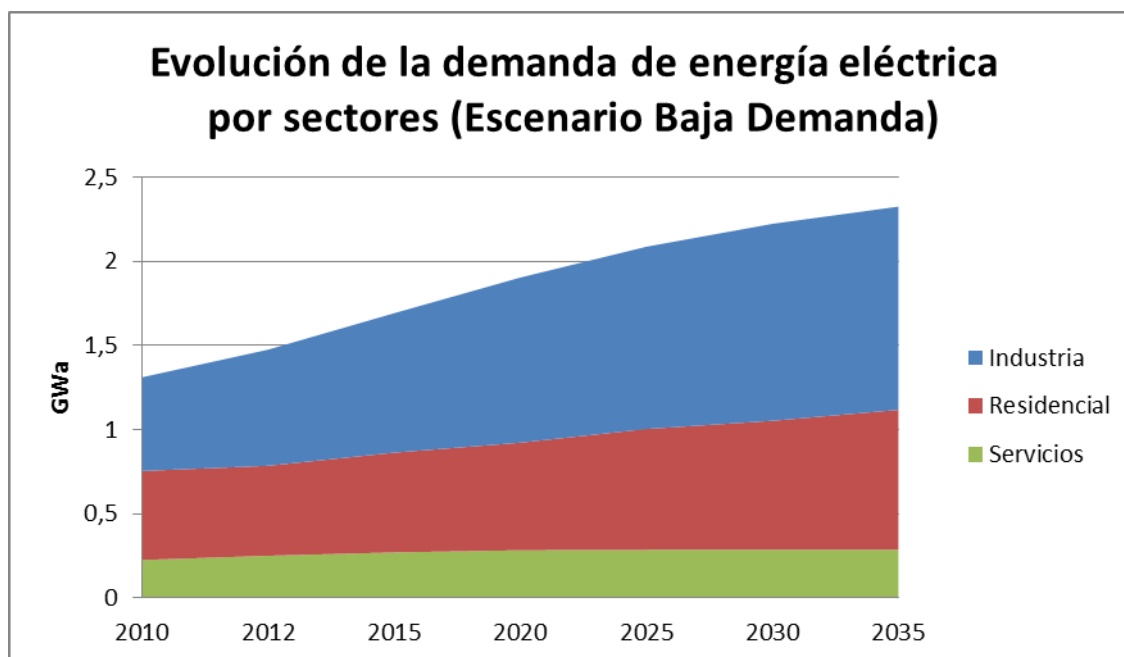


Figura 3.4: Demanda de energía eléctrica por sectores (GWa) - Escenario 2.

Las figuras 3.5 y 3.6, exponen las participaciones de los sectores económicos en el consumo de energía eléctrica, tanto al inicio como al final del período analizado.

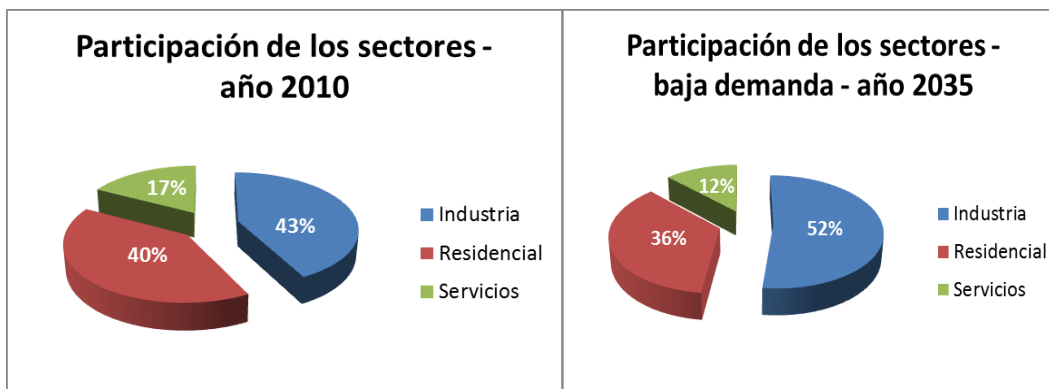


Figura 3.5 y 3.6: Evolución de la participación de los sectores económicos en el consumo de energía eléctrica – años 2010 y 2035 – Escenario 2.

3.2. Principales resultados obtenidos.

De las tablas y figuras expuestas anteriormente se puede extraer el siguiente análisis en comparación de ambos escenarios.

La demanda total de energía eléctrica final aumenta a más del 102% al final del período, con respecto al año base, en el escenario de alta demanda respecto del 77% de crecimiento total para el escenario de baja demanda.

El Sector más demandante de energía eléctrica durante todo el período de análisis, en ambos escenarios, continúa siendo la Industria, seguida por el Sector Residencial y el de Servicios.

En el año base la participación del Sector Industrial es semejante aunque superior al Sector Residencial.

En ambos escenarios las tasas de crecimiento del PBG son diferentes pero siempre positivas priorizando el crecimiento del Sector Industrial en desmedro de los Sectores de Servicios y Residencial en ambos escenarios.

La demanda de energía eléctrica del Sector Residencial en el escenario de baja demanda baja solo 4 puntos, frente al crecimiento del Sector Industrial, respecto de los 8 puntos que baja en el escenario de alta demanda. Por lo tanto, en el escenario de baja demanda, este sector tiene una participación mayor y esto se justifica bajo el supuesto de que el consumo de este sector resulta menos afectado por la inestabilidad económica por encontrarse directamente vinculado con las necesidades básicas y de subsistencia de la población.

A la inversa de lo que ocurre con el Sector Residencial, el Sector Servicios presenta menor participación en un escenario de baja demanda que en el de alta, lógicamente este sector sí se ve afectado por una desaceleración en el crecimiento económico perdiendo 5 puntos en su participación respecto de la inicial en el escenario de baja demanda frente a solo los 3 puntos que pierde en el de alta demanda.

En la Tabla 3.4 podemos observar la intensidad energética al final del período de estudio, donde se puede observar que el escenario de alta demanda es un escenario con mayor eficiencia energética al requerir menos energía por unidad de Producto Bruto Geográfico. Este resultado es fundamentado por la mayor eficiencia planteada en el sector industrial.

Demanda Eléctrica (GWa)	PBG (M MM U\$S)	GWa/PBG
2,652 (Esc. 1)	62,068	0,043
2,325 (Esc. 2)	48,427	0,048

Tabla 3.4: Intensidad energética al año 2035.

Conclusiones

La evolución de la tasa de crecimiento del PBG en ambos escenarios es monótona decreciente, aunque en el escenario 2 la desaceleración económica es mucho mayor, ninguno de los escenarios tiene caídas abruptas a tasas negativas. Observando la evolución de la tasa de crecimiento de la demanda eléctrica nacional versus la tasa de crecimiento del PBI, en el Anexo 1 ^[21], podemos ver que mayormente la demanda eléctrica tiene un crecimiento que se ve afectado por la evolución económica no de manera directa, salvo que el PBI tenga una desaceleración abrupta y profunda ^[22]. A efectos del presente estudio podemos entonces decir que la demanda eléctrica tiene una correlación más directa con el crecimiento demográfico. Como se pudo ver en la Tabla 3.4, en el escenario de alta demanda se proyecta para el año 2035 una demanda de energía eléctrica de 2,65 GWh (23214 GWh) mientras que en un escenario de baja demanda se proyectó para el mismo año 2,33 GWh (20411 GWh), mostrando una menor sensibilidad de la demanda eléctrica a las variaciones de PBG.

Considerando un factor de planta del 90% de la central nuclear CAREM 150, la energía generada en un año sería de 1182 GWh. Por lo tanto contrastando este valor con el demandado por la provincia al final del período de estudio el aporte al sistema eléctrico de la central estaría entre el 5 y el 6% del total y un porcentaje aún mayor de la demanda de base, siendo mayor la participación si se instala antes del año 2035. Si se tiene en cuenta que actualmente se espera que el reactor CAREM 25 esté terminado para el año 2017-2018 y el reactor CAREM 150 a instalarse en Formosa, idéntico al que se pretende instalar en Santa Fe, estaría en operación para el año 2020, entonces sería posible que para el año 2025 esté en operación el segundo CAREM 150 aportando entre un 6 y 7% del total demandado.

De esta forma se generaría más electricidad en la región Litoral del Mercado Eléctrico Mayorista Argentino (MEM), de la cual forma parte Santa Fe junto con Entre Ríos, aumentando su potencia instalada como también su participación porcentual, disminuyendo el consumo de hidrocarburos, promoviendo la diversidad de la matriz energética, minimizando las emisiones de gases de efecto invernadero y generando electricidad más económica y con menor volatilidad respecto de los hidrocarburos.

Finalmente hay que remarcar la importancia de la expansión de la actividad nuclear, promoviendo la diversidad de la matriz energética y el licenciamiento de nuevos sitios de emplazamiento de centrales nucleares, considerando que solo la provincia de Córdoba y Buenos Aires presentan generación eléctrica de origen nuclear, siendo que Santa Fe se encuentra en segundo lugar en importancia económica y con mayor participación en la Demanda Eléctrica Nacional.

Referencias bibliográficas

[1] Censo Nacional de Población, Hogares y Viviendas 2010, Censo del Bicentenario – Resultados definitivos, Serie B Nº2 Tomo 1 y 2 – Instituto Nacional de Estadísticas y Censos, INDEC.

[2] Instituto Nacional de Estadísticas y Censos, INDEC.

[3] Dinámica Poblacional de la Provincia de Santa Fe desde 1869 hasta 2010. Ministerio de Economía, Secretaría de Planificación y Política Económica, Instituto Provincial de Estadísticas y Censos, Gobierno de Santa Fe – Enero, 2012.

[4] Instituto Provincial de Estadísticas y Censos, IPEC, Gobierno de Santa Fe.

[5] Santa Fe en cifras, Año 2008 – Ministerio de Gobierno y Reforma del Estado, Secretaría de Tecnologías para la Gestión, Instituto Provincial de Estadísticas y Censos, Provincia de Santa Fe.

[6] Producto Bruto Geográfico, 1993 – 2011, Resultados preliminares. Ministerio de Economía, Secretaría de Planificación y Política Económica, Instituto Provincial de Estadísticas y Censos, Gobierno de Santa Fe – Octubre, 2012.

[7] Plan Estratégico Provincial, Año 2008. Provincia de Santa Fe.

[8] Estadísticas Mensuales de la Provincia de Santa Fe, Actividad Portuaria, Enero 2008 – Ministerio de Gobierno y Reforma del Estado, Secretaría de Tecnologías para la Gestión, Instituto Provincial de Estadísticas y Censos, Provincia de Santa Fe.

[9] Problemas del Crecimiento Industrial de la Argentina (1870 – 1914), Un ciclo de expansión – Roberto Cortes Conde, Instituto de Investigaciones Históricas, Universidad del Litoral.

[10] El Desarrollo Agropecuario – Horacio Giberti, “Jornadas Argentinas y Latinoamericanas de Sociología” Departamento de Sociología, Facultad de Filosofía y Letras, Universidad de Buenos Aires.

[11] Complejos Exportadores Provinciales, Informe Anual 2010 – Ministerio de Economía y Finanzas Públicas, Secretaría de Política Económica, Dirección Nacional de Programación Económica Regional, Abril 2011.

[12] Producto Bruto Geográfico de las Provincias Argentinas – Octubre 2009, Provincia de Santa Fe, Ministerio de Gobierno y Reforma del Estado – Secretaría de Tecnologías para la Gestión, Gobierno de Santa Fe.

[13] Estadísticas Mensuales de la Provincia de Santa Fe, Indicadores de la Actividad Industrial, Agosto 2007 – Ministerio Coordinador, Secretaría de

Planeamiento y Control, Instituto Provincial de Estadísticas y Censos, Gobierno de Santa Fe.

[14] Informe sobre la Evolución de la Ganadería Bovina – Ministerio de Gobierno y Reforma del Estado, Secretaría de Tecnologías para la Gestión, Instituto Provincial de Estadísticas y Censos, Provincia de Santa Fe – Julio, 2011.

[15] Informe Mensual, Enero 2013 – Asociación de Distribuidores de Energía Eléctrica de la República Argentina, ADEERA.

[16] Sistema de Información Geográfica de la Secretaría de Energía, Ministerio de Planificación Federal, Inversión Pública y Servicios – <http://sig.se.gob.ar/visor/visorsig.php>

[17] Instituto Nacional de Prevención Sísmica – Secretaría de Obras Públicas – Ministerio de Planificación Federal, Inversión Pública y Servicios.

[18] El Río Paraná: Sus características – Laboratorio de Sedimentología, Facultad de Ingeniería y Ciencias Hídricas, Universidad del Litoral.

[19] Instituto Nacional de Tecnología Industrial, INTI.

[20] Empresa distribuidora de Electricidad, EDENOR.

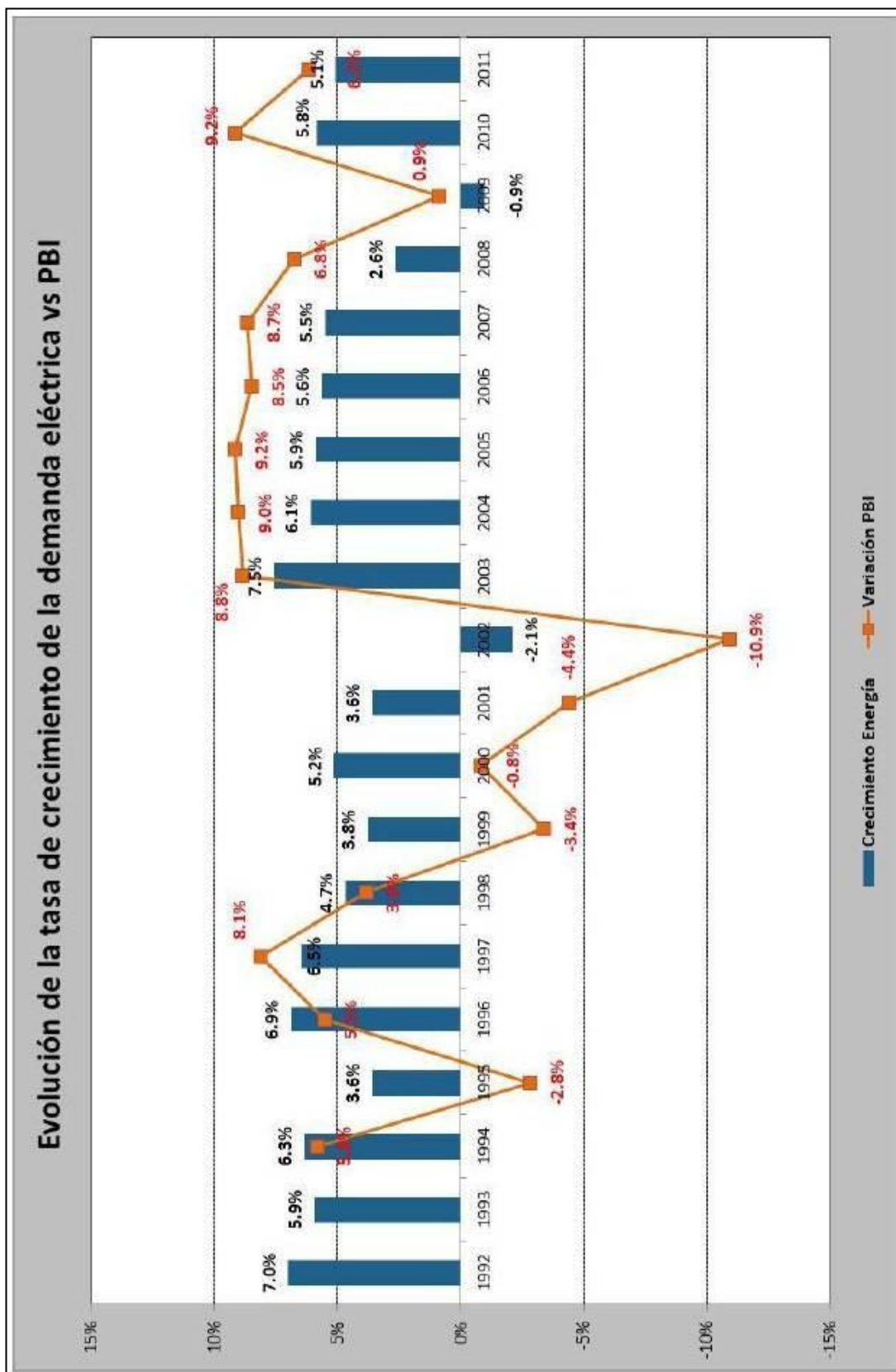
[21] Informe Anual 2011 – CAMMESA.

[22] Anuario Estadístico de la Provincia de Santa Fe, 1999 – Instituto Provincial de Estadísticas y Censos, Gobierno de Santa Fe.

Otras fuentes consultadas:

Estudio de Demanda Energética Aplicando el modelo MAED, República Argentina, Abril 2010. Autores: Ing. Santiago N. Jensen Mariani, Ing. Valeria Cañadas; Coordinación: Ing. Norberto R. Coppari – Comisión Nacional de Energía Atómica.

Anexo 1



Mercado Eléctrico Mayorista – Informe Anual 2011 – CAMMESA.