



FUNDACIÓN
BARILOCHE

DESDE 1963

CONICET



giz Deutsche Gesellschaft
für Internationale
Zusammenarbeit (GIZ) GmbH

V. Taller del Grupo Regional América Latina y el Caribe de la Alianza para Transparencia en el Acuerdo de Paris

*Proyecciones en el sector energía, para el
análisis de los impactos de las acciones
y políticas de mitigación*

Ing. Mg. Nicolás Di Sbroiavacca
Ing. Mg. Francisco Lallana

Buenos Aires, Argentina

12 y 13 de Septiembre de 2018

Agenda

- *Proyecciones en el sector energía: herramientas disponibles*
- *Ventajas y funciones básicas de LEAP*
- *Ejemplo práctico (real) de modelamiento de energía en país de LAC*
- *Presentación del Modelo LEAP*
- *Ejercicio: Utilizando LEAP*

- ***Proyecciones en el sector energía: herramientas disponibles***
 1. Introducción: ethos y clasificación de los modelos
 2. Criterios para la selección de modelos
 - Menciones respecto a su papel en las formulaciones de mitigación
 3. Brevísima descripción de algunos modelos

Usos de los modelos de planificación: ¿Para qué?

Desearíamos contar con una herramienta para la toma de decisiones robustas sobre políticas públicas alineadas con la mitigación y París

- En este sentido no hay un modelo “prodigioso”
Y existe un importante *trade-off* entre
 - sofisticación y complejidad **vs** transparencia, flexibilidad y consistencia
- Muchas de las decisiones/acciones requieren una evaluación multicriterio con
suele requerirse complementación entre modelos (o modelos monstruosos... sobre los que existen intentos)

¿Son todos los modelos conceptualmente iguales?

Se distinguen tres tipos de modelos:

- Modelos que formulan leyes de la naturaleza.
- Modelos que formulan un comportamiento regular.
- Modelos que formulan elementos de control y realimentación de sistemas artificiales (“man-made”)

Los modelos de Tipo 3 a menudo tienen una base conceptual bastante simple que implica una formulación matemática bastante trivial (que a menudo incluye un gran número de relaciones entre sus variables, lo que representa su fortaleza).

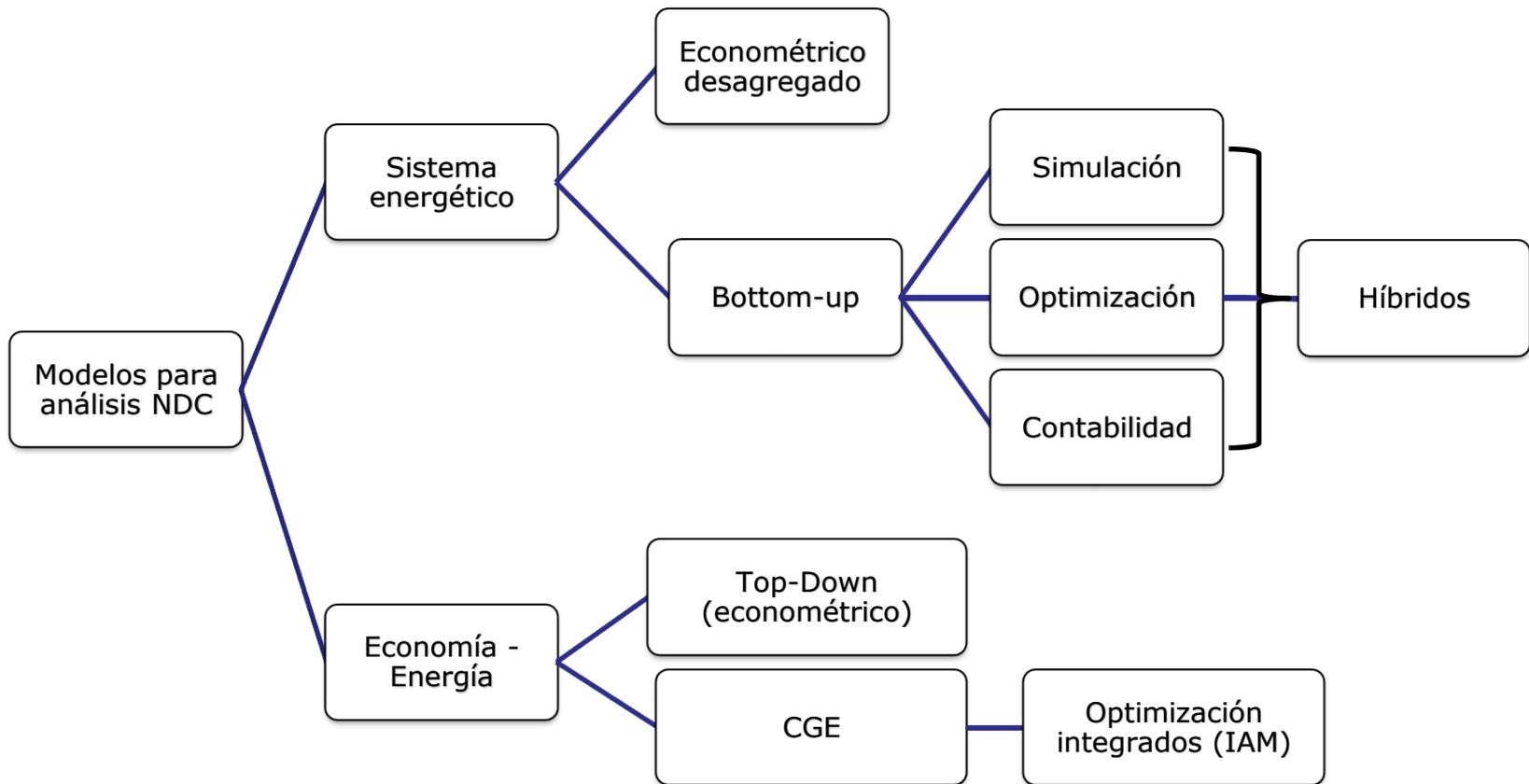
Muchas relaciones expresadas en el modelo son inmediatamente plausibles. Un aspecto importante no trivial de dicho modelo es, por ejemplo, el grado de detalle incorporado, reflejado por el número de relaciones contenidas en el modelo y por el límite asumido para el sistema modelado.

La capacidad predictiva de este tipo de modelos es a generalmente irrelevante, aunque a menudo sobrestimada. Comúnmente son usados para estudiar las consecuencias de líneas de acción alternativas y conjuntos alternativos de restricciones para las decisiones → escenarios.

Se utilizan para describir escenarios coherentes que proporcionan una conceptualización cuantitativa de sistemas complejos.

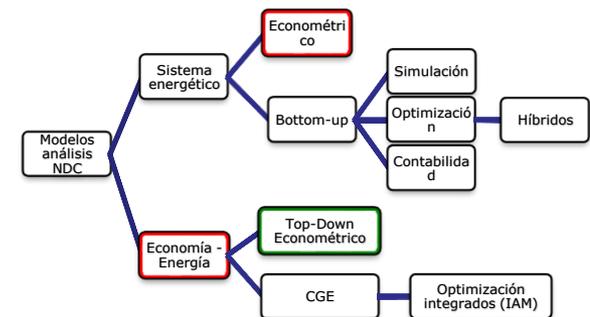
Al igual que los modelos físicos, ayudan a la visualización de la relación entre una gran cantidad de suposiciones.

Para el análisis de políticas de reducción GEI al interior del sector energético existen dos grandes enfoques y luego subdivisiones

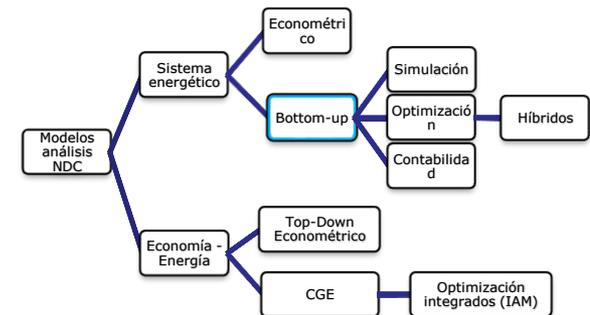


Breve caracterización

- Pretenden capturar internamente las interrelaciones entre ambos sistemas (garantizan intrínsecamente la coherencia).
- Son los más complejos (Opt IAM) o los más sencillos (Top-Down)
 - TD son relativamente sencillos para una formulación agregada pero poco útiles para evaluación de medidas específicas
 - Consisten en plantear relaciones estadísticas entre variables dependientes e independientes y a partir de sus vínculos inferir alteraciones a futuro correlacionadas con la medida a evaluar.
 - No proponen mecanismos de causalidad (las correlaciones no prueban causalidad). En general las medidas específicas deben ensayarse muy indirectamente.



- Se enfocan en la descripción técnico-económica de los procesos así como características específicas del sistema socio-económico (formas productivas, patrones de consumos por estrato, etc)
 - Permiten evaluar detalladamente acciones específicas entre las que podemos mencionar sustituciones tecnológicas, modificaciones normativas (etiquetado, estándares mínimos, prohibiciones), sustituciones entre fuentes (exógenas, “óptimas” o según la racionalidad modelada)
 - Requieren garantizar exógenamente la coherencia global del sistema socioeconómico (equilibrios de precios y cantidades así como dinámica entre subsectores)



- **Modelos de Optimización**

Típicamente usados para identificar configuraciones de los sistemas energéticos al mínimo costo, sujeto a varias restricciones (ej.: un límite en las emisiones de CO2). Selección entre distintas tecnologías basado en sus costos relativos.

FUNCIÓN OBJETIVO completamente cuantificable.

- **Modelos de Simulación**

- **De comportamiento y/ó Equilibrio**

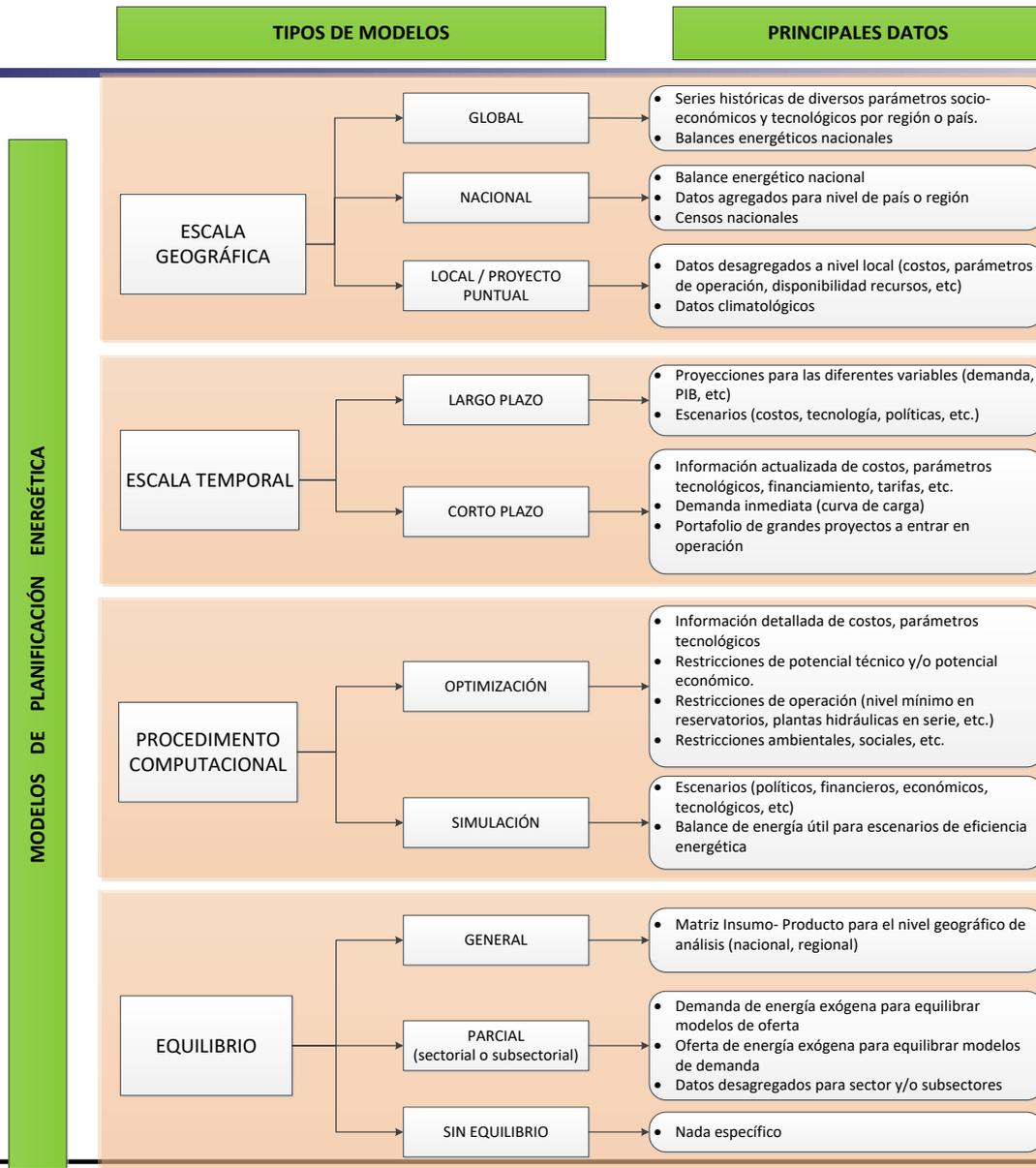
- Simula la conducta de los consumidores y productores bajo determinadas señales (ej.: precios, ingresos, políticas). Pueden no tener una conducta "óptima" y buscar o no un equilibrio.
- Cuando lo buscan, típicamente utilizan iteraciones sucesivas para encontrar un equilibrio de mercado Demanda-Oferta (no necesariamente óptimo).

- **Modelos Contables o de Simulación de Coeficientes Técnicos**

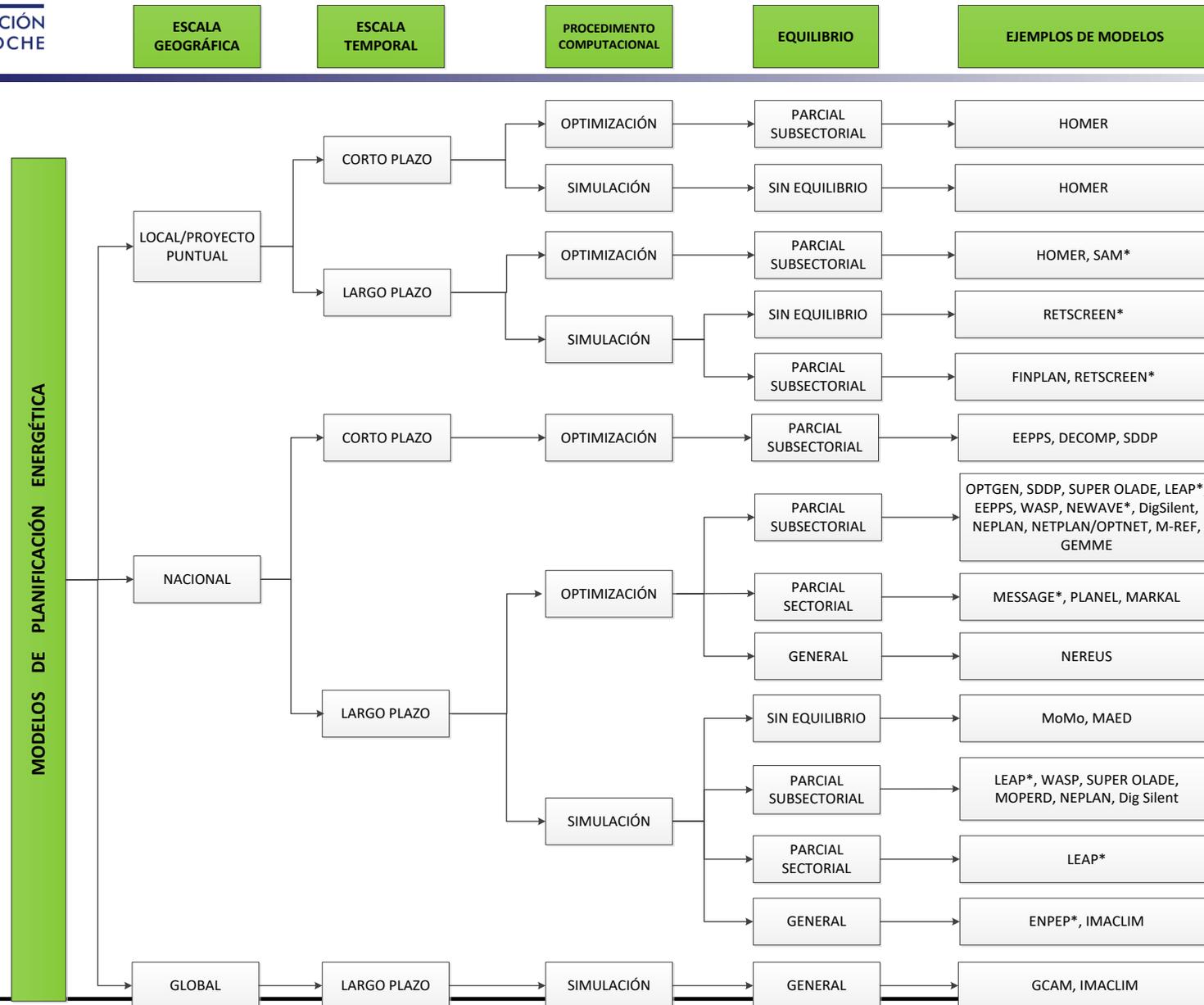
- En lugar de simular decisiones que surgirían de representar la racionalidad de los consumidores y productores, usa explícitamente cálculos de salidas que surgen de dichas decisiones y examina las implicancias del escenario.
- La principal función de estas herramientas es manejar datos y resultados así como ampliar los escenarios analizados que surgen de otras restricciones de mayor nivel político.

- **Modelos Híbridos** combinan elementos de los dos enfoques

Datos requeridos para cada tipo de modelo:



Algunos modelos por familia



Presentación del Modelo LEAP

I. Introducción

II. Descripción general del modelo

III. Conclusiones

IV. Descripción detallada del Modelo LEAP

I. Introducción

- **LEAP** (Long-range Energy Alternatives Planning System) su principal objetivo consiste en brindar un soporte integrado (bajo un enfoque sistémico: D+T+R) y confiable, para el desarrollo de estudios de planeamiento energético integral y de mitigación de GEI. Con este modelo se puede representar la matriz energética y su evolución.
- Se trata de un modelo de **simulación de coeficientes técnicos**, del tipo "**bottom-up**" y consiste esencialmente en un modelo energético-ambiental basado en escenarios, del tipo "**demand-driven**".
- Frente a un determinado escenario de demanda final de energía, **LEAP** asigna los flujos energéticos entre las distintas tecnologías de abastecimiento energético, detectando las necesidades de ampliación de los procesos de producción de energía, calculando el uso de los recursos energéticos, los impactos ambientales y los costos asociados.

I. Introducción

- Desarrollado por el **Stockholm Environment Institute – (SEI-US)**.
- Su primer versión data de inicios de los '80. A fines de los '90 el modelo fue actualizado, (migra de DOS a Windows). Incorporación de una serie de herramientas de planificación energética. Actualizado por el **SEI-US**, y una serie de instituciones académicas internacionales, entre ellas **Fundación Bariloche**.
- El modelo posee más de 36.516 usuarios en todo el mundo, distribuidos en 195 países.
- Ha sido seleccionado por 85 países No Anexo I para llevar a cabo estudios de Mitigación GEI.
- En 2003 se crea la iniciativa **COMMEND**, (Comunidad Mundial de Expertos Energéticos), coordinada por el **SEI-US**. Ofrece acceder a las novedades del modelo, oportunidad de capacitación y compartir experiencias de aplicaciones así como sugerencias de mejoras vía web.
- **Fundación Bariloche**, es el punto focal para la difusión y capacitación en el uso del LEAP para América Latina y el Caribe. Se desarrollaron 17 Talleres regionales en Bariloche, diversos Talleres internacionales en Egipto, Suriname y Tailandia y más de 30 talleres "in country" sobre el LEAP y su aplicación en estudios de Prospectiva Energética y Mitigación al cambio climático en ALyC.

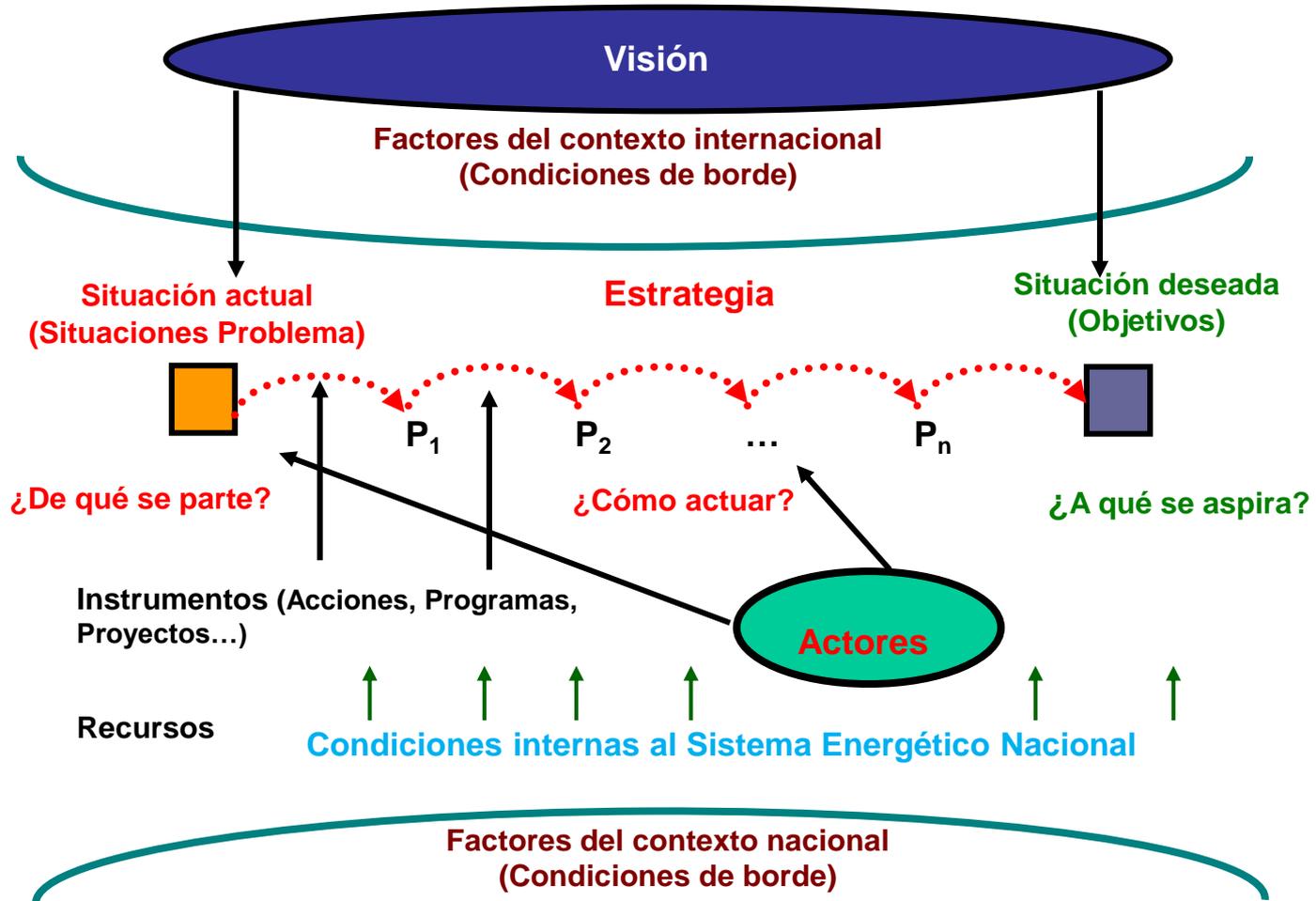
Estado y Difusión del LEAP

- Disponible y sin cargo para instituciones académicas y gubernamentales localizadas en países en vías de desarrollo de bajos ingresos o ingreso medios bajos
- Descargar desde www.energycommunity.org
- Soporte Técnico leap@sei-us.org
- Se requiere un Nombre de Usuario y una Contraseña para disponer del modelo en su versión completa. En primer lugar registrarse en el sitio LEAP, luego enviar al SEI-US el formulario de solicitud de licencia al LEAP, para que se le asigne el nombre de usuario y contraseña. Esto le permitirá utilizar el modelo LEAP en su versión completa.

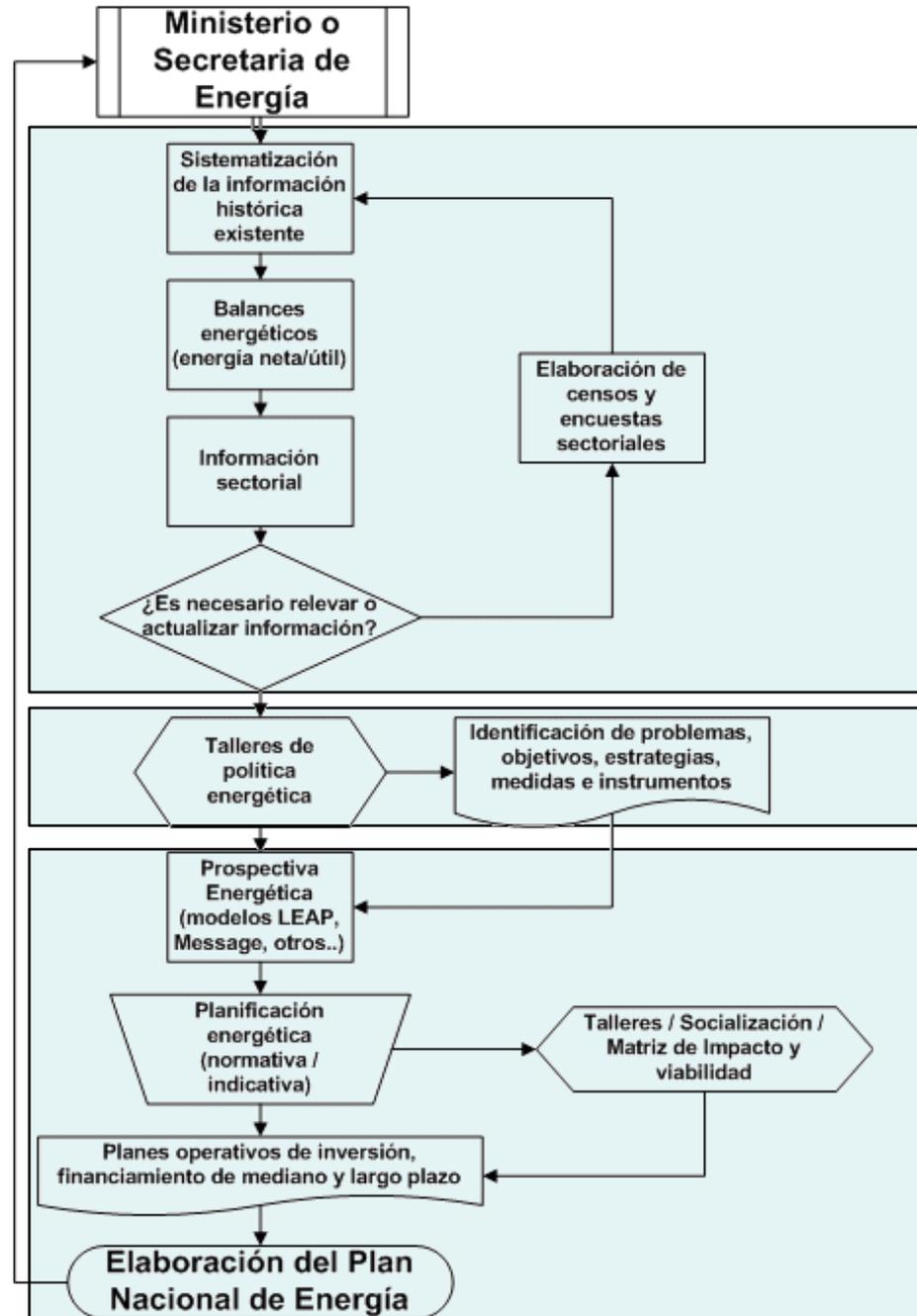
II. Descripción del Modelo

- **LEAP** se enmarca dentro del conjunto de Modelos denominados de **Simulación con Coeficientes Técnicos**. En lugar de simular decisiones que supondría representar la racionalidad de los consumidores y productores o buscar una solución óptima, usa explícitamente cálculos de salidas de dichas decisiones y **examina las implicancias de un escenario**.
- La lógica global del **LEAP** es clara, lo que hace que el modelo sea **transparente**.
- Esto le posibilita al usuario representar fácilmente el sistema energético a analizar, y de ese modo visualizar claramente su funcionamiento. Permite identificar las implicancias de los escenarios del tipo "Qué pasaría si" ("**What if**"), así como los impactos derivados de **cambios estructurales**.

Formulación de la Política: Enfoque Metodológico



El Proceso
para la
formulación
de la
Política energética
y la construcción
del Plan
Energético Nacional

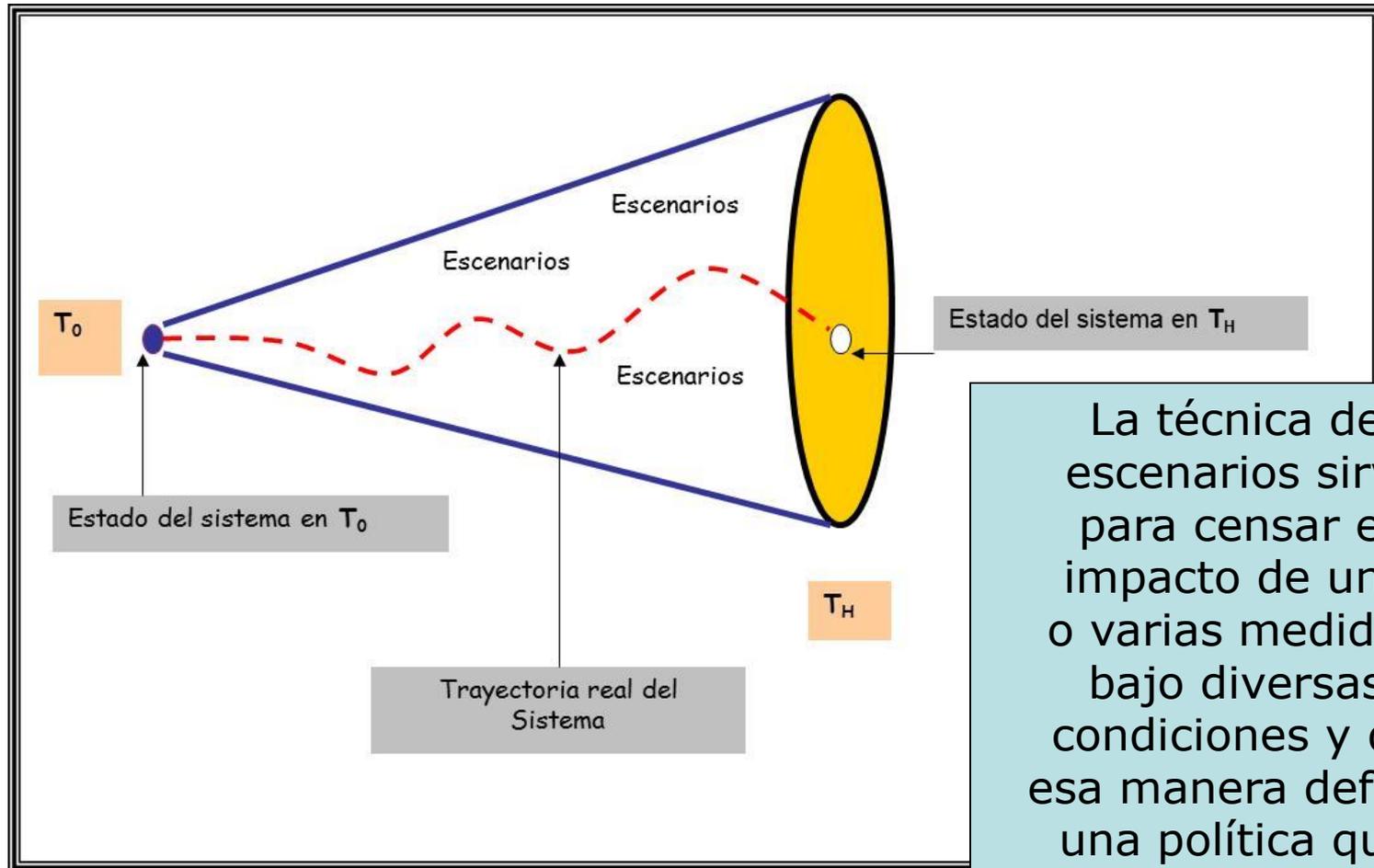


Sistematización de la Información

Formulación de La Política

Planificación Energética

Escenarios y Prospectiva

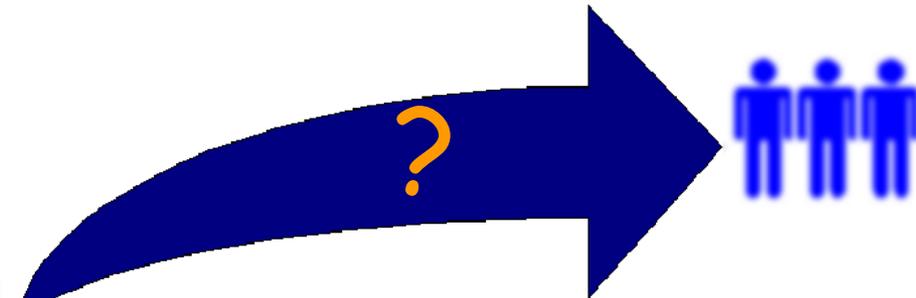
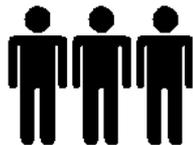
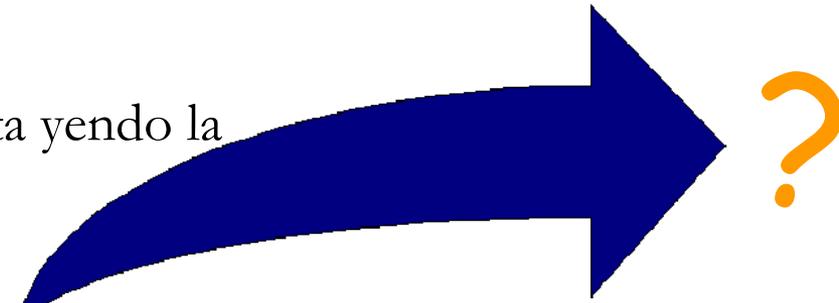


La técnica de escenarios sirve para censar el impacto de una o varias medidas bajo diversas condiciones y de esa manera definir una política que ayude a la implementación de la misma. La idea no es acertar.

Forecasting & Backcasting

Hacia dónde esta yendo la
sociedad?

forecast



Dónde queremos que vaya?
Cómo llegamos allí?

backcast

- *Ejemplo práctico (real) de modelamiento de energía en país de LAC (Uruguay)*

- *Ejemplo práctico (real) de modelamiento de energía en país de LAC (México)*

Objetivos

- *Cuantificar los ahorros energéticos y emisiones evitadas de un conjunto de medidas concretas y factibles vinculadas directamente con eficiencia energética*
- *Estimar el potencial producto de implementar las medidas con un alcance de 70% al interior de los sectores*
- *Evaluar la figura de costo económico social como elemento de guía para la priorización y diálogo con los sectores*

Metodología de estimación de los resultados

- *Se realizó un modelado bottom-up del sector industrial*
 - *Estimación de usos y asignación de energéticos*
- *Se identificaron medidas específicas estimando:*
 - *Impacto en términos de ahorro energético por uso*
 - *Costo de implementación*
 - *Costo o ahorro operativo*
 - *Sustitución de combustibles (si la hubiera)*
- *Se modeló el sistema energético completo para visualizar y cuantificar las interrelaciones existentes*

- *Se utilizó una línea de base acordada con CONUEE respetando las proyecciones de crecimiento actuales*
- *Se utilizaron las proyecciones de expansión del PRODESEN*
- *Los precios de la energía considerados corresponden al World Energy Outlook 2017.*

New Open Save Backup Auto Refresh What's This?

Views

Analysis

Results

Energy Balance

Summaries

Overviews

Technology Database

Notes

Hoja ruta industria MX v31

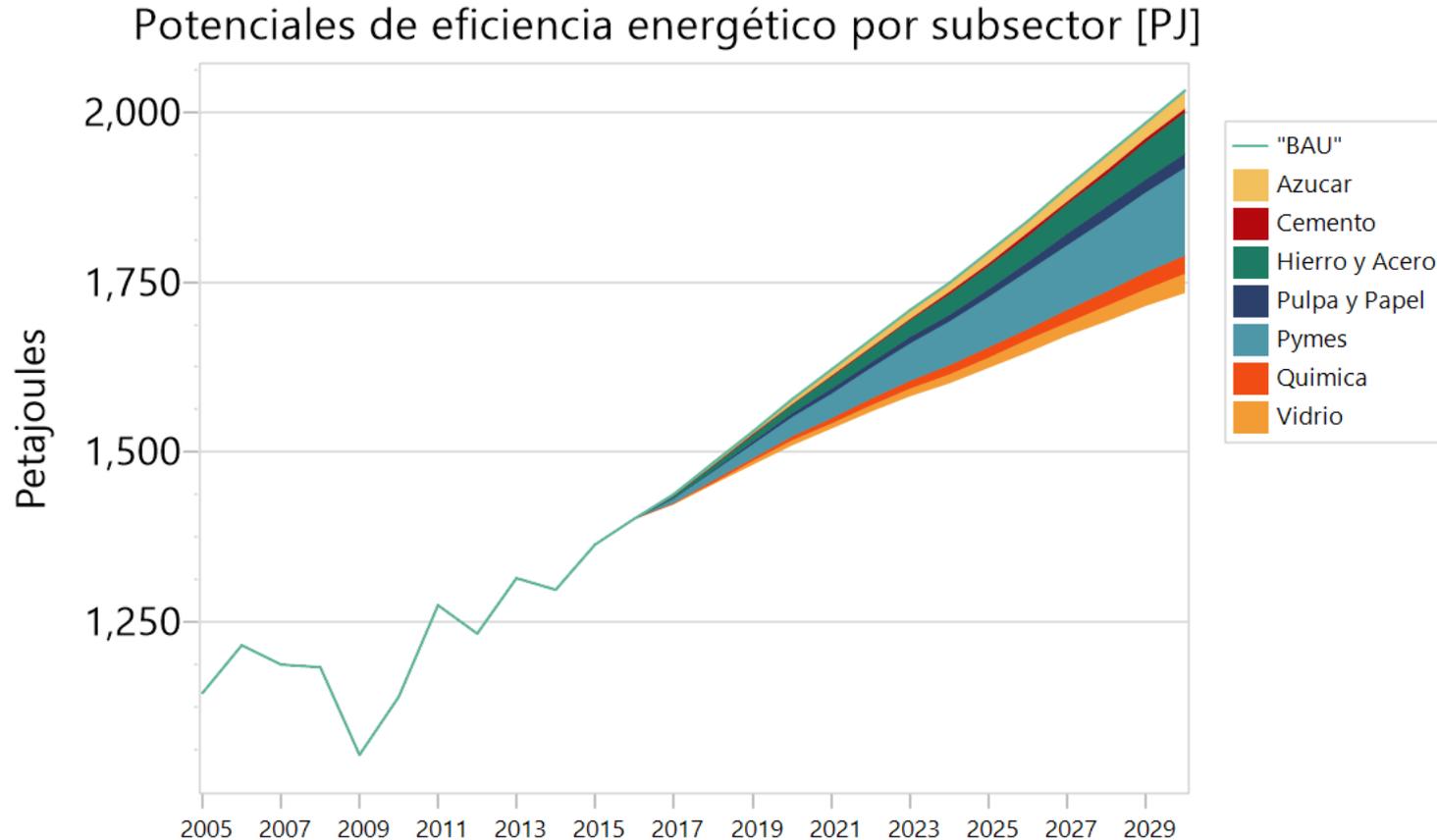
- Key Assumptions
- Demand
 - Industria**
 - Pulpa y Papel
 - Cemento
 - Hierro y Acero
 - Intensidad fisica
 - Vapor
 - Calor Directo
 - Fuerza Motriz
 - Frio
 - OU Prod
 - OU No_Prod
 - Vidrio
 - Azucar
 - Quimica
 - Pymes
 - Petroquimica
 - Resto Industria
 - Resto de los Sectores econométrico
 - Consumo Propio
 - Transformation
 - Cogeneracion
 - Autoproduccion
 - Perdidas de Transmision y Distribucion
 - Generación de Electricidad
 - Perdidas de Transporte y Distribucion GN
 - Refinerías de Petróleo
 - Plantas de gas y Fraccionadoras
 - Producción de gas natural
 - Producción de petróleo crudo
 - Resources
 - Indicators

Proyecciones en el sector energía, para el análisis de los impactos de las acciones y políticas de mitigación

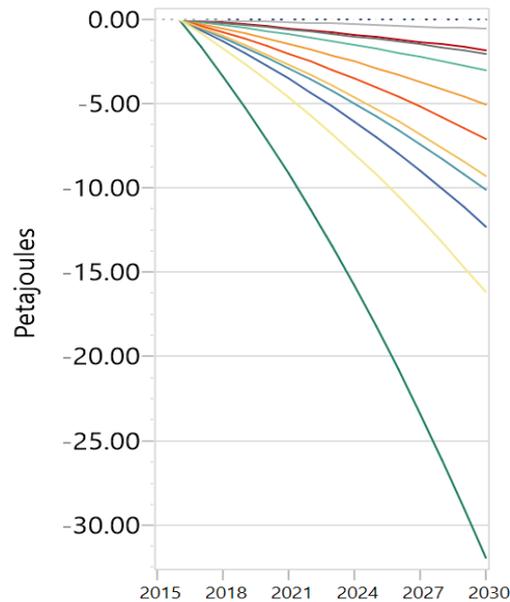
La adecuación de las medidas se realizó a partir de una profunda búsqueda bibliográfica, entrevistas a los sectores y una validación a lo largo del proceso de la confección de la hoja de ruta

El resultado resumido es la tabla con las características principales de las mismas

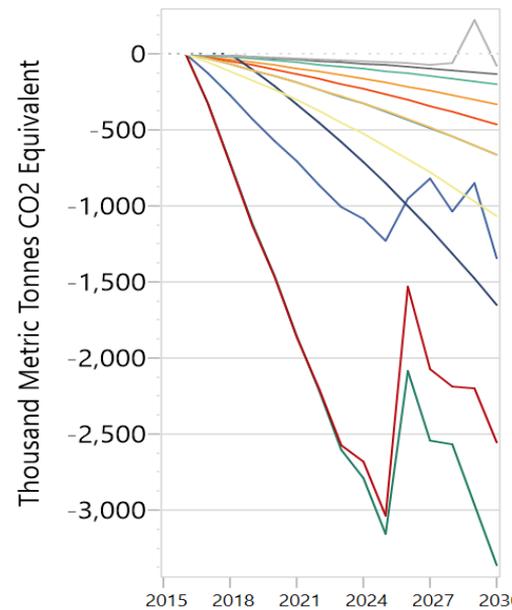
	MEDIDAS	Potencial de ahorro al 2030 (%) o GJ/Ton	Costo de inversión estimado	Costo incremental de O&M (excluye energía)	Modelado en uso
Hierro y acero	1. Altos hornos eficientes	15%	246 USD/t A.C.	-5.6 USD/t	Calor directo
	2. Moldeado y conformación directa de acero	10%	255,51 (corto plazo)	-42.37 USD/t	Calor directo
	3. Thin Slab Casting	16%	235 (corto plazo)	-55 USD/t	Calor directo + fuerza motriz
	4. Hornos de arco eléctrico eficientes	1.20%	7.83 USD/t A.C.	-6.04 USD/t	Calor directo
	Subtotal Hierro y Acero				
Cemento	1. Penetración de combustibles alternos	Llantas Interp(2017;0;2020;3; 2030;6) Firus Interp(2017;0;2020;6; 2030;15) Otros Interp(2017;0;2020;1;5; 2030;3)	Inversión 5 USD/t cemento	5 USD/t	Calor directo (combustibles)
	2. Mejoras en la molinenda	10-24 kWh/t cemento (a LEAP 21%)	2,5 a 8 USD/t (a LEAP 6 USD/t)	N/A	Fuerza motriz
	3. Ventiladores eficientes para el precalentamiento	0,7 kWh/ton cemento	0,01 USD/t cemento	0 USD/t	Fuerza motriz
	4. Variadores frecuencia en motores	6-8 kWh/ton cemento	1 USD/t cemento	0 USD/t	Fuerza motriz
Subtotal Cemento					
Vidrio	1. Hornos recuperativos (precalentamiento de aire)	15% uso calor directo	84 USD/t	N/A	Calor directo
	2. Precalentamiento de la carga (batch) y del vidrio reciclado	Reducción de 8% en uso calor directo, 40% reducción de electricidad en fuerza motriz (ver C79)	27 USD/t	N/A	Calor directo + fuerza motriz
	3. Incremento de la cantidad de vidrio reciclado (cullet)	2,5 a 3% por cada 10% de incremento de vidrio reciclado	0 USD/t	N/A	Calor directo
	4. Uso de hornos con tecnología "end-fired"	10% comparado con "cross-fired"	3,36	N/A	Calor directo
	5. Uso de variadores de velocidad en ventiladores de aire para combustión	3%	N/A	N/A	Fuerza motriz
Subtotal Vidrio					
Papel	1. Extensión de prensado para secado (Shoe press)	7.4% en vapor	38 USD/ton	2.2 USD/t	Vapor
	2. Reducción de requerimientos de aire	9.5% (10% calor directo, 90% vapor)	9.5 USD/ton	0.1 USD/t	Vapor + calor directo
	3. Recuperación de calor de secado	2.3% (10% calor directo, 90% vapor)	17.6 USD/ton	1.6 USD/t	Vapor + calor directo
	4. Secado Condebelt	7.4% (vapor)	28.2 USD/ton	N/A	Vapor
	5. Eficiencia en motores	12.9% en Fza motriz	6.0 USD/ton	0 USD/t	Fuerza motriz
	6. Automatización y control vapor	2.5% en vapor	0.4 USD/ton	0.08 USD/t	Vapor
	7. Eficiencia en la producción y cond. del vapor	13.5% en vapor	3.2 USD/ton	0.36 USD/t	Vapor
	8. Cogeneración	Reducción del 60% de la demanda neta de EE al 2030	1,400 USD/kw	N/A	Vapor
	9. Corrección factor de potencia	3% en fuerza motriz	N/A	N/A	Fuerza motriz
Subtotal Papel y Pulpa					
Química	1. Vapor – Aislamiento Térmico	2 a 5%	0.42 USD/GJ	0.24 USD/GJ	Vapor
	2. Vapor – Manejo Condensado	1 a 15%	0.63 USD/GJ	0.09 USD/GJ	Vapor
	3. Vapor – Ajuste Combustión	1 a 2%	N/A	0.71 USD/GJ	Vapor
	4. Vapor – Recup. de Calor Gases de Comb. – Economizador	2 a 3%	0.99 USD/GJ	0.49 USD/GJ	Vapor
	5. Vapor – Recuperación de Calor de Purga	0.5 a 2.5%	0.17 USD/GJ	0.24 USD/GJ	Vapor
	6. Vapor – Quemadores de Alta Eficiencia.	5 a 15%	0.23 USD/GJ	N/A	Vapor
	7. Calentadores / Hornos – Recup. de calor (Aire combustión)	7 a 10%	0.79 USD/GJ	0.23 USD/GJ	Calor directo
	8. Calent. fluido térm. – Recup. calor gases-aire/economizador	3%	0.50 USD/GJ	0.20 USD/GJ	Calor directo
	9. Aislamiento refrigeración	1 a 3%	0.0024 USD/kWh	N/A	Frio
	10. Eficiencia en bombeo, Compresores y ventilación	15 a 25%	0.0048 USD/kWh	N/A	Fuerza motriz
	11. Solar Baja Temperatura	17.6% de Calor directo	563 USD/kWt	N/A	Calor directo (comb.)
	12. Solar Media Temperatura	11.4% de Vapor	992 USD/kWt (media temp)	N/A	Vapor (comb.)
	13. Cogeneración	Reducción del 70% de la demanda neta de EE al 2030	1,200 USD/kw	N/A	Vapor
Subtotal Química					
Azucarero	1. Cogeneración	Excedente de 3,000 GWh/año al 2030	1,400 USD/kw	N/A	Vapor
	2. Mejora de prácticas en molinenda para obtener un bagazo con 46% de humedad	9% del bagazo ahorrado	N/A	N/A	Eficiencia comb.
	3. Variadores de frecuencia (VFD)	3%-7% de la demanda eléctrica	N/A	N/A	Fuerza motriz
	Subtotal Azucarero				
PyMES	1. Vapor – Aislamiento Térmico	2 a 5%	0.43 USD/GJ	0.39 USD/GJ	Vapor
	2. Vapor – Manejo de Condensado	1 a 15%	0.63 USD/GJ	0.16 USD/GJ	Vapor
	3. Cald. – Ajuste Combustión	1 a 2%	N/A	1.18 USD/GJ	Vapor
	4. Cald. – Recup. de Calor Gases de Comb. – Economizador	2 a 3%	0.98 USD/GJ	0.50 USD/GJ	Vapor
	5. Cald. – Recuperación de Calor de Purga	0.5 a 2.5%	0.16 USD/GJ	0.39 USD/GJ	Vapor
	6. Cald. – Quemadores de Alta Eficiencia.	5 a 15%	0.30 USD/GJ	N/A	Vapor
	7. Calent. fluido térm. – Recup. calor gases-aire/economizador	0.03	0.63 USD/GJ	0.34 USD/GJ	Calor directo
	8. Aislamiento refrigeración	1 a 3%	0.0024 USD/kWh	N/A	Frio
	9. Eficiencia sistemas de bombeo, compresión, ventilación	15 a 25%	0.0048 USD/kWh	N/A	Fuerza motriz
	10. Sistemas de Iluminación	10 a 90%	0.0072 USD/kWh	N/A	Iluminación
	11. Solar	563 USD/kWt	N/A	N/A	Calor directo (comb.)
	12. Cogeneración	Reducción del 10% de la demanda neta de EE al 2030	1,500 USD/kw	N/A	Vapor
Subtotal PyMES					
Petroquímica					
Resto industria no analizado					
Total INDUSTRIA					



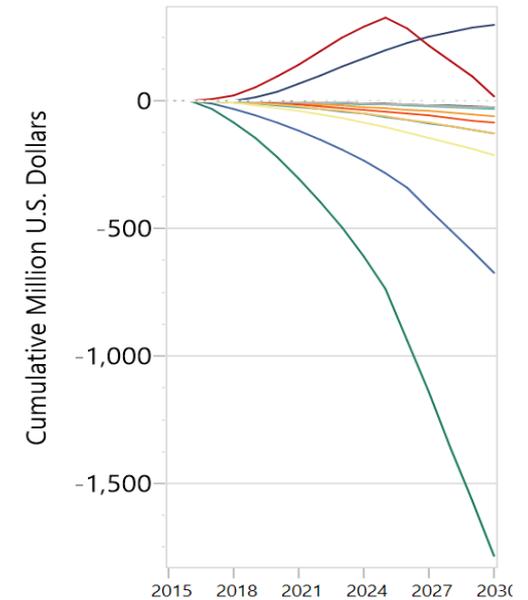
ENERGÍA



EMISIONES

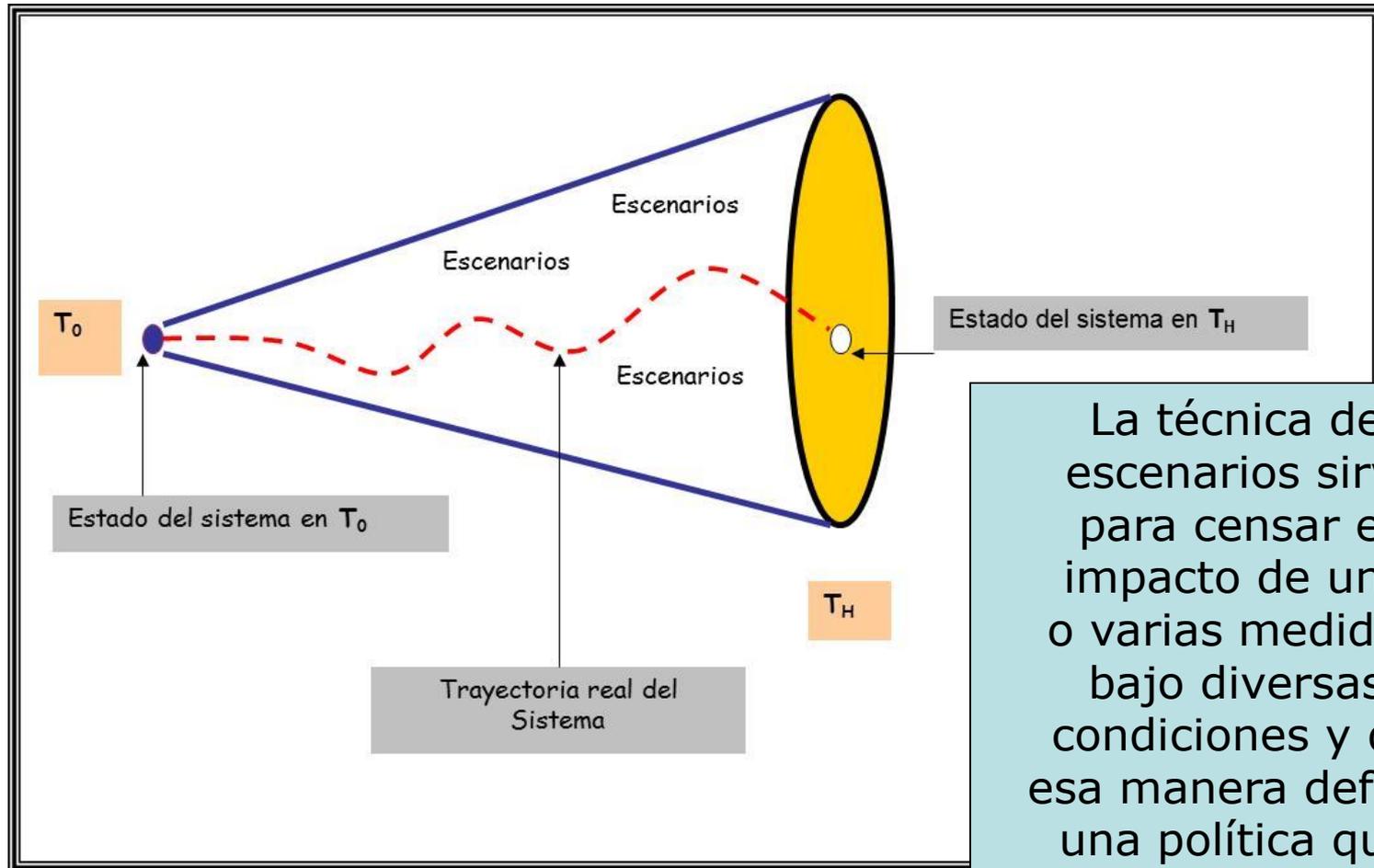


VPN Costo-Beneficio



- *Presentación del Modelo LEAP*

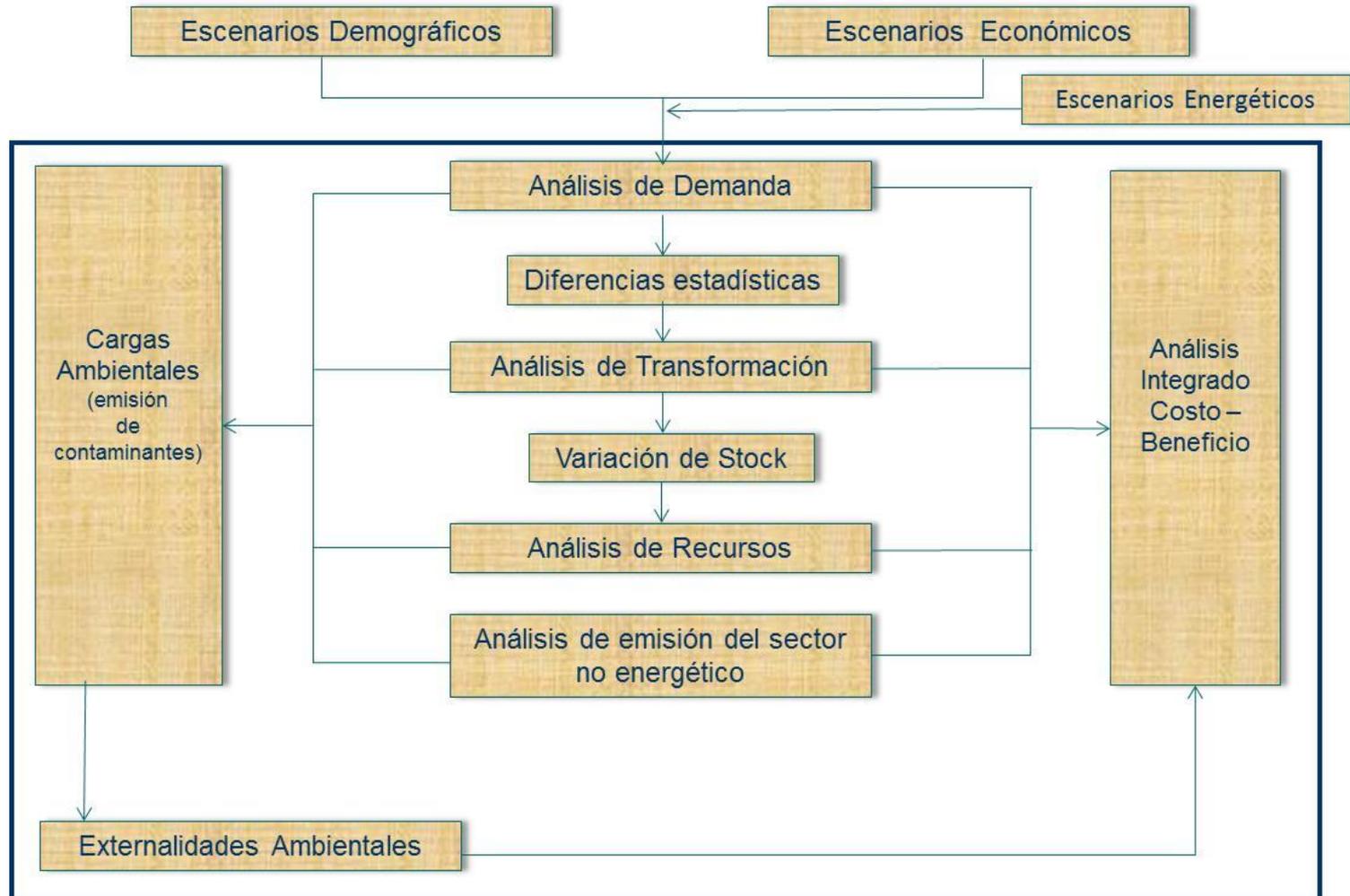
Escenarios y Prospectiva



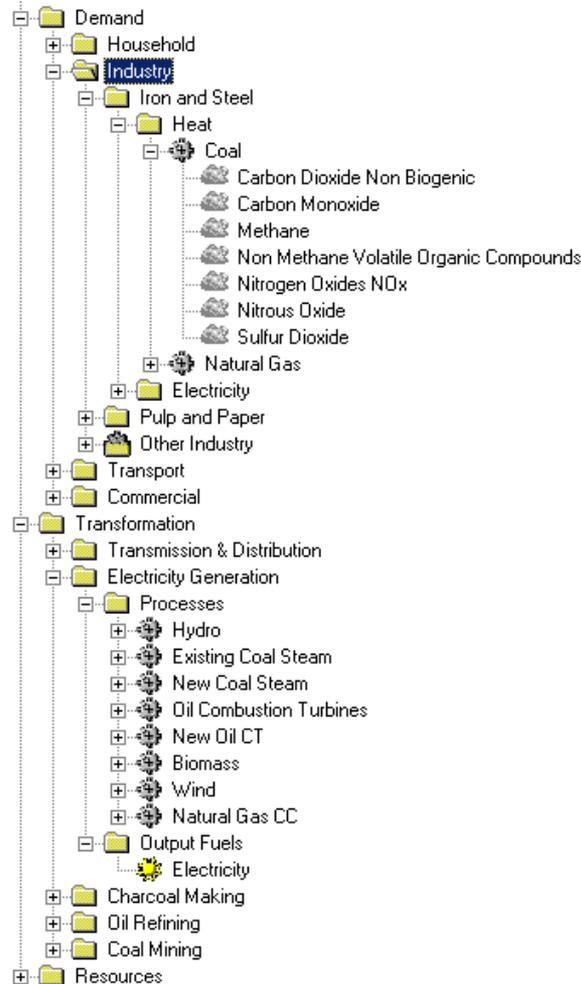
La técnica de escenarios sirve para censar el impacto de una o varias medidas bajo diversas condiciones y de esa manera definir una política que ayude a la implementación de la misma. La idea no es acertar.

II. Descripción del Modelo

LEAP - Flujo de Cálculos



El Árbol



- **Árbol:** es la principal estructura de datos para organizar la información y el modelo y para visualizar resultados.
- Los Iconos indican el tipo de datos (ej.: categorías, usos, tecnologías, combustibles y efectos).
- El usuario puede editar la estructura de datos y armarla en función de la información disponible.

Vista Principal del Modelo

LEAP: Freedomia completos

Área Vistas Análisis Editar General Árbol Gráfico Ayuda

Nueva Abrir Guardar E-mail Fuentes Efectos Unidades Referencias Ayuda ¿Qué es esto?

Rama: Demanda \ ...

Escenario: Current Accounts (2000) Gestionar Escenarios Editor de Fórmulas

Nivel de Actividad Intensidad Energética Final Costo de Demanda

Una medida de la actividad social o económica para la cual se cons [Ayuda sobre la Variable](#)

Nombre	Expression	Escala	Unidades
Residencial	8	Millones	Hogares
Industria			No data
Comercio	100	Millones	Square Meter
Transporte	40	Millones	Person

Gráfico Tabla Notas

Mostrar: Nivel de Actividad

Nivel de Actividad: Demanda (Miles Hogares)

Miles Hogares

Residencial

Área: Freedomia completos Análisis Registrado a nombre de: IDEE Argentina

III. Conclusiones

- **LEAP** responde a un **enfoque de modelización flexible**, las relaciones básicas están todas representadas en términos físicos cuantitativos no sofisticados (modelo ingenieril).
- En función de la información de base disponible, el modelo permite simular y analizar los impactos de una política energética con **mayor o menor grado de detalle**.
- Permite interactuar con otros modelos, introduciendo en **LEAP** sus resultados. Por ejemplo, se puede incorporar en **LEAP** los resultados de un análisis de expansión del sector eléctrico basado en modelos de optimización o se pueden utilizar sus propias herramientas para optimizar (sólo en el sector eléctrico).

III. Conclusiones

- **LEAP** puede ser aplicado a **nivel local, regional, nacional o mundial.**
- Con **LEAP** se puede analizar en detalle la **demanda por uso final de la energía** por tipo de usuario, fuente y tecnología, así como todo el **sistema energético en su totalidad** (**demanda-transformación-recursos**).
Enfoque sistémico.
- Recomendado para analizar el impacto de **cambios estructurales** bajo la técnica de escenarios y para la elaboración y diseño de **políticas energéticas y ambientales.**

IV. Descripción detallada del Modelo

Capacidades del Modelo

- **Demanda de Energía:**

- Se analiza desde un **punto de vista jerárquico:**
(nivel de actividad x intensidad energética)
- Elección de metodologías (energía neta, energía útil).
- Modelo apropiado para analizar la rotación de stock.

- **Transformación:**

- Simulación de **cualquier centro de transformación** (generación eléctrica, transmisión y distribución, refinerías de petróleo, producción de carbón vegetal, extracción de carbón mineral, extracción de petróleo, producción de etanol, etc.)
- Despacho del sistema eléctrico en base curvas de carga (opcional).
- Modelización tanto exógena como endógena al modelo de la capacidad de expansión.

- **Recursos Energéticos:**

- identificación de los requerimientos de energía, producción, abastecimiento, importación y exportación.
- **Costos:**
 - Determinación de los Costos para la Sociedad de todo el sistema: capital, O&M, combustibles, costos de energía ahorrada, externalidades medio-ambientales.
- **Medio-Ambiente:**
 - Calcula todas las emisiones e impactos directos del sistema energético.
 - Así también las emisiones No-energéticas y sumideros.
- **Balances Energéticos:**
 - Permite elaborar y proyectar balances energéticos

Vista Principal del Modelo

View bar usado para cambiar las vistas (se puede ocultar)

Menu Principal

Barra de Herramientas principal, brinda acceso a datos comunes (combustibles, referencias, efectos) y funciones comunes (salvar, area nueva, etc.)

Arbol usado para organizar los datos de la estructura del LEAP

Expresiones del Modelo

Nombre	2000 Value	Expresion	Escala	Unidades	Por
Residencial	8.00			Hogares	
Rural	70.00			Share	of Hogares
Con EE	25.00			Share	of Hogares
Iluminacion	100.00	100	Porcentaje	Saturation	of Hogares
lamparas incand...	100.00	100	Porcentaje	Saturation	of Hogares
lamapra ke	20.00	20	Porcentaje	Saturation	of Hogares

Barra de estado, muestra el area en la cual se esta trabajando (Freedonia S)

Resultados Intermedios como Gráficos o Tablas

Gráfico: Nivel de Actividad: Iluminacion (% Saturation of Hogares)

Mostrar: Nivel de Actividad

Y-axis: % Saturation of

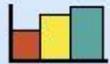
X-axis: 2000, 2002, 2004, 2006, 2008, 2010, 2012, 2014, 2016, 2018, 2020, 2022, 2024, 2026, 2028, 2030

Barra de Vista General



Analysis

- **Vista de Análisis:** Es la principal vista del LEAP: es donde se crean las estructuras de los datos, el modelo y los escenarios.



Results

- **Vista de Resultados:** es donde se pueden examinar los resultados de los escenarios en forma de gráficos y/o tablas.



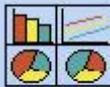
Energy
Balance

- **Balances Energéticos:** muestra el balance energético del sistema energético en análisis para un año en particular. Diagrama Sankey.



Summaries

- **Vistas Resúmenes:** muestra las comparaciones del análisis costo-beneficio de los escenarios y otros reportes diseñados por el usuario.



Overviews

- **Vistas Generales:** es donde se agrupan múltiples gráficos con fines de crear una presentación, según el criterio del usuario.



Technology
Database

- **TED:** Technology and Environmental Database – características tecnológicas, costos e impactos ambientales de aprox. 1,000 tecnologías energéticas.



Notes

- **Notas:** donde el usuario documenta sus datos y los modelos utilizados

Terminología

- **Area:** el sistema a ser estudiado (ej.: país o región).
- **Current Accounts:** los datos que describen el Año Base (primer año) del período en estudio.
- **Escenario:** corresponde a un conjunto consistente de hipótesis acerca del futuro, partiendo del “Current Accounts”. El LEAP puede tener un número ilimitado de escenarios.
- **Arbol:** es la principal estructura organizacional del LEAP – visualmente es similar al árbol del Windows Explorer.
- **Rama:** es una desagregación del árbol. Esta puede estar organizando categorías, artefactos utilizados en la demanda, módulos de Transformación, procesos de Transformación, variables independientes, etc.
- **Variable:** son los datos de una rama. Cada rama puede tener múltiples variables (ej.: una demanda tecnológica, puede tener un nivel de actividad, intensidad energética, costos y variables de eficiencia). El tipo de variables depende del tipo de rama y de sus propiedades.

Ramas del Árbol de Categorías

- **Las Ramas de Demanda pueden ser del siguiente tipo:**



Categoría: este tipo de ramas se utilizan principalmente para la organización de las otras ramas en las estructuras de datos jerárquicos. Estas ramas contienen datos sobre los **niveles de actividad, costos** y cualquier **variable del usuario**. Por debajo de éstas ramas, en el último nivel se especifican las **Tecnologías con sus respectivas intensidades energéticas**.



Categoría con intensidad energética: se utilizan para representar una categoría de rama en la que las intensidades energéticas se especifican en un nivel por encima de las tecnologías. Estos tipos de ramas se utilizan en tres casos:

- a) en el caso de poseer datos de **intensidad de la energía para un uso final (o sector)** y tener datos de **participación de los combustible** (no se cuenta con datos de intensidad energética a nivel de los artefactos en el uso final). Es utilizado para la proyección de Balances,
- b) en el caso de tener **artefactos que utilizan más de un combustible** (ej.: Motores Otto que consumen una mezcla de gasolina y etanol) o
- c) en el caso que desea llevar a cabo un **análisis de la demanda de energía útil**. (ej.: prospectiva de los **usos, tecnologías y rendimientos**)
- En este último caso es necesario activar la casilla de análisis de energía útil adicional en la pantalla de propiedades de ramas. Al realizar un análisis de energía útil, se puede optar por ingresar datos para el año base para el uso final de dos maneras diferentes. A) Activando el casillero de las intensidades de energía neta final en el año base, para especificar intensidades finales de energía (es decir, la cantidad de combustible utilizado en el uso expresado en energía neta) o B) dejar la casilla sin marcar para especificar los requisitos en energía útil (es decir, la demanda de energía se especifica en energía útil en el año base). En cualquier caso siempre se ingresa la demanda útil para los escenarios. En ambos casos se deben también especificar los rendimientos medios en los artefactos.

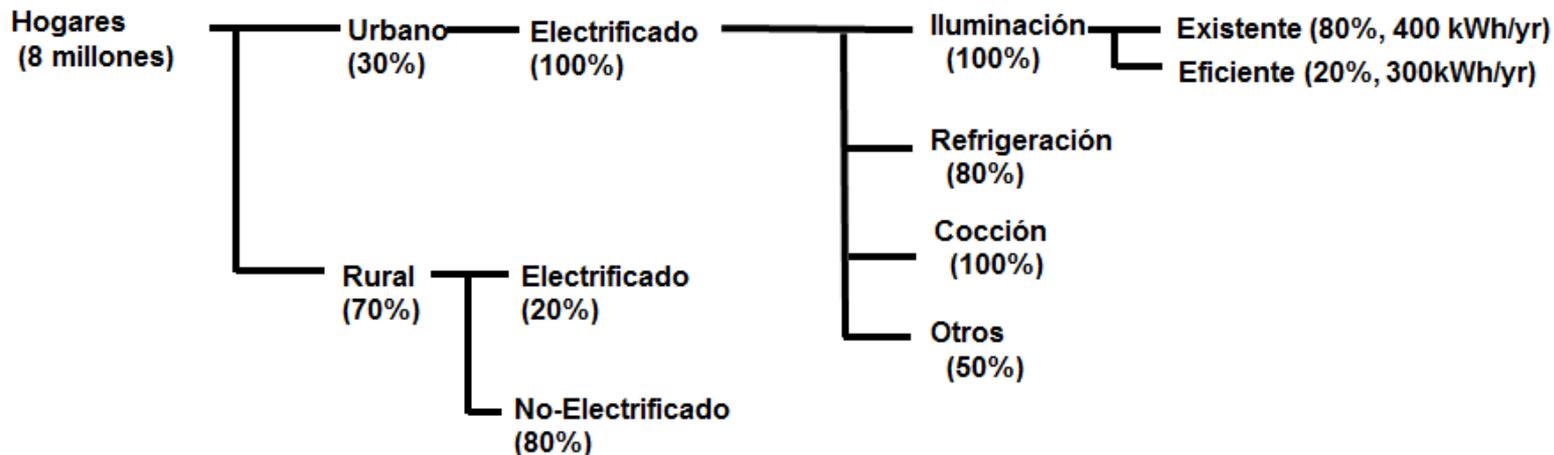
Ramas del Árbol de Tecnologías

- **Tecnología con Intensidad energética:** estas ramas son usadas para representar el consumo final de energía a nivel de los artefactos, por lo tanto al seleccionar este tipo de rama el usuario deberá también seleccionar el combustible utilizado. Las tres metodologías básicas con que cuenta LEAP para analizar la Demanda, están representadas por estos iconos:
 -  **Análisis por Nivel de Actividad**, en el cual el consumo de energía es calculado como el producto de un Nivel de actividad y una intensidad energética anual (energía usada por unidad de actividad).
 -  **Análisis de Stock**, en el cual el consumo de energía es calculado analizando el stock actual y proyectado de los artefactos que usan energía, y la intensidad energética anual de cada artefacto.
 -  **Análisis de Transporte**, en el cual el consumo de energía es calculado como el producto del número de vehículos, la distancia anual viajada por vehículo y el consumo específico por vehículo.
-  **Tecnología con Energía total:** se utiliza este tipo de rama tecnológica, cuando se desea proyectar directamente el consumo energético, ingresando el total de energía consumida.
-  **Variables Principales (Key Assumptions)** son ramas que se utilizan para indicar variables independientes (demográficas, macroeconómicas, etc.)
-  En las ramas de **Transformación**, las **ramas de combustibles** indican el insumo energético, los insumos auxiliares y los output de cada módulo de transformación. En los **Recursos**, estos indican recursos primarios y secundarios que son producidos, importados y exportados en el área en estudio.
-  **Efectos**, se trata de ramas que indican lugares donde hay cargas ambientales (emisiones) que luego LEAP calcula.

Un Simple Análisis de Demanda Energética en LEAP

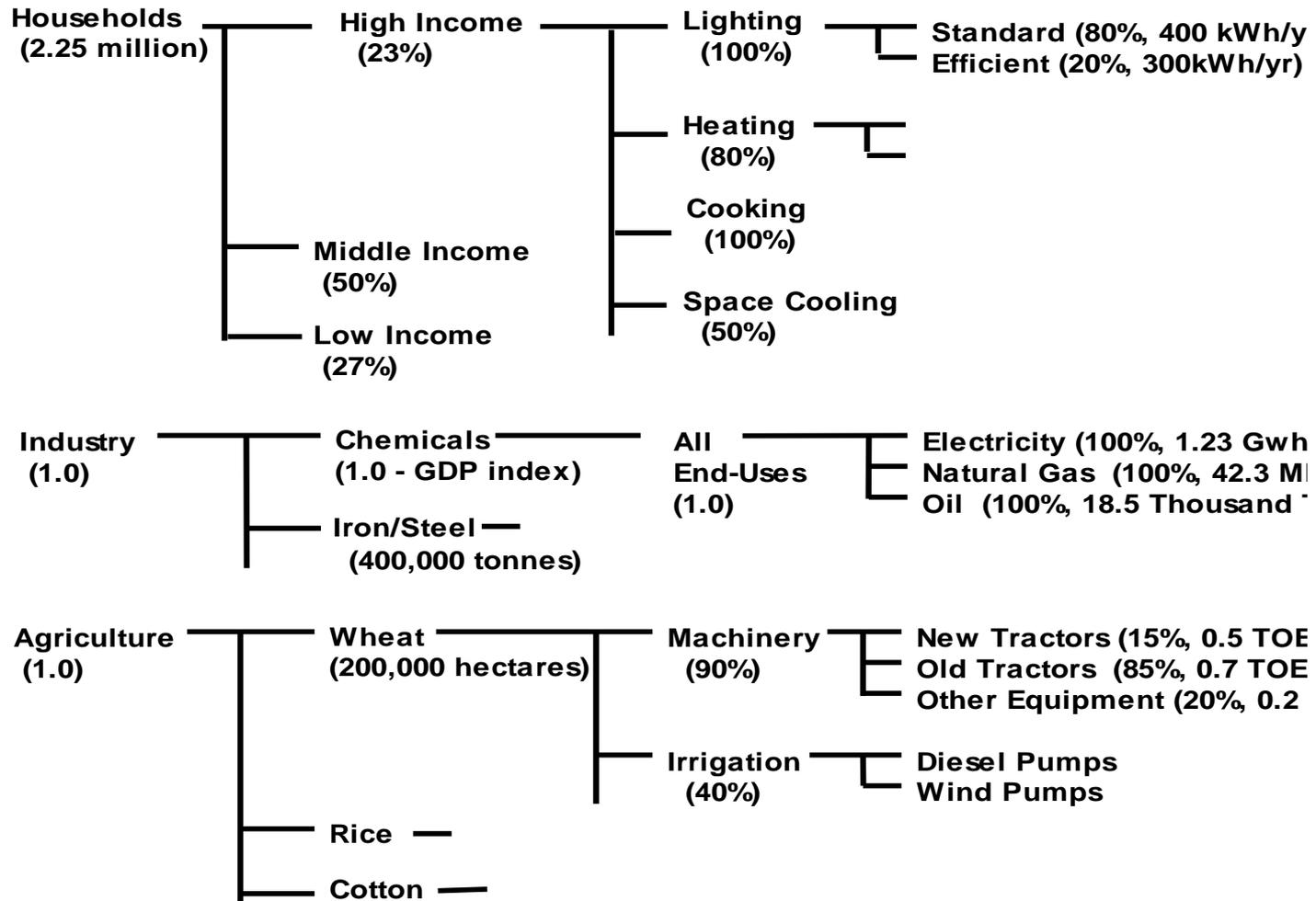
- Identificar las **variables socio-económicas** que **"controlan"** el consumo energético.
- **Organizar** la estructura del consumo energético en forma de **"árbol" jerárquico**:
 - Ejemplo: Sectores, Subsectores, Usos finales, Combustibles/Tecnología
- Por lo general, se debe especificar el nivel de actividad total o global en lo **más alto del "árbol"**:
 - Ejemplo: número total de hogares, valor agregado industrial, etc.
- Desagregar el total de la actividad hacia los niveles **más bajos del "árbol"**
 - Ejemplo: 30% de los hogares son urbanos, y el 95% posee heladera)
- En el **último nivel del "árbol"** especificar el **combustible** consumido por cada artefacto y **asignar** allí una **intensidad energética anual**
 - Ejemplo: 500 Kwh/hogar-año para heladeras eléctricas en el uso refrigeración utilizando Electricidad)

Estructura de Demanda



- El árbol es la principal estructura de datos utilizada para organizar la información y los modelos, así como para visualizar los resultados.
- Los iconos indican el tipo de datos (ej.: categorías, tecnologías, combustibles y efectos ambientales).
- El usuario puede editar el árbol en la pantalla utilizando funciones (copy, paste, drag & drop).
- La estructura puede ser detallada y orientada al uso-final, o muy agregada (ej.: sector por combustible).
- Los detalles pueden variar de sector en sector.

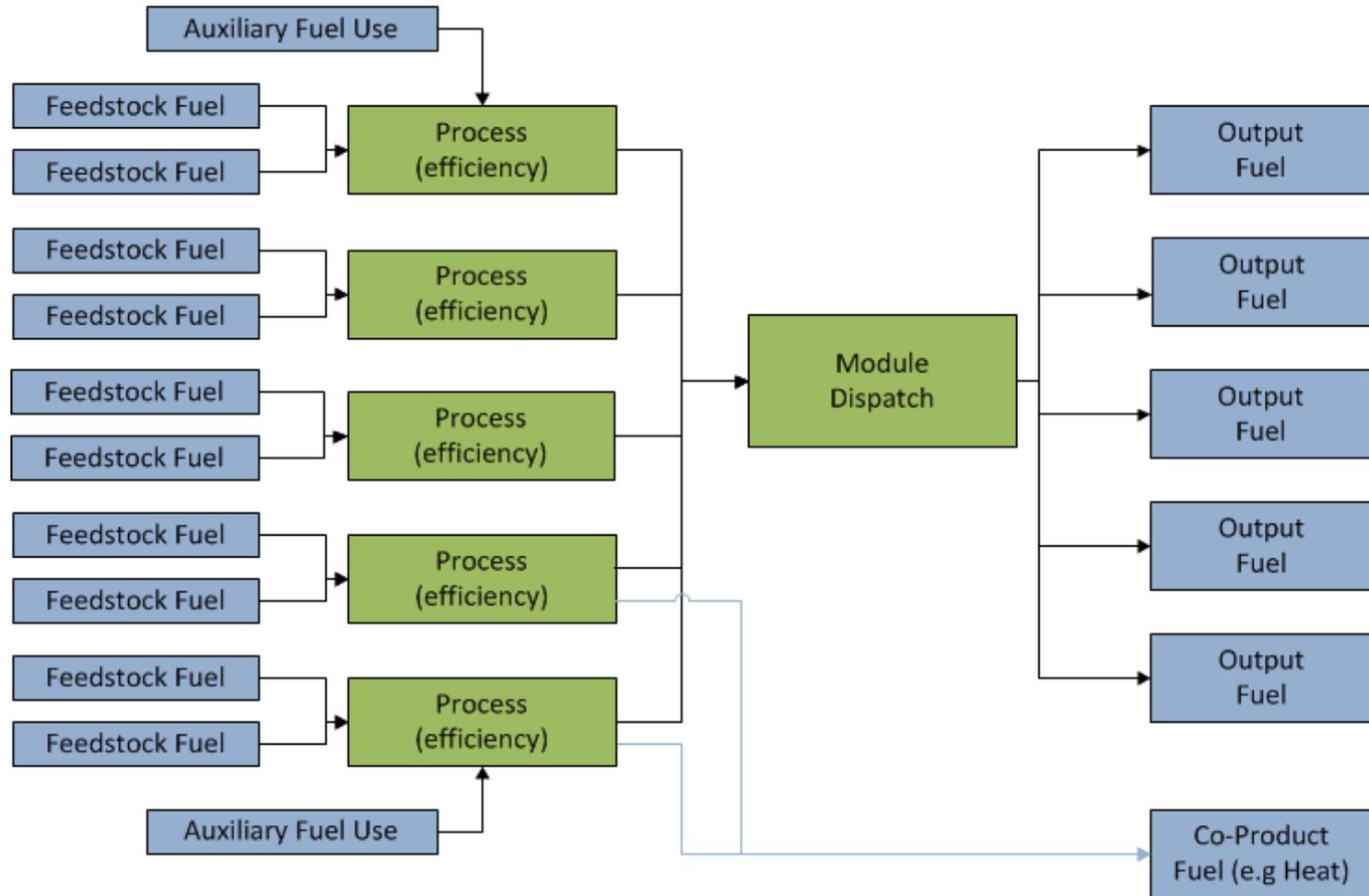
Estructura de la Demanda

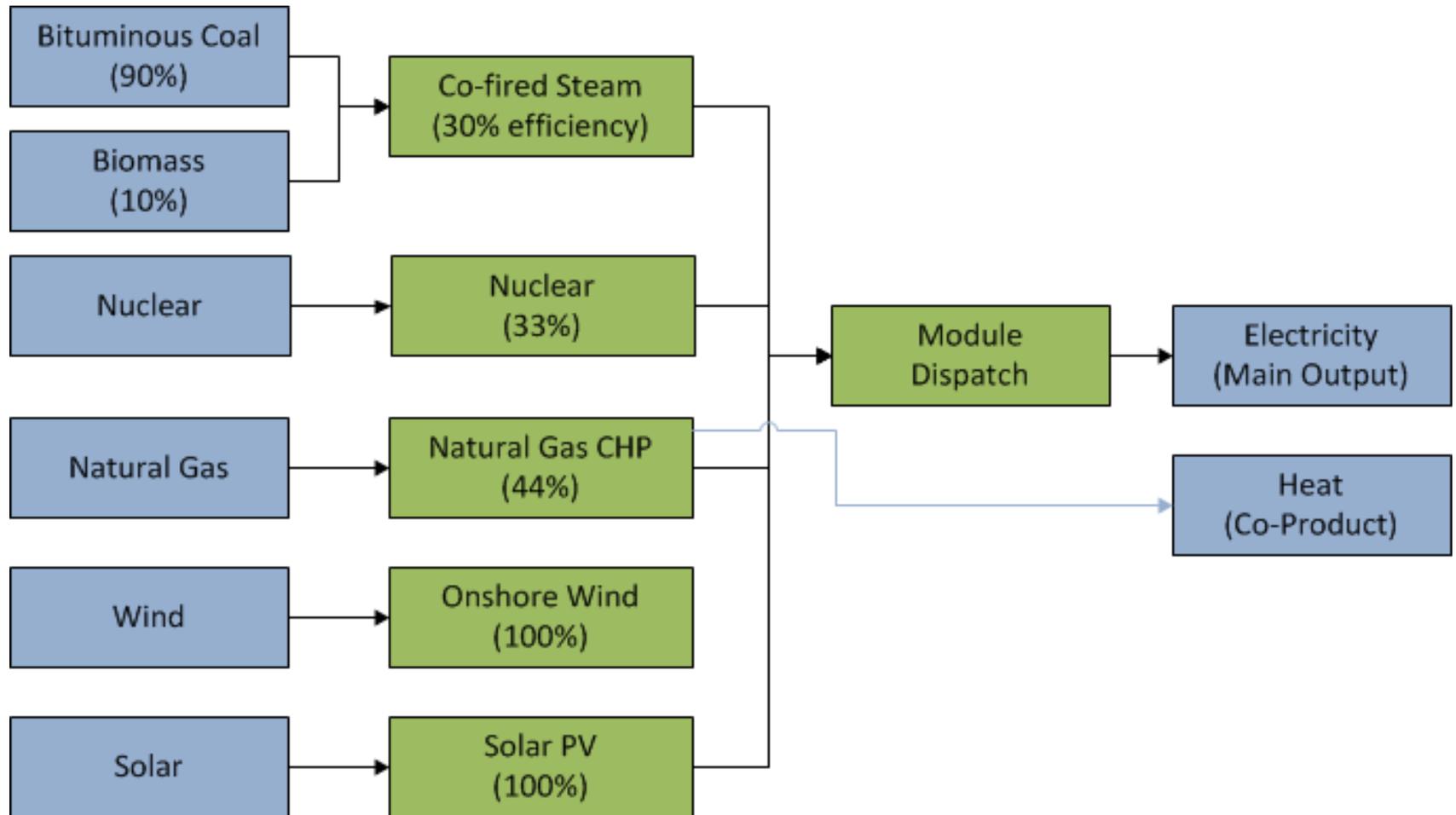


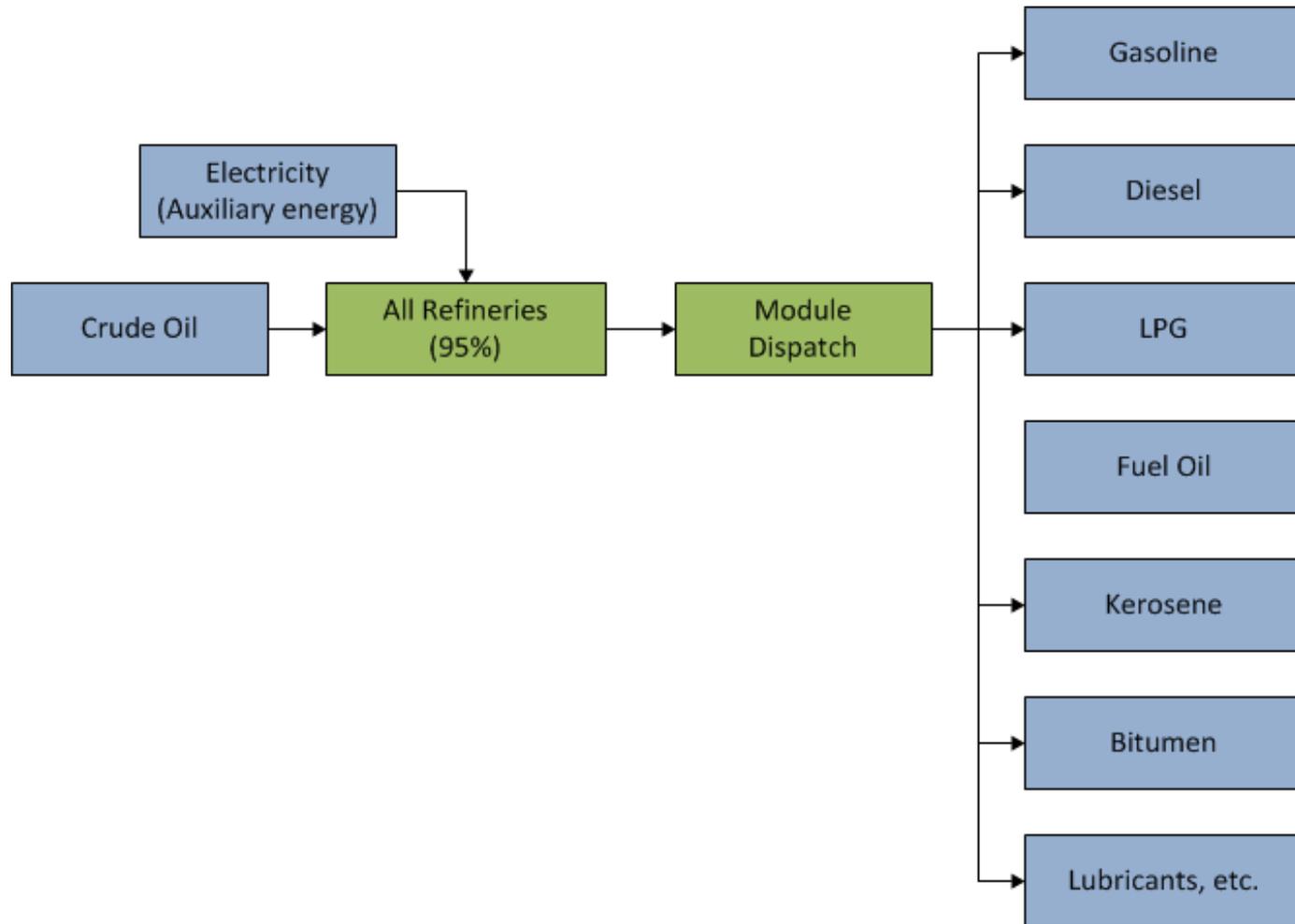
Análisis del Sector Transformación

- **Objetivo:** representar los procesos de **conversión** de la energía, de **transmisión y distribución** y de **extracción** de recursos.
- Simulación basada en la **Demanda** y en **conceptos ingenieriles** (no hay retro-alimentación oferta-demanda).
- Se utilizan **dos niveles** jerárquicos: “**modulos**” (sector de transformación), cada uno contiene uno o más “**procesos**” (tecnologías).
- Dos metodologías disponibles en cuanto a la forma de trabajar posee el modelo: **Simulación** y **Optimización** (sólo sector eléctrico)
- Calcula **importaciones, exportaciones** y requerimientos de **recursos primarios y secundarios**.
- Estima también **costos** y cargas **medio-ambientales**.

Módulos de Transformación







Hay dos temas a considerar:

- 1. Despacho:** Una vez construída, ¿**Cómo** deberían ser operadas las plantas? (MW-Hr)
- 2. Expansión de la Capacidad:** ¿**Qué** capacidad incorporar y **cuando** construirla? (MW)

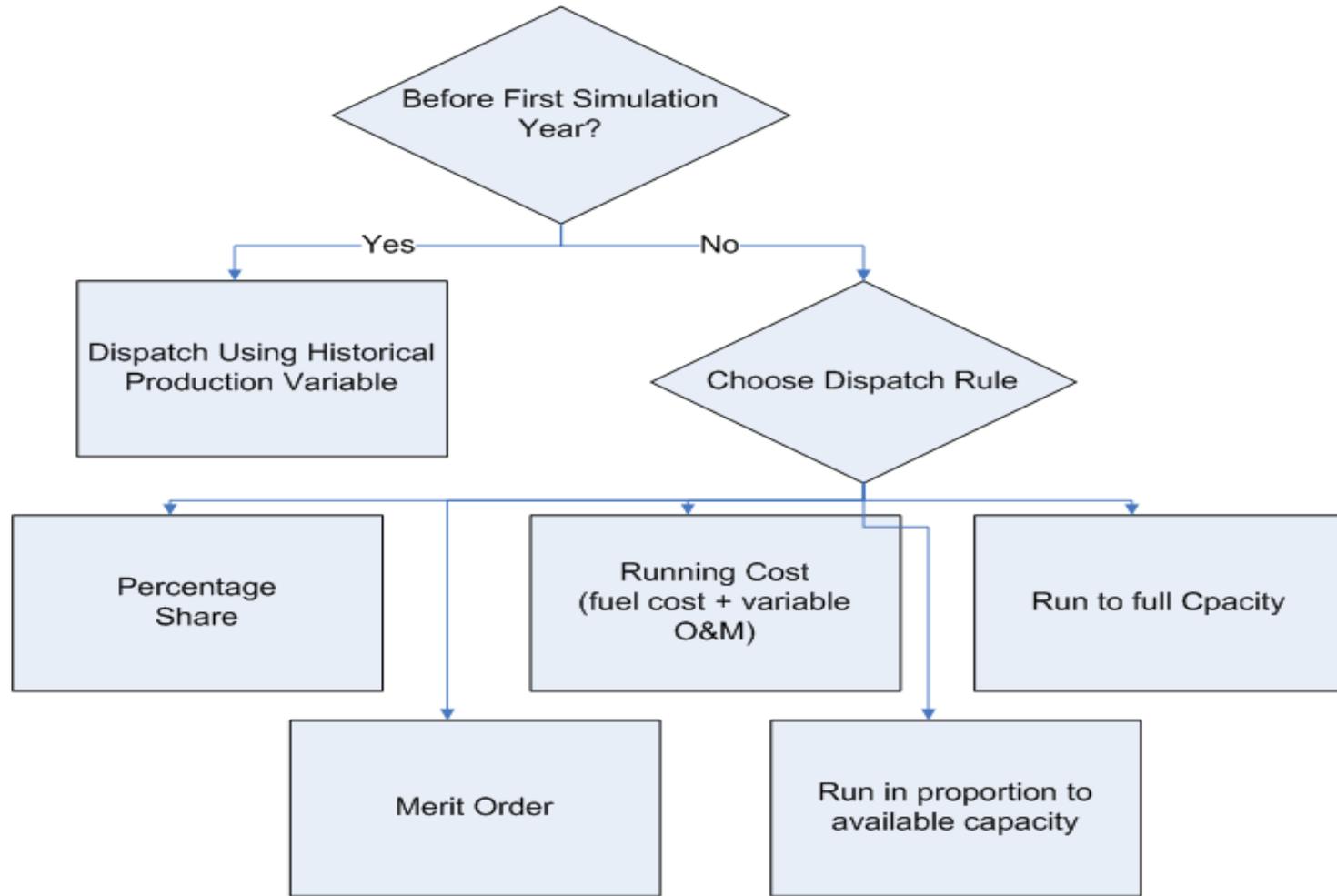
Dos Modos de Despacho

- 1. Modo 1: Histórico:** LEAP simplemente despacha las plantas basándose en la generación histórica
- 2. Modo 2: Simulación:** las plantas son despachadas, basándose en varias reglas de despacho, desde una muy simple (% del total de la generación) hasta más sofisticadas (despachadas por orden de mérito o en costos de funcionamiento ascendentes)

Establecer el **First Simulation Year** para cada proceso, de modo de determinar hasta cuando usar información histórica y a partir de que momento el modelo usa el modo simulación.

El usuario puede **mezclar** reglas o modos de despacho entre procesos aledaños (ej.: despachar la eólica como porcentaje para alcanzar un determinado objetivo de penetración de renovables, pero despachando el resto de las plantas en orden de mérito)

Entendiendo el Despacho



*Si se dispone de información de las **Capacidad** de los Procesos:*

- **En proporción a la Capacidad en Firme:** en este caso el proceso es despachado de forma tal de mantener la relación entre las máximas capacidades disponibles de cada planta (*capacidad * factor de capacidad máximo*), hasta satisfacer los requerimientos.
- **Producir a Plena Capacidad:** en este caso el proceso se despacha en función de la máxima capacidad sin considerar los requerimientos. Se usa este tipo de despacho en aquellos casos donde se quieren simular escenarios que generen eventuales saldos exportables.

Si se dispone de información de las **Capacidad** de los Procesos y de una **Curva de Carga del Sistema**:

- **En Función del Orden de Mérito (excepto en el Año Base):** se usa esta opción para simular el despacho eléctrico, alcanzando la demanda anual de **energía** así como la demanda instantánea de **potencia** en los diferentes períodos en que fue calculada la curva de carga. Las plantas se despacharán de acuerdo a su **orden de mérito**. En el año base las plantas son despachadas según la información consignada en dicho año.
- **En Función del Orden de Mérito (todos los años):** es igual al anterior con la salvedad de aquí se puede **estimar el despacho en el año base**, en el caso de no estar disponible dicha información.

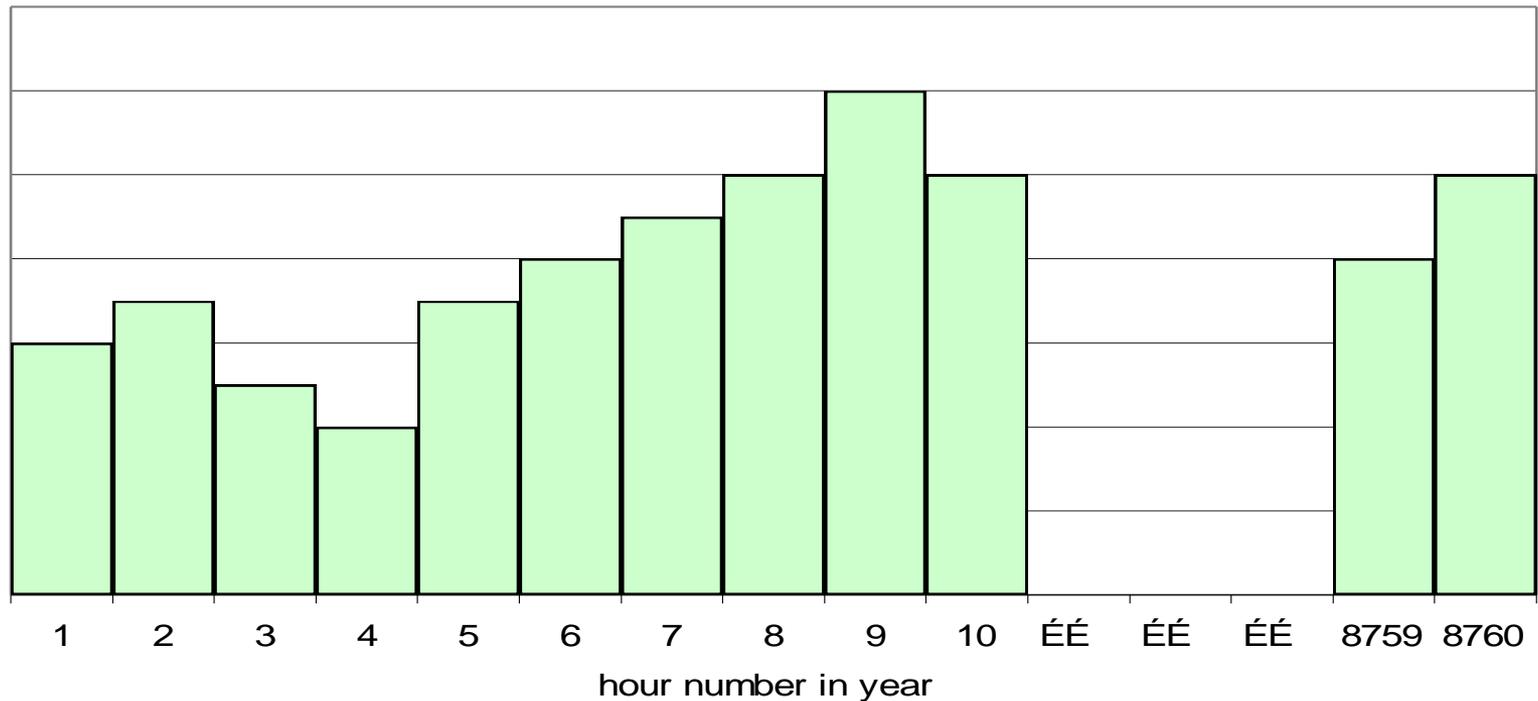
Diferentes reglas de Despacho del Sistema Eléctrico (cont.)

Si se dispone de información de las **Capacidad** de los Procesos y una **Curva de Carga del Sistema**, además de los **Costos**:

- **En orden Creciente de los Costos Variables:** esta opción es similar a la de "*orden de mérito*" con la diferencia que el proceso de despacho será en orden ascendente de sus **costos de operación** (costos variables + costo del combustible).

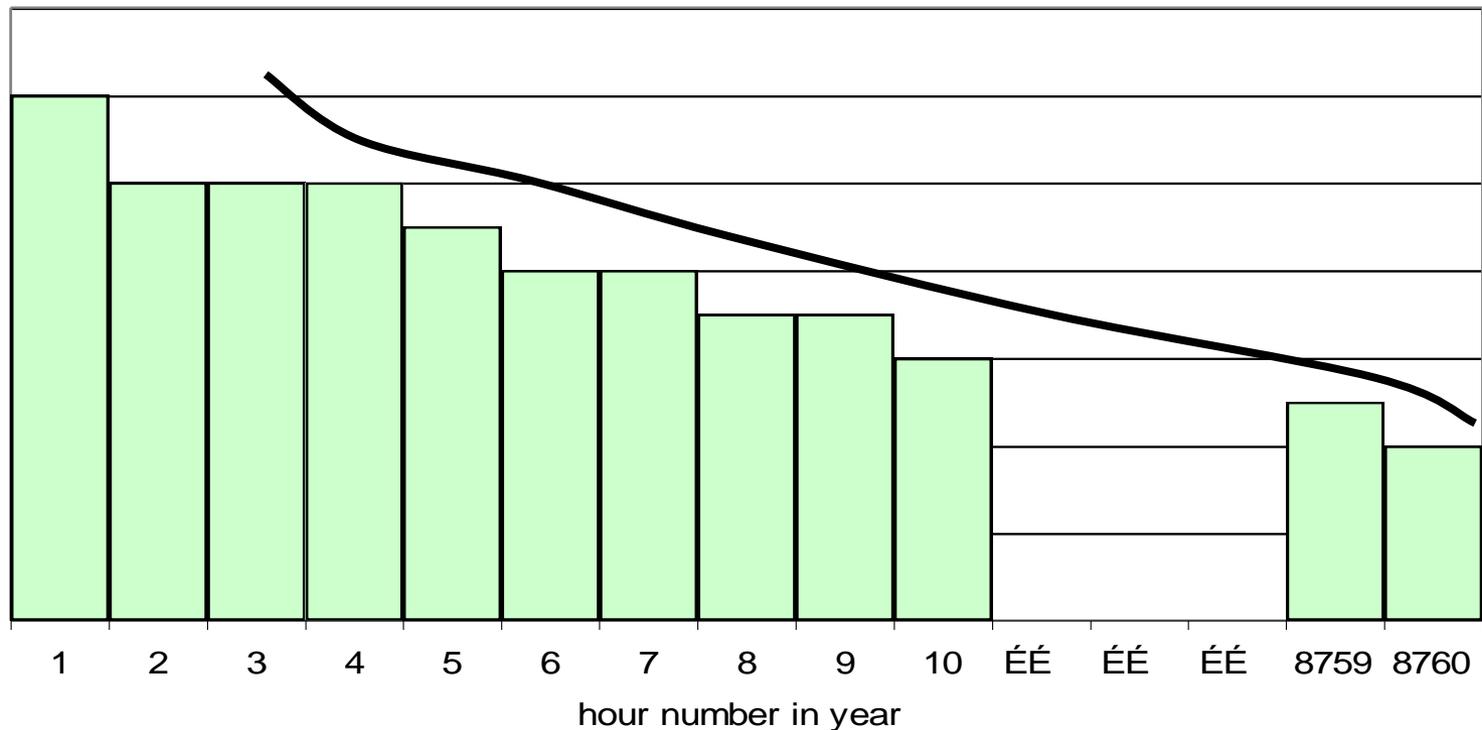
Curva de Demanda Horaria

- Hora-por-hora la curva de carga
 - La Demanda de Potencia en cada hora del año
 - Area = Potencia (kW) x tiempo (1 hora) = Energía (kWh)

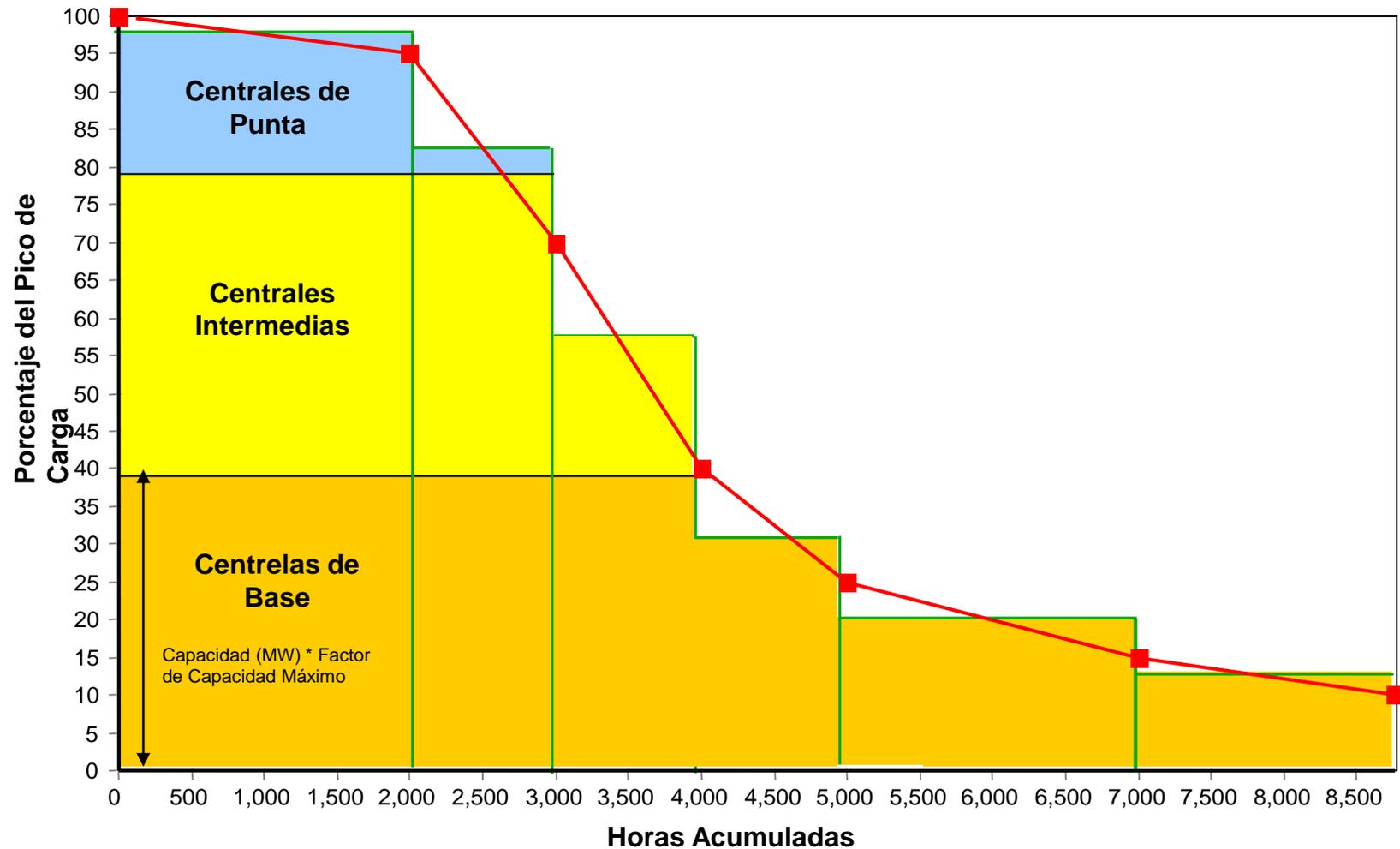


Duración de la Curva de Carga

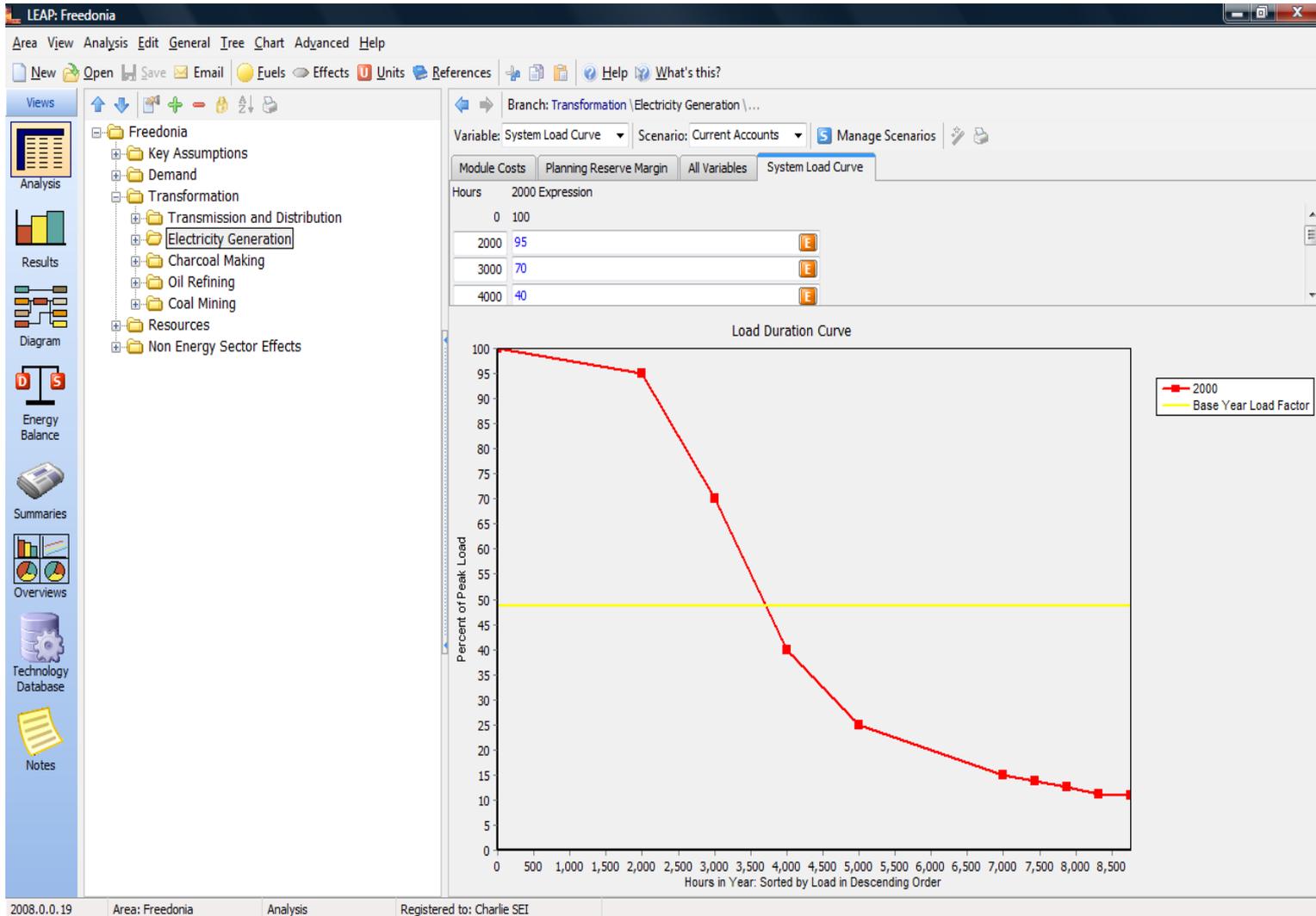
- Reordenar la curva de demanda horaria
 - Las horas en el eje de las X representa el número de horas/año que la demanda es mayor o igual que un valor particular



Duración de la Monótona de Carga

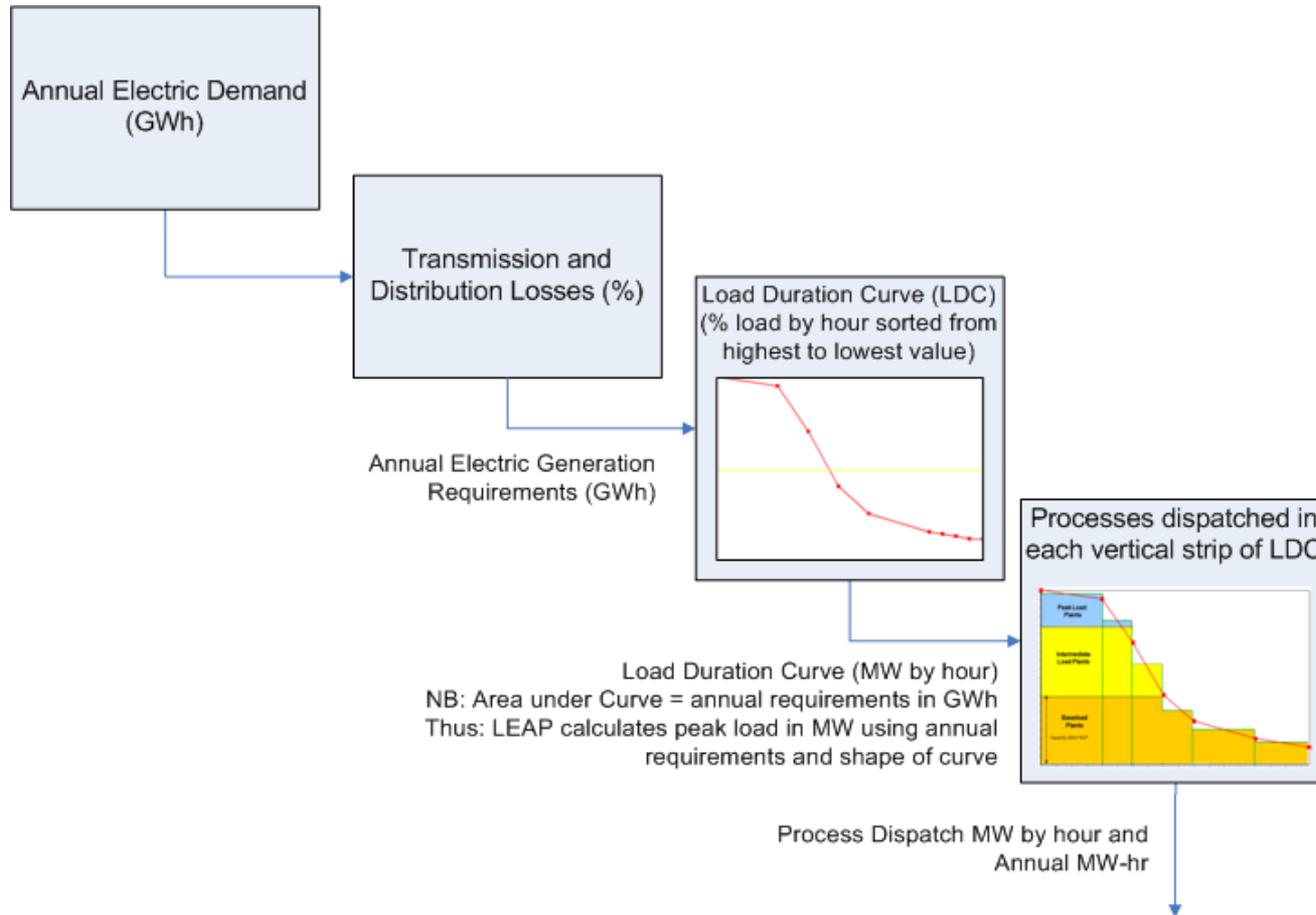


Curva de Carga en LEAP

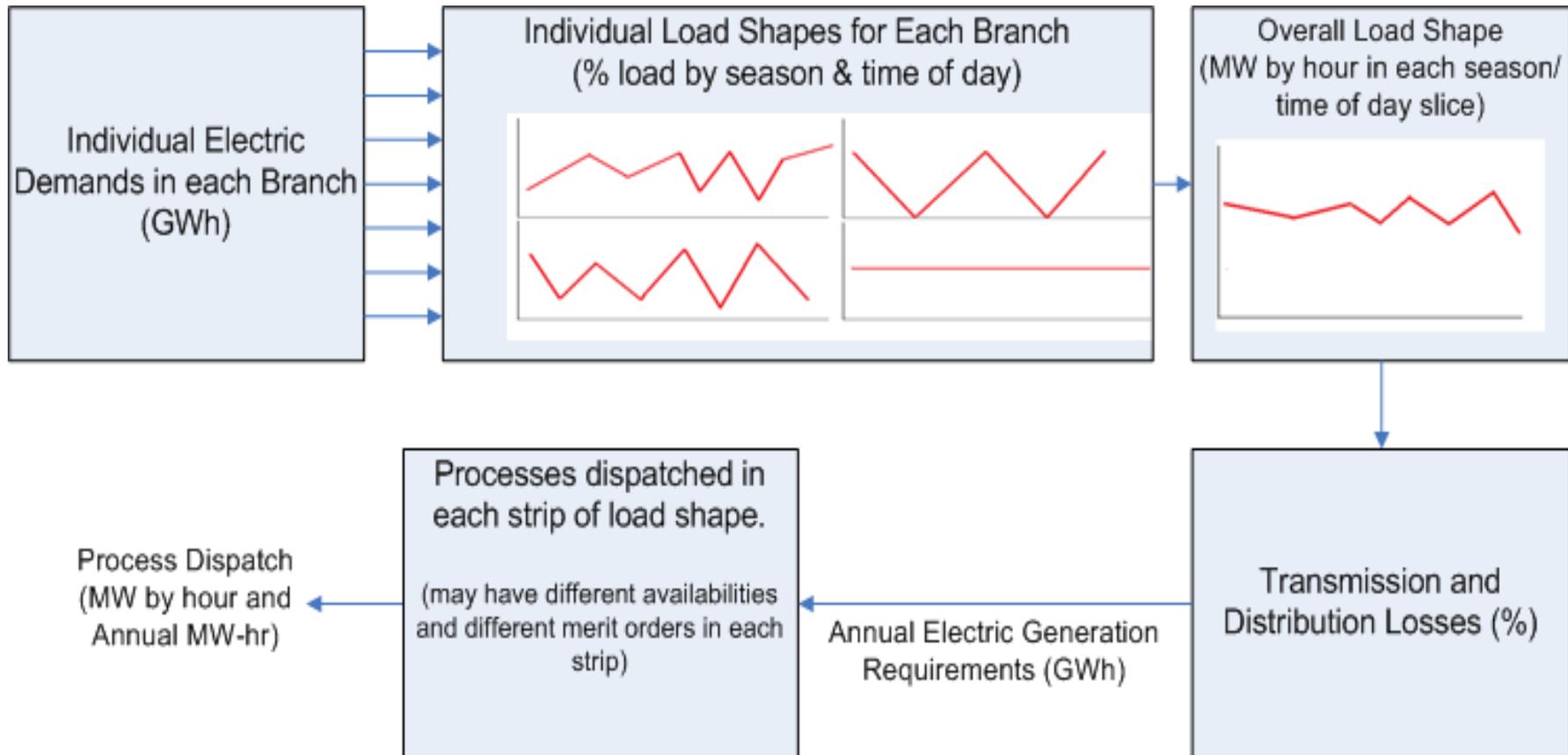


- Las plantas son despachadas para lograr al mismo tiempo **abastecer la demanda de energía** (en MWh) así como el pico de demanda **instantáneo de potencia** (MW), el cual puede variar por hora, día o estación.
- El usuario puede exógenamente especificar la duración de la **curva de carga** y LEAP despachará las plantas por orden de mérito.
- Alternativamente, la forma de la curva de carga **puede ser especificada para cada artefacto**, de modo que la curva de carga global del sistema sea **calculada endógenamente** por LEAP. Por lo tanto, los efectos de una política de DSM sobre la forma de la curva de carga global, puede ser explorada por diferentes escenarios.
- El despacho de las plantas puede también **variar por estación** (ej.: para reflejar como las hidro son despachadas entre estaciones secas y húmedas). Se simula con Max. Availability.

Cálculos de Despacho Eléctrico para una Curva de Carga Exógena



Cálculos de Despacho Eléctrico para una Curva de Carga Endógena



Expansión de la Capacidad

Hay dos modos para especificar la capacidad actual y futura en modo simulación:

- 1. Capacidad Exógena:** el usuario especifica la capacidad actual y futura, así como los retiros de plantas (ej: datos de un plan de expansión eléctrico).
- 2. Capacidad Endógena:** el usuario especifica el tipo de plantas a ser construidas y LEAP indica **cuando** agregar esas plantas a fin de mantener un determinado margen de reserva planificado.

Incorporación endógena de Centrales Eléctricas en LEAP. Modo Simulación

- **Máxima Disponibilidad** (Maximun Availability): es el factor de planta máximo con que puede disponerse para el despacho de una central. El mismo depende de la variabilidad del recurso con que se genera, de las indisponibilidades no programadas y las programadas y otras posibles restricciones.
- Su estimación puede variar dependiendo de los intervalos de tiempo que se definan. Podría usarse un valor promedio para todo el año o refinarse la modelística estimando distintos promedios para diferentes períodos.
- Este valor puede presentar en LEAP un valor constante (promedio) para todo el año o una estacionalidad. Ej.: las hidro pueden tener una MD del 60% en la época de estiaje, con máximos de 80% en alguna otra época del año

Incorporación endógena de Centrales Eléctricas en LEAP. Modo Simulación

- **Capacidad en Firme** (Capacity Credit): ésta es la potencia que se puede considerar realmente como disponible a fin de abastecer el **pico de la demanda de potencia**.
 - Se estudia en que momento del año se dará el pico de la demanda (o sea en que hora del día) y para ese momento del pico se estudia cual será la potencia máxima que podría entregar cada central y de allí se estima la **capacidad en firme** de cada planta.
 - Por ej.: si el pico de la demanda de potencia lo tengo en verano y en esa época las hidro aportan un 40% como máximo de potencia nominal (por falta de agua en esa época del año), se utiliza 0,4 y lo afecto por este factor a la potencia nominal de la planta (ej: 500 Mw) y nos da la **capacidad en firme** de $0,4 * 500 \text{ Mw} = 200 \text{ Mw}$. Entonces LEAP para calcular con cuanta potencia de Hidro dispongo para atender el pico, será solo de 200 MW.

Incorporación endógena de Centrales Eléctricas en LEAP. Modo Simulación

- **Carga Máxima** (Peak Load): es la máxima potencia requerida por el sistema en algún momento del año.
- Esta se estima a través del cociente entre la Producción total de electricidad anual requerida y el Factor de Carga del sistema * 8760 hs/año.

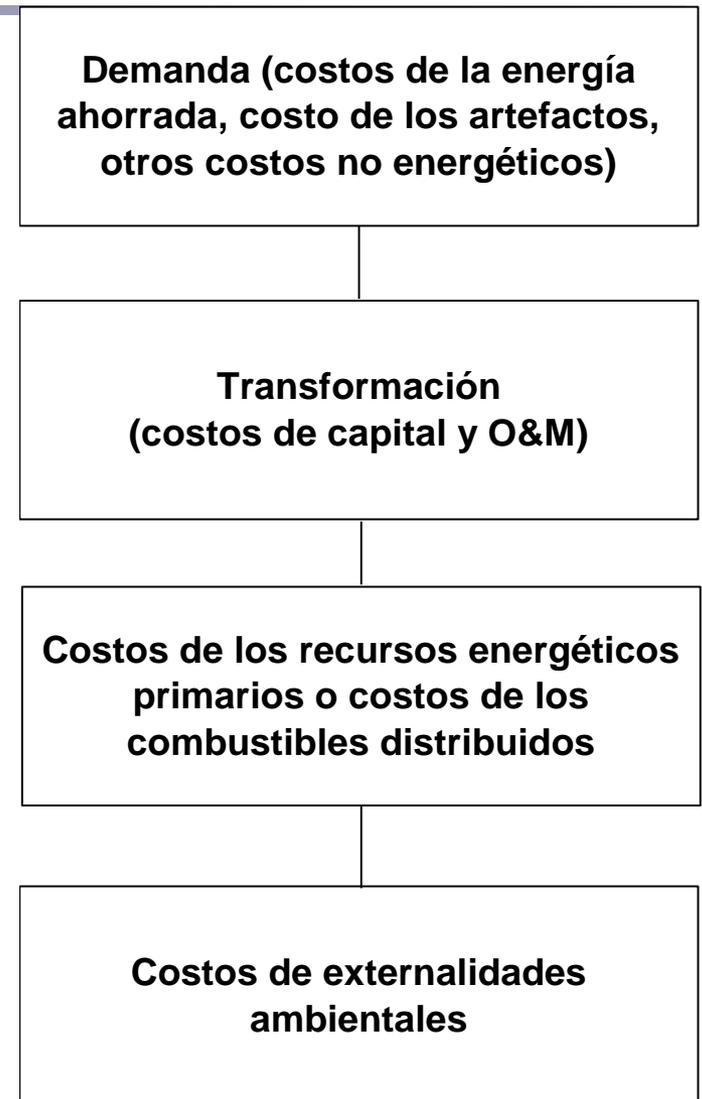
Fórmulas para la incorporación endógena de Centrales Eléctricas en LEAP. Modo Simulación

- *Margen de Reserva Planificado(%)* =
$$100 * \frac{(\text{Capacidad en Firme del Módulo(MW)} - \text{Carga Máxima})}{\text{Carga Máxima (MW)}}$$
- *Capacidad en Firme del Módulo(MW)* =
Suma (Capacidad (MW) * Factor de Capacidad (%))
para todos las centrales eléctricas del módulo de generación
- *Carga Máxima (MW)* = $\frac{\text{Producción Total (MW-h/año)}}{\text{Factor de Carga (\%)} \times 8760 \text{ (h/año)}}$
- *Factor de Carga* = $\frac{\text{Producción Total (MW-h/año)}}{\text{Carga Máxima del Sistema (MW)} \times 8760 \text{ (h/año)}}$
- El Factor de Carga **lo calcula LEAP** a partir de la Monótona de Carga.

- *Ejercicio: Utilizando LEAP*

Resúmenes: Análisis Costo-Beneficio Social en LEAP

- Perspectiva Social de los costos y beneficios (ej.: costos económicos no análisis financiero).
- Evitar la contabilización doble, delimitando barreras acerca del análisis.
- El análisis de Costo-beneficio calcula el Valor Presente Neto (VPN) de las diferencias entre los costos de dos escenarios.
- VPN suma todos los costos en todos los años del estudio descontados a un año en común.



Dos escenarios que satisfacen el crecimiento futuro de la demanda eléctrica en iluminación:

- **1. Caso Base**

- **Demanda:** la demanda futura es cubierta con lámparas incandescentes.
- **Transformación:** el crecimiento de la demanda es cubierto con nuevas centrales que utilizan combustibles fósiles.

- **2. Caso Alternativo**

- **Demanda:** programa de DSM permite el incremento de la penetración de tubos fluorescentes más eficientes (son más caros que la alternativa incandescente).
- **Transformación:** Menor crecimiento en el consumo energético, además de inversiones para reducir pérdidas en T&D, lo que significa requerimientos menores de generación.

Ejemplo Simple de un Análisis de Costo – Beneficio (cont.)

- **El Caso Alternativo...**
- usa lámparas más caras, (pero de mayor vida útil).
 - *Resultado: depende de los **costos**, vida útil , & tasa de descuento*
- requiere capital extra e inversiones en O&M en el sistema de T&D del sector eléctrico.
 - *Resultado: costos netos adicionales*
- requiere menos cantidad de centrales eléctricas nuevas a ser construidas (menos costos de capital y en O&M).
 - *Resultado: beneficios netos adicionales*
- requiere menos combustibles fósiles a ser producidos o importados.
 - *Resultado: beneficios netos adicionales*
- produce menos emisiones (por usar menos combustibles).
 - *Resultado: beneficios netos adicionales (pueden no ser valorizados)*

Costo de la Energía Ahorrada

- Para establecer este costo, se deben anualizar los costos totales de la medida de ahorro y este valor luego se lo divide por el ahorro energético producido por la medida.

$$- \text{CEA} = (\Delta A + \Delta \text{OM} + \Delta \text{Adm}) / \Delta E$$

Donde:

ΔA : es el costo incremental anual de la medida de ahorro, respecto del escenario sin ahorro.

ΔOM : es el incremento anual en costos operativos y de mantenimiento que presenta la medida, respecto del escenario sin ahorro.

ΔAdm : es el incremento anual en costos de administración que presenta la medida, respecto del escenario sin ahorro.

ΔE : es el incremento anual en el ahorro energético que presenta la medida, respecto del escenario sin ahorro

Costo de la Energía Ahorrada

- Para calcular el ΔA , se aplica la siguiente ecuación:

- $\Delta A = \Delta \text{Cap} * \text{FRC}$

Donde:

ΔCap : es la inversión adicional como consecuencia de la medida de ahorro, respecto del escenario sin ahorro.

FRC: factor de recuperación del capital calculado:

- $\text{FRC} = d * (1+d)^n / ((1+d)^n - 1)$

- Con n: vida útil y d: tasa de descuento

Costo de la Energía Ahorrada

- Ejemplo:
- Considerar un programa de URE tendiente a reemplazar lámpara incandescentes (60W) por lámparas de bajo consumo (15W). El costo incremental de éstas últimas, respecto de las incandescentes es de 10\$ y la vida útil 7 años.
- El ahorro de energía es de 54 kWh por año (1200 horas de uso), y el costo de implementación del programa de DSM implica un incremento en los costo totales del 20%. No hay costos extra en OyM.

Costo de la Energía Ahorrada

- Ejemplo:

$$FRC = 0,05 * (1+0,05)^7 / ((1+0,05)^7 - 1) = 0,173$$

$$\Delta A = \Delta Cap * FRC = 10 \$ * 0,173 = 1,73 \$$$

$$CEA = (\Delta A + \Delta OM + \Delta Adm) / \Delta E$$

$$CEA = (1,73 \$ + 1,73 \$ * 0.2) / 54 \text{ kWh-año}$$

$$\mathbf{CEA = 0,038 \$ / kWh-año}$$

**Muchas gracias por
su atención**

Fundación Bariloche
www.fundacionbariloche.org.ar