

GENERACIÓN – TRANSMISIÓN, LA PLANEACIÓN COMO UN RETO DEL SECTOR

Subdirección de Energía Eléctrica
Unidad de Planeación Minero Energética

Bogotá, Julio de 2014



MinMinas
Ministerio de Minas y Energía

**PROSPERIDAD
PARA TODOS**

- **Responsabilidades para la prestación del servicio**
- **Metodología actual de Planificación Transmisión y Generación**
- **Metodología Integral de Planificación - Generación y Transmisión**
- **Caso Piloto: Área Oriental**
- **Trabajo Futuro**

- **Responsabilidades para la prestación del servicio**
- Metodología actual de Planificación Transmisión y Generación
- Metodología Integral de Planificación - Generación y Transmisión
- Caso Piloto: Área Oriental
- Trabajo Futuro

La función del Estado, de las entidades territoriales y la prestación del servicio

- Abastecer la demanda de electricidad bajo criterios económicos y de viabilidad financiera
- Asegurar una operación eficiente, segura y confiable en las actividades del sector

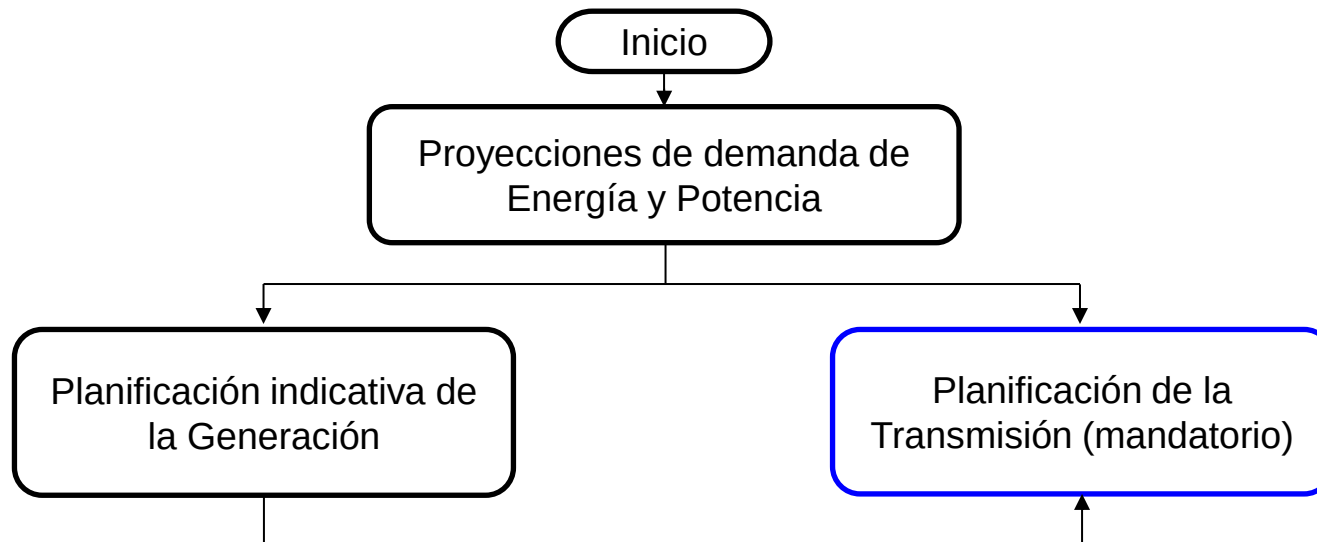
¿Qué hace la Unidad de Planeación Minero Energética – UPME?

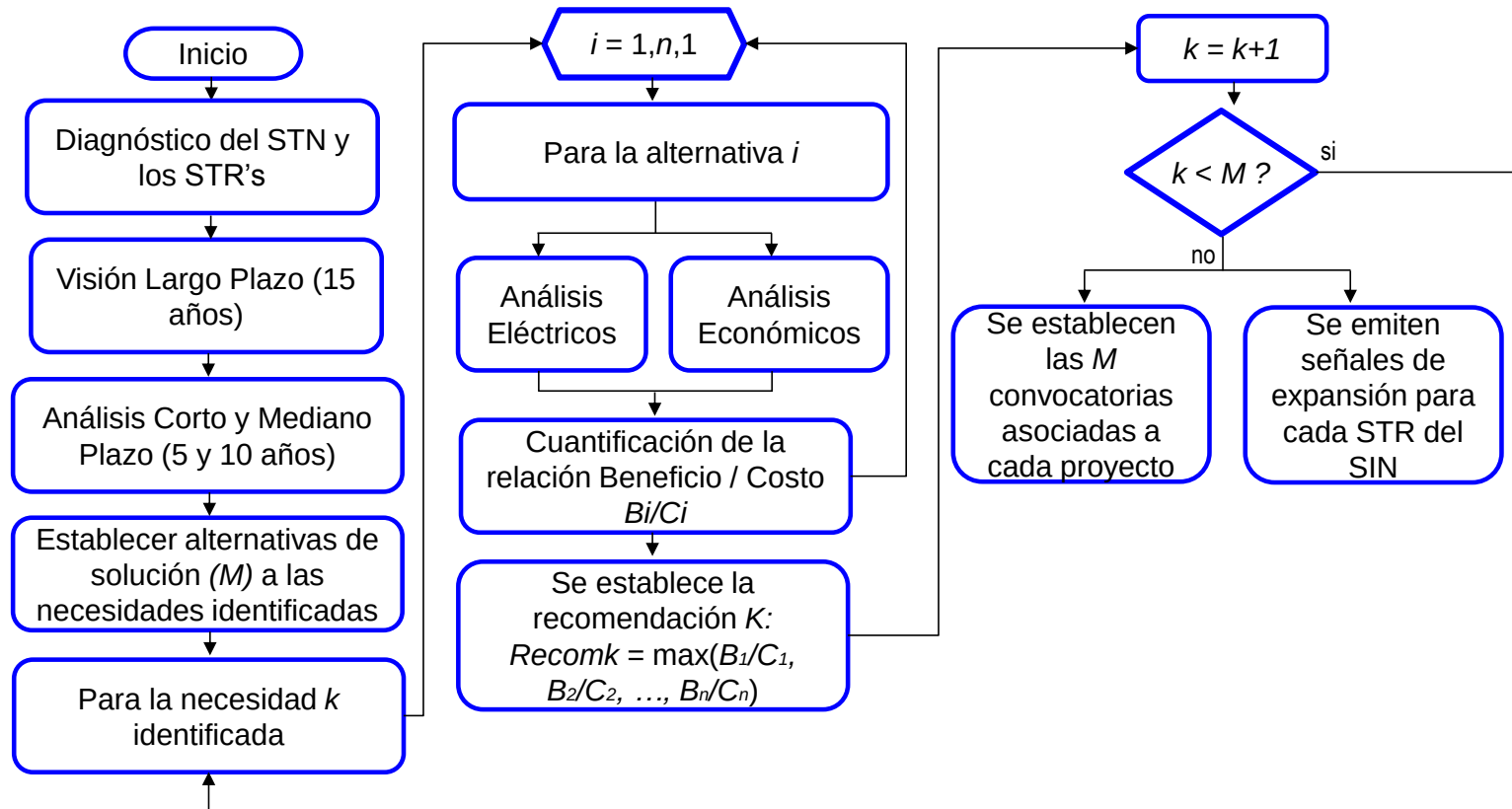
- Se encarga, entre otros, de las proyecciones de demanda de energía eléctrica y del **Plan de Expansión de Generación y Transmisión**. Se publica en la WEB

¿Qué es el Plan de Expansión de Generación y Transmisión?

- Identifica deficiencias de la red y determina la expansión de redes de transmisión, al igual que establece de manera indicativa los requerimientos de generación
- Las plantas de generación se construyen por interés e iniciativa de los agentes
- Los proyectos de transmisión los ejecuta un inversionista seleccionado mediante convocatoria

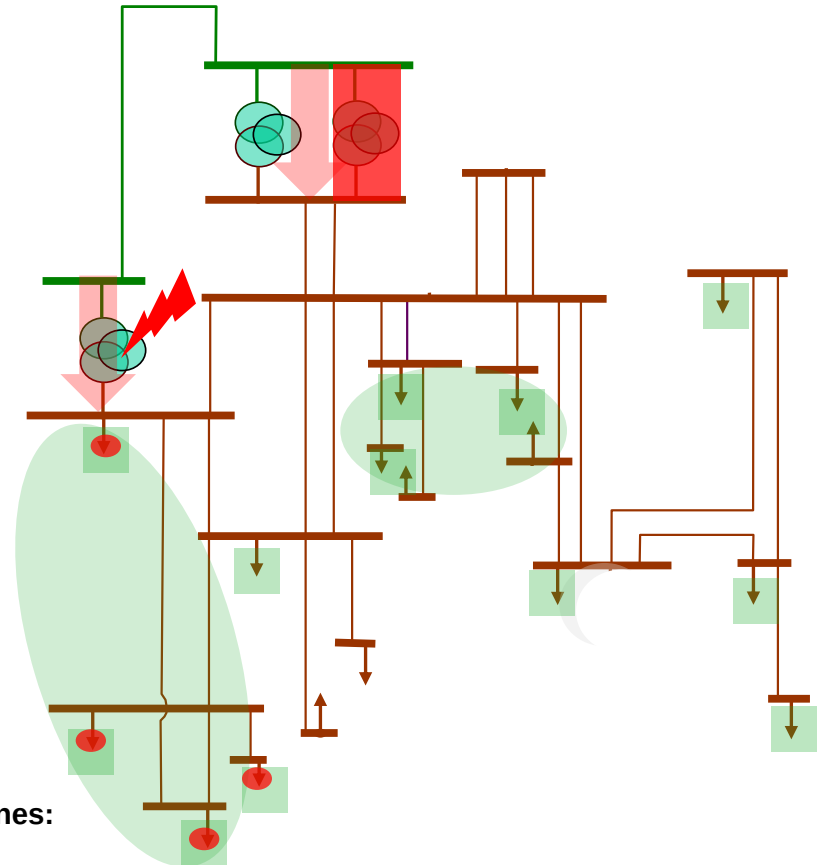
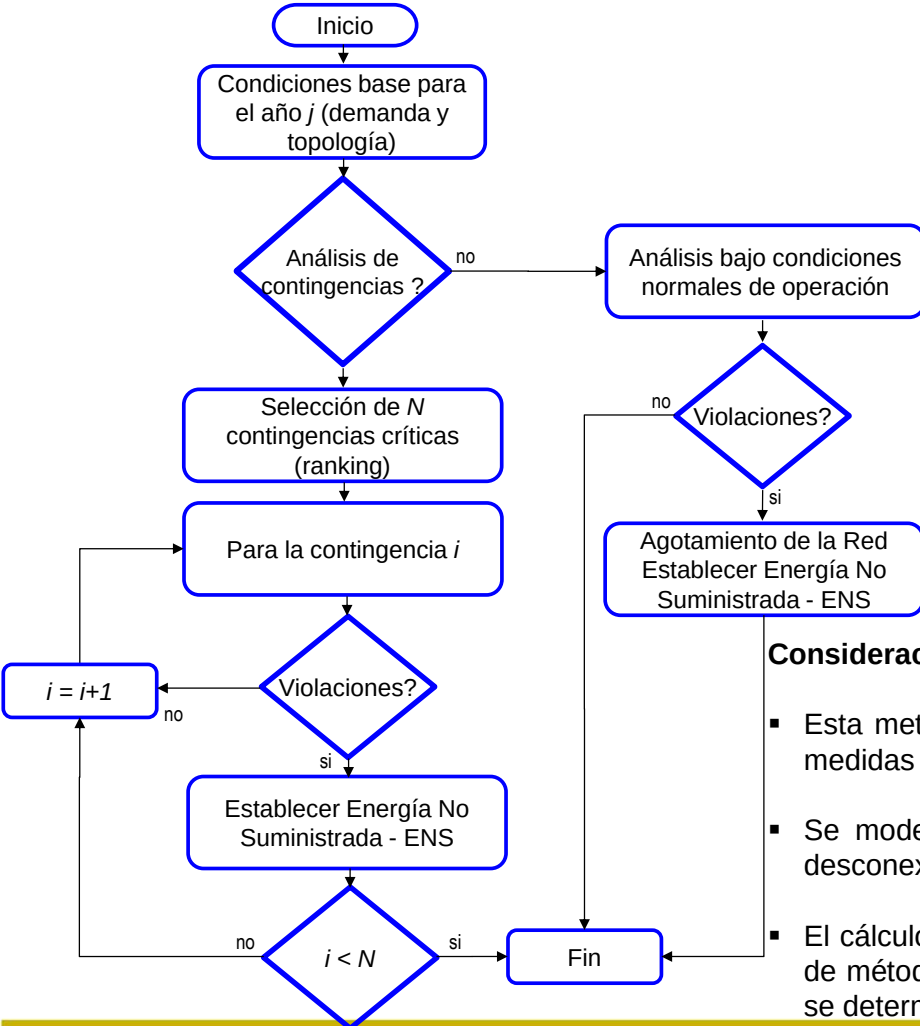
- Responsabilidades para la prestación del servicio
- **Metodología actual de Planificación Transmisión y Generación**
- Metodología Integral de Planificación - Generación y Transmisión
- Caso Piloto: Área Oriental
- Trabajo Futuro





Metodología actual de Planificación Transmisión y Generación

Beneficios Confiabilidad Eléctrica y Agotamiento de la Red.

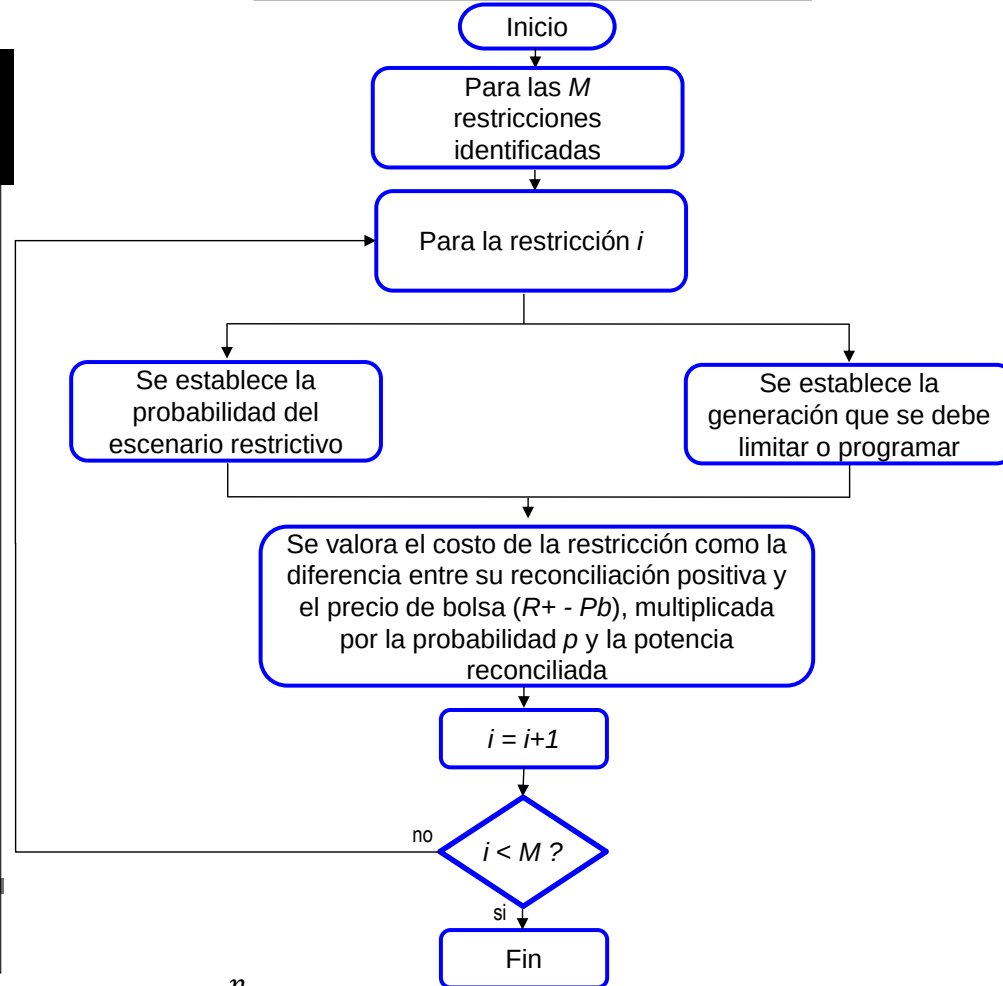


Consideraciones:

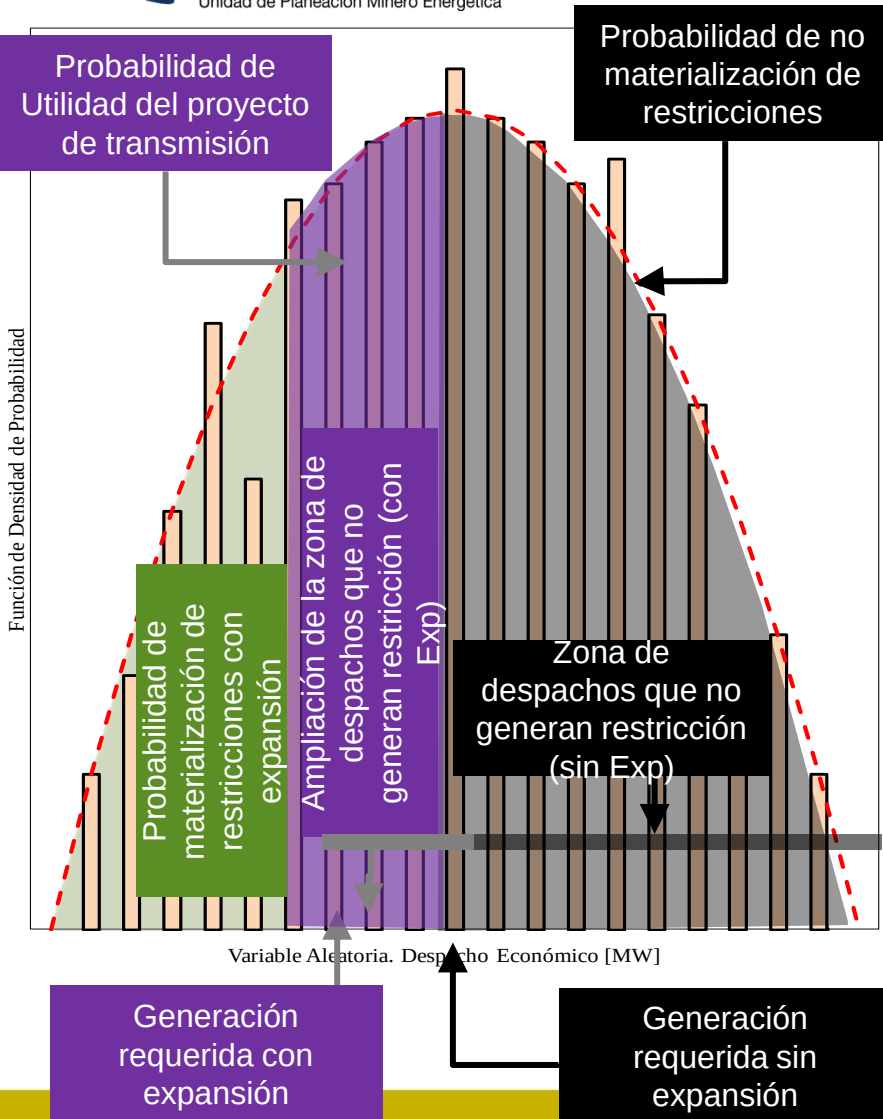
- Esta metodología se emplea en aquellas áreas del SIN donde no se dispone de medidas de administración del riesgo, como la generación de seguridad.
- Se modela de manera simplificada la contingencia, es decir, no se consideran desconexiones adicionales o “cascadas”.
- El cálculo de la Energía No Suministrada se establece de manera óptima, a través de métodos heurísticos. Respecto al cálculo del Costo de Racionamiento, el mismo se determina en función del porcentaje de carga racionada (del área bajo estudio).

Metodología actual de Planificación Transmisión y Generación

Beneficios Reducción de Restricciones.



$$B = \sum_{i=1}^n [(M_2) \cdot (scop) \cdot prob_{inf} + (N) \cdot (CRO)]$$



Metodología actual de Planificación Transmisión y Generación

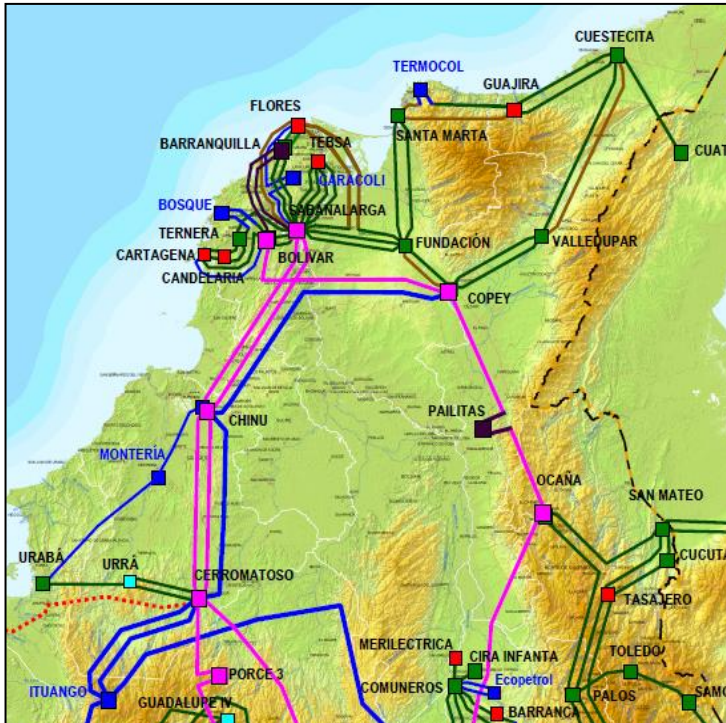
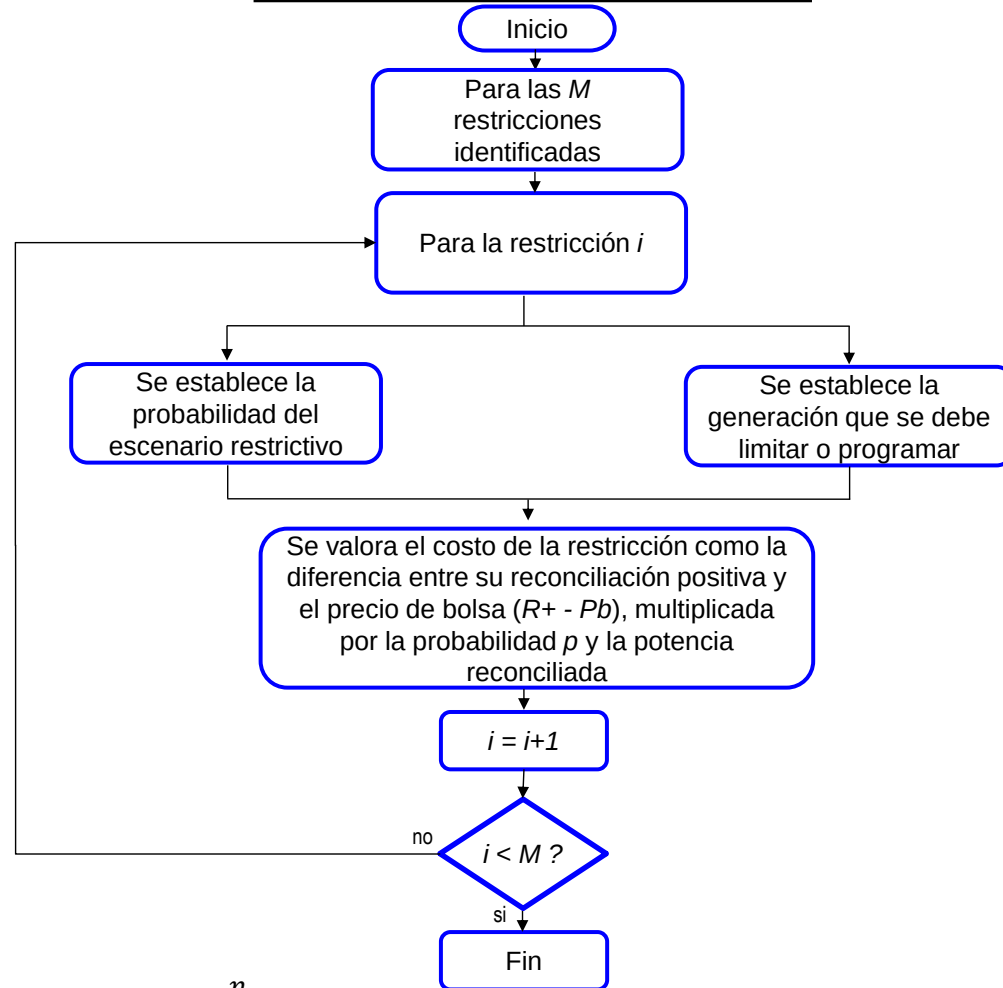


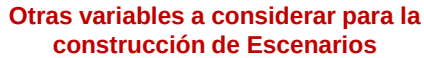
TABLA III
RESULTADOS OBTENIDOS.

Parámetros	2017	2020	2025
M	1584	NA	NA
M_2	NA	1984	1576
N	0	351	1166
$SCOP$ [\$/kwh]	24	24	24
CRO	NA	651.33	651.33
$prob_{util\ proy}$	0.02	NA	NA
$prob_{inf}$	NA	0.87	0.9
B/C		8.76	

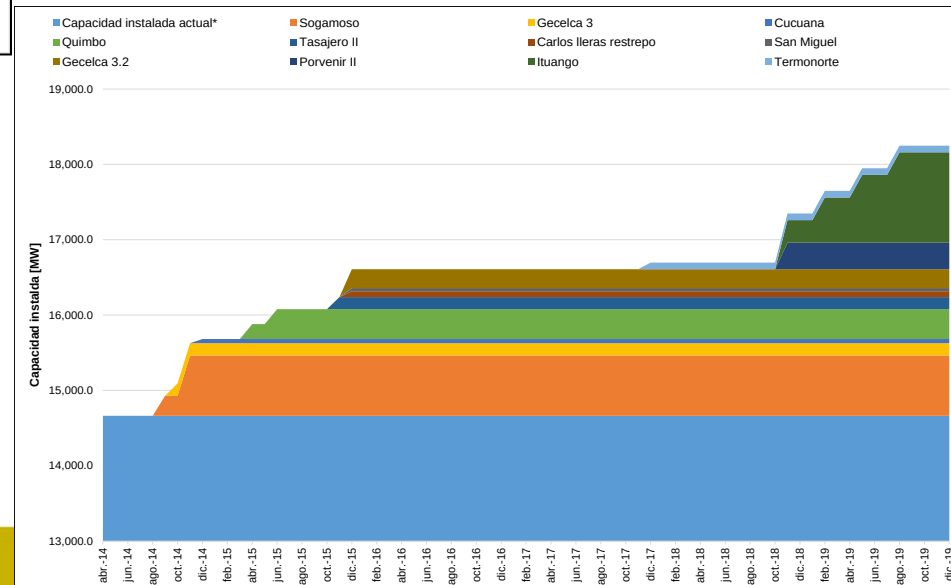
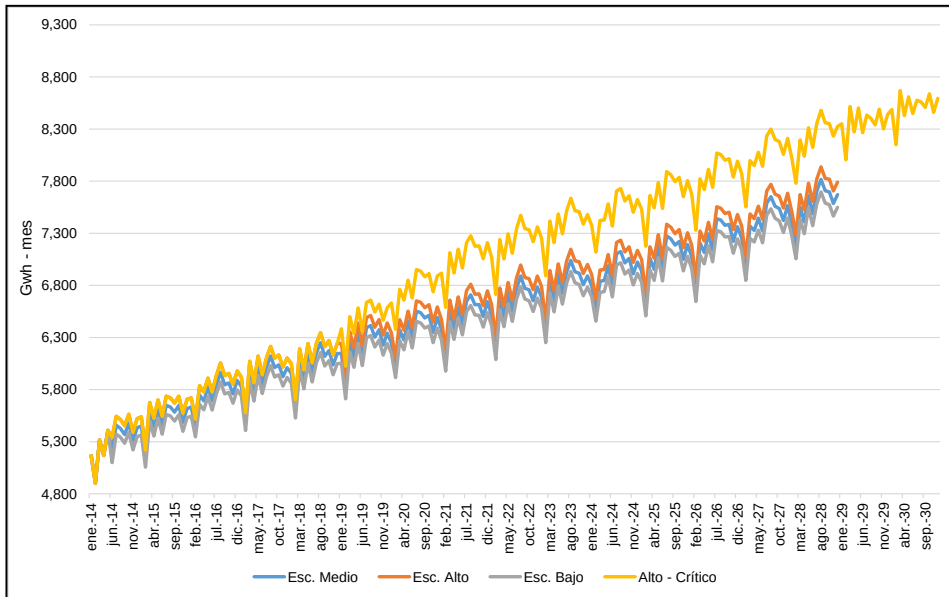
Beneficios Reducción de Restricciones.

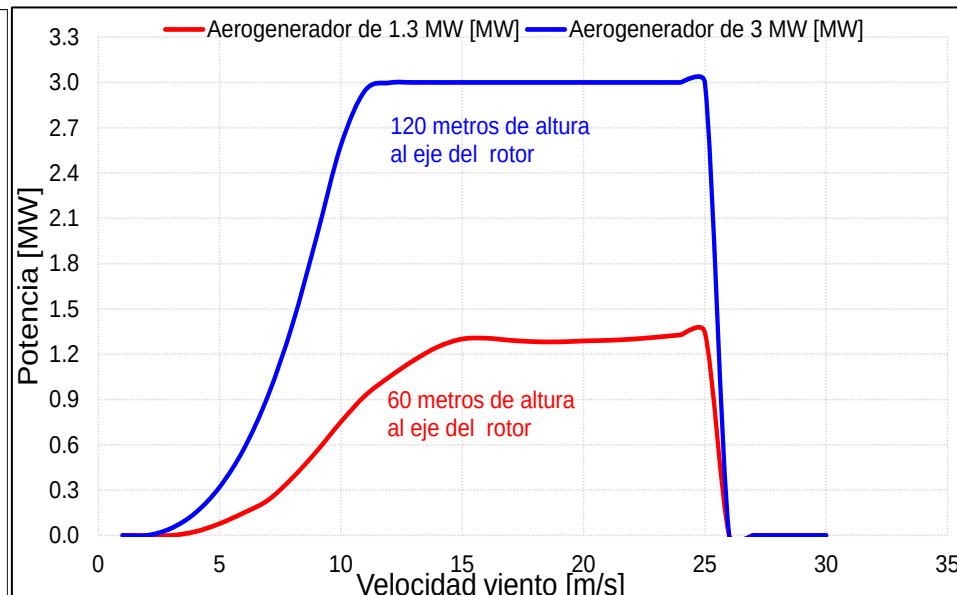
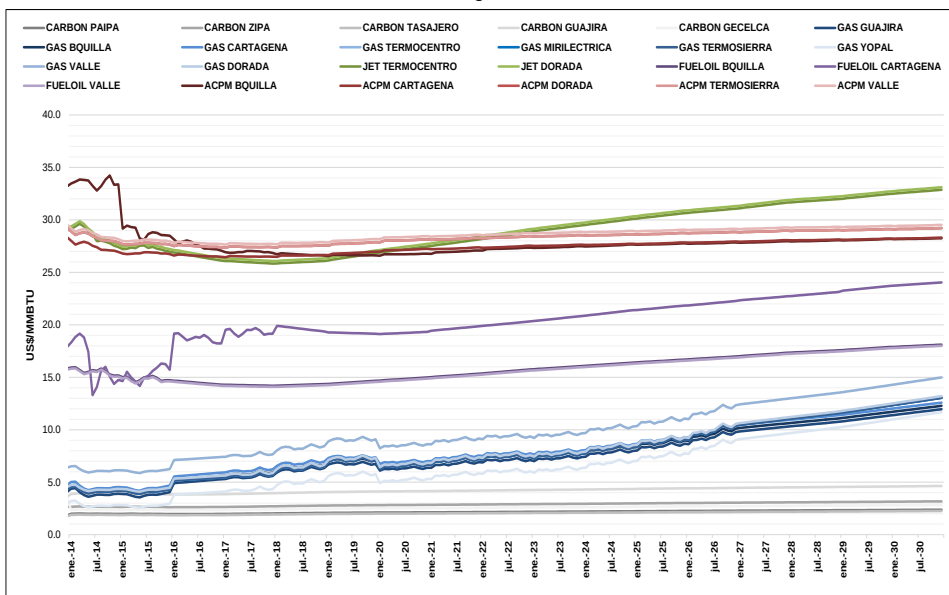


$$B = \sum_{i=1}^n [(M_2) \cdot (scop) \cdot prob_{inf} + (N) \cdot (CRO)]$$



Metodología actual de Planificación Transmisión y Generación





Fecha de entrada*	Atraso respecto a fecha original	Central	Capacidad (MW)	Tipo de central
dic.-14	2 meses	GECELCA 3	164.0	Termica
dic.-15	6 meses	EL QUIMBO	396.0	Hidráulica
dic.-15	13 meses	SOGAMOSO	800.0	Hidráulica
dic.-15	12 meses	CUCUANA	55.0	Hidráulica
dic.-16	12 meses	SAN MIGUEL	42.0	Hidráulica
dic.-16	12 meses	CARLOS LLERAS RESTREPO	78.1	Hidráulica
dic.-16	12 meses	GECELCA 3.2	250.0	Termica
dic.-16	13 meses	TASAJERO II	160.0	Termica
dic.-18	12 meses	TERMONORTE	88.3	Termica
dic.-19	4 meses	ITUANGO	1200.0	Hidráulica
dic.-19	13 meses	PORVENIR II	352.0	Hidráulica

*Fecha límite de entrada en operación del proyecto de su máxima capacidad estimada

Indicador

Definición

Expresión matemática

VERE

Es la razón entre el promedio de energía racionada en un mes, y la demanda nacional esperada en dicho periodo.

$$VERE = \frac{\sum_{i=1}^n \left(\frac{\text{Energía mensual Racionada}_i}{n} \right)}{\text{Demanda Nacional de Energía}_{mes}}$$

n = Número de casos simulados.

VEREC

Es la razón entre el promedio de energía racionada en un mes, y la demanda nacional esperada en dicho periodo.

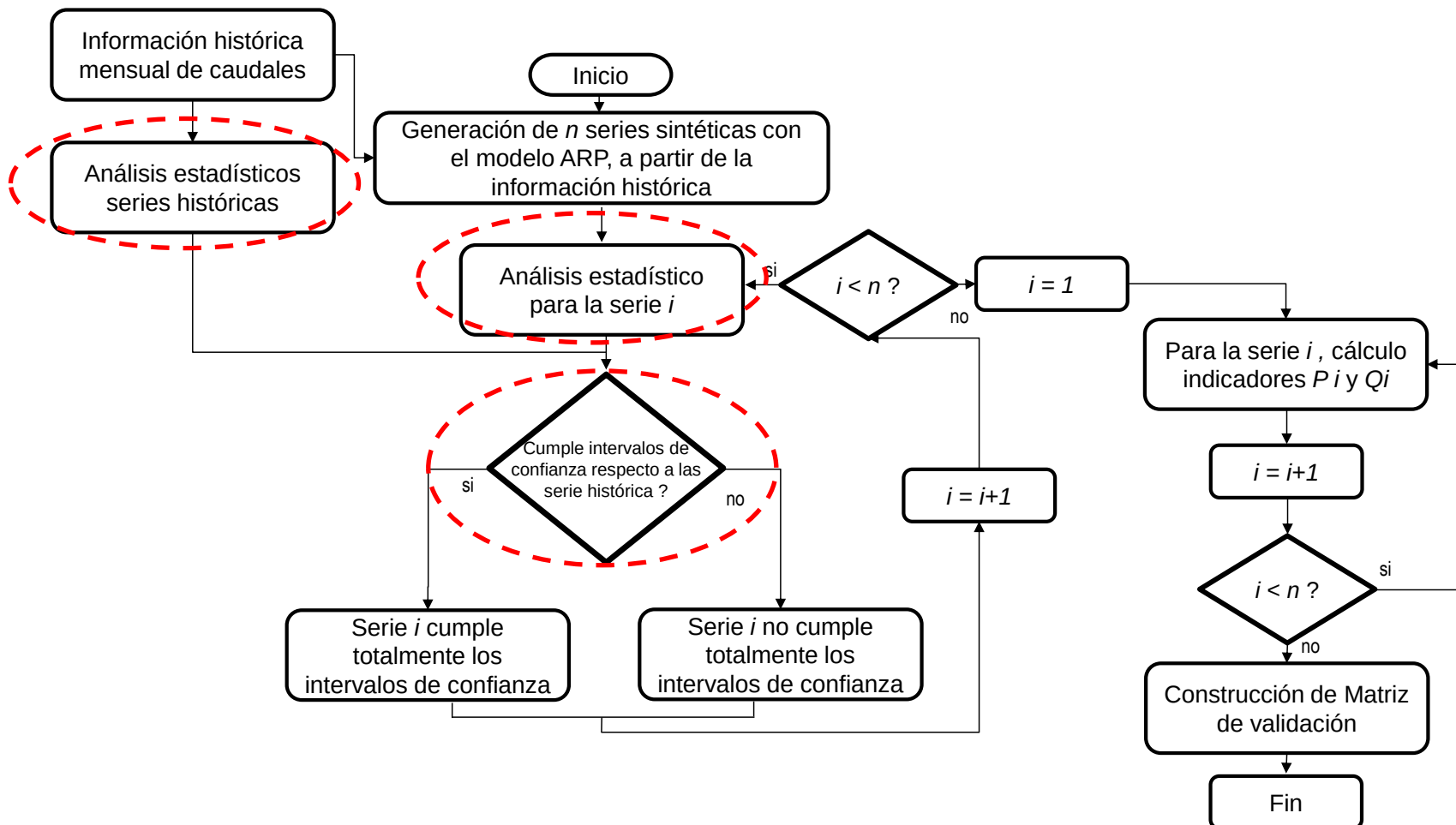
Solo se consideran los casos donde se presentan déficit.

$$VEREC = \frac{\sum_{i=1}^m \left(\frac{\text{Energía mensual Racionada}_i}{m} \right)}{\text{Demanda Nacional de Energía}_{mes}}$$

m = número de casos con déficit

Número de casos con déficit

Número de eventos durante todo el horizonte de planeamiento donde se presenta racionamiento de energía.



$$media = \bar{x} = \frac{\sum x}{N}$$

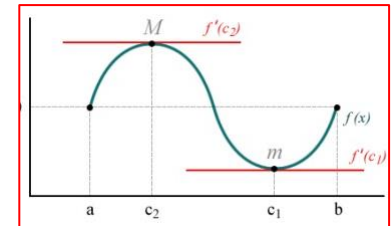
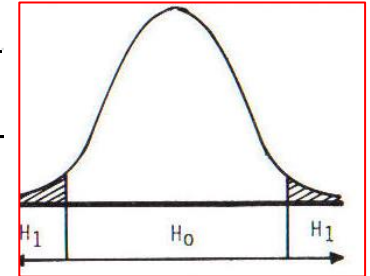
$$desv\ estand = s = \sqrt{\frac{1}{N-1} \sum_{j=1}^N (x_j - \bar{x})^2}$$

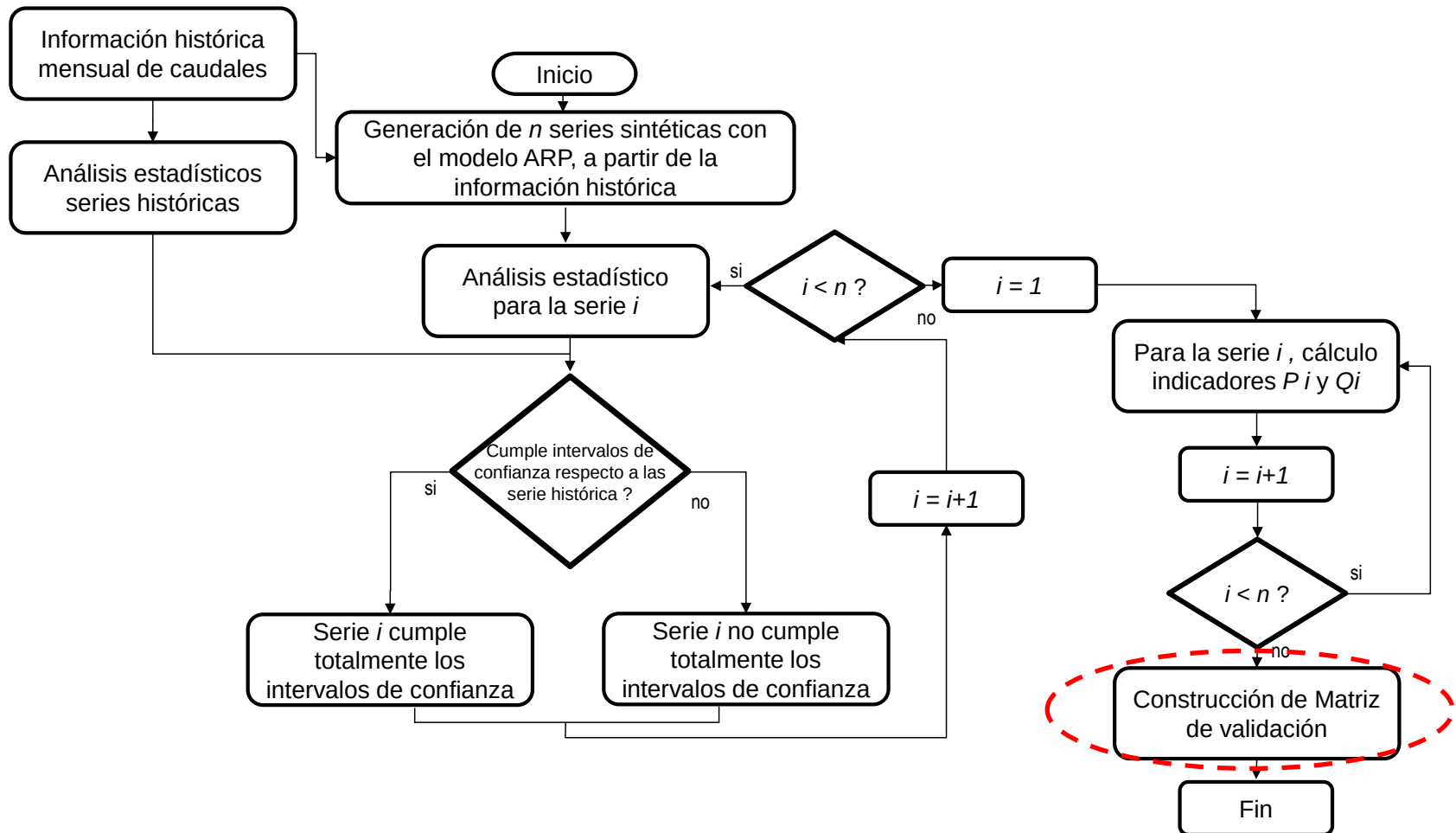
$$coeficiente\ de\ variación = CV = \frac{s}{\bar{x}}$$

$$desviación\ media = DM = \sum_{j=1}^N \frac{|x_j - \bar{x}|}{N}$$

$$mediana = M_e; P(X < M_e) \leq \frac{1}{2}, F(M_e) = P(X \leq M_e) \geq \frac{1}{2}$$

Parámetro	Variación máxima permitida respecto a las series históricas
Media	35%
Desviación Estándar	50%
Mediana	35%
Coeficiente de Variación	35%
Desviación Media	40%
Percentíl 97.5 %	30%
Percentíl 2.5 %	30%
Máximo Valor de Caudal	50%
Mínimo Valor de Caudal	50%



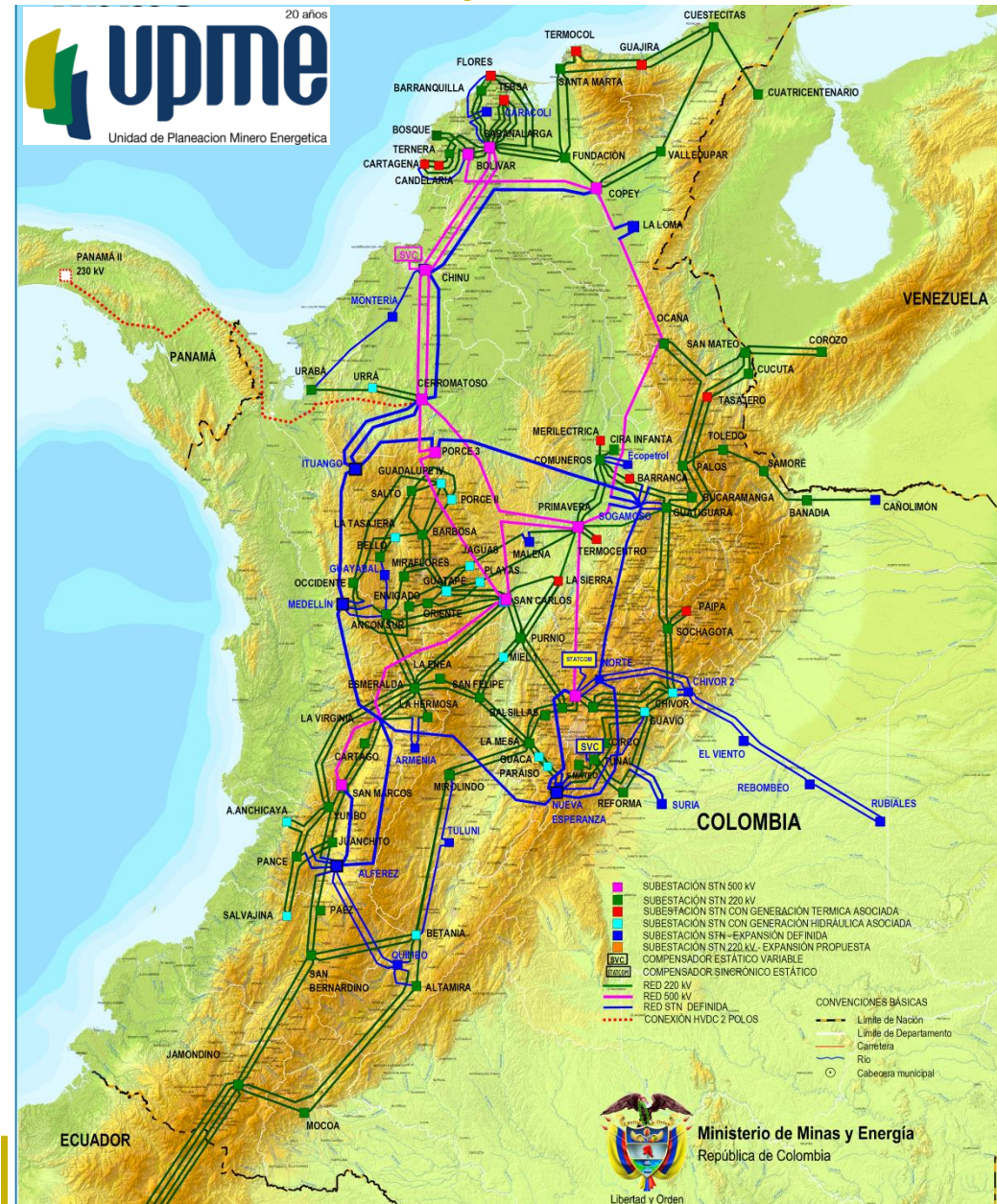
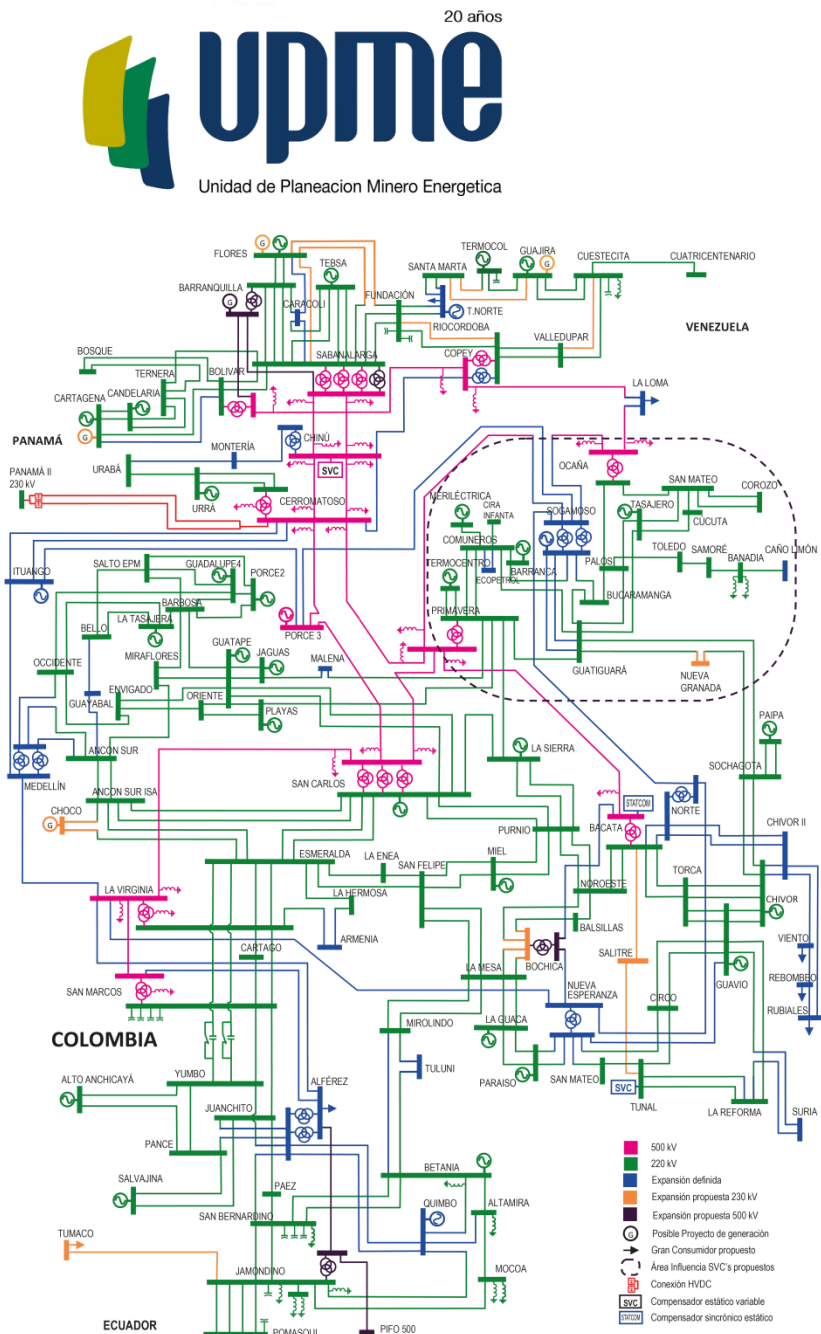


Series sintéticas generadas por el ARP para las Plantas del Sistema			Plantas del Sistema			Indicadores		Validación		
Serie Planta 1	Serie Planta 2	Serie Planta m	Planta 1	Planta 2	Planta m	P	Q	$P > 0.7 \cdot m$?	$Q > 0.75 \cdot Cap\ Inst$?	P y Q Cumplen ?
SP1_1	SP2_1	SPm_1	ok	ok	-	P_1	Q_1	Si	Si	Serie aprobada
SP1_2	SP2_2	SPm_2	ok	ok	-	P_2	Q_2	Si	No	Serie No aprobada
SP1_3	SP2_3	SPm_3	-	ok	ok	P_3	Q_3	No	Si	Serie No aprobada
SP1_4	SP2_4	SPm_4	ok	ok	-	P_4	Q_4	Si	Si	Serie aprobada
SP1_5	SP2_5	SPm_5	ok	ok	-	P_5	Q_5	Si	Si	Serie aprobada
SP1_n	SP2_n	SPm_n	ok	-	-	P_n	Q_n	No	No	Serie No aprobada

$$P_i = \frac{\sum_{j=1}^{\#plntas\ OK} j}{m}$$

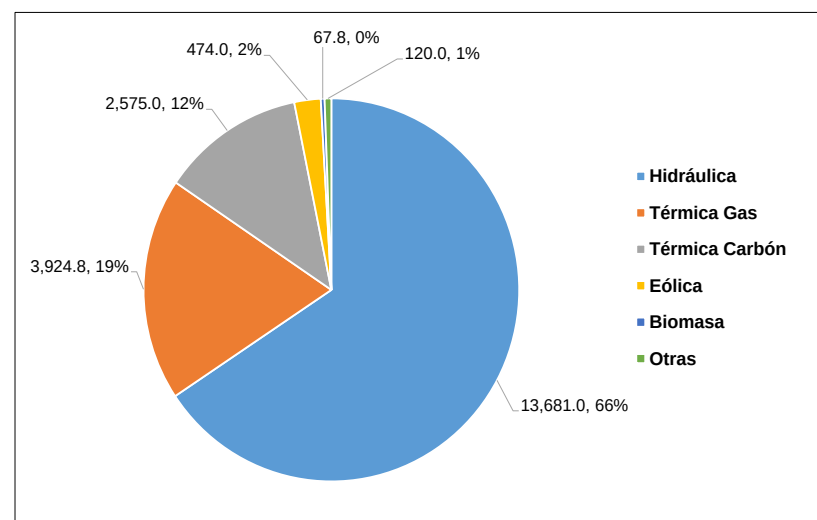
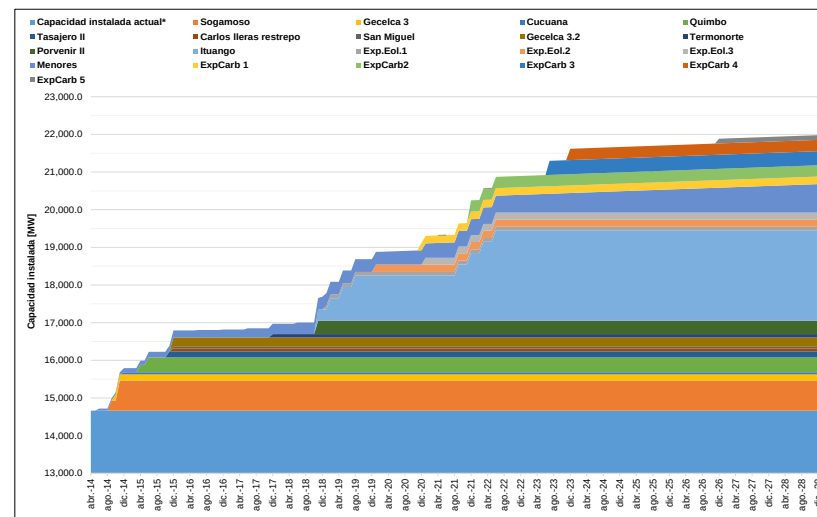
$$Q_i = \frac{\sum_{j=1}^{\#plntas\ OK} Cap_j}{Cap\ Inst\ Total}$$

Metodología actual de Planificación Transmisión y Generación



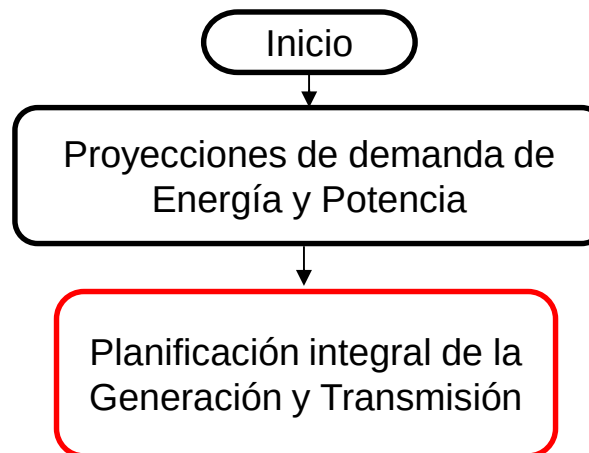
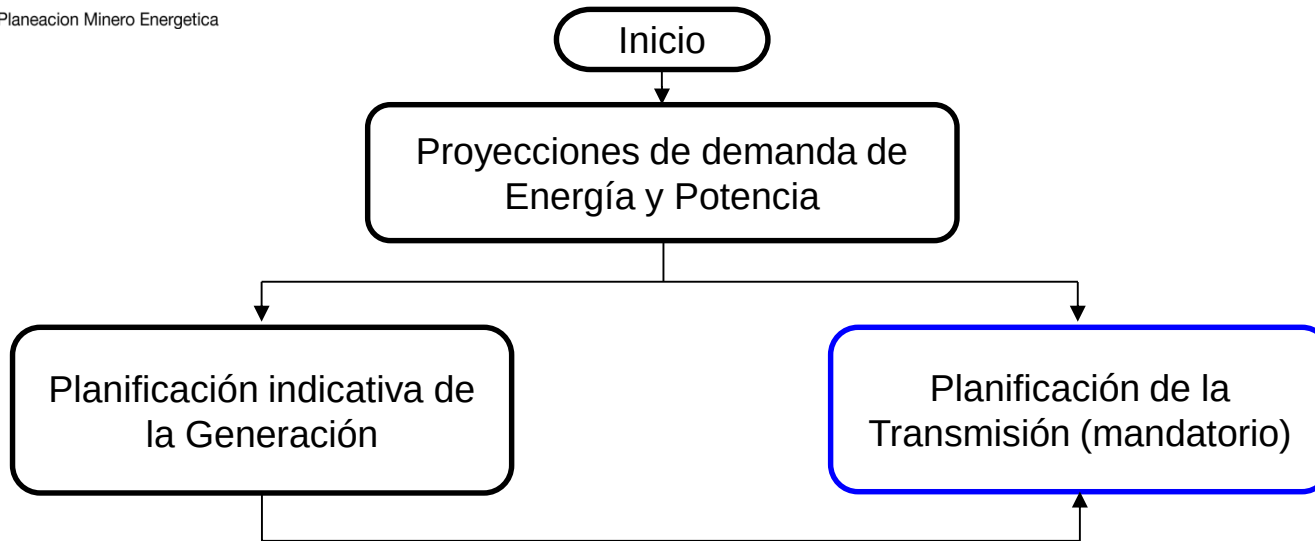
Metodología actual de Planificación Transmisión y Generación

Central	Fecha de entrada	Capacidad	Recurso
Sogamoso	sep-14	266.7	Hidráulico
	nov-14	800.0	
Gecelca 3	oct-14	164.0	Carbón
Cucuana	dic-14	55.0	Hidráulico
Quimbo	abr-15	198.0	Hidráulico
	jun-15	396.0	
Tasajero II	nov-15	160.0	Carbón
Carlos Ileras Restrepo	dic-15	78.1	Hidráulico
San Miguel	dic-15	42.0	Hidráulico
Gecelca 3.2	dic-15	250.0	Carbón
Termonorte	dic-17	88.0	Líquidos
Porvenir II	nov-18	352.0	Hidráulico
	nov-18	300.0	
	feb-19	600.0	
	may-19	900.0	
	ago-19	1,200.0	
Ituango	ago-21	1,500.0	Hidráulico
	dic-21	1,800.0	
	mar-22	2,100.0	
	jun-22	2,400.0	
Exp.Eol.1	ene-19	99.0	Eólica
Exp.Eol.2	ene-20	195.0	Eólica
Exp.Eol.3	ene-21	180.0	Eólica
Exp.Carb. 1	dic-20	200.0	Carbón
Exp.Carb. 2	dic-21	300.0	Carbón
Exp.Carb. 3	jul-23	375.0	Carbón
Exp.Carb. 4	dic-23	300.0	Carbón
Exp.Carb. 5	dic-26	125.0	Carbón
Menores	Crecimiento según proyección estimada		

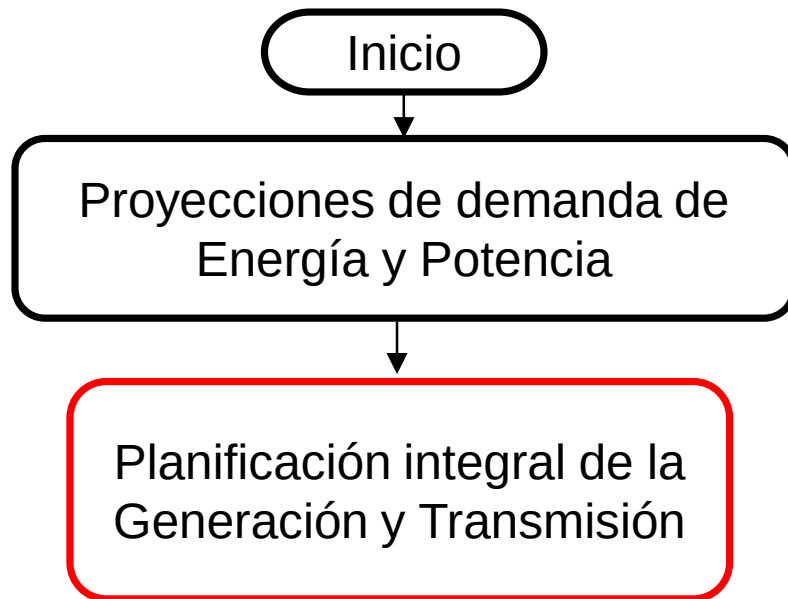


- Responsabilidades para la prestación del servicio
- Metodología actual de Planificación Transmisión y Generación
- **Metodología Integral de Planificación - Generación y Transmisión**
- Caso Piloto: Área Oriental
- Trabajo Futuro

Metodología integral de Planificación - Generación y Transmisión



Metodología integral de Planificación - Generación y Transmisión



Antecedentes:

- Bajo el esquema normativo y regulatorio vigente, la UPME lleva a cabo la planificación de la generación y transmisión, realizando análisis y procedimientos independientes, los cuales se ligan al momento de establecer los beneficios de los proyectos de transmisión y la Visión de Largo Plazo del SIN.
- En el Plan de Expansión se estableció la red de transmisión (activos de uso) para la conexión de un proyecto con Obligaciones de Energía en Firme de 200 MW de capacidad de naturaleza térmica.
- Si bien la Obligación de Energía en Firme establecida en la subastas del Cargo por Confiabilidad justificó la incorporación de este proyecto, se observó en las simulaciones energéticas que el mismo no estaría la mayor parte del tiempo generando, razón por la cuál **no haría un aporte a la Confiabilidad del SIN**, y en función de las necesidades del sistema, su generación podría implicar **Restricciones**.
- En el Plan de Expansión 2013 – 2027 se definieron refuerzos a nivel de STN en cada una de las principales áreas y sub-áreas del Sistema Interconectado Nacional. Particularmente en el área Oriental se establecieron **dos nuevos corredores de importación de potencia a nivel de 500 kV y dos dispositivos FACTS**, expansión que se requiere en operación en el horizonte **2017 - 2022**.
- No obstante, se determinó que aún con toda esta expansión y el parque generador existente, a partir del año **2025** en el área Oriental se necesitaría de un nuevo refuerzo a nivel de 500 kV, **o generación adicional en la zona**, ello para salvaguardar la confiabilidad y seguridad del Sistema.

Metodología integral de Planificación - Generación y Transmisión

Preguntas

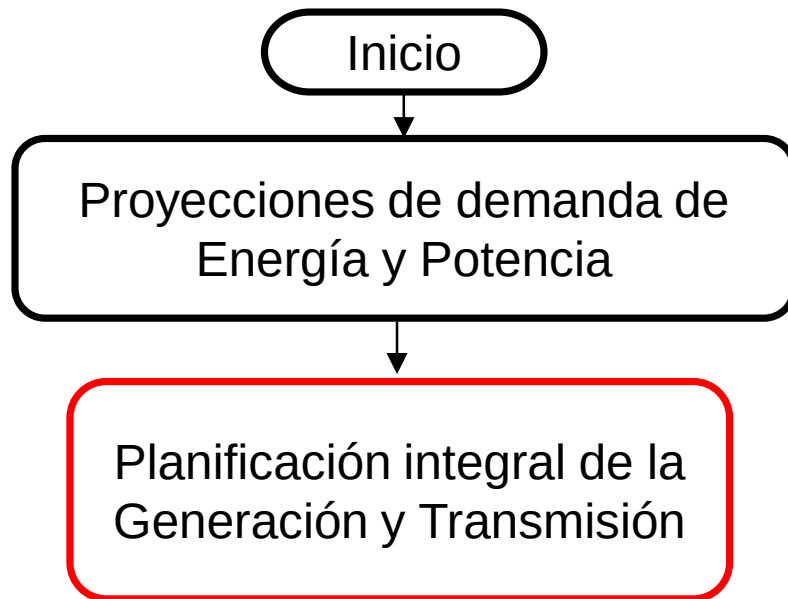
- ¿ A la luz de estos resultados, y dadas las **dificultades** ambientales, prediales, sociales y con comunidades, se ve **factible y viable** tener una nueva línea de 500 kV en el **área Oriental** ?
- Teniendo en cuenta **los recursos energéticos del área Oriental**, principalmente Carbón, GLP e hidroelectricidad, y considerando también la **necesidades energéticas futuras de todo el país**, ¿no sería mejor emplazar una nueva planta de generación en el área Oriental, resolviendo dos problemas simultáneamente, es decir, **aportar a la confiabilidad energética del SIN y las restricciones eléctricas del área Oriental** ?
- **Desde el punto de vista de la demanda, ¿cual sería el Beneficio / Costo de estas dos alternativas, es decir, la localización de una generación o un nuevo refuerzo de red ?**

Inicio

Proyecciones de demanda de
Energía y Potencia

Planificación integral de la
Generación y Transmisión

Metodología integral de Planificación - Generación y Transmisión



Para responder estas interrogantes se debe establecer:

- ✓ Metodología de valoración de la Confiabilidad Energética del SIN.
- ✓ Cuantificación de la Confiabilidad Energética sin la Expansión definida por el mecanismo del Cargo por Confiabilidad (establecer los momentos donde se requiere incrementar la confiabilidad).
- ✓ Cálculo de la Confiabilidad Energética con la Expansión definida por el mecanismo del Cargo por Confiabilidad (determinar verdaderamente cuales son los proyectos que aportan a dicha confiabilidad).
- ✓ Determinar en función de los recursos de cada una de las áreas del SIN y sus restricciones eléctricas, al igual que los potenciales desarrollos de proyectos de generación (promotores), cuales son los proyectos candidatos a estudiar junto con su conexión, que aportarían al incremento de la confiabilidad energética del SIN, y resolverían los problemas asociados a la red eléctrica.
- ✓ Identificar la expansión de red que ofrecería en relación a sus beneficios, el mismo desempeño de la generación focalizada.
- ✓ Establecer la relación Beneficio / Costo de las dos alternativas, es decir, la generación focalizada y la expansión convencional de red.

Metodología integral de Planificación - Generación y Transmisión

Para responder estas interrogantes se debe establecer:

- ✓ Metodología de valoración de la Confiabilidad Energética del SIN.
- ✓ Cuantificación de la Confiabilidad Energética sin la Expansión definida por el mecanismo del Cargo por Confiabilidad (establecer los momentos donde se requiere incrementar la confiabilidad).
- ✓ Cálculo de la Confiabilidad Energética con la Expansión definida por el mecanismo del Cargo por Confiabilidad (determinar verdaderamente cuales son los proyectos que aportan a dicha confiabilidad).
- ✓ Determinar en función de los recursos de cada una de las áreas del SIN y sus restricciones eléctricas, al igual que los potenciales desarrollos de proyectos de generación (promotores), cuales son los proyectos candidatos a estudiar junto con su conexión, que aportarían al incremento de la confiabilidad energética del SIN, y resolverían los problemas asociados a la red eléctrica.
- ✓ Identificar la expansión de red que ofrecería en relación a sus beneficios, el mismo desempeño de la generación focalizada.
- ✓ Establecer la relación Beneficio / Costo de las dos alternativas, es decir, la generación focalizada y la expansión convencional de red.

Inicio

Proyecciones de demanda de
Energía y Potencia

Planificación integral de la
Generación y Transmisión

Metodología integral de Planificación - Generación y Transmisión

Para responder estas interrogantes se debe establecer:

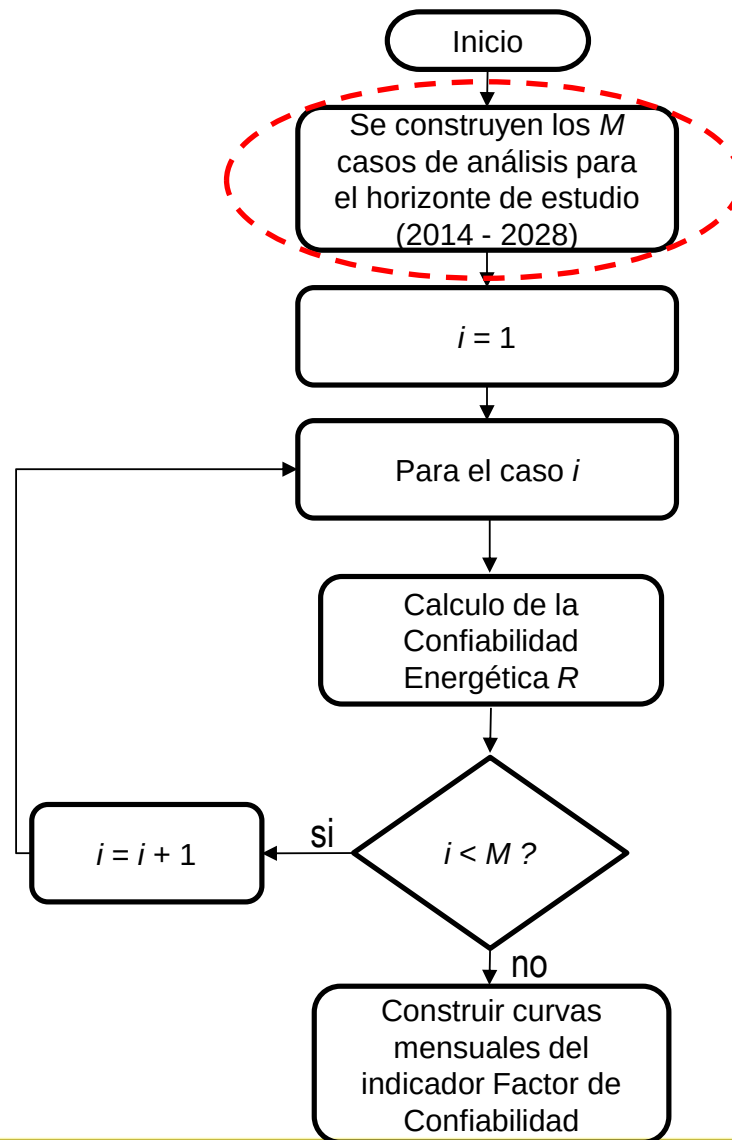
- ✓ Metodología de valoración de la Confiabilidad Energética del SIN.
- ✓ Cuantificación de la Confiabilidad Energética sin la Expansión definida por el mecanismo del Cargo por Confiabilidad (establecer los momentos donde se requiere incrementar la confiabilidad).
- ✓ Cálculo de la Confiabilidad Energética con la Expansión definida por el mecanismo del Cargo por Confiabilidad (determinar verdaderamente cuales son los proyectos que aportan a dicha confiabilidad).
- ✓ Determinar en función de los recursos de cada una de las áreas del SIN y sus restricciones eléctricas, al igual que los potenciales desarrollos de proyectos de generación (promotores), cuales son los proyectos candidatos a estudiar junto con su conexión, que aportarían al incremento de la confiabilidad energética del SIN, y resolverían los problemas asociados a la red eléctrica.
- ✓ Identificar la expansión de red que ofrecería en relación a sus beneficios, el mismo desempeño de la generación focalizada.
- ✓ Establecer la relación Beneficio / Costo de las dos alternativas, es decir, la generación focalizada y la expansión convencional de red.

Inicio

Proyecciones de demanda de
Energía y Potencia

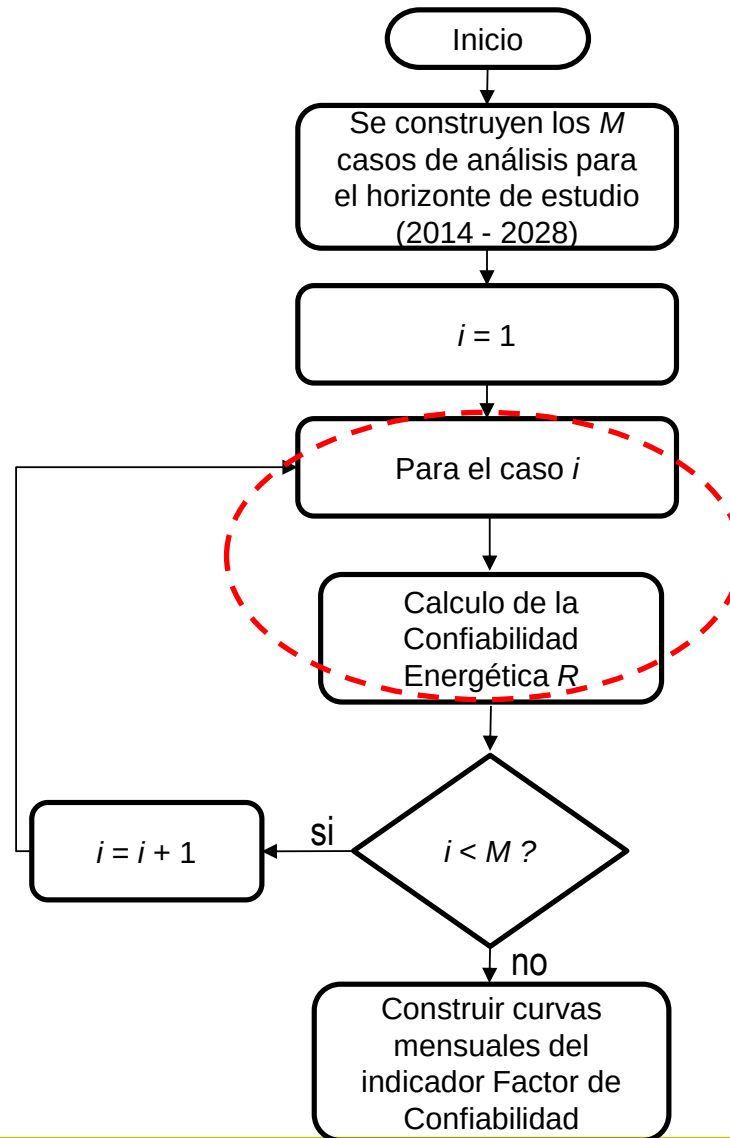
Planificación integral de la
Generación y Transmisión

Metodología integral de Planificación - Generación y Transmisión – Valoración de la Confiabilidad



[illegible]

Metodología integral de Planificación - Generación y Transmisión – Valoración de la Confiabilidad



$$R_{mensual} = 1 - VERE_{mensual} = 1 - \frac{\frac{\sum_{i=1}^n Déficit_{mensual}}{n}}{Demanda_{mensual}}$$

$$R_{mensual} = 1 - VREC_{mensual} = 1 - \frac{\frac{\sum_{i=1}^m Déficit_{mensual}}{m}}{Demanda_{mensual}}$$

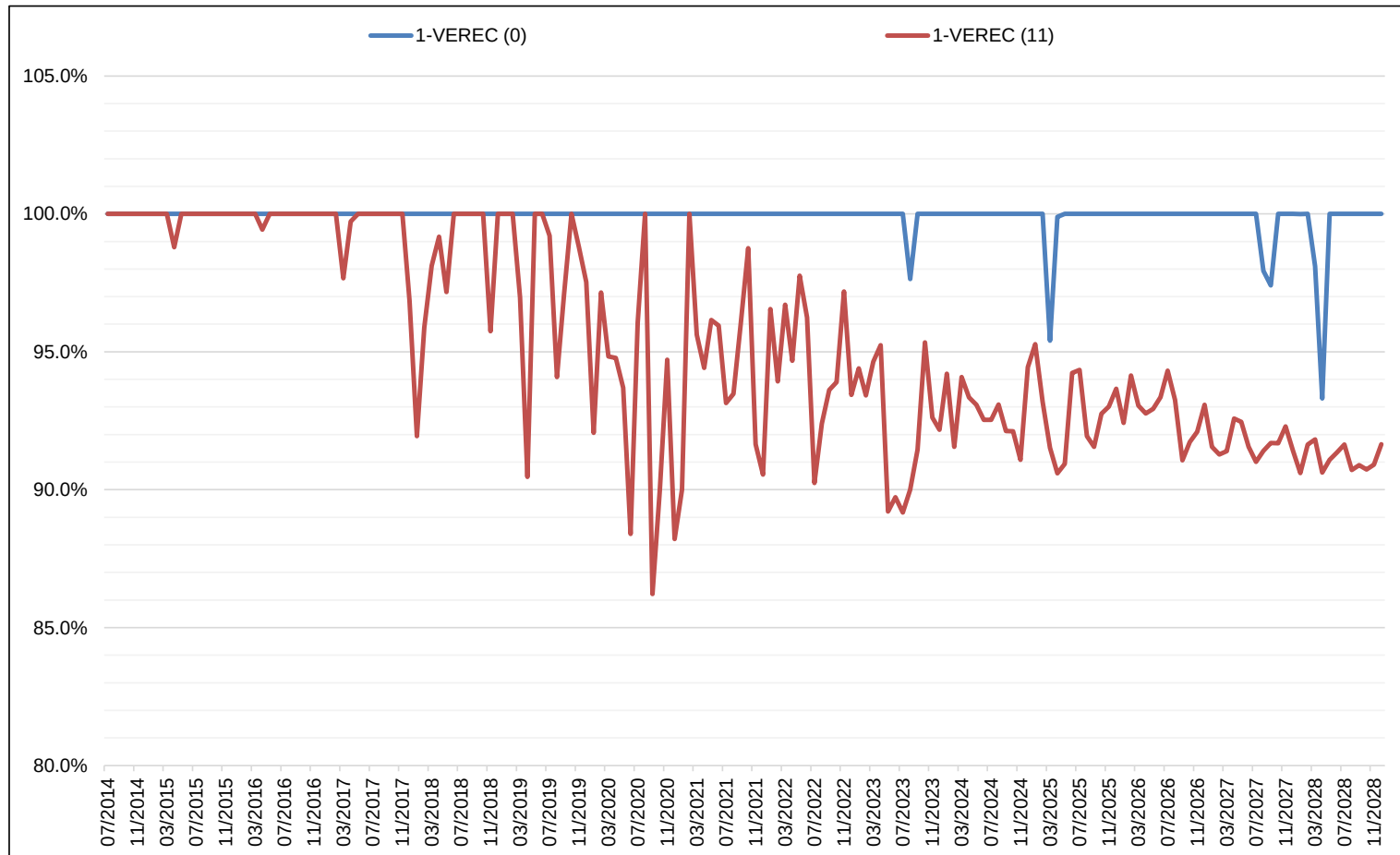
$$R_{mensual} = 1 - \#casos_{falla}$$

$$R_{mensual} = 1 - VERE_{mensual} = 1 - \frac{\frac{\sum_{i=1}^n Déficit_{mensual}}{n}}{Demanda_{mensual}}$$

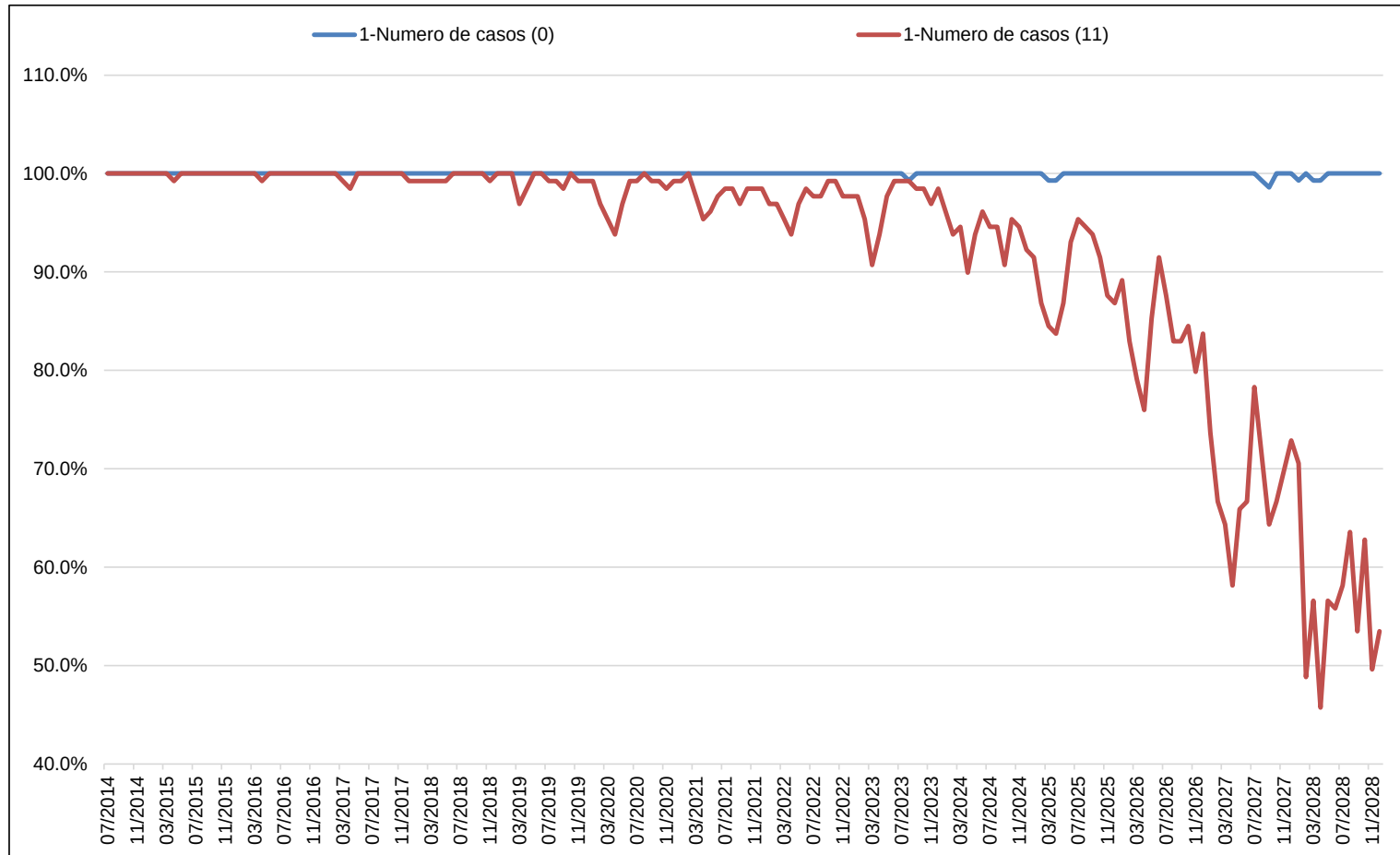
$$R_{mensual} = 1 - VREC_{mensual} = 1 - \frac{\frac{\sum_{i=1}^m Déficit_{mensual}}{m}}{Demanda_{mensual}}$$

$$R_{mensual} = 1 - \#casos_{falla}$$

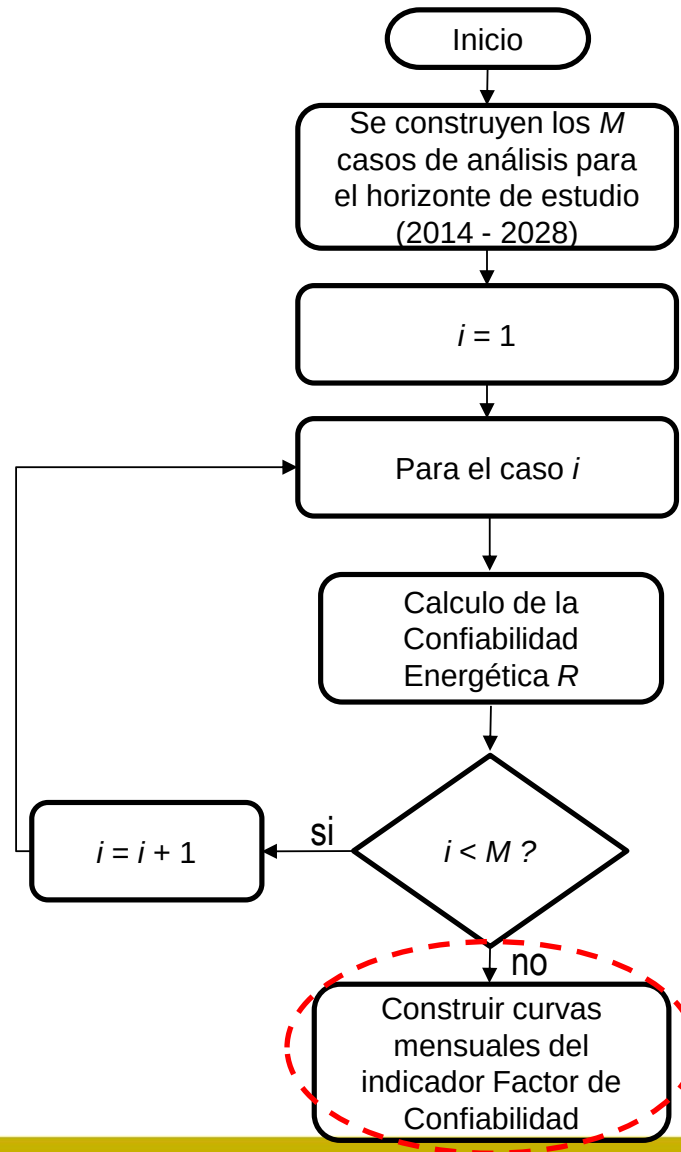
Metodología integral de Planificación - Generación y Transmisión – Valoración de la Confiabilidad



Metodología integral de Planificación - Generación y Transmisión – Valoración de la Confiabilidad



Metodología integral de Planificación - Generación y Transmisión – Valoración de la Confiabilidad



$$\text{Factor Confiabilidad}_{\text{mensual}} = \frac{\Delta \text{Confiabilidad}_{\text{mensual}}}{\text{Energía Generada Proyectos}_{\text{mensual}}}$$

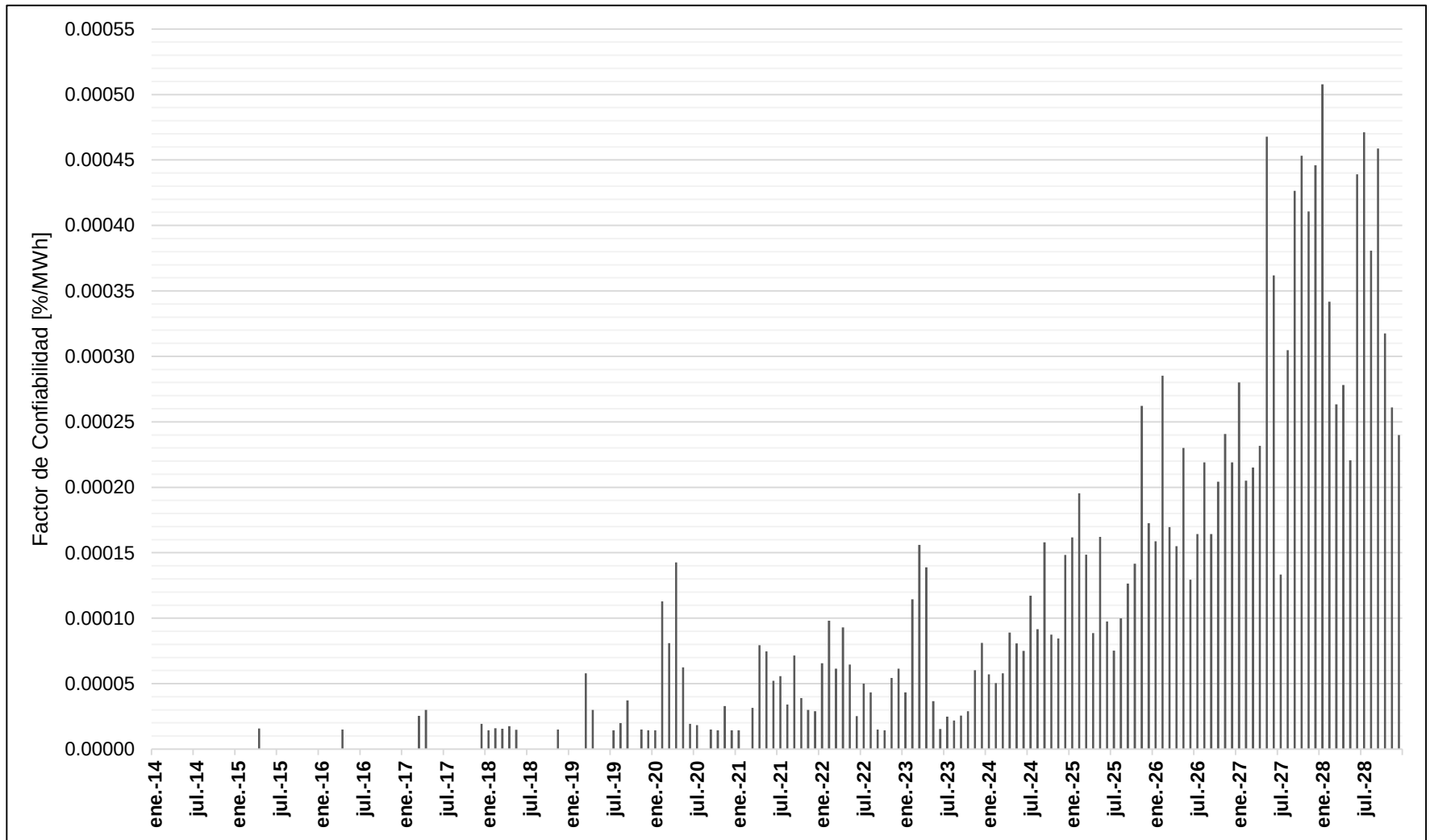
$$\text{Factor Confiabilidad}_{\text{mensual}} = \frac{(R_{\text{Con Expansión}} - R_{\text{Sin Expansión}})_{\text{mensual}}}{\text{Energía Generada Proyectos}_{\text{mensual}}}$$

$$\text{Energía Generada Proyectos} = \frac{\sum_{i=1}^t (\text{Energía generada proyectos}_{\text{Expansión}})_{\text{mensual}}}{t}$$

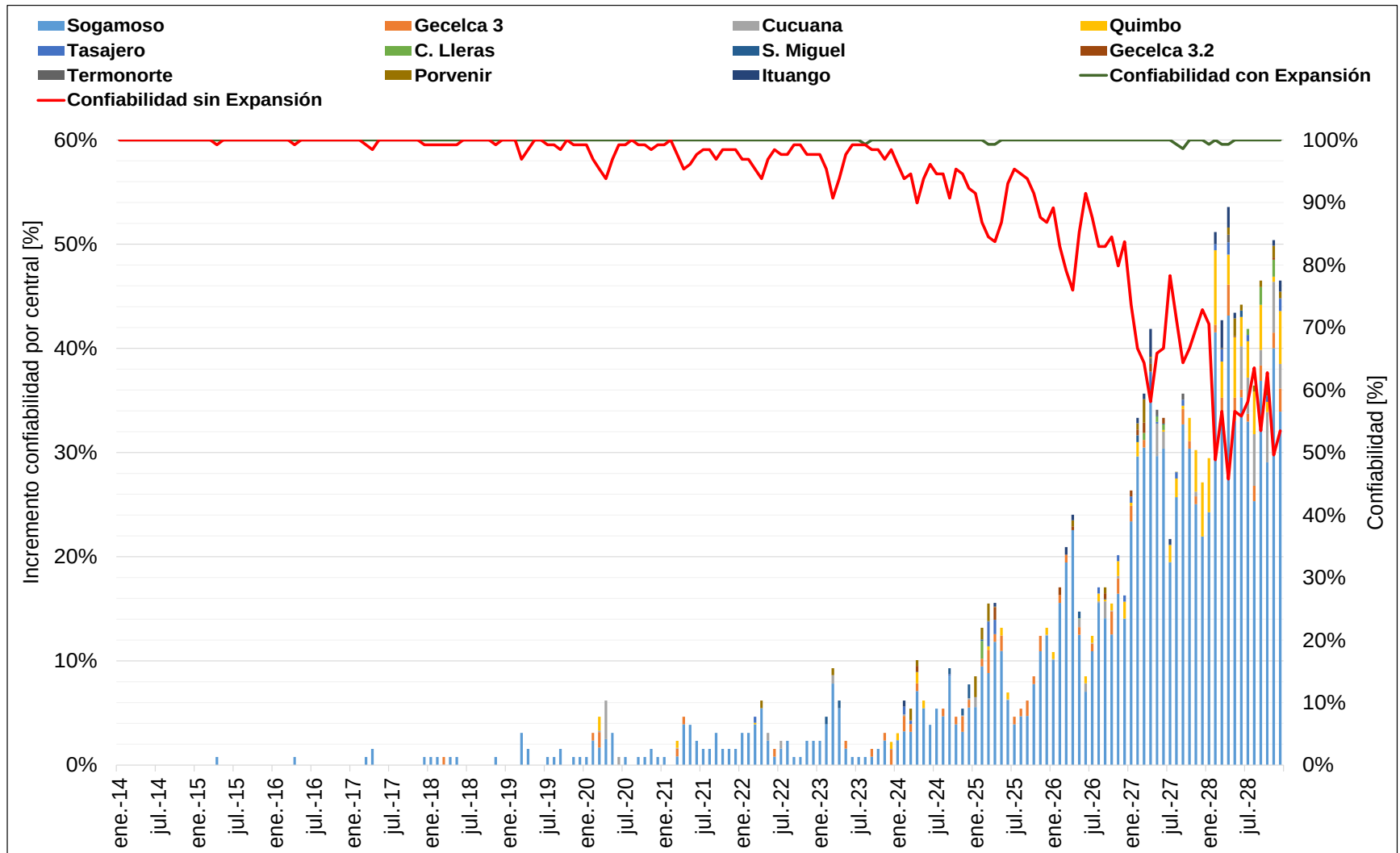
Dónde:

- **$R_{\text{Con Expansión}}$** : Confiabilidad Energética mensual considerando los proyectos de expansión que aportan a la misma.
- **$R_{\text{Sin Expansión}}$** : Confiabilidad Energética mensual sin expansión.
- **$\text{Energía Generada Proyectos}$** : Es la energía mensual promedio que aportan todos los proyectos para mejorar la confiabilidad energética.
- **i** : Es la series donde se observa un deterioro de la confiabilidad sin considerar expansión

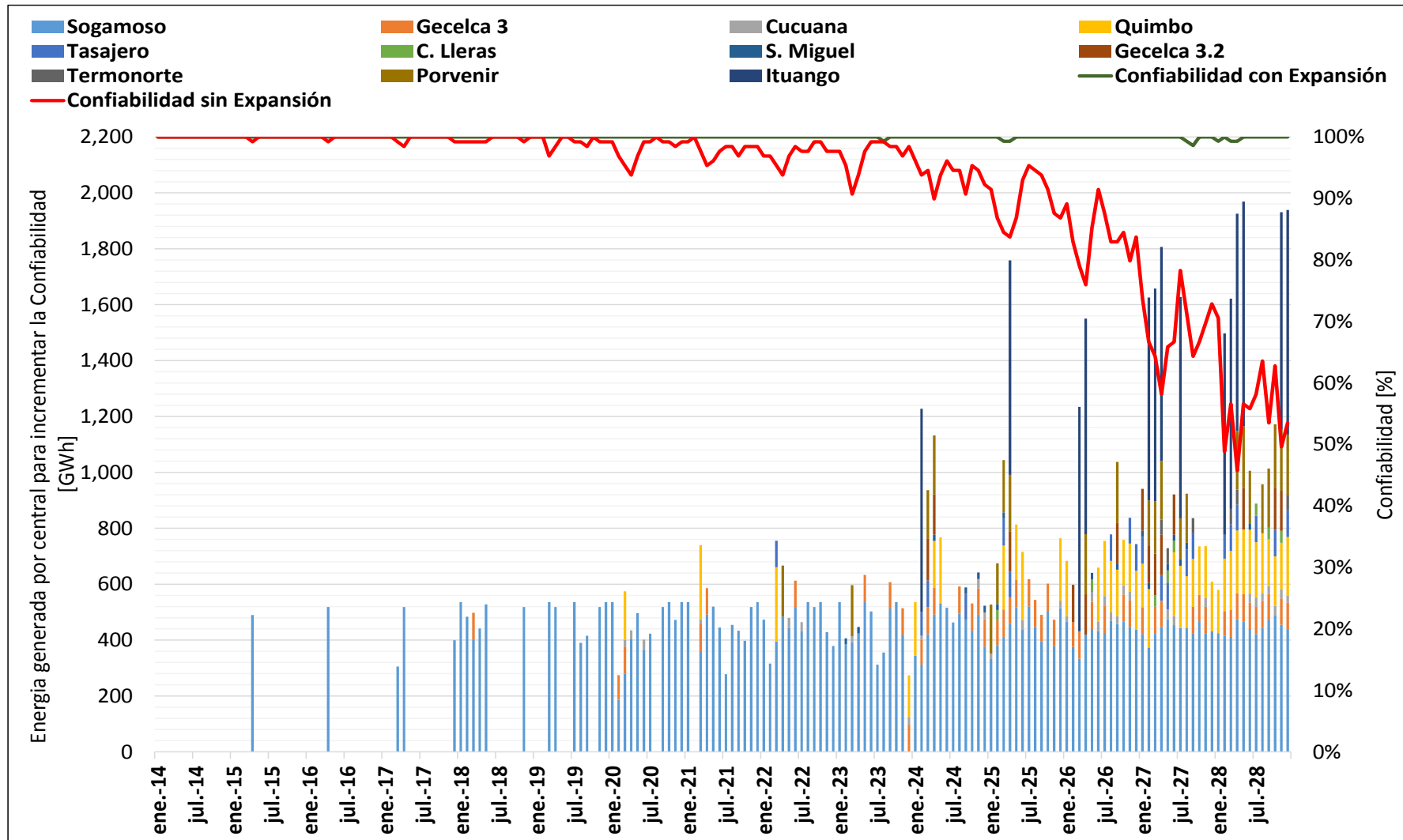
Metodología integral de Planificación - Generación y Transmisión – Valoración de la Confiabilidad



Metodología integral de Planificación - Generación y Transmisión – Valoración de la Confiabilidad



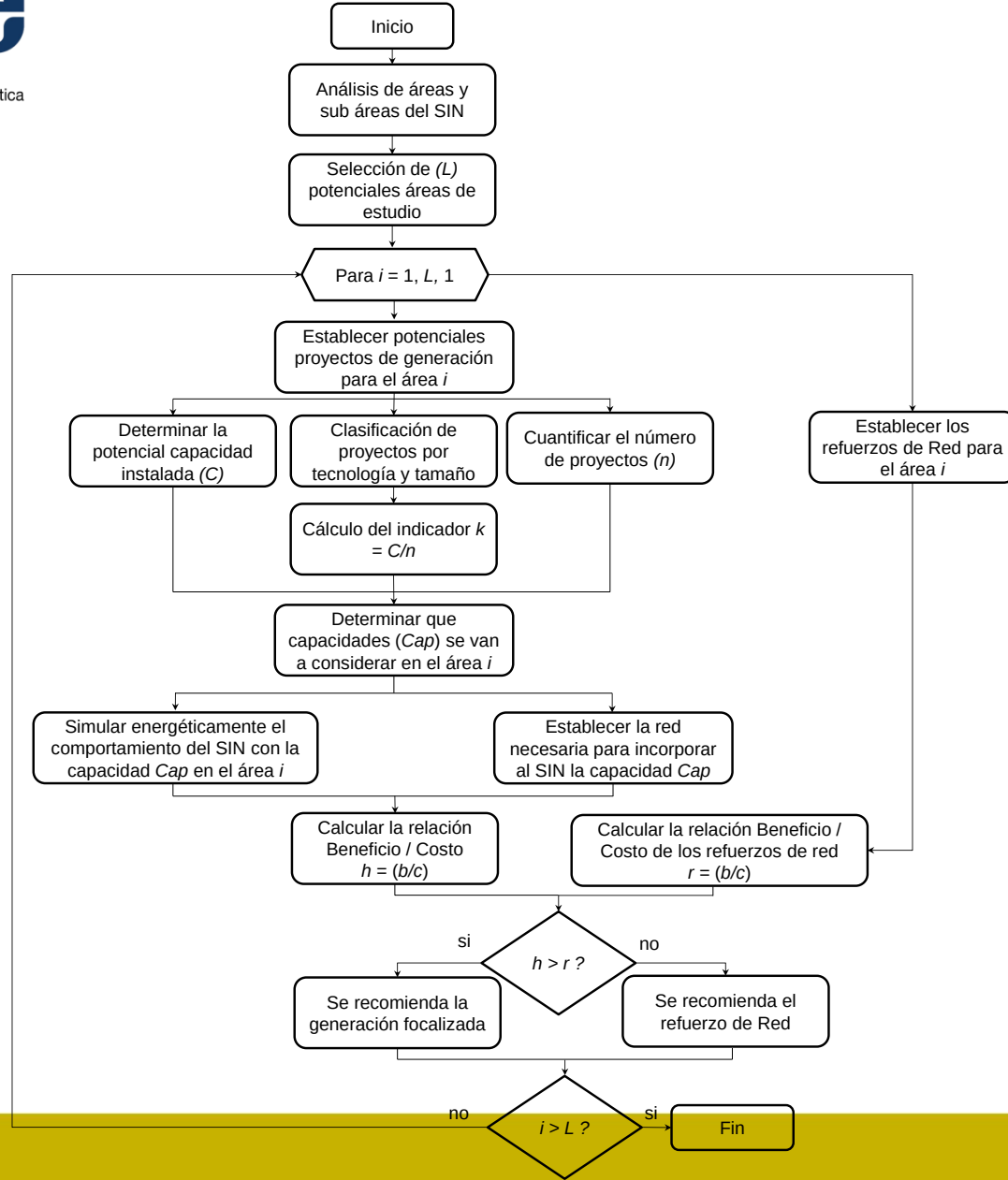
Metodología integral de Planificación - Generación y Transmisión – Valoración de la Confiabilidad



Conclusiones:

- El cálculo del Factor de Confiabilidad está en función del Valor Esperado del Racionamiento de Energía Condicionado – VEREC y el número de casos, siendo coherentes con los indicadores que establecen las necesidades de expansión.
- El factor de confiabilidad depende de la energía generada en cada instante por los proyectos que aportan a la misma, razón por la cual no necesariamente en aquellos momentos donde se presenta la máxima ganancia de confiabilidad, este indicador toma el mayor valor (Al dividir por mayor energía, menor es el factor de confiabilidad).
- Adicionalmente, este indicador es independiente de la tecnología del proyecto, ya que para la cuantificación del mismo sólo se tiene en cuenta la energía aportada por los proyectos nuevos que permiten aumentar la confiabilidad, en un determinado instante.
- Bajo la metodología planteada, se pudo observar que si bien todos los proyectos del Cargo por Confiabilidad aportan a la confiabilidad energética del SIN, en algunos instantes del periodo analizado, a pesar de contar con toda la expansión, sólo algunas centrales realmente aportan a la misma.
- Finalmente, si bien el mecanismo del cargo por confiabilidad le implica al usuario un incremento en la tarifa por el pago de una prima de riesgo, el mismo está apalancando el desarrollo de proyectos de generación, los cuales en su gran mayoría reducen el precio futuro de bolsa, representando ello un beneficio económico. En este sentido, es difícil establecer realmente cuanto vale la incrementar confiabilidad en un determinado instante de tiempo.

Metodología integral de Planificación - Generación y Transmisión – Definición de Alternativas

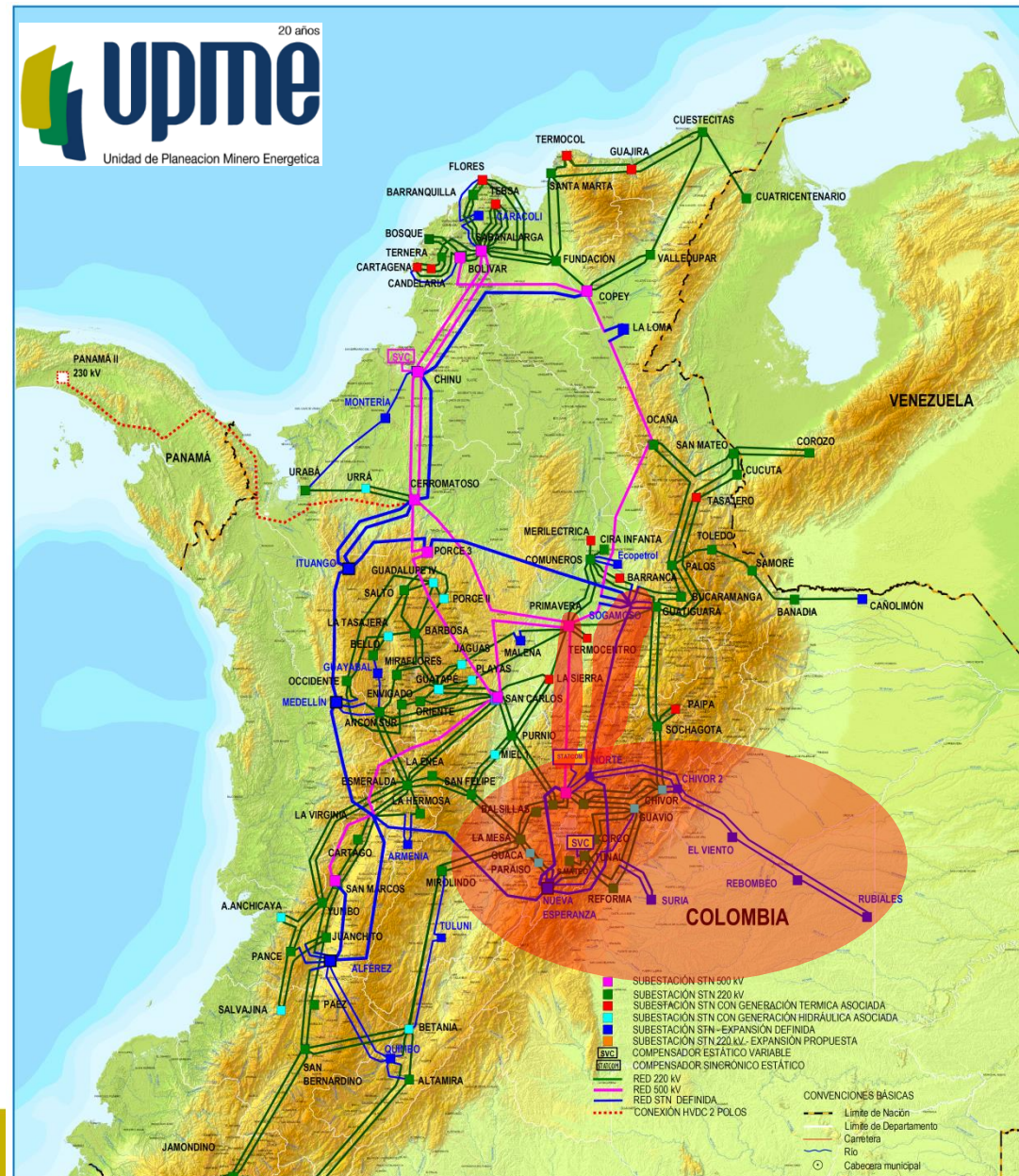


- Responsabilidades para la prestación del servicio
- Metodología actual de Planificación Transmisión y Generación
- Metodología Integral de Planificación - Generación y Transmisión
- **Caso Piloto: Área Oriental**
- Trabajo Futuro

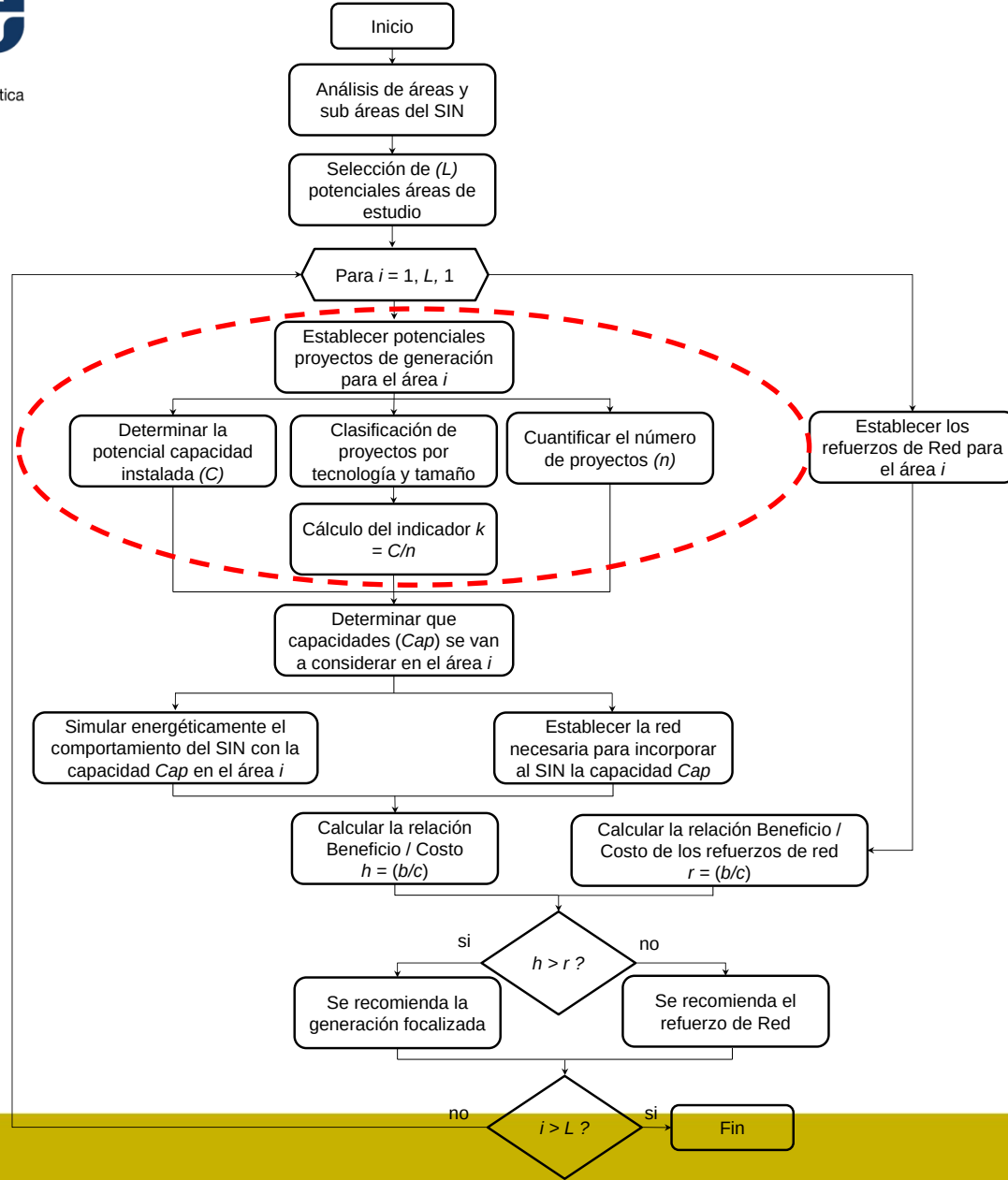
Metodología integral de Planificación - Generación y Transmisión – Caso Piloto: Área Oriental

Área Oriental:

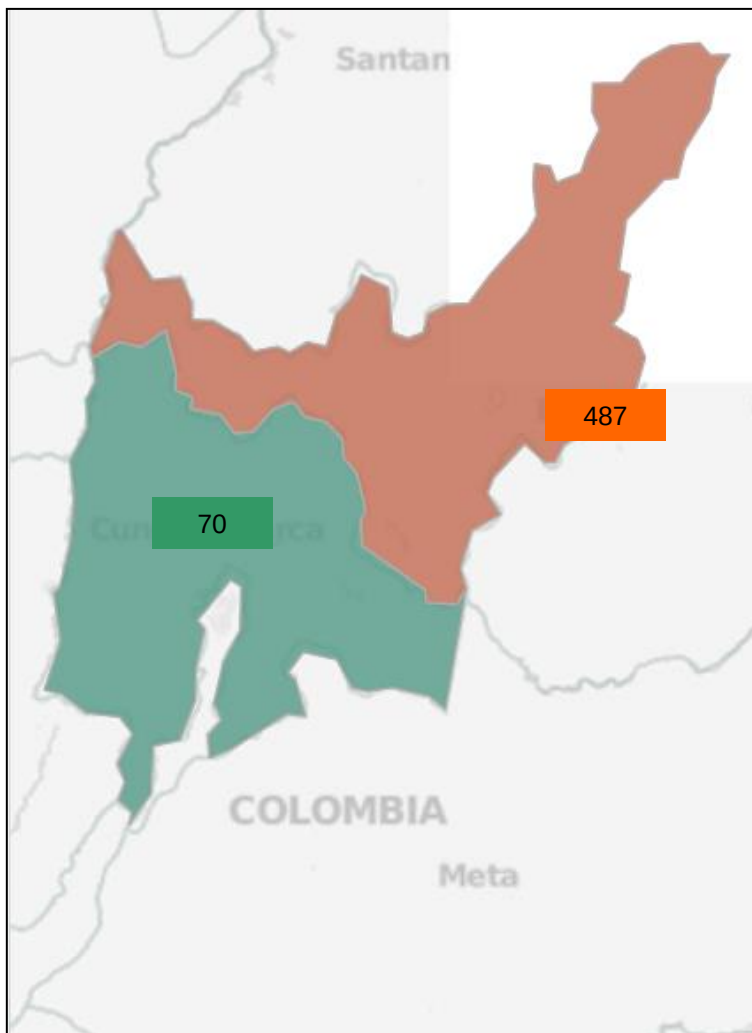
- Aún con toda la *expansión a nivel de 500 kV y compensaciones dinámicas definidas* por la UPME en su Plan de Expansión, a partir del año 2030 la generación instalada no garantiza la seguridad del área.
- 2026 – La restricción de importación se dará por la sobrecarga en los transformadores de Nueva Esperanza, lo cual se soluciona con un nuevo banco.
- 2030 – La generación mínima en el área, deberá ser la capacidad instalada, es decir las 26 unidades equivalentes, ello para mantener las condiciones de calidad, confiabilidad y seguridad del sistema.



Metodología integral de Planificación - Generación y Transmisión – Caso Piloto: Área Oriental



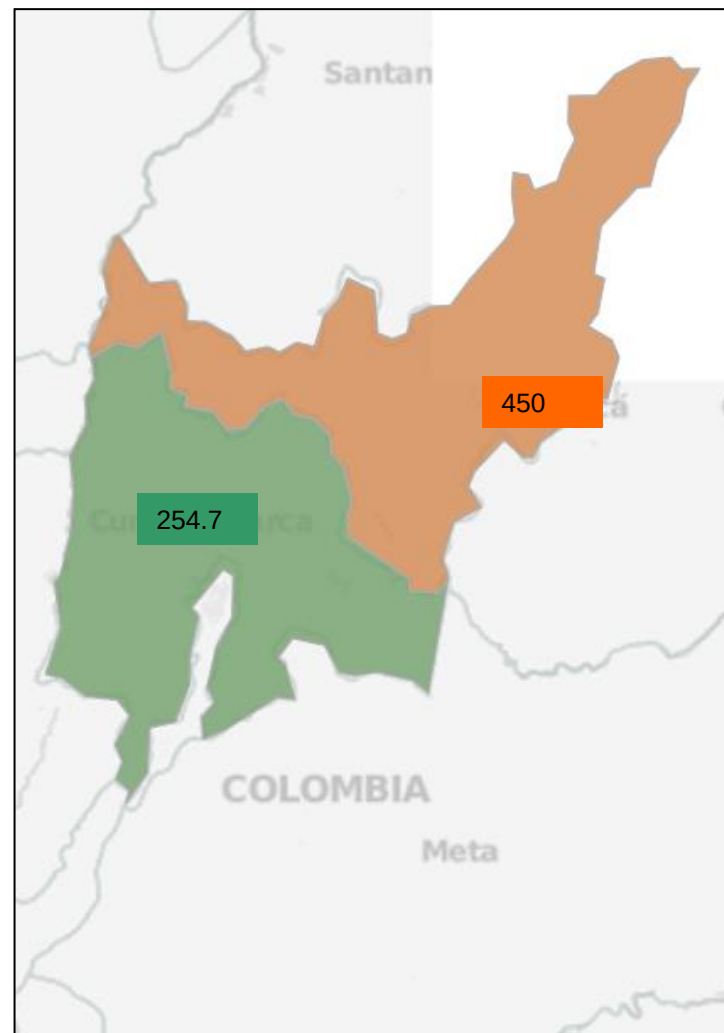
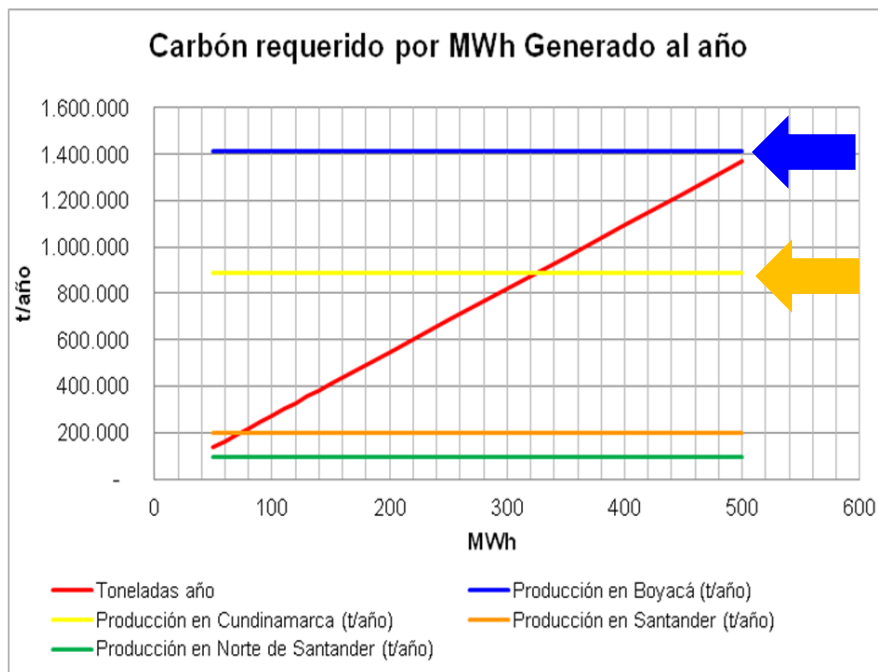
Metodología integral de Planificación - Generación y Transmisión – Caso Piloto: Área Oriental



Hidroelectricidad	Capacidad [MW]
Boyacá	487
Cundinamarca	70

Metodología integral de Planificación - Generación y Transmisión – Caso Piloto: Área Oriental

Térmico	Capacidad [MW]
Carbón Lecho Fluidizado	150
Carbón Convencional Boyacá	300
Carbón Convencional Cundinamarca	254.7

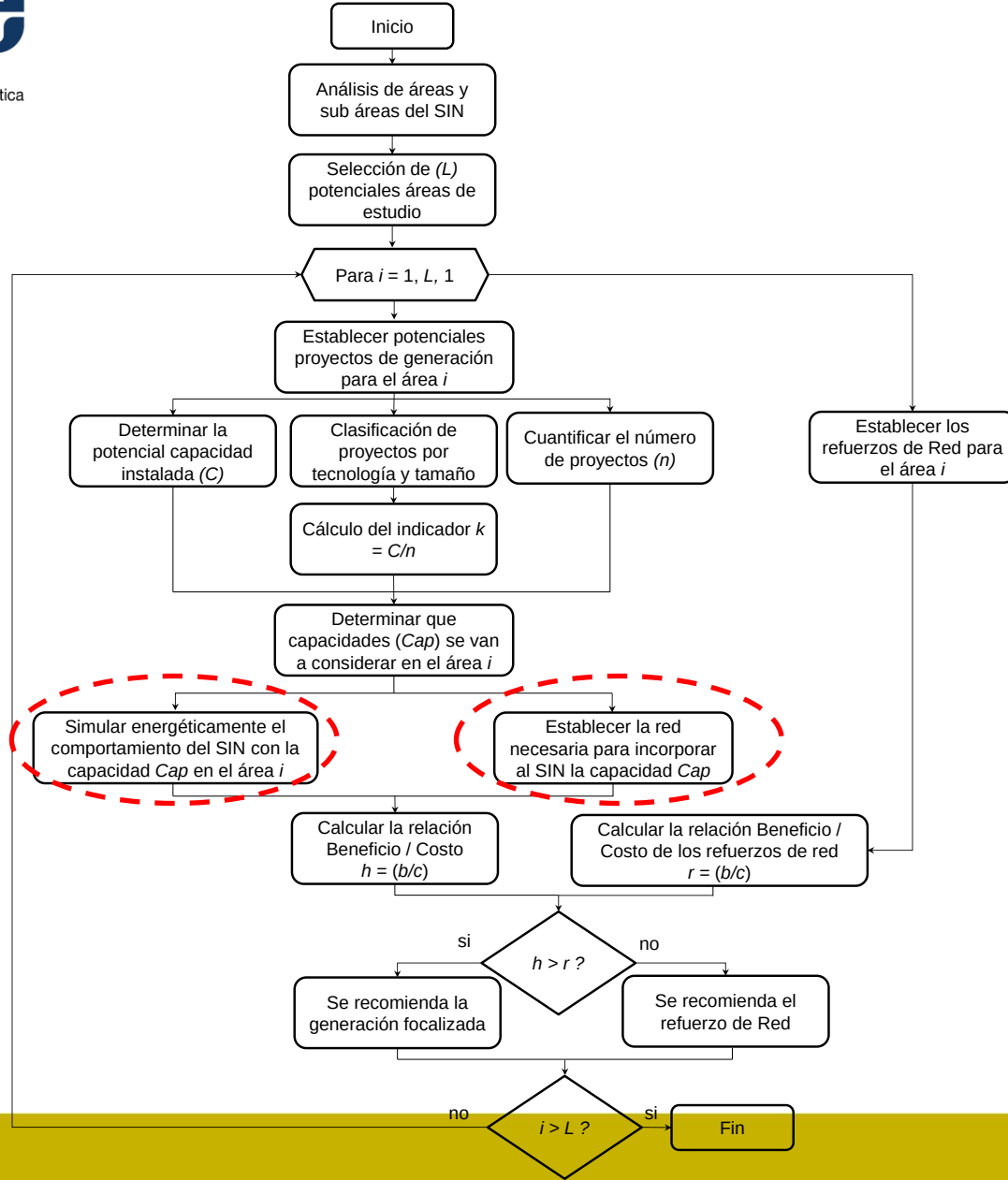


Metodología integral de Planificación - Generación y Transmisión – Caso Piloto: Área Oriental

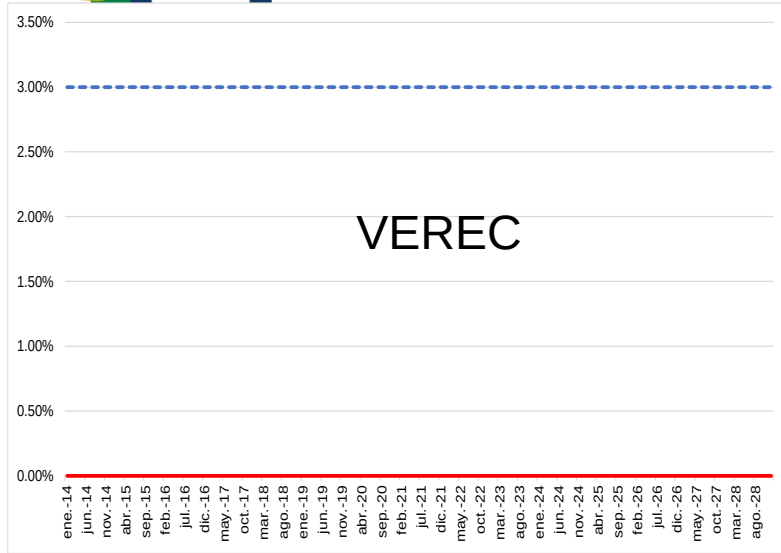
- Se realizaron análisis eléctricos para diferentes valores de generación en el área, con el fin de establecer según la tecnología, cual sería la capacidad instalada, junto con su ubicación y conexión, que permitirían garantizar condiciones de seguridad y confiabilidad en la atención de la demanda (**incremento de número de número equivalentes de generación**).
- Los Valores encontrados para las siguientes tecnologías fueron:
 - ✓ Térmica Carbón: 200 MW en el norte de la sabana de Bogotá.
 - ✓ Hidráulica: 294 MW en la zona oriental del departamento de Boyacá.



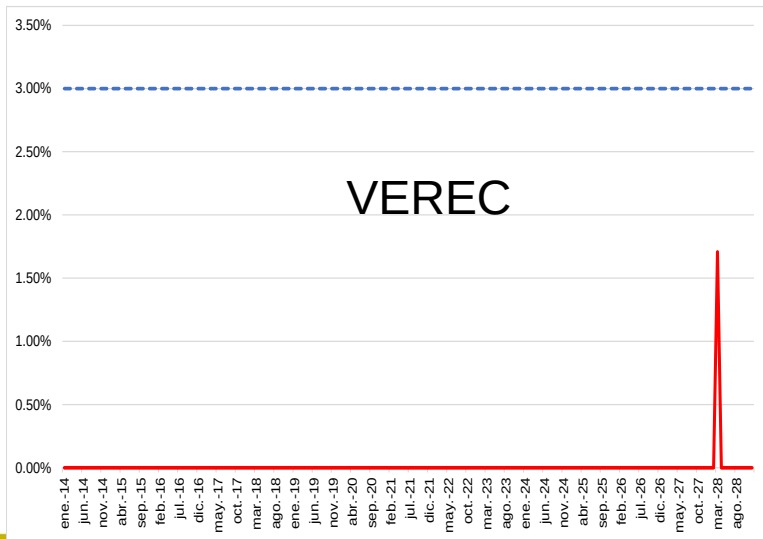
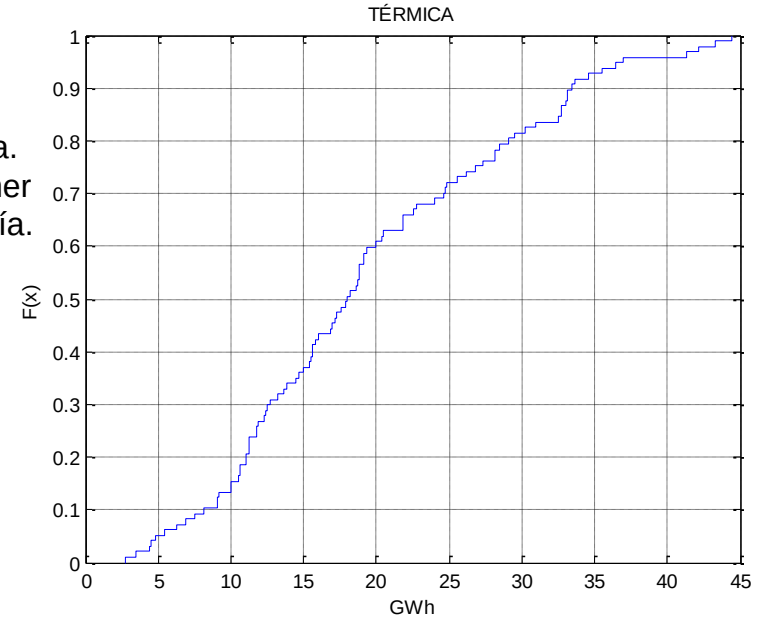
Metodología integral de Planificación - Generación y Transmisión – Caso Piloto: Área Oriental



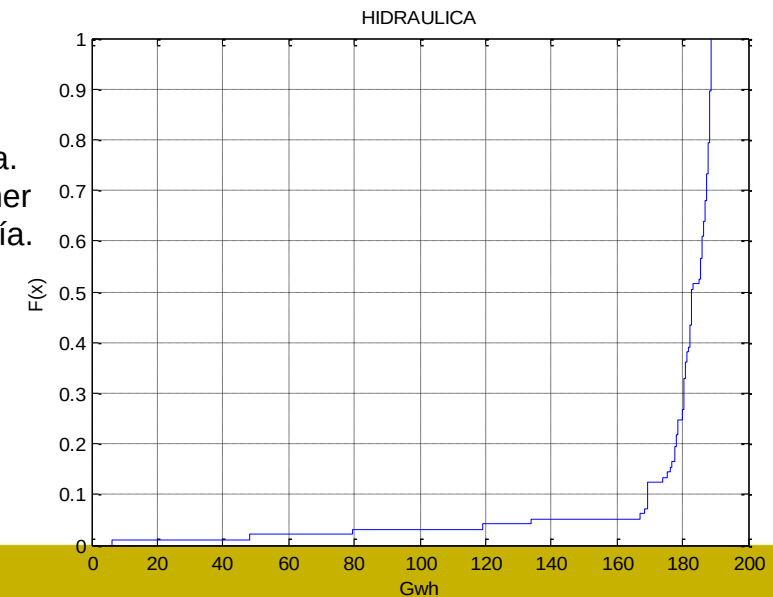
Metodología integral de Planificación - Generación y Transmisión – Caso Piloto: Área Oriental



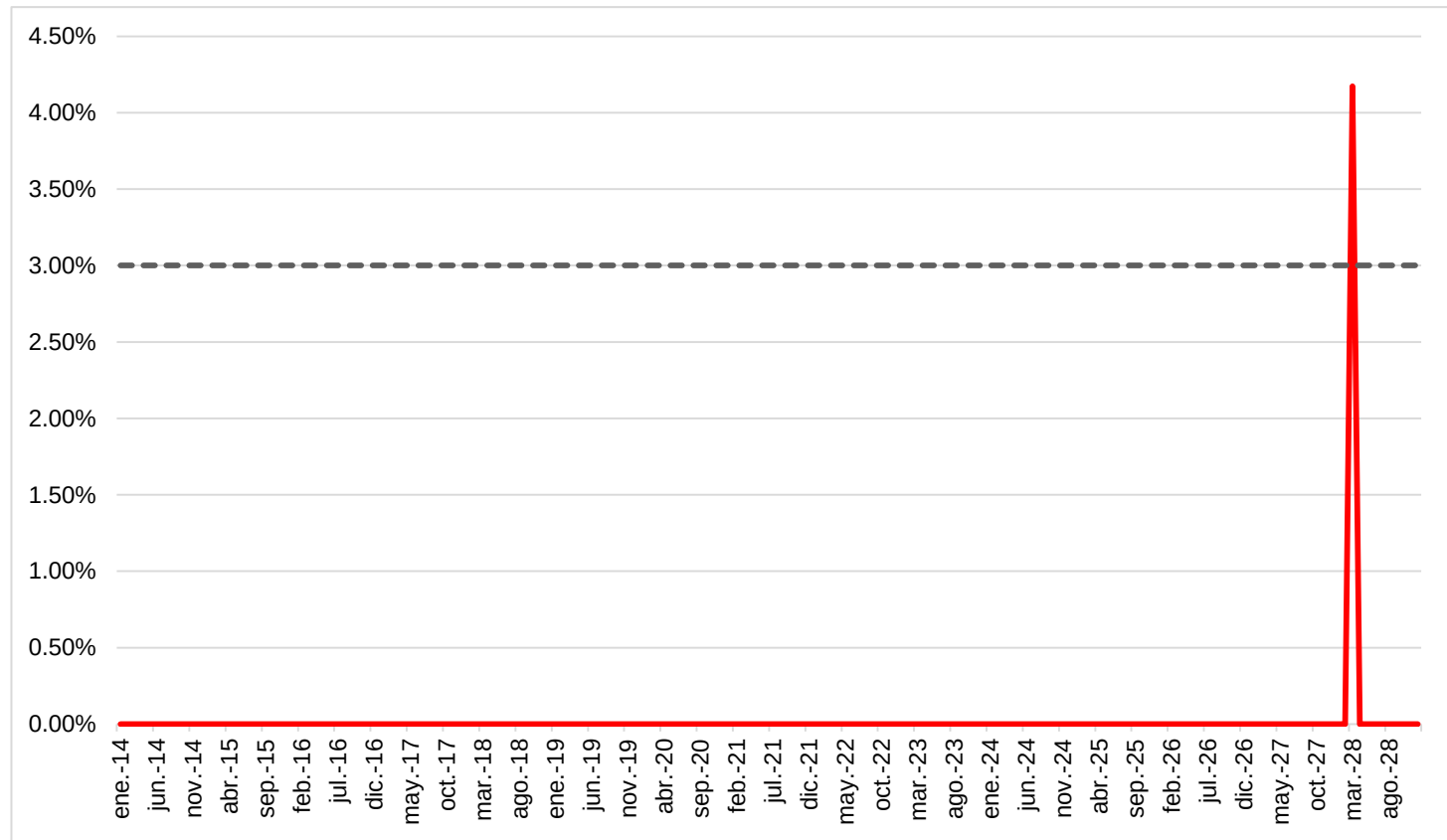
Función Acumulada.
Probabilidad de tener
un aporte de energía.
Planta Térmica
200 MW.



Función Acumulada.
Probabilidad de tener
un aporte de energía.
Planta Hidráulica
294 MW.



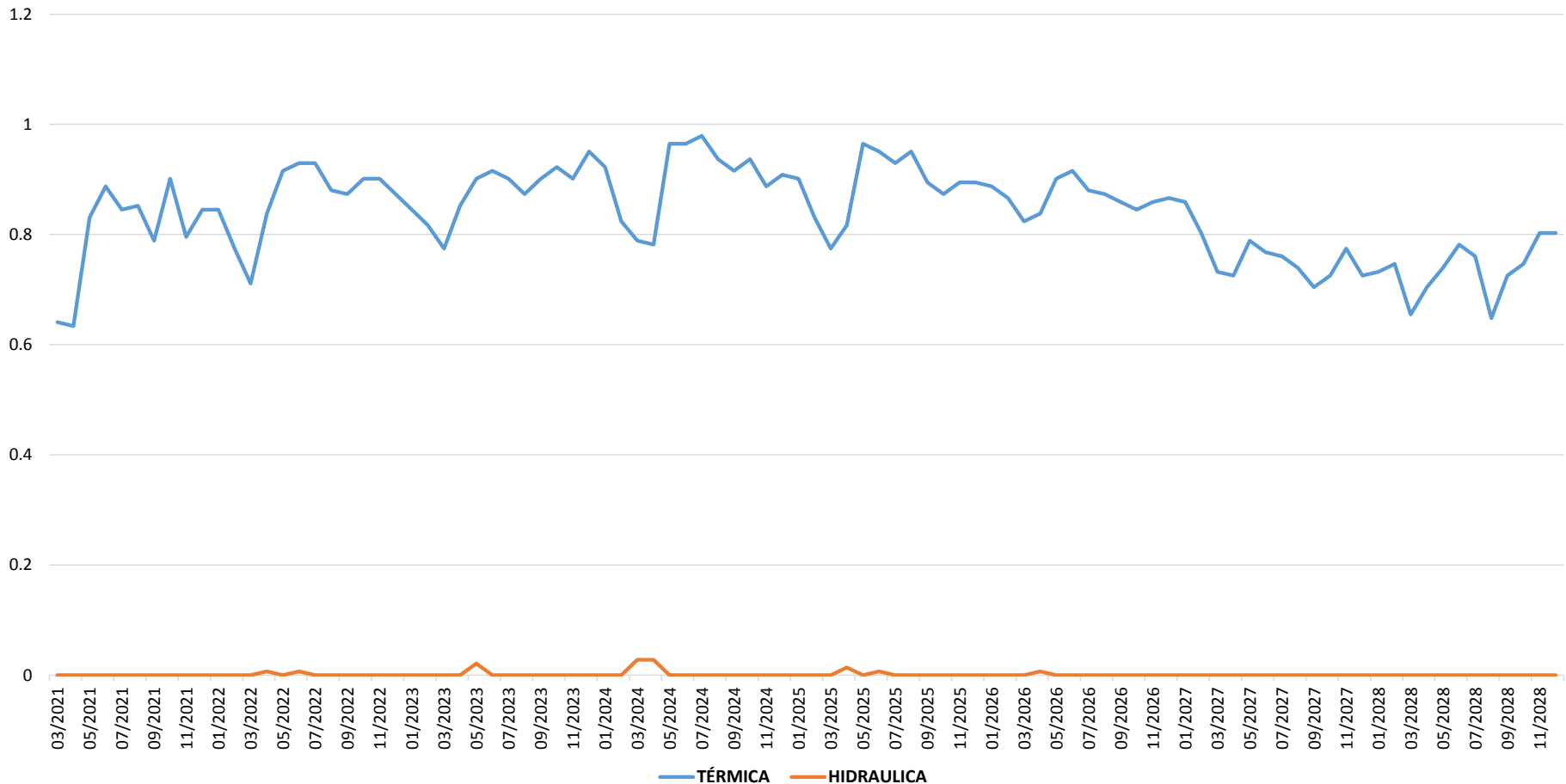
Metodología integral de Planificación - Generación y Transmisión – Caso Piloto: Área Oriental



- En función de los potenciales proyectos, se estudio una planta hidráulica de 135 MW en la zona oriental del departamento de Boyacá, pero asociada a otro río, sin embargo, la misma no garantiza la confiabilidad energética.

Metodología integral de Planificación - Generación y Transmisión – Caso Piloto: Área Oriental

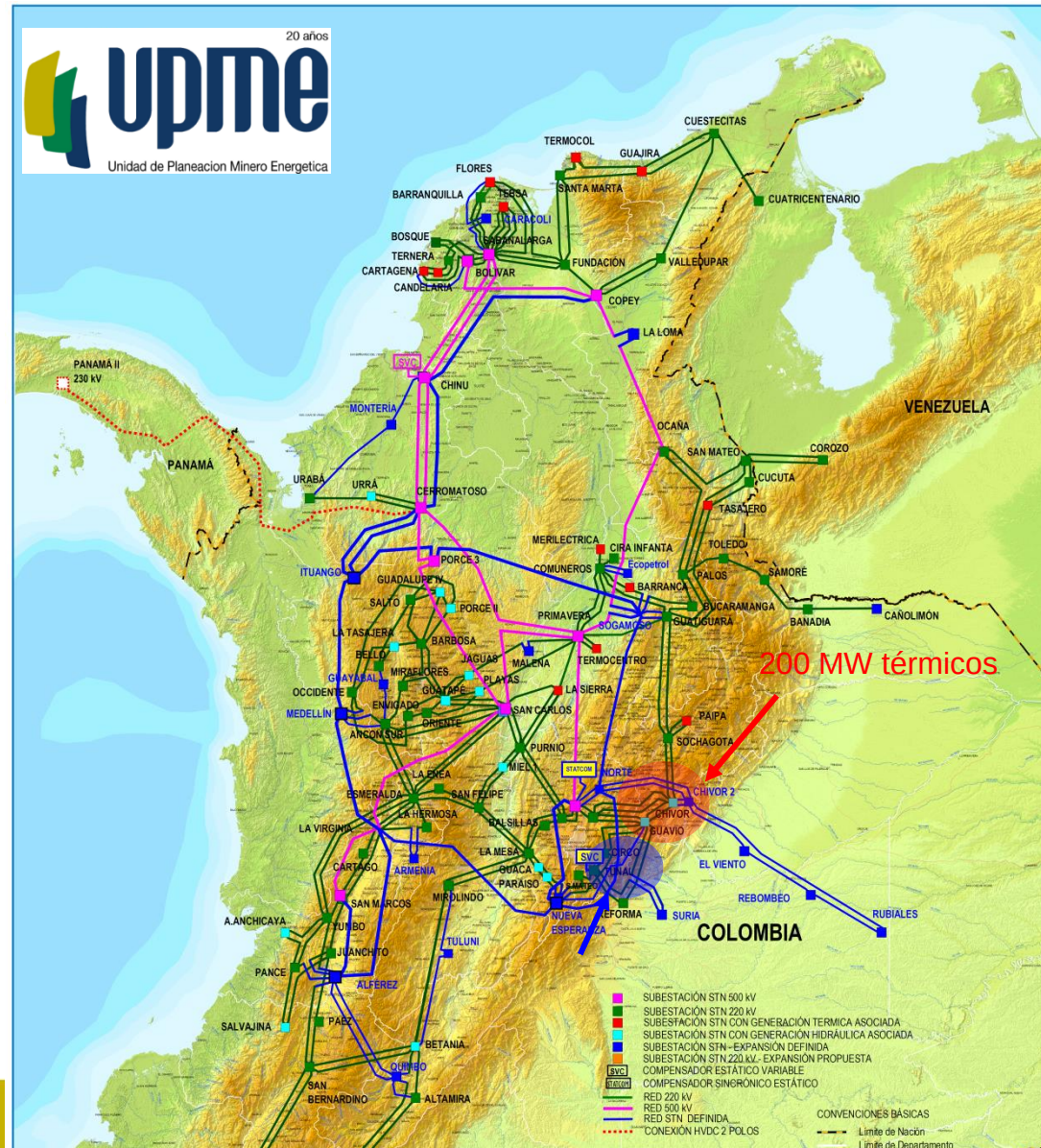
PROBABILIDAD DE ACTIVACIÓN DE RESTRICCIÓN



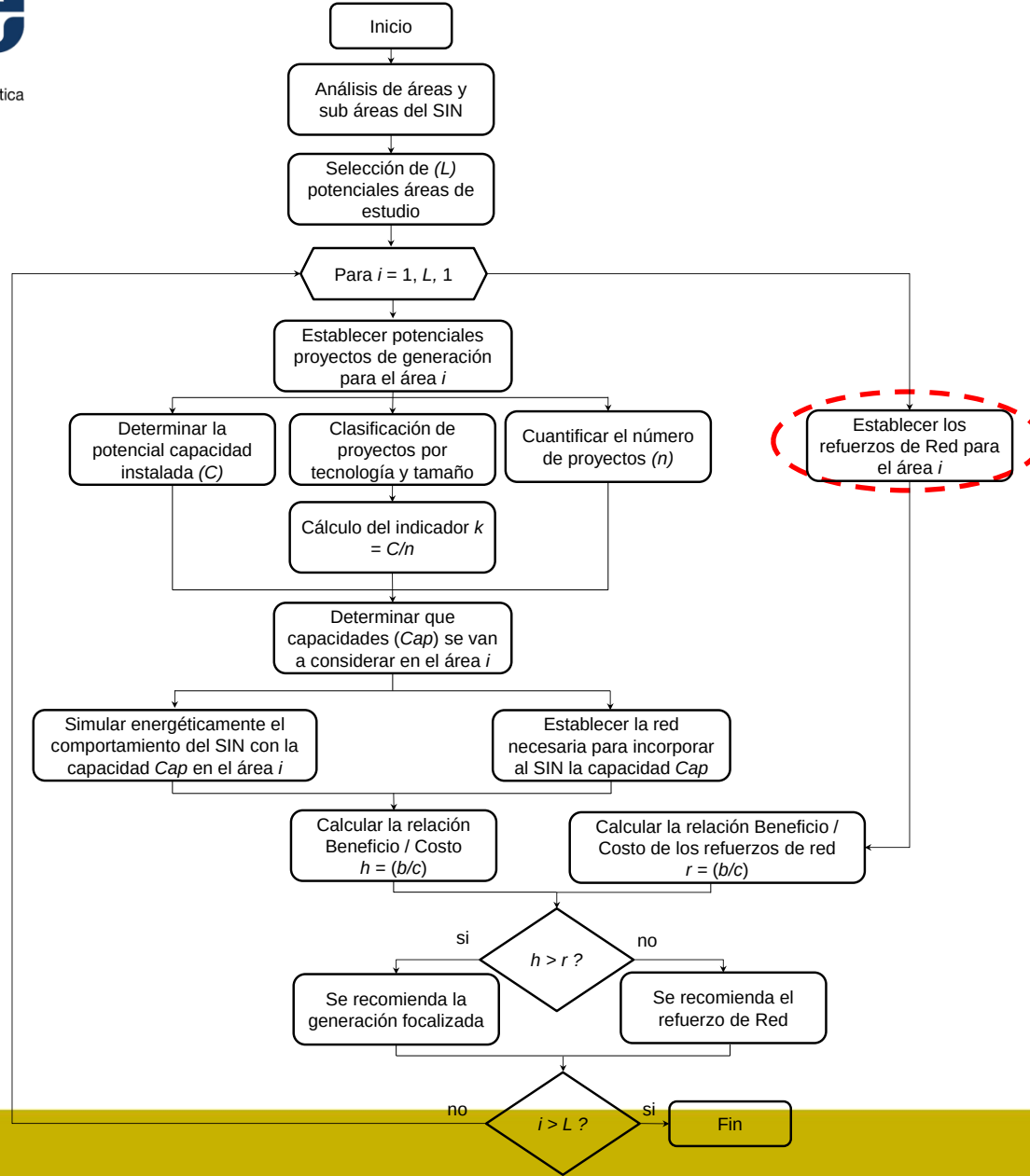
- Si bien los dos proyectos aportan a la confiabilidad en momentos puntuales, la gráfica anterior indica que la mayor parte del tiempo la planta térmica no estaría en mérito, ocasionando un sobrecosto en el sistema.

Metodología integral de Planificación - Generación y Transmisión – Caso Piloto: Área Oriental

- Para las dos tecnologías se establece su red de incorporación junto con sus refuerzos de red:
- ✓ Térmica Carbón: 200 MW en el norte de la sabana de Bogotá: Se conectaría en la subestación Norte 230 kV y no ameritaría de expansiones de red adicionales.
- ✓ Hidráulica: 294 MW en la zona oriental del departamento de Boyacá: Se conectaría en la subestación Chivor II 230 kV y se requeriría dos enlaces adicionales, es decir, las líneas Chivor – Guavio 230 kV y Chivor II – Norte 230 kV.
- ✓ El valor de esta infraestructura adicional para la planta que se conectaría en Chivor II 230 kV, es de **15 Millones USD\$**



Metodología integral de Planificación - Generación y Transmisión – Caso Piloto: Área Oriental

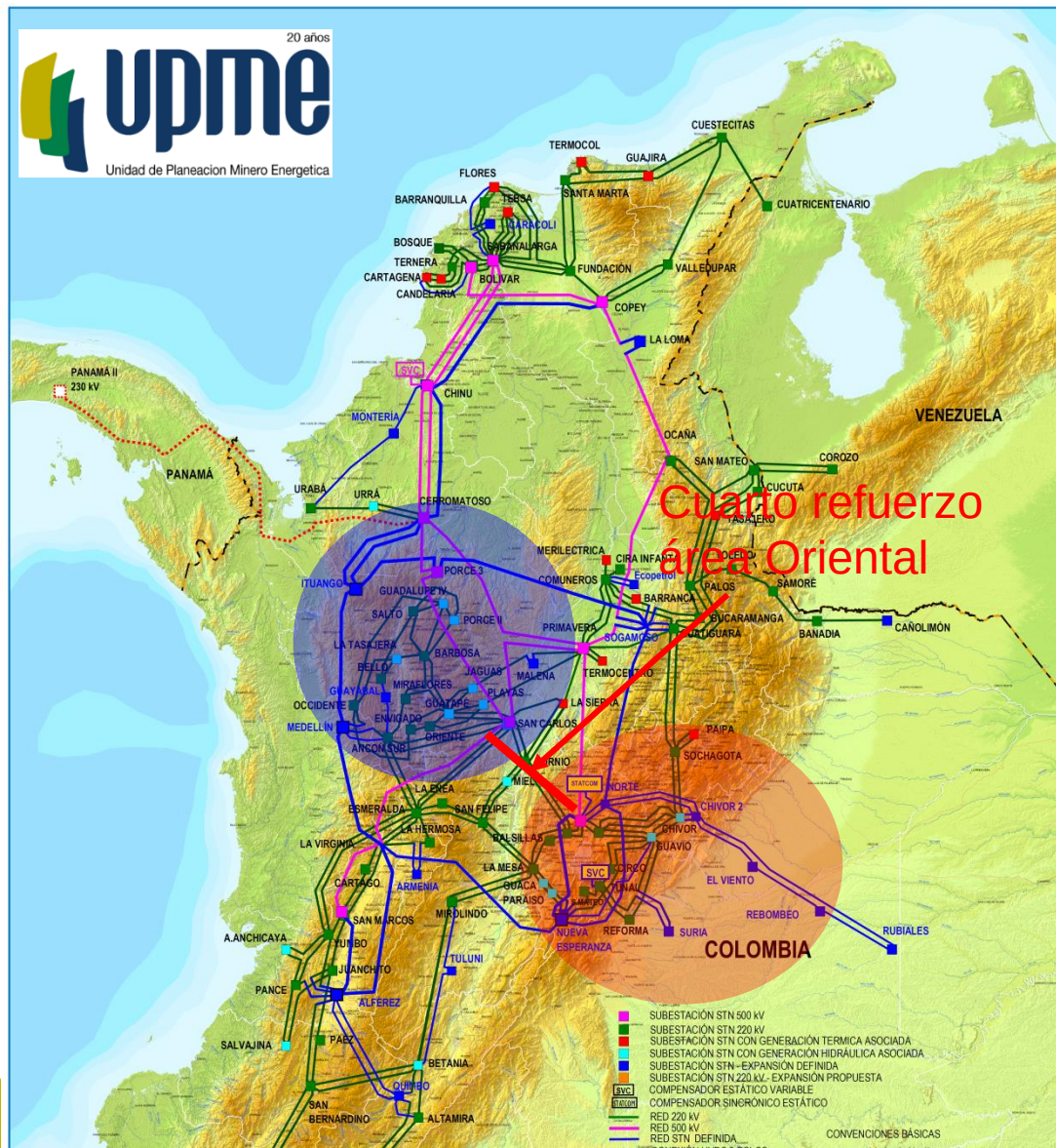


Metodología integral de Planificación - Generación y Transmisión – Caso Piloto: Área Oriental

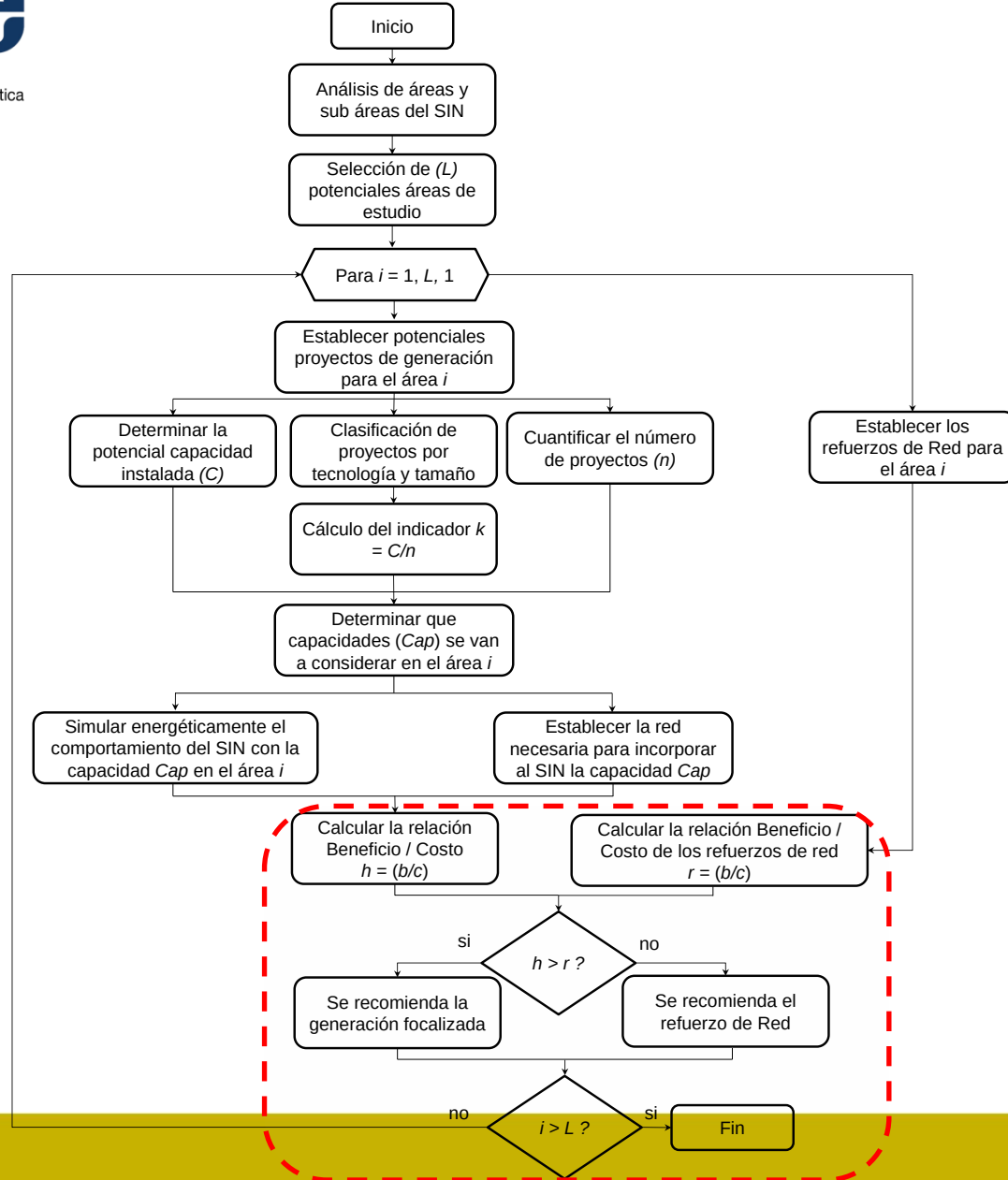
- La alternativa de expansión de red que garantizaría la confiabilidad y seguridad del área, y que a la vez tendría un comportamiento eléctrico equiparable a la conexión de los dos proyectos de generación bajo estudio, es una cuarta línea a nivel de 500 kV proveniente desde el área Antioquia, acompañada esta de refuerzos de red internos a nivel de líneas y transformadores.

Relación Beneficio / Costo

Costo en Valor presente del proyecto	USD 146 Millones
Beneficios	USD 1,756 Millones
B/C	12

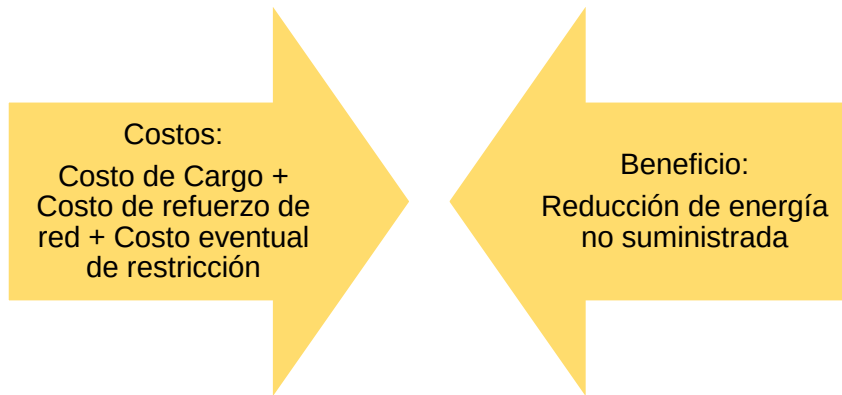


Metodología integral de Planificación - Generación y Transmisión – Caso Piloto: Área Oriental

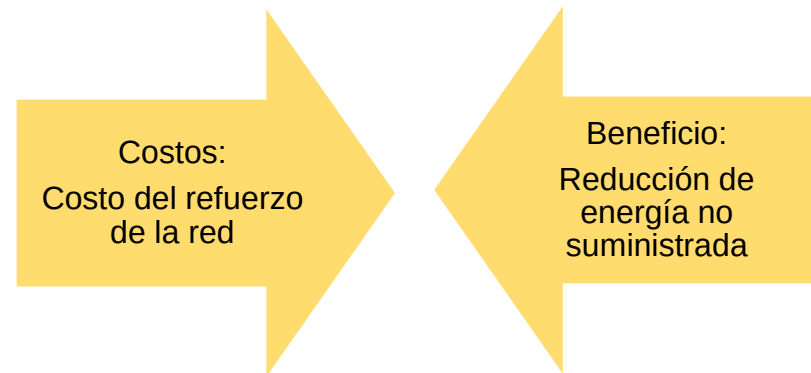


Metodología integral de Planificación - Generación y Transmisión – Caso Piloto: Área Oriental

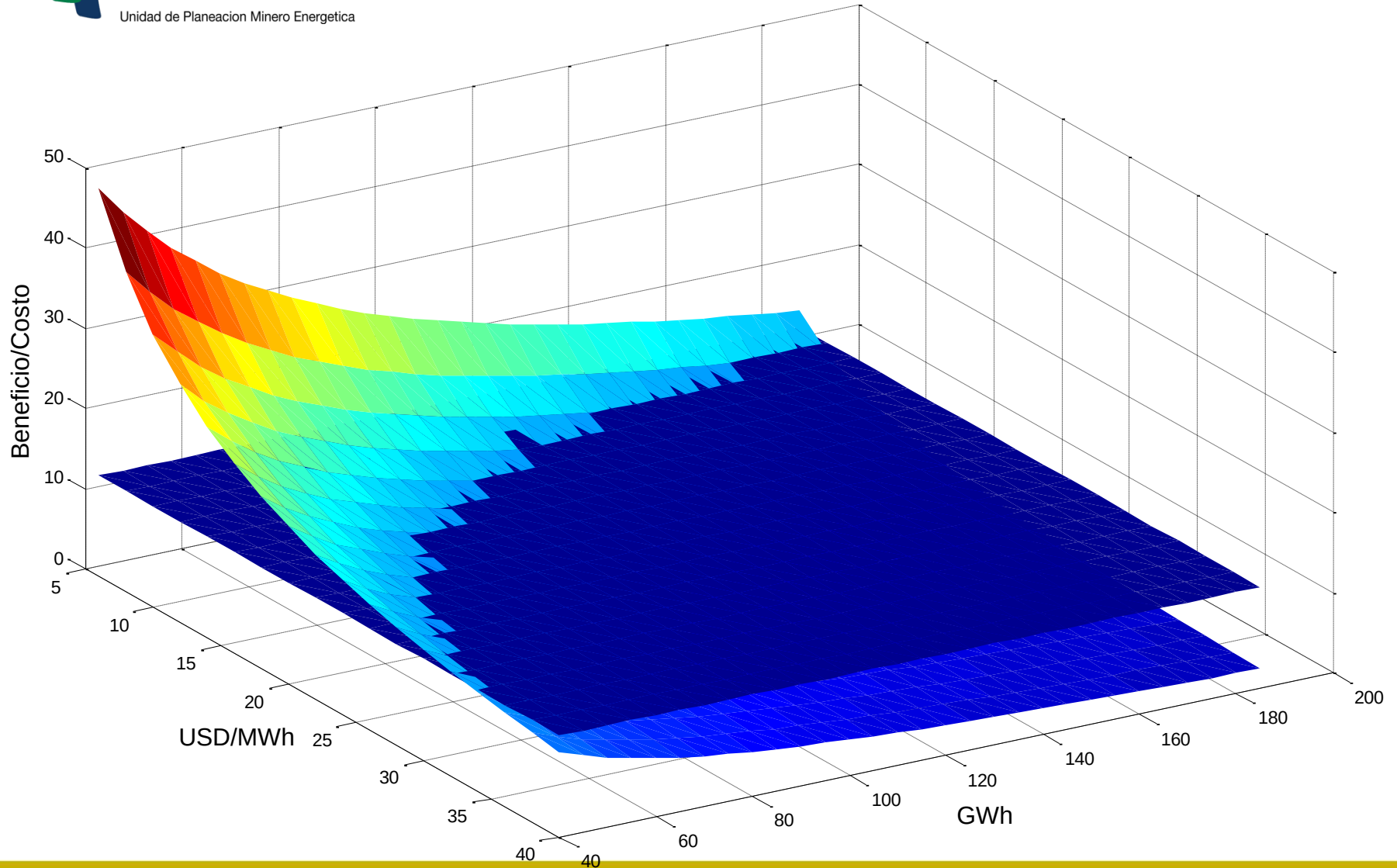
Beneficios y Costos, para generación focalizada



Beneficios y Costos, para expansión de redes

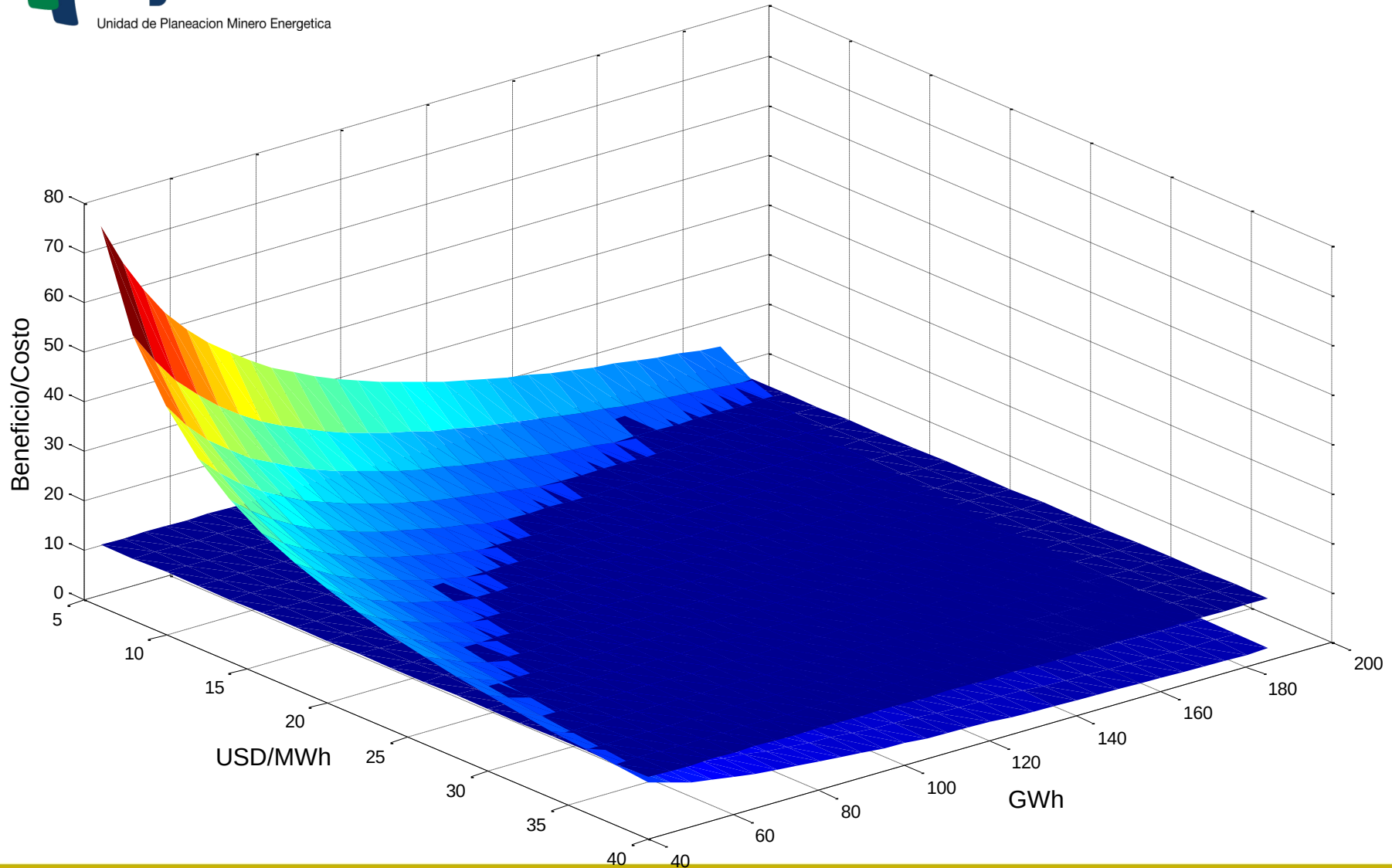


Central Hidraulica

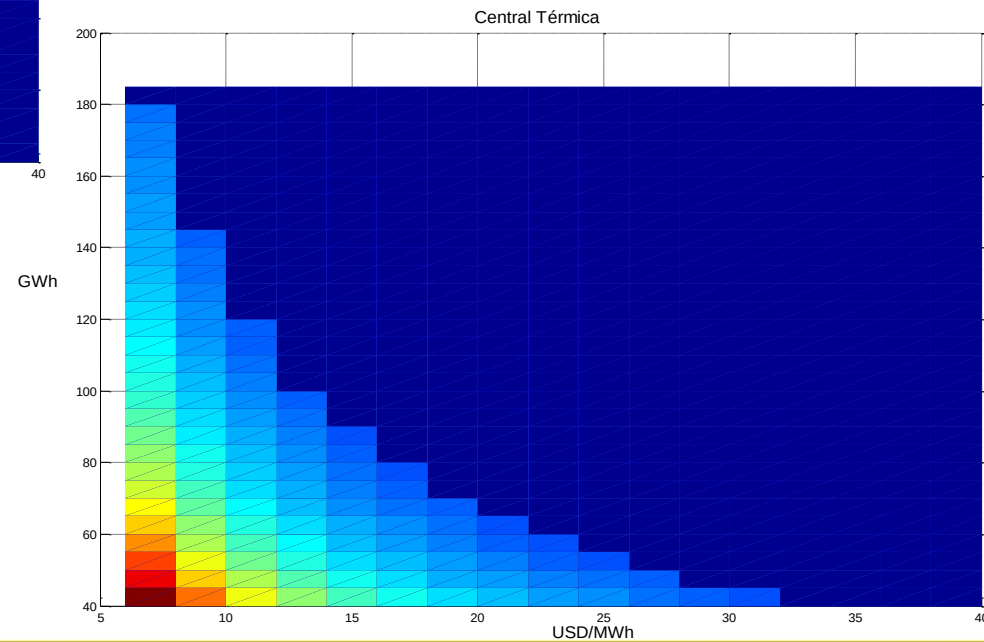
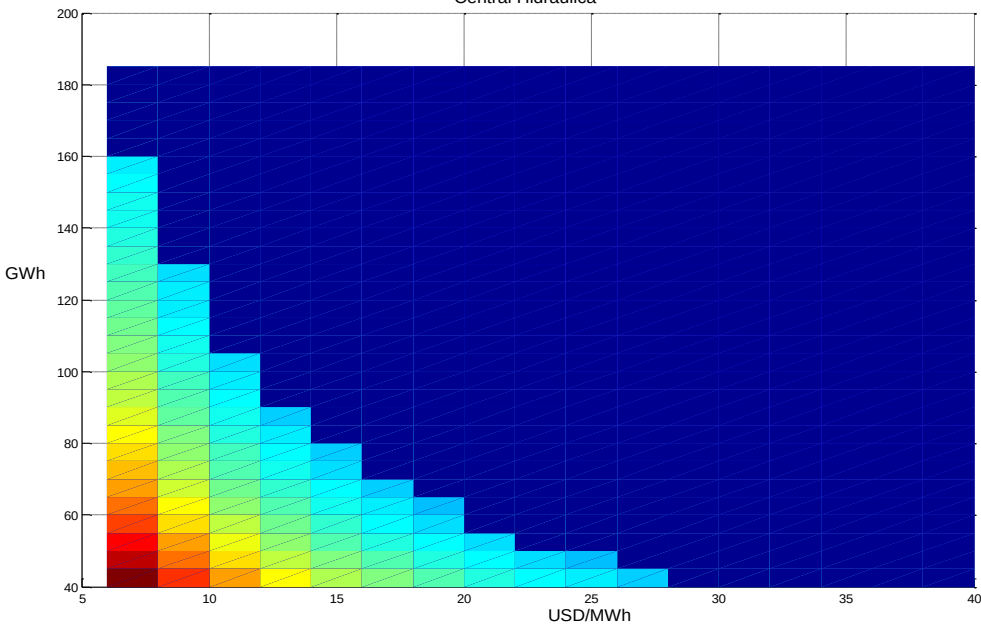


Metodología integral de Planificación - Generación y Transmisión – Caso Piloto: Área Oriental

Central Térmica



Metodología integral de Planificación - Generación y Transmisión – Caso Piloto: Área Oriental



Metodología integral de Planificación - Generación y Transmisión – Caso Piloto: Área Oriental

Conclusiones:

- Bajo el esquema actual de planificación no se garantizan soluciones multipropósito, ya que puede que los proyectos que el Cargo defina, los cuales incrementan la confiabilidad energética, no resuelvan las restricciones futuras de la red de transmisión.
- La Metodología integral propuesta permite resolver dos objetivos a la vez, **garantizar la confiabilidad energética del SIN y resolver restricciones y limitaciones futuras del Sistema de Transmisión Nacional**. Su implementación no iría en contravía del esquema actual del Cargo por Confiabilidad, ya que solo sería necesario desarrollar subastas por ubicación y tecnología (en función de los recursos energéticos locales).
- Respecto a la metodología de valoración de la confiabilidad, se pueden adicionar criterios de aversión al riesgo, en el sentido de considerar bajo ciertos parámetros, hidrologías críticas, sensibilidad a los precios de los combustibles, escenarios alternativos de proyección de la demanda, entre otras variaciones.
- Respecto a los resultados obtenidos, se evidenció que bajo ciertos rangos de obligación de energía en firme, al igual que su costo asociado, la generación focalizada puede tener una mayor relación beneficio / costo en comparación con la expansión de redes convencional.
- En el cálculo de la relación B / C se compararon los beneficios energéticos de una planta de generación según tecnología, vs la línea a 500 kV entre las áreas operativas Antioquia y Oriental. En la práctica, bajo el mecanismo del Cargo por Confiabilidad actual, se podría definir un proyecto en otra zona del SIN, que desde el punto de vista energético ofrecería los mismos beneficios de la planta propuesta en Oriental, razón por la cual se necesitaría del refuerzo de red. En otras palabras, la valoración presentada acá es conservadora, ya que en la práctica la planta localizada estaría evitando la construcción de la línea a 500 kV.

- Responsabilidades para la prestación del servicio
- Metodología actual de Planificación Transmisión y Generación
- Metodología Integral de Planificación - Generación y Transmisión
- Caso Piloto: Área Oriental
- **Trabajo Futuro**



- Respecto a la metodología integral de planificación generación - transmisión, se refinará el procedimiento propuesto para valorar la confiabilidad energética, teniendo en cuenta criterios de aversión al riesgo, como puede ser hidrologías críticas y variaciones en la proyección de la demanda.
- Adicionalmente, se replicará el ejercicio llevado a cabo en el área Oriental para otras áreas y sub-áreas operativas del Sistema Interconectado Nacional – SIN.