

# Sistema Integrado para la Gestión Energética Regional (SIGER)

Rafael Kelman - Director de PSR

# Tópicos

- **SIGER**
  - **Objetivos y conceptos**
  - Ejemplos de aplicación
- Desafíos para la integración regional
  - Preparación de proyectos candidatos
  - Transformación del sector eléctrico



# Proyecto SIGER – Objetivo

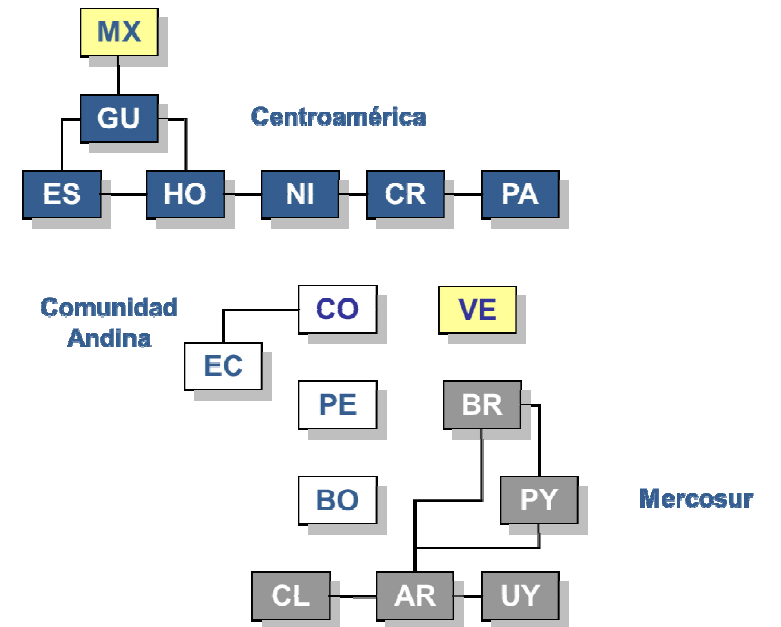
- Preparar, mantener y compartir base de datos electro-energética para la América Latina, asociada a un sistema de información geográfica
  - Sustitución de actualizaciones periódicas de datos y estudios regionales por un proceso permanente que utiliza plataforma común
- Características:
  - Arquitectura distribuida, con confidencialidad de información de los países
  - Computación en nube
  - Protocolo abierto para la integración de diferentes modelos y componentes

# Antecedentes

Atlas CIER (2003)



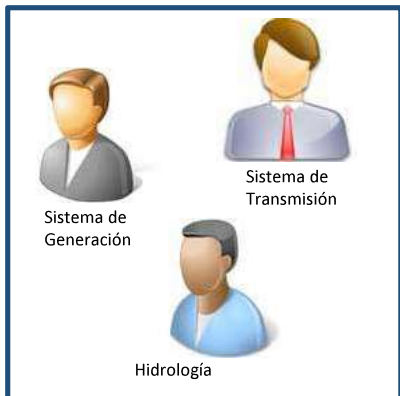
CIER 15 (2010)



# Solución: SIGER

- Un ambiente computacional **integrado** para el desarrollo de estudios de planificación energética y colaborativos
- Un banco de trabajo que incluye **informaciones** y **modelos** necesarios a las actividades de planificación
- Una **interface gráfica**, base de datos relacional, un repositorio de datos y modelos computacionales

# Arquitectura del SIGER

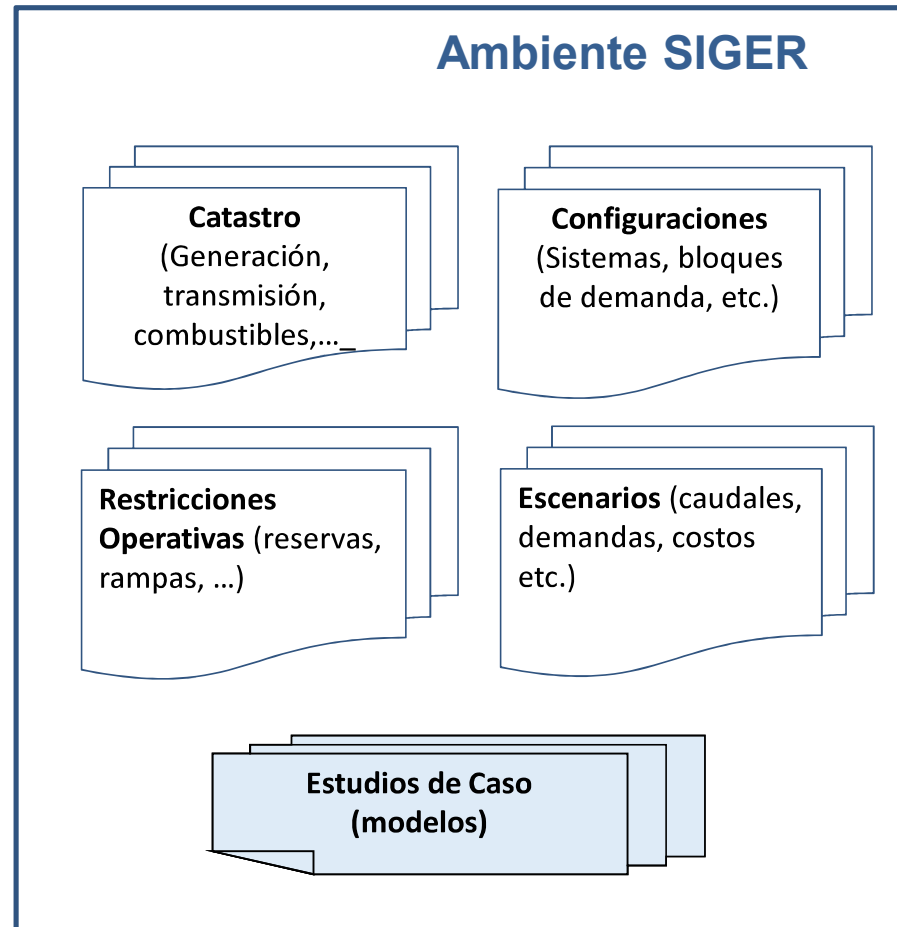


Expertos de varias especialidades

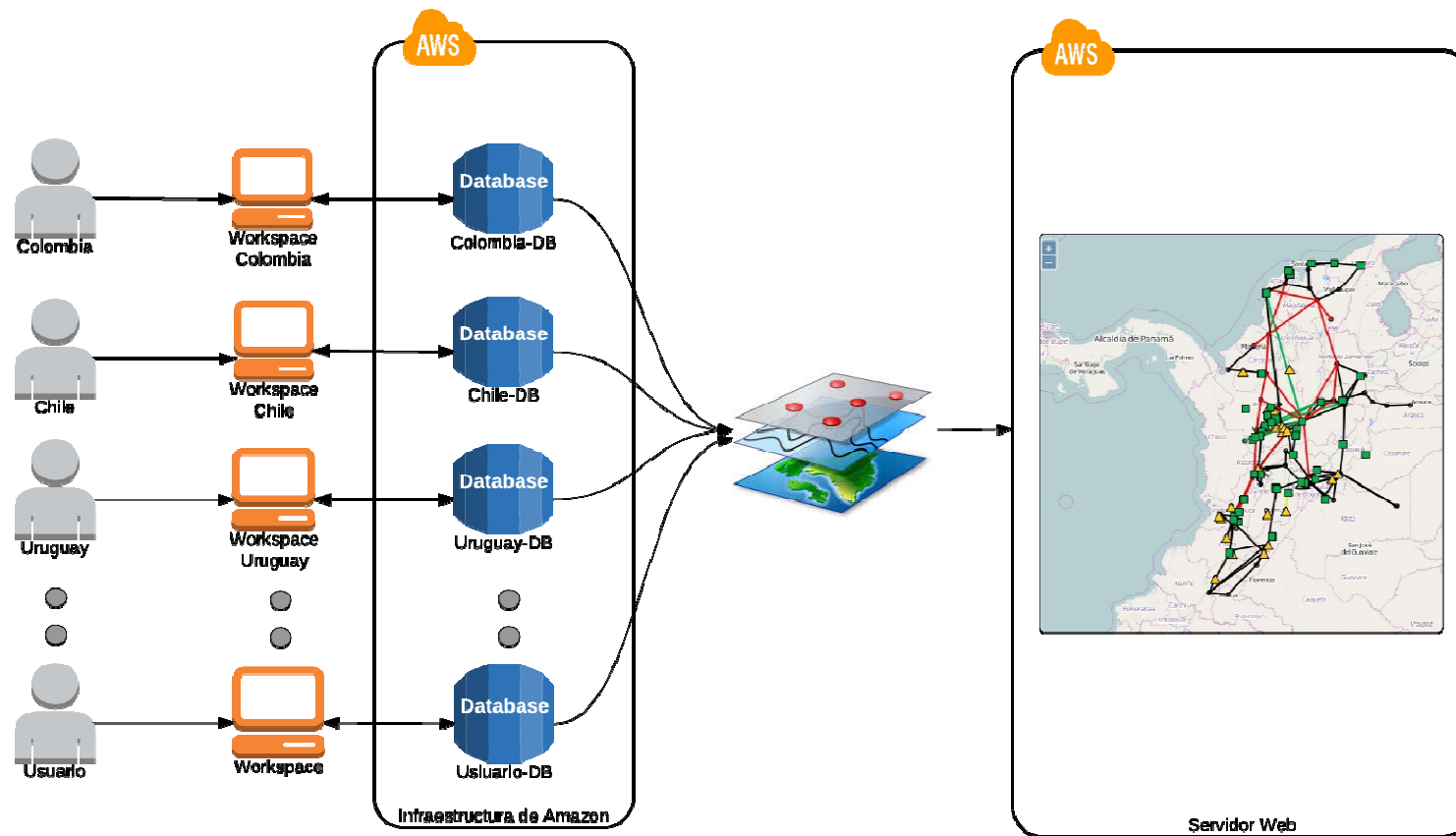
↔  
**Interfaz Gráfica del Usuario**



↔  
**Web Services / XML**

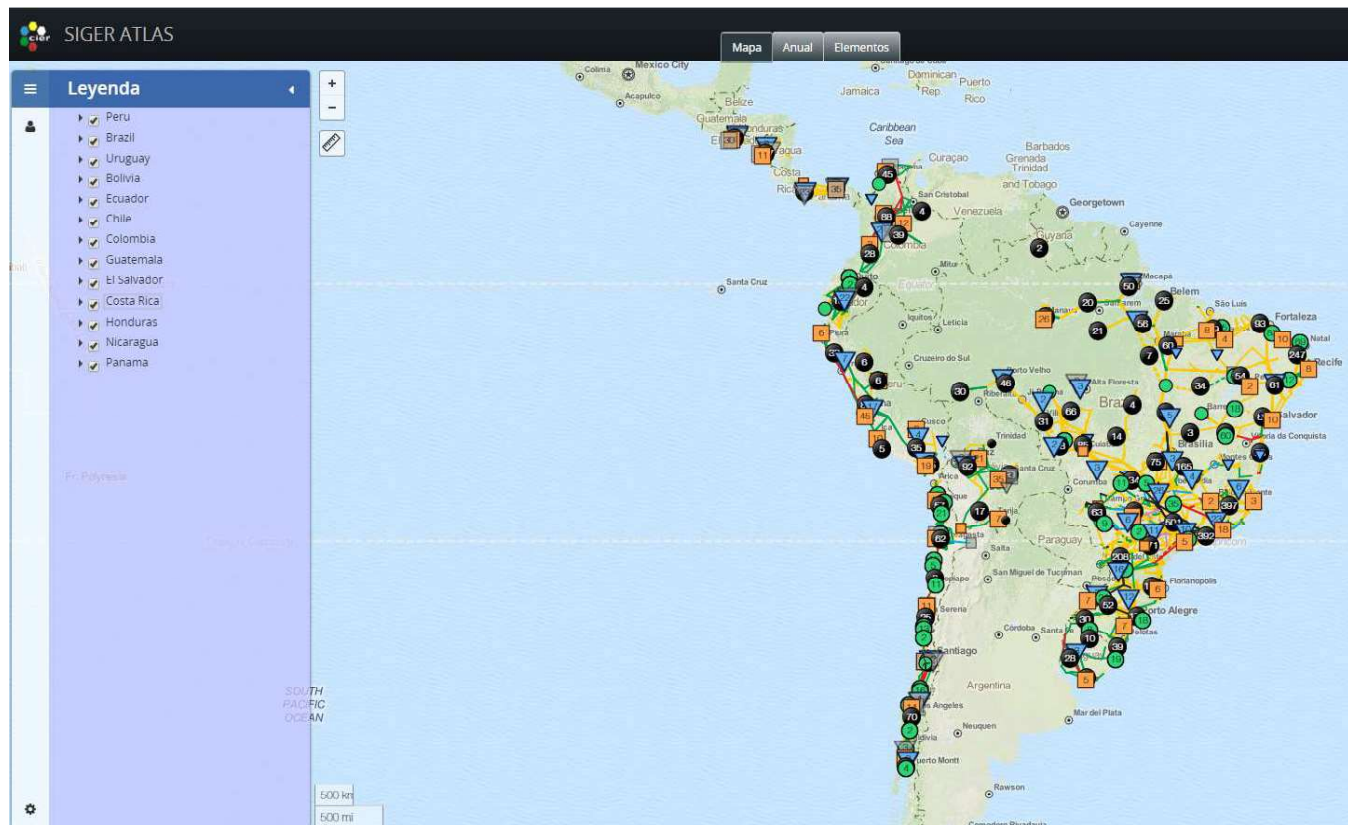


# Flujo de Información SIGER-SIG



# Visualización – Atlas SIGER

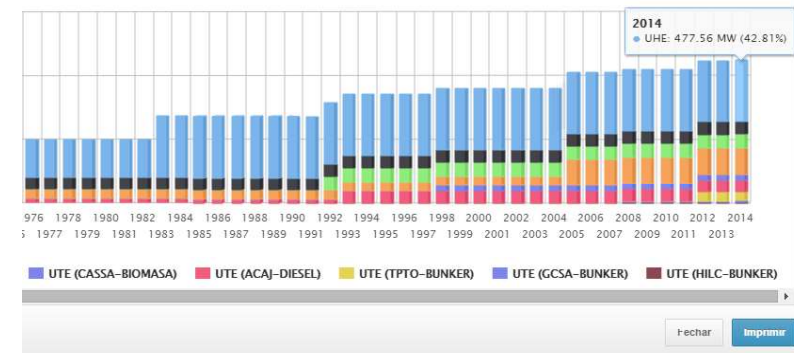
Mapa de general Sudamérica



Mapa de detalle El Salvador



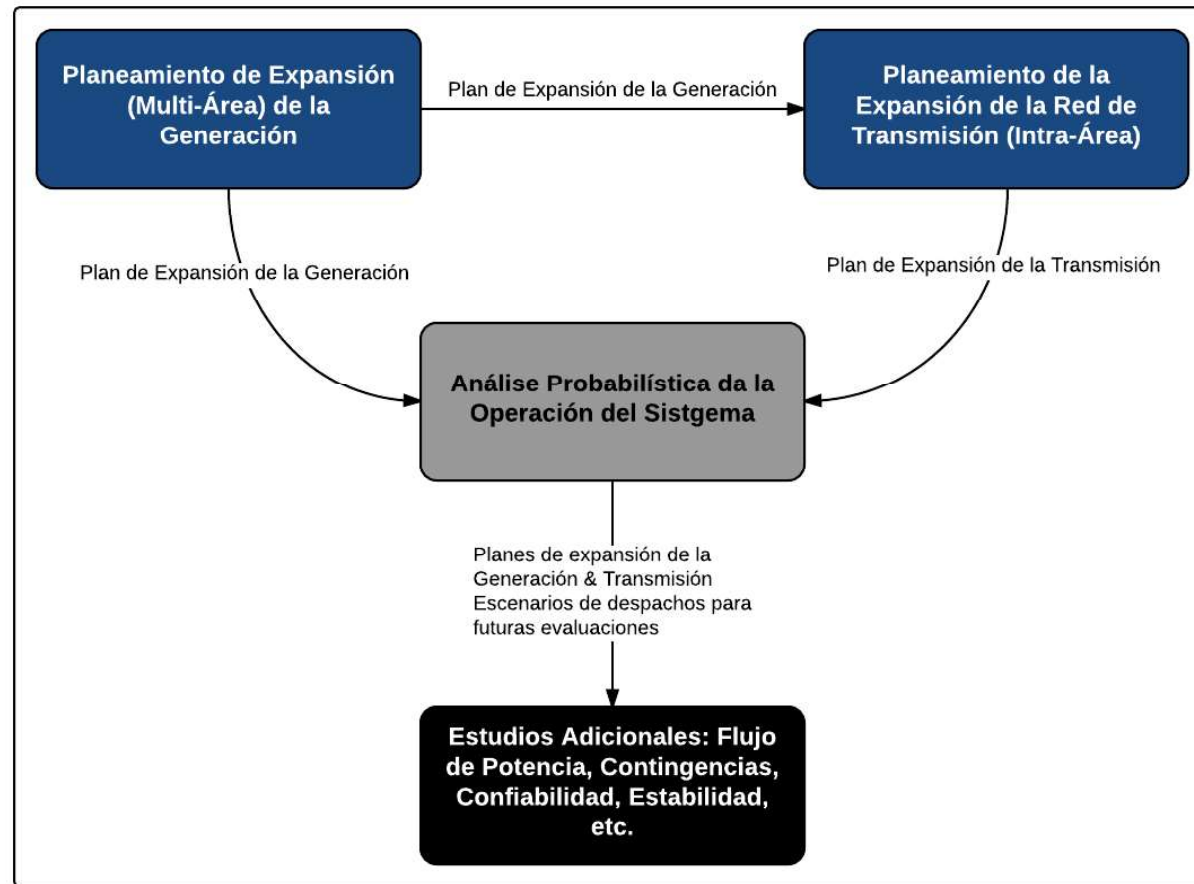
Potencia instalada y tipo de generador - El Salvador



# Tópicos

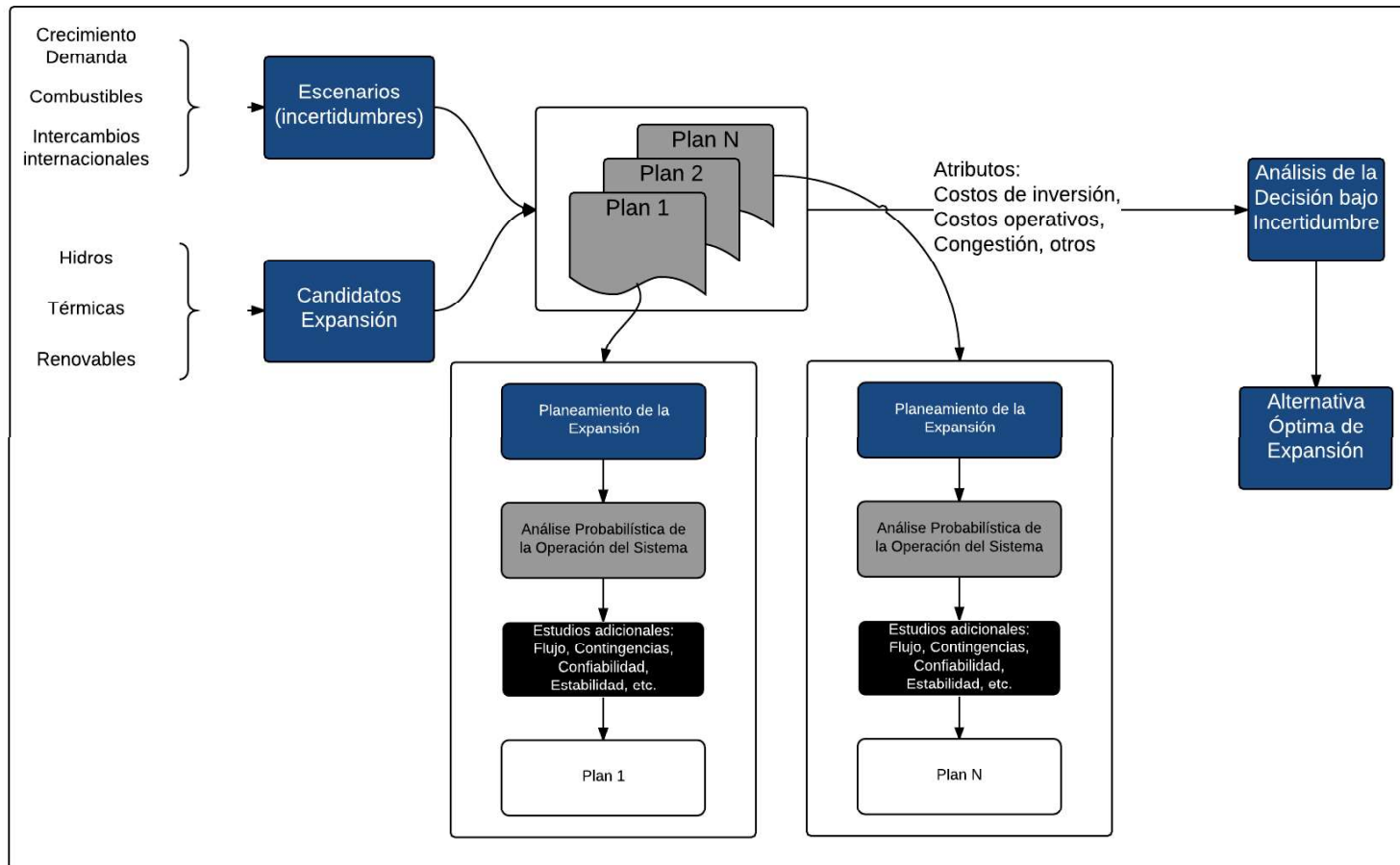
- **SIGER**
  - Objetivos y conceptos
  - **Ejemplos de aplicación**
- Desafíos para la integración regional
  - Preparación de proyectos candidatos
  - Transformación del sector eléctrico

# Planeamiento de Expansión de Sistemas



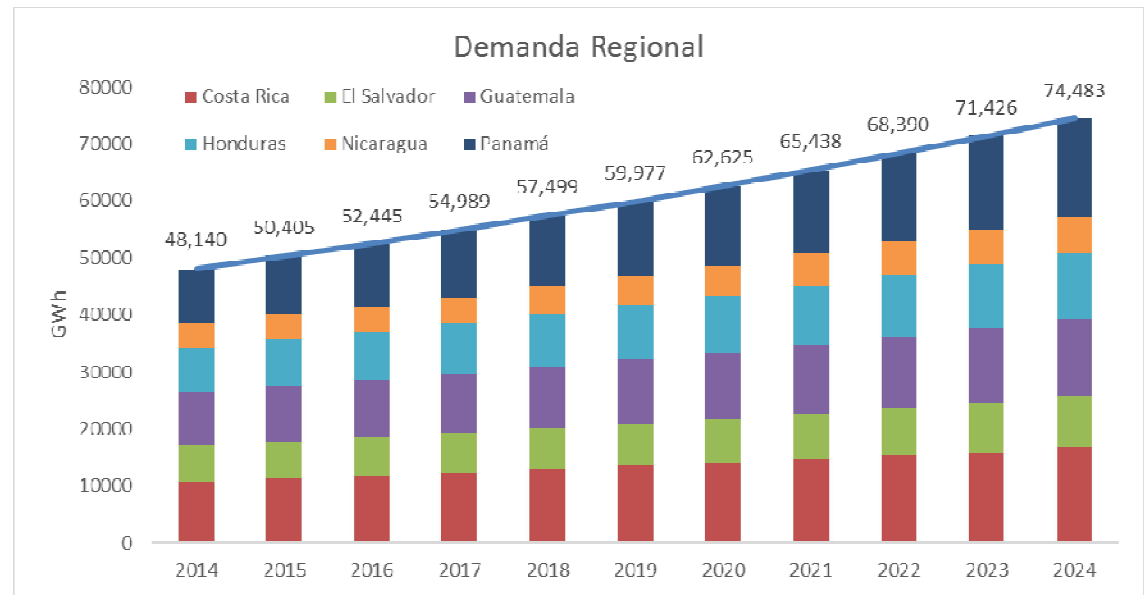
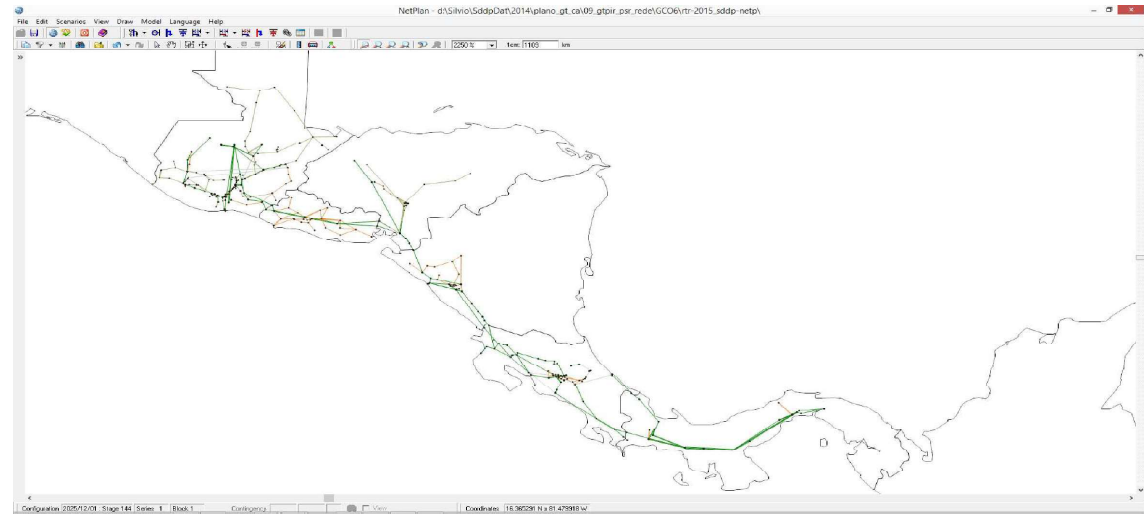
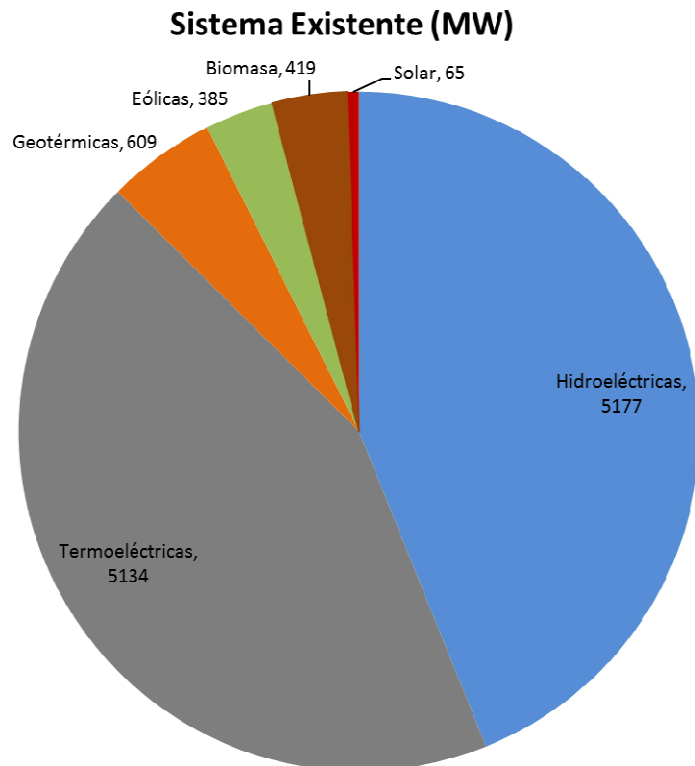


# Planeamiento bajo incertidumbre



# Estudio de Caso (EOR)

## Expansión Regional Centro-americana



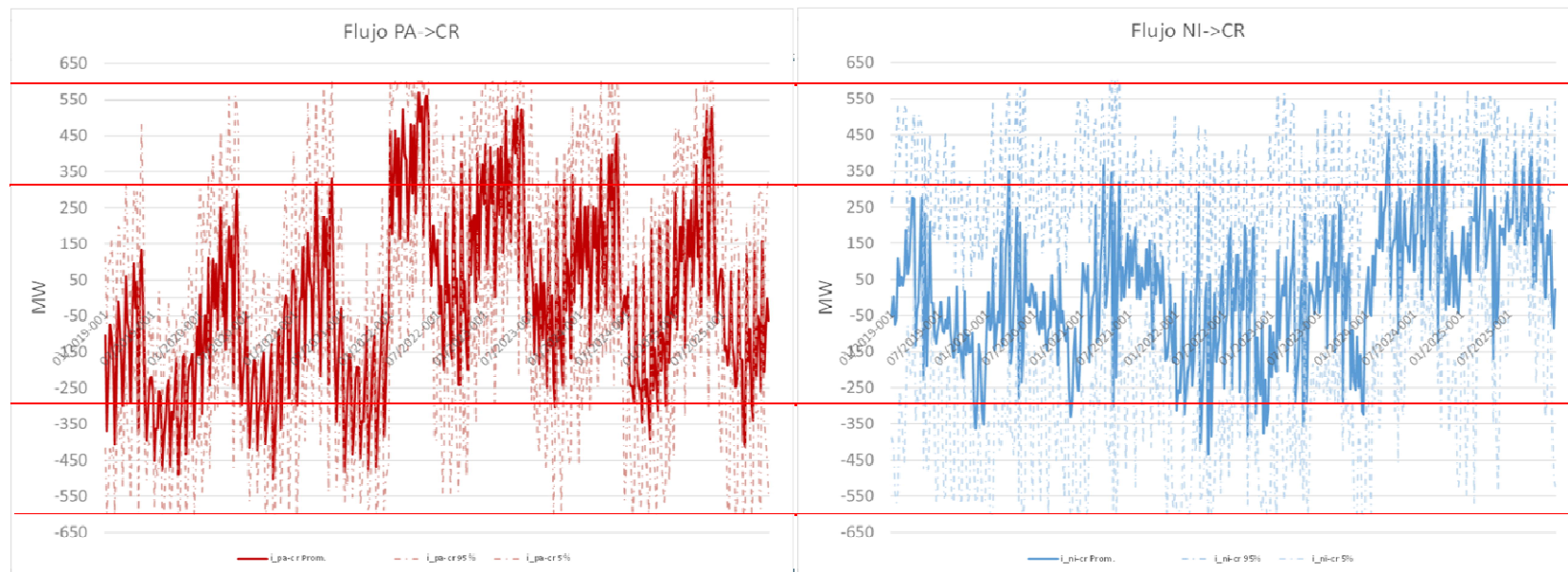
# Valor esperado del valor presente del costo total (inversión + operación + déficit)

Seis planes alternativos estudiados, considerando diferentes supuestos sobre características de proyectos, escenarios de combustibles e integración regional

Escenarios	Condiciones del caso original (referencia)	Considerando incremento de +10% en las proyecciones de la demanda	Considerando entrada en operación la interc. Col-Pan en 2022	Considerando proyección de precios de combustibles del WB	Considerando Costos con el WACC de cada país	Incremento de 30% en costo de inversión de hidroeléctricas del 30%	Reducción de 25% de precios de combustibles derivados de petróleo, y del gas, y 10% de baja del precio del Carbón	Valor Esperado	
								Costo Total	%
<b>Planes</b>	<b>#1</b>	<b>#2</b>	<b>#3</b>	<b>#4</b>	<b>#5</b>	<b>#6</b>	<b>#7</b>		
<b>A</b>	11,301	12,547	10,913	11,421	11,437	11,532	9,778	11,276	101.5%
<b>B</b>	11,148	12,374	10,749	11,253	11,307	11,380	9,548	11,108	100.0%
<b>C</b>	11,287	12,497	11,020	11,395	11,257	11,526	9,852	11,262	101.4%
<b>D</b>	11,222	12,383	10,875	11,296	11,227	11,460	9,636	11,157	100.4%
<b>E</b>	11,342	12,689	10,986	11,452	11,480	11,542	9,775	11,324	101.9%
<b>F</b>	11,617	12,902	11,204	11,732	11,733	11,782	10,098	11,581	104.3%

# Intercambios regionales

## Plan B – Expansión Regional



# Tópicos

- SIGER
  - Objetivos y conceptos
  - Ejemplos de aplicación
- **Desafíos para la integración regional**
  - **Preparación de proyectos candidatos**
  - Transformación del sector eléctrico

# Hidroeléctrica

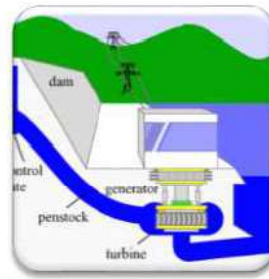
- PSR desarrolló el modelo **HERA** para generar proyectos candidatos.
- Concepto: maximizar el beneficio económico-ambiental del desarrollo energético de una cuenca hidrográfica.
  - Aspectos económicos
  - Dimensión socio-ambiental (áreas restringidas y compensaciones)
- Requerimientos de datos
  - Datos topográficos: la NASA, trabajo de campo, etc.
  - Caudales afluentes (estaciones hidrológicas, otros);
  - Otras informaciones socio ambientales

# HERA: Componentes principales



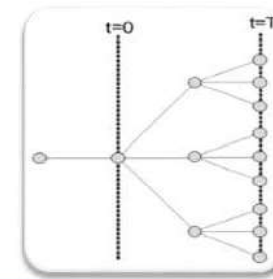
## SIG

- Red de Drenaje
- Ubicaciones Candidatas
- Curvas elevación-área-volumen
- Regionalización de caudales
- Análisis de interferencias



## Ingeniería y Presupuesto

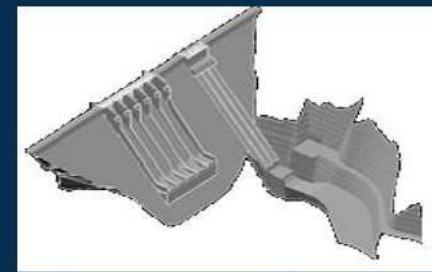
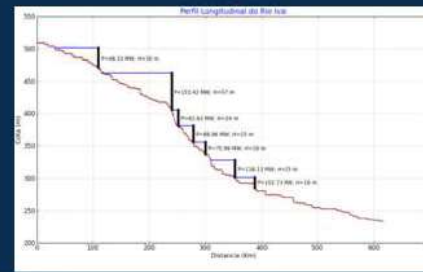
- Dimensionamiento de las estructuras
- Planos de diseño
- Cálculo del presupuesto



## Optimización

- Selección de los diseños que maximizan el beneficio económico del aprovechamiento
- Problema matemático no lineal, entero, multietapas, estocástico

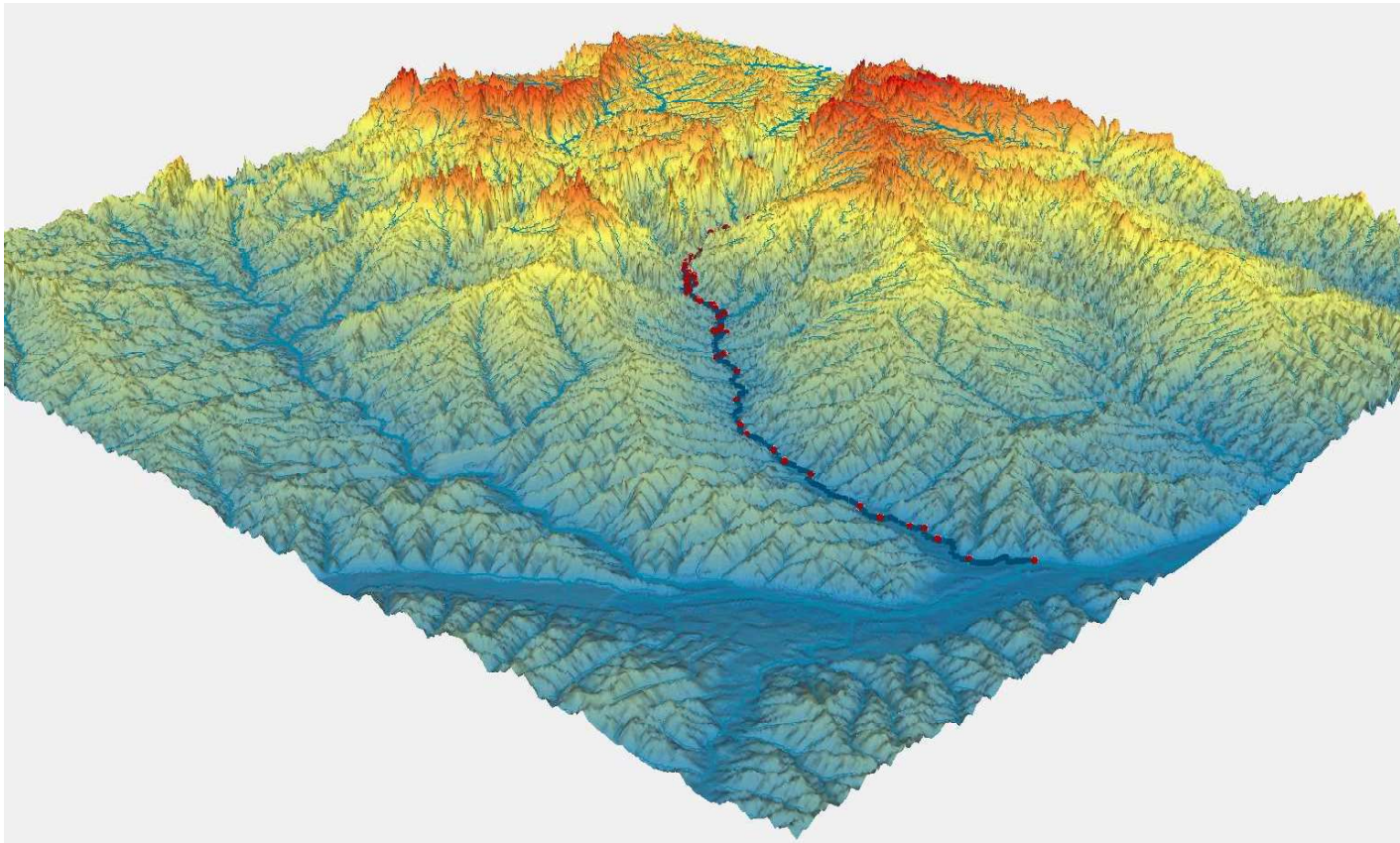
## Resultados





# HERA: Modelo Digital del Terreno (MDT)

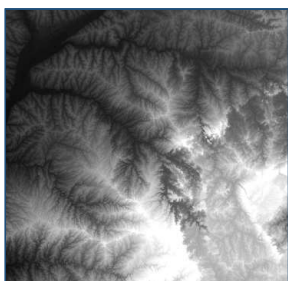
Ej. Cuenca de río Ivaí (Brasil)



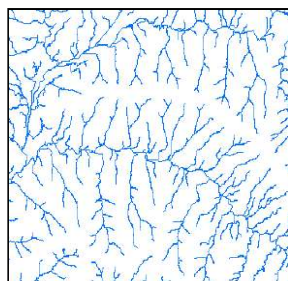


# HERA: Geo-procesamiento distribuido

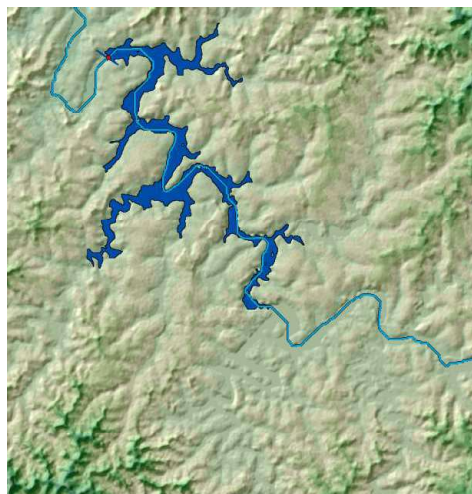
MDT



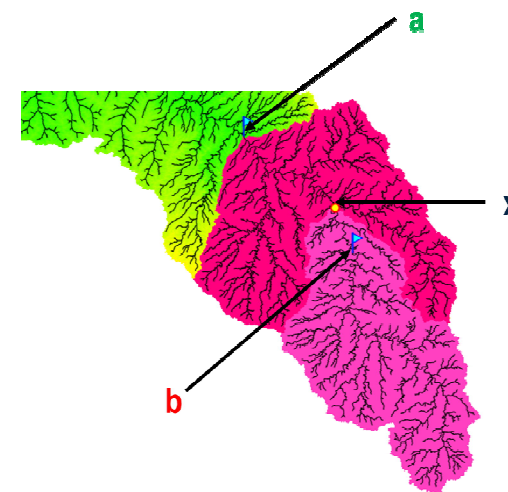
Drenaje



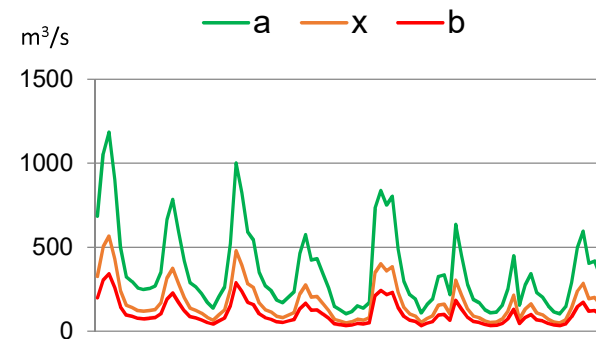
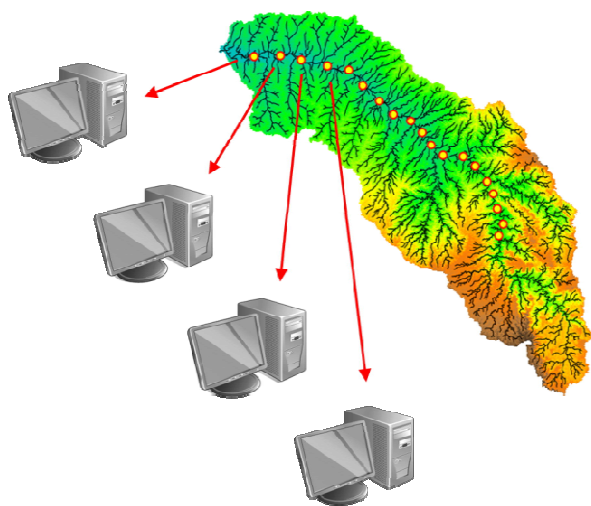
Simulación de construcción de presas



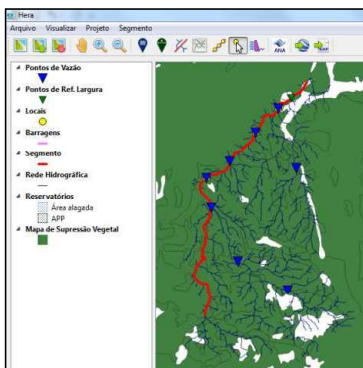
Preparación de caudales



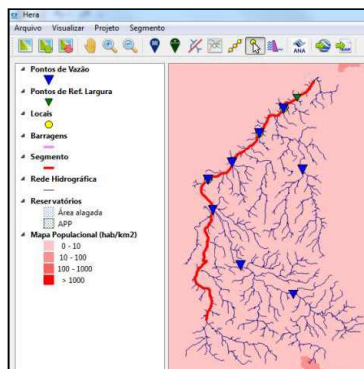
Computación distribuida en la nube



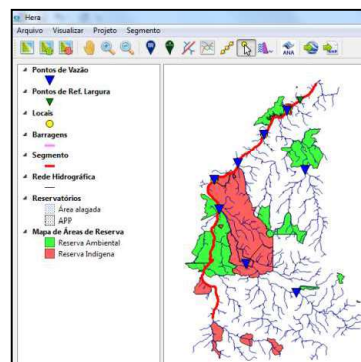
# HERA: Interferencias



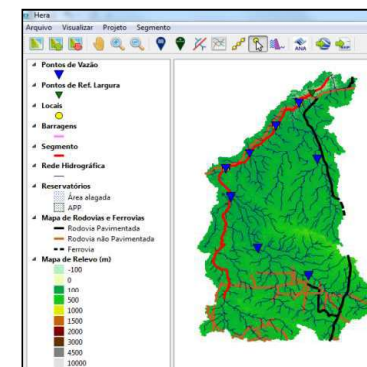
Eliminación de la vegetación



Densidad demográfica (reubicación)



Áreas naturales protegidas y territorios indígenas

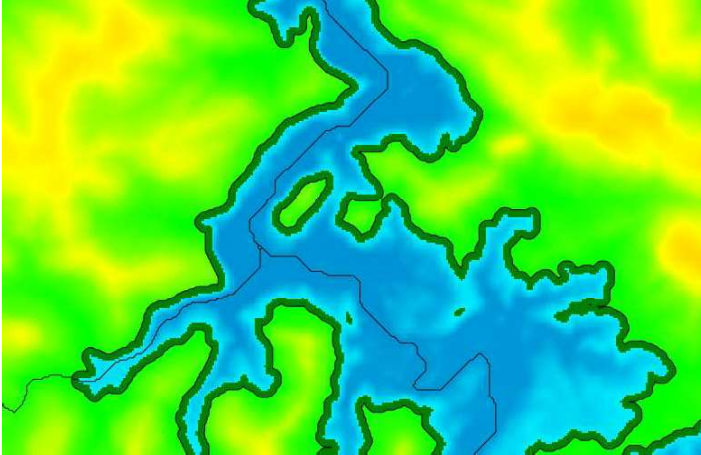


Carreteras y vías férreas

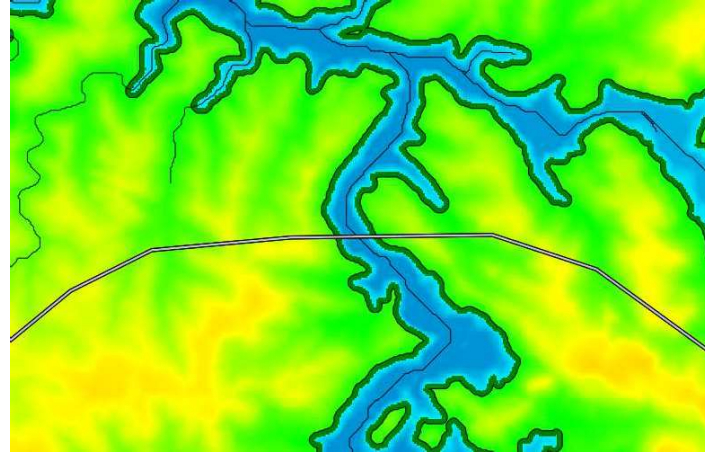
Capas de información utilizadas en la evaluación de los impactos del proyecto

# HERA: Interferencias

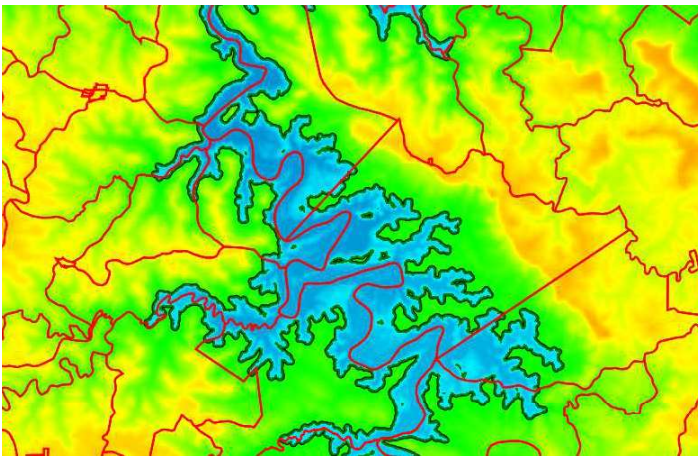
Remoción de vegetación antes de llenar



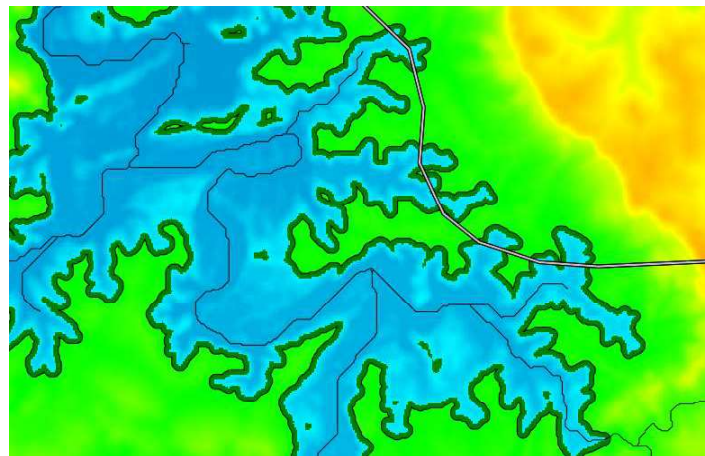
Puentes



Reubicación



Impactos sobre las carreteras

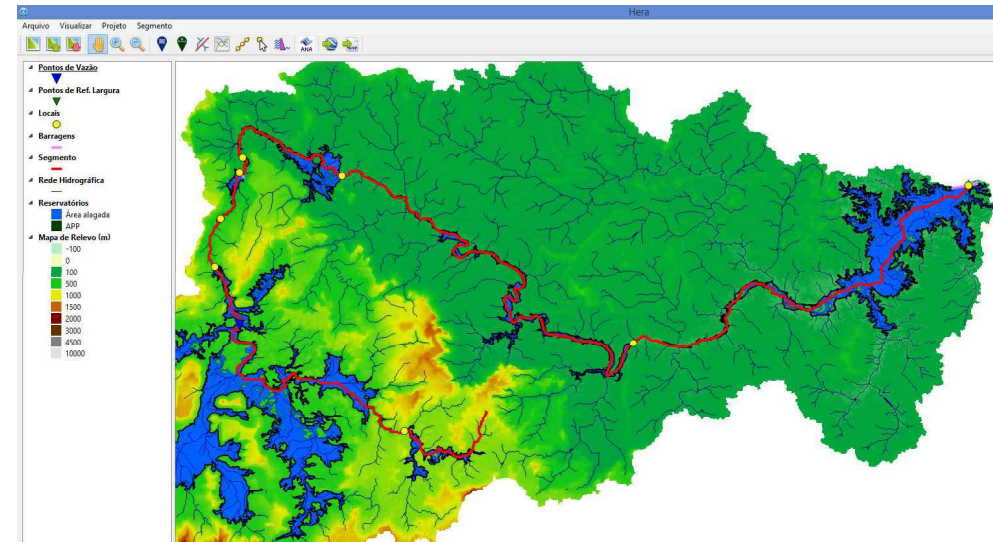
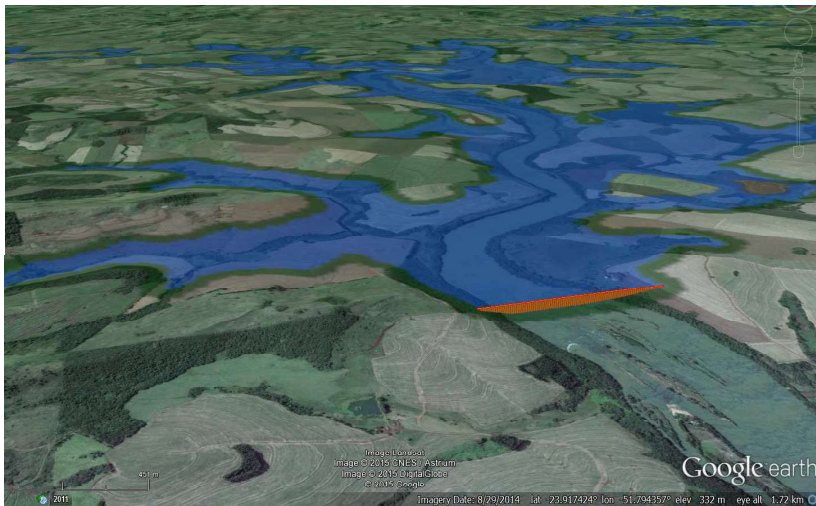




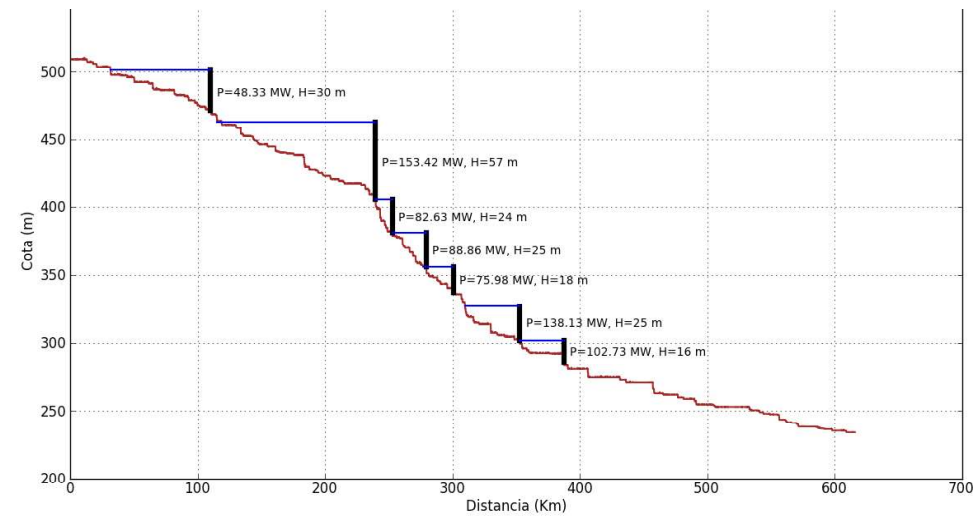
# Resultados

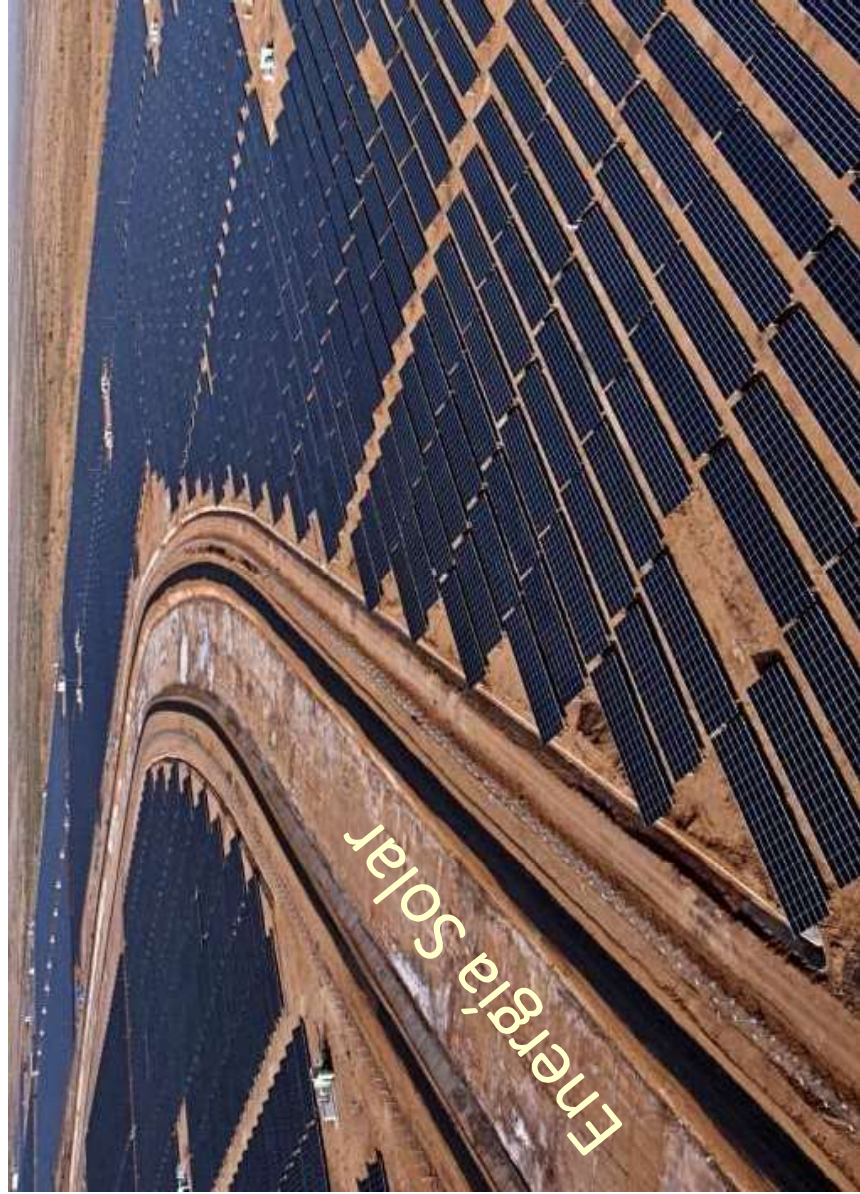
Características de los proyectos, diseño de estructuras, costos de inversión y ubicación de las plantas hidroeléctricas

Archivos KML Google Earth



Perfil del ríos con ubicación de centrales seleccionadas

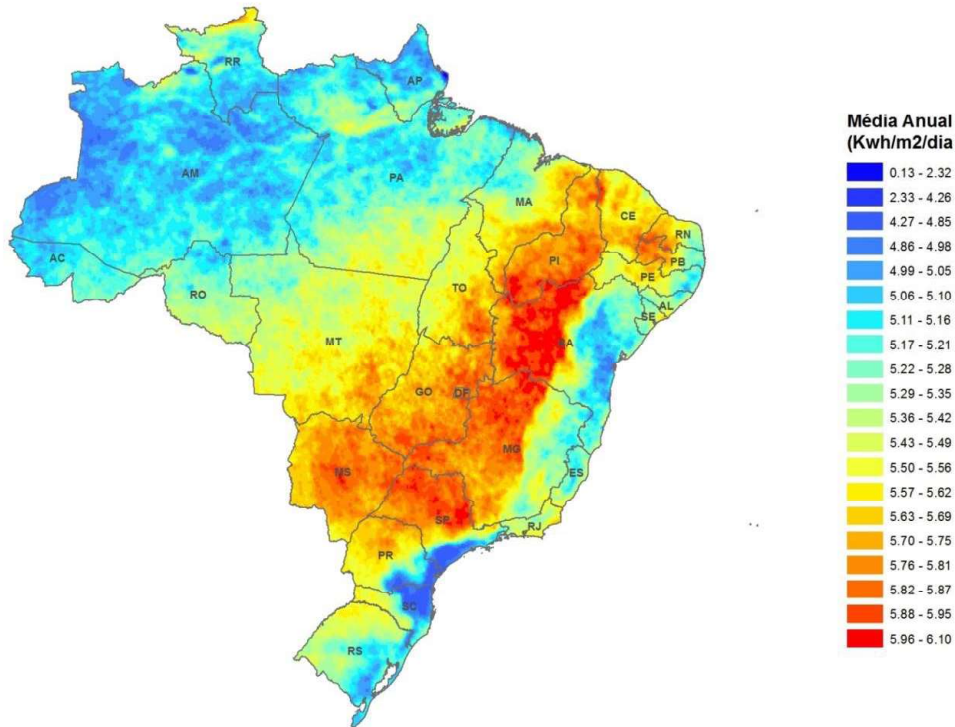






# Estudio de Caso: Solar en Brasil

- Radiación solar promedio anual (KWh/m<sup>2</sup>/día)



Radiación en plan inclinado con la latitud del lugar.

Energy Policy 36 (2008) 2853–2864

Contents lists available at ScienceDirect

**Energy Policy**

journal homepage: [www.elsevier.com/locate/enpol](http://www.elsevier.com/locate/enpol)

---

**Solar energy scenarios in Brazil, Part one: Resource assessment**

F.R. Martins<sup>a,\*</sup>, E.B. Pereira<sup>a</sup>, S.A.B. Silva<sup>a</sup>, S.L. Abreu<sup>b</sup>, Sergio Colle<sup>c</sup>

<sup>a</sup> Centre for Weather Forecast and Climate Studies, Brazilian Institute for Space Research, CPTEC-INPE, P.O. Box 515, São José dos Campos, SP 12245-970, Brazil  
<sup>b</sup> Centro Federal de Educação Tecnológica de Santa Catarina—CEFET-SC, Rua José Lino Kretzer 608, São José, SC 88103-310, Brazil  
<sup>c</sup> Solar Energy Laboratory, University of Santa Catarina—LABSOLAR-UFSC, Campus Universitário Trindade, Florianópolis 88040-900, Brazil

---

**ARTICLE INFO**

**ABSTRACT**

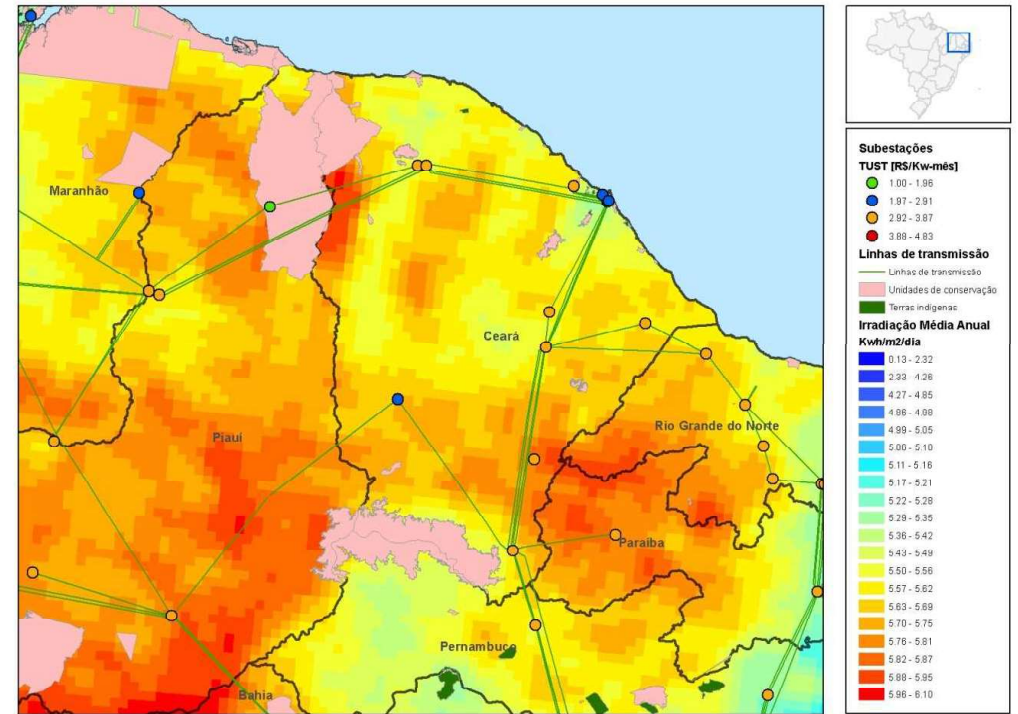
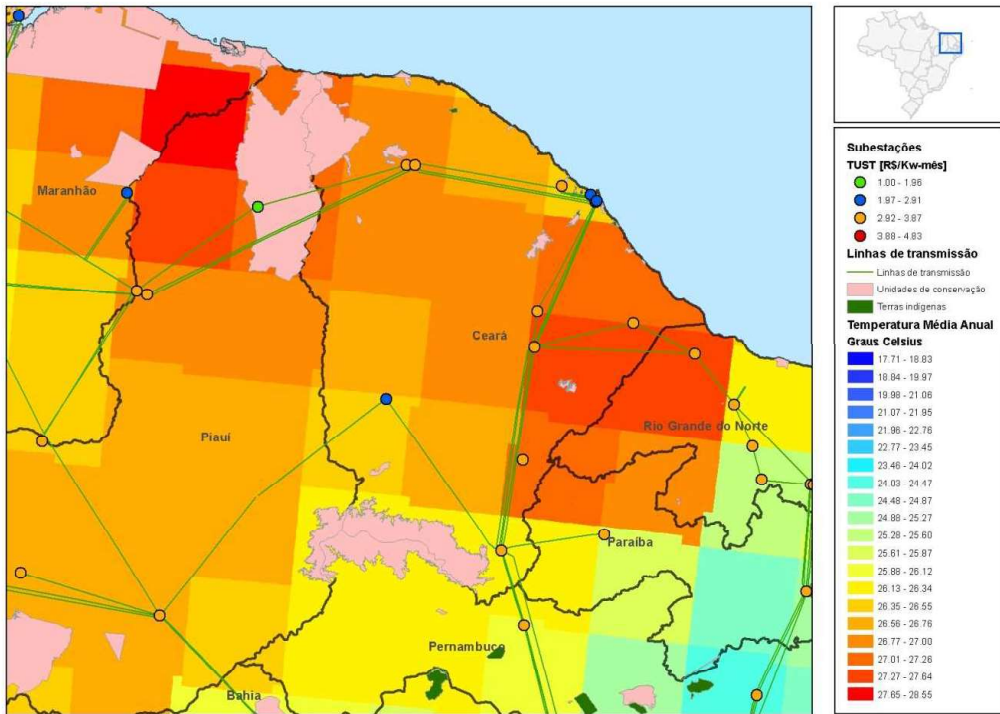
**Article history:**  
Received 1 November 2007  
Accepted 18 February 2008  
Available online 18 April 2008

**Keywords:**  
Solar resource maps  
Brazil  
SWERA

The “Solar and Wind Energy Resource Assessment” (SWERA) project was an international project financed by GEF/UNEP, which aimed at providing a consistent and accessible database to foster the insertion of renewable energies on the energy matrix of developing countries. This paper presents the solar energy resource assessment generated during the SWERA project by using the radiative transfer model BRASIL-SR fed with satellite and climate data. The solar irradiation estimates were validated by comparing with the ground data acquired in several sites spread out the Brazilian territory. Maps on 10 × 10 km<sup>2</sup> spatial resolution were generated for global, diffuse and direct normal solar irradiation. Solar irradiation on a plane tilted by an angle equal to the local latitude was also generated at the same spatial resolution. Besides the solar resource maps, the annual and seasonal variability of solar energy resource was evaluated and discussed. By analyzing the Brazilian solar resource and variability maps, the great potential available for solar energy applications in Brazil is apparent, even in the semi-temperate climate in the southern region where the annual mean of solar irradiation is comparable to that estimated for the equatorial Amazonian region.

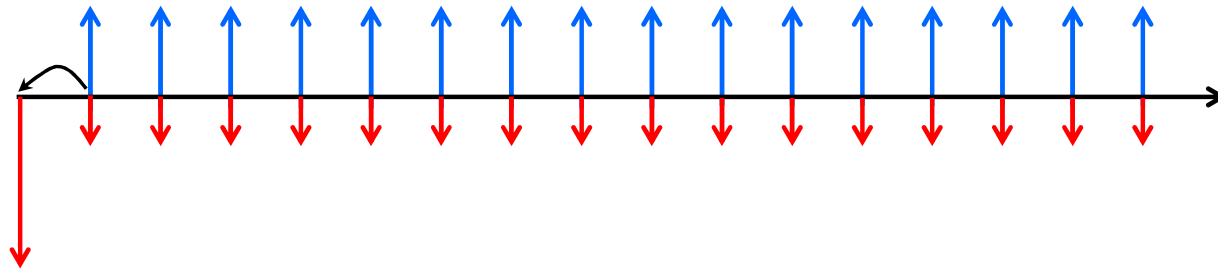
© 2008 Elsevier Ltd. All rights reserved.

# Área Nordeste: temperatura promedio



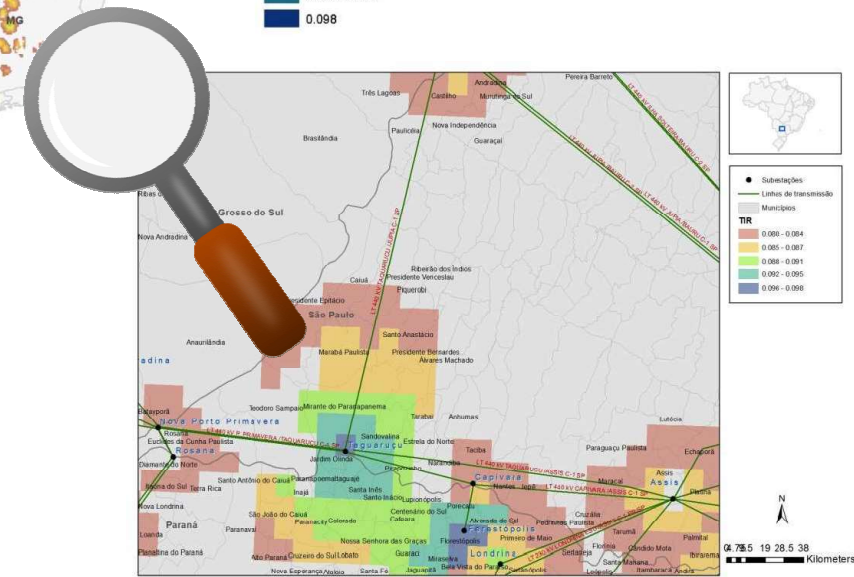
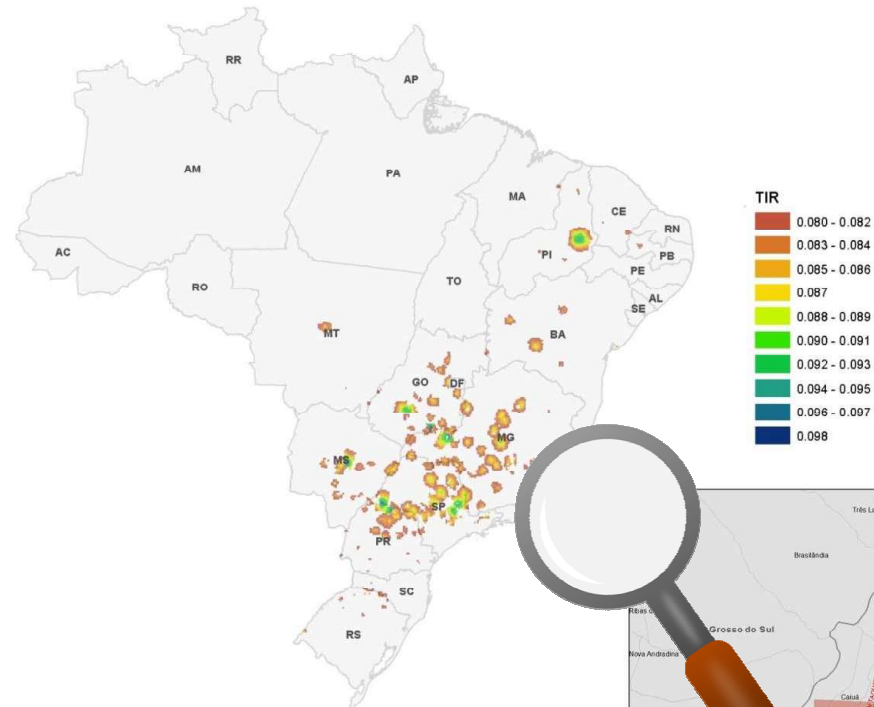
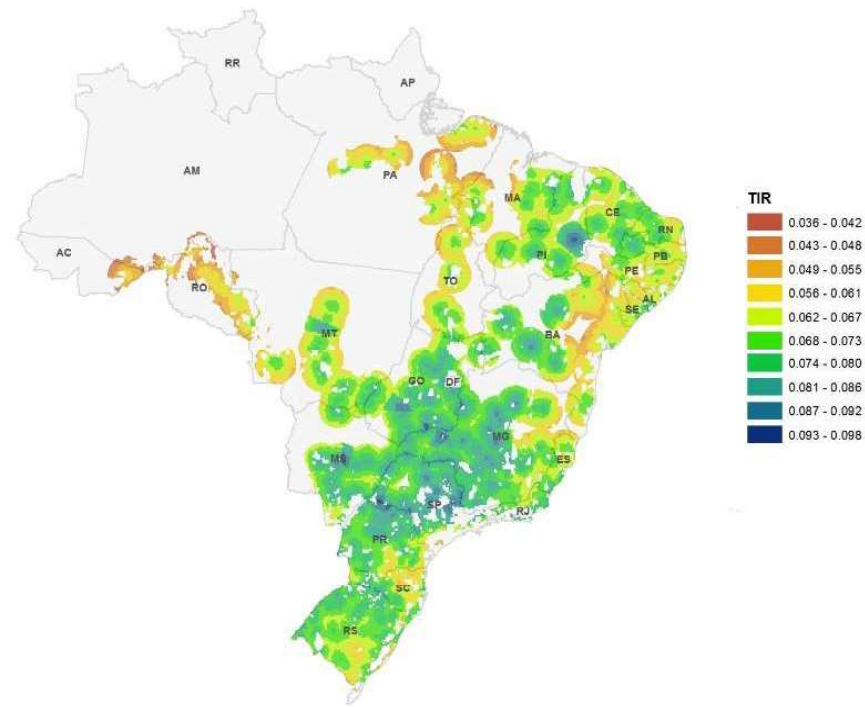
# Preprocesamiento: red de transmisión

- Cálculo de la distancia a la subestación más cercana
  - Cálculo de conexión de la planta a la red de transmisión
  - Estimación de las pérdidas en la conexión a la red
- Tarifa de uso de transmisión estimada para la subestación más próxima
- Inversión: costo de desarrollo, construcción y conexión de la planta a la red
- Beneficio: Ingresos anuales por venta de energía (producción x precio)
- Flujo de caja del proyecto para cálculo de Tasa Interna de Retorno (índice)





# Mapa de TIR de proyectos



# Tópicos

- SIGER
  - Objetivos y conceptos
  - Ejemplos de aplicación
- **Desafíos para la integración regional**
  - Preparación de proyectos candidatos
  - **Transformación del sector eléctrico**

# Desafíos

- Inserción de renovables intermitentes: generación de escenarios, proyectos candidatos y modelaje cronológico de sistemas eléctricos
- Almacenamiento y carros eléctricos
- Generación distribuida
- Respuesta de la demanda/eficiencia energética



# Inserción de renovables

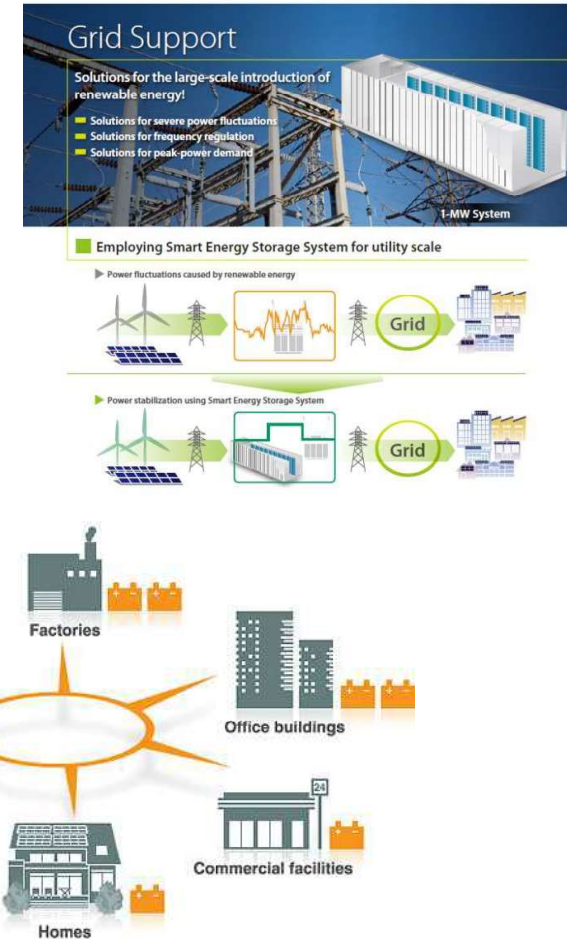
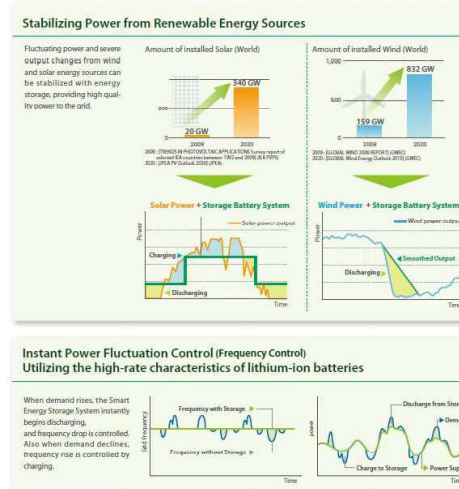
- Necesidad de planificación cronológica
- Necesidad de generación de escenarios de producción renovable: preservación de estadísticas de datos históricos (ej. correlación espacial)
- Necesidad de adecuación de reservas operativas
- Necesidad de inversión en sistemas de adquisición de datos e integración con operación en tiempo real para mejorar previsión y reducción de costos operativos.





# Inserción de nuevos recursos de almacenamiento

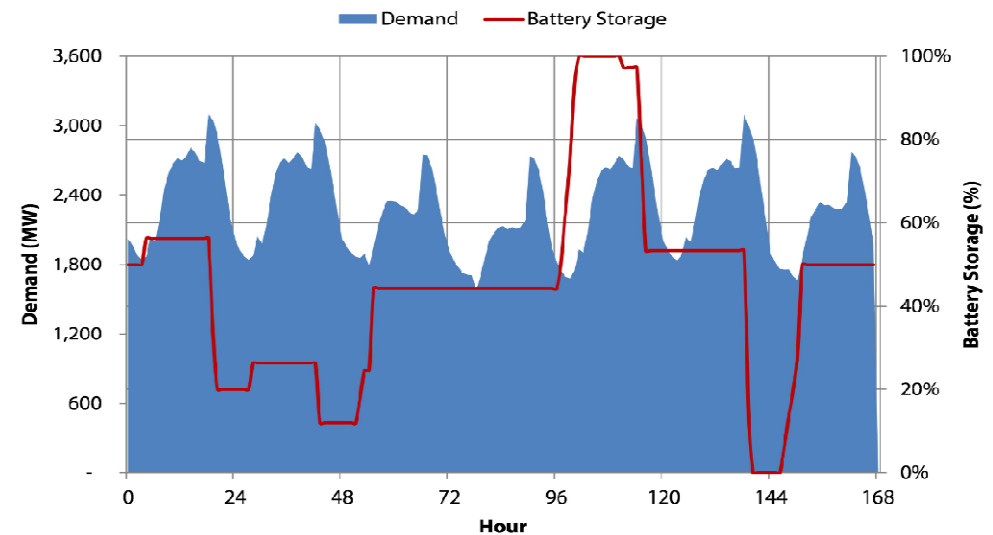
- Las hidroeléctricas **facilitan** la inserción de renovables por la gestión de la intermitencia; Serán complementadas por nuevas fuentes de almacenamiento:
  - Suavizar las fluctuaciones a corto plazo de las fuentes renovables
  - Suporte a las redes de distribución
  - Substitución a *peaker units* a GN en los Estados Unidos
  - Aumento confiabilidad (*backup*)
  - Relación con vehículos eléctricos
  - Venta de servicios ancilares



# Despacho de almacenamiento en corto plazo

- Un recurso para la pre-despacho operativo (modelo NCP) y planificación energética (SDDP)
- Diferentes tecnologías
  - Capacidad de almacenamiento
  - Curvas de eficiencia de carga y descarga
  - Rampas máximas de carga y descarga
- En desarrollo
  - Inclusión de proyectos de almacenamiento en modelos de expansión (Optgen)

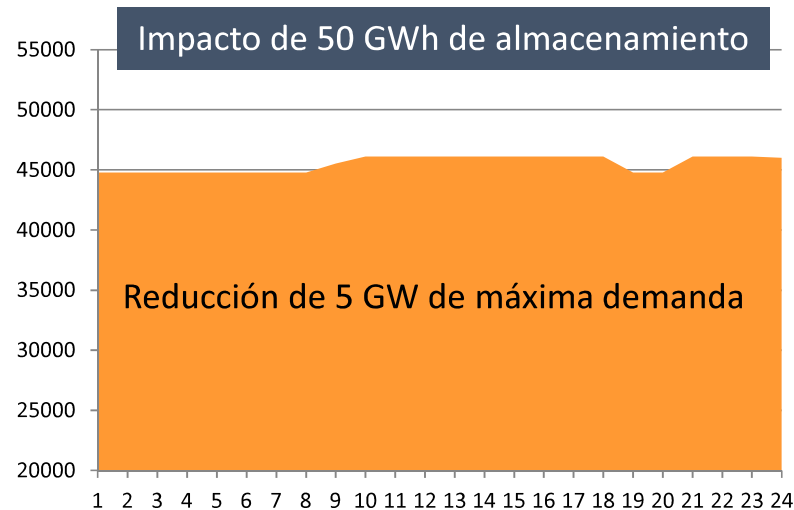
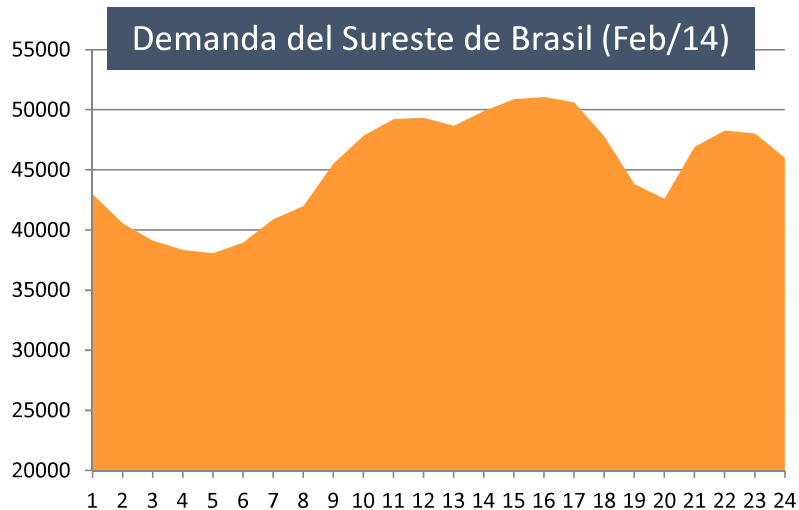
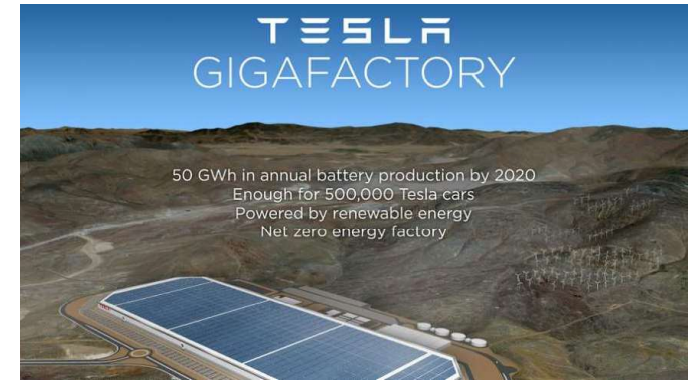
Ejemplo: Optimización de la operación de una batería (modelo NCP) para el sistema de El Salvador



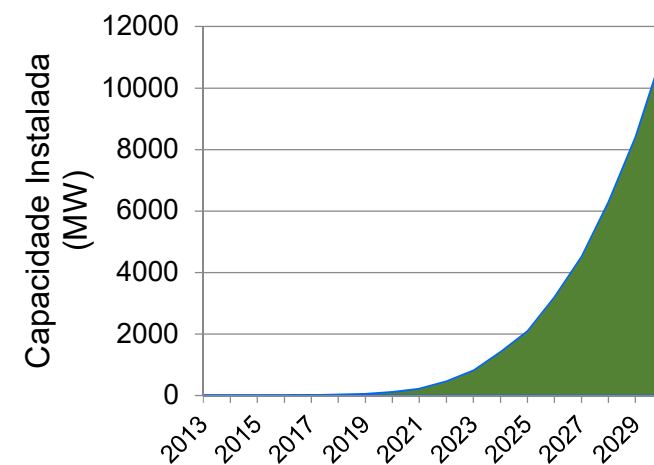
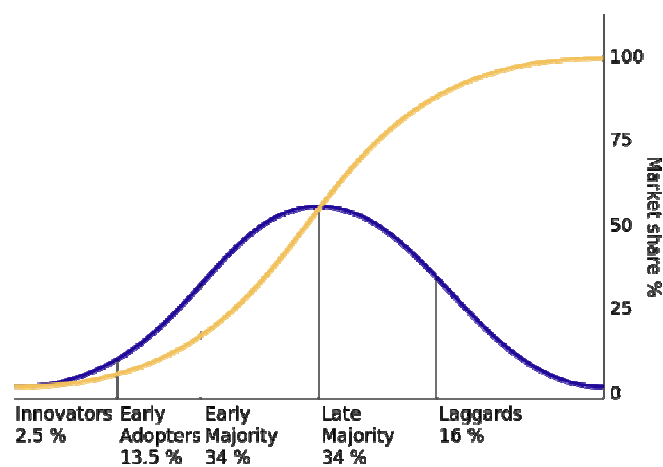
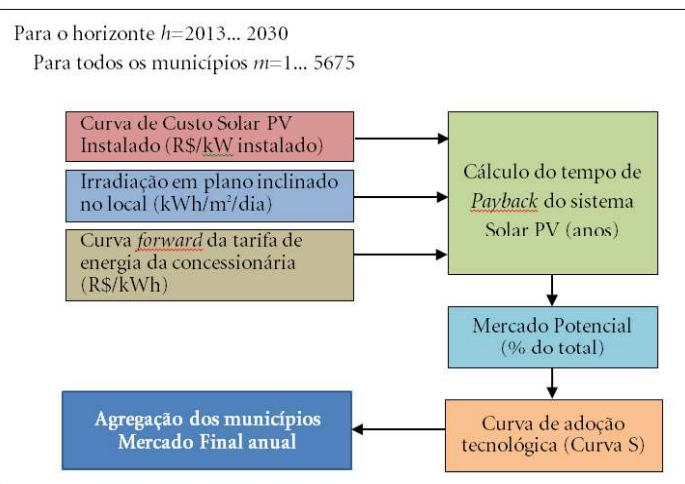


# Vehículos Eléctricos: GigaFactory

- Proyecto de Elon Musk (Tesla, SolarCity, SpaceX). Inicio de producción de baterías en 2017 y en 2020 alcanza 50 GWh/año para uso por vehículos Tesla.
- Utilización en residencias (baterías PowerWall de Tesla)



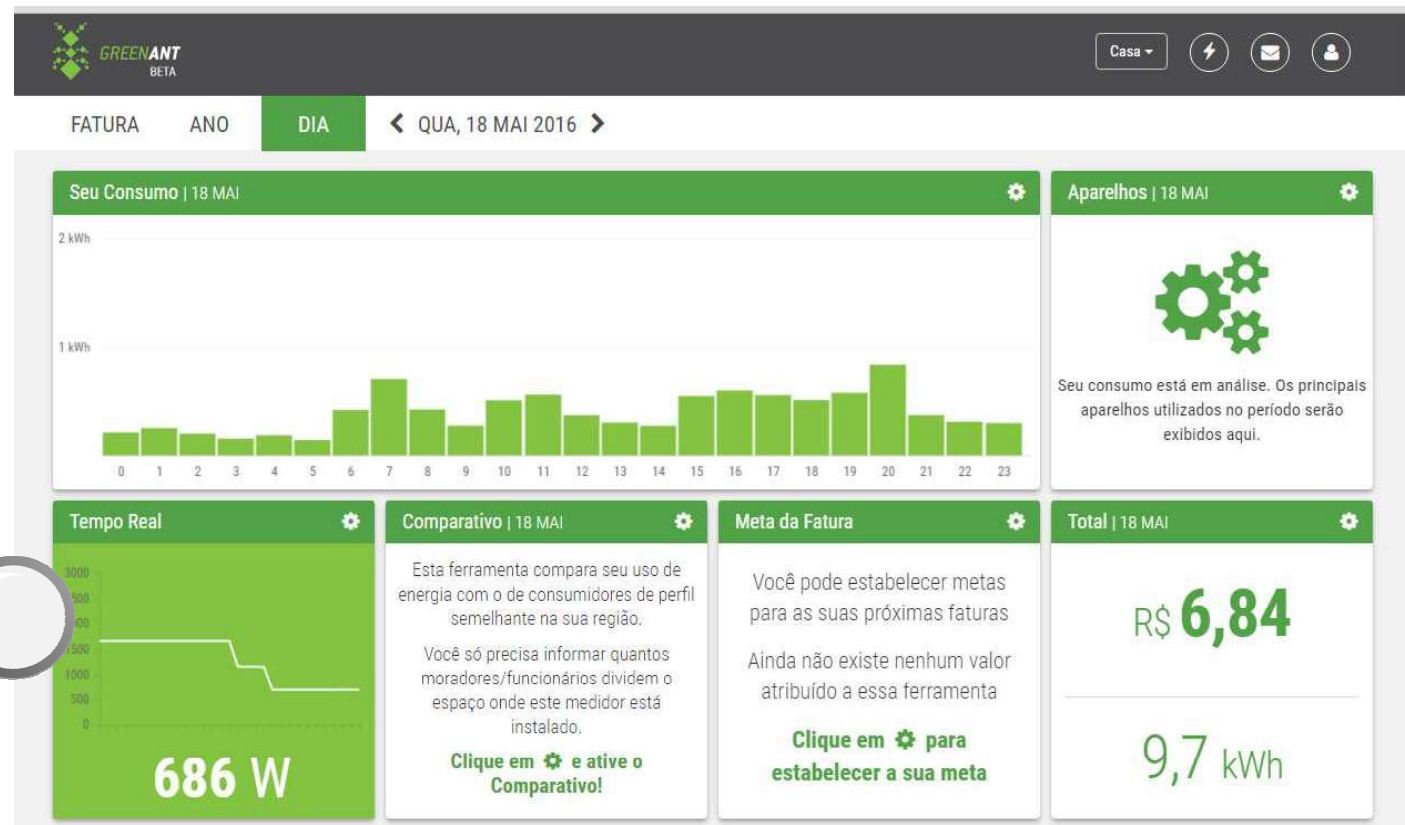
# Generación Distribuida





# Demanda como parte del planeamiento

- Ejemplo: consumo de mi casa



Respuesta de la demanda al apagar las lámparas dicroicas de mi sala (son muchas!)

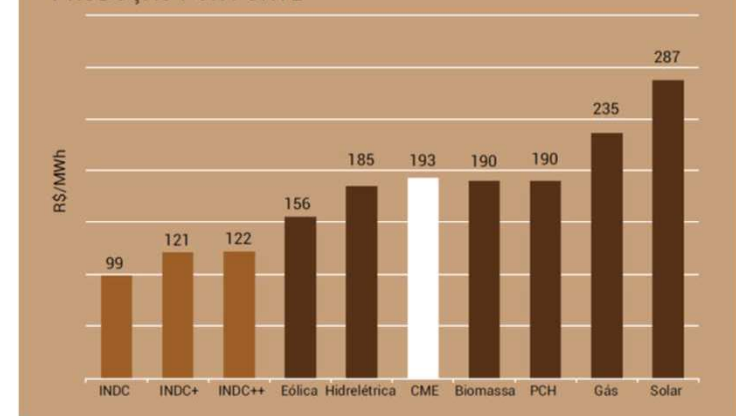


# Eficiencia Energética

- Grande potencial para la reducción del consumo en países miembros de CIER
- Muchas barreras a su implementación (desconocimiento, dificultades para financiación, y otros)
- Necesidad de medidas gubernamentales
- Beneficios al sector eléctrico: costo de ahorro inferior al costo de expansión.
- Posibilidad de impacto tarifario positivo



FIGURA 2.1 – CUSTO DE CONSERVAÇÃO X CUSTO DE PRODUÇÃO POR FONTE





# Conclusión

1. El SIGER es un plataforma para sustituir el proceso de actualizaciones periódicas de datos y de estudios regionales por un proceso permanente a cargo de los representantes de cada país. El SIGER cuenta con facilidades para la elaboración de estudios de integración regional y recursos de visualización de los sistemas energéticos georeferenciados en Web
2. Las rápidas transformaciones del sector eléctrico mundial con la inserción de nuevas fuentes renovables intermitentes, generación distribuida, respuesta de la demanda, almacenamiento distribuido y eficiencia energética representan un desafío a las herramientas computacionales y a los procesos de planificación energética nacional y regional.

Muchas Gracias por la atención.  
Rafael Kelman [rafael@psr-inc.com]