



Elio G. Cuneo Hervieux  
Ing. Civil Electricista 1986 - Diplomado Finanzas 2000 - MBA Finanzas 2003 - CRM 2007



## CONGRESO BIENAL INTERNACIONAL CIGRÉ 2013: “Variabilidad del Costo en el Suministro Eléctrico”

# Mejoras en Licitación Distribuidoras. Tres propuestas concretas, incluyendo ERNC Solar.

Por Elio Cuneo H.  
Profesor Magister Economía Energética USM,  
[www.economiaenergetica.cl](http://www.economiaenergetica.cl)

Noviembre 2013



## Temario:

### A. Precios y Polinomios.

**A1. Propuesta N°1:** Precios y Polinomios.

### B. Bloques de Suministro.

**B1. Propuesta N°2:** Sub bloques.

**B2. Propuesta N°3:** Incorporación ERNC Solar.

### C. Aplicación de Propuestas. Ejemplo.

### D. Conclusiones.



## a) Las Licitaciones: Contexto.

- Licitaciones persiguen obtener proveedores para el suministro de empresas distribuidoras que abastecen consumos de electricidad de clientes regulados.
- Dentro de clientes regulados, además de la "Sra. Juanita", están miles de pequeños y medianos empresarios que son parte de las PYMES.
- Precios altos de electricidad afectan la competitividad de las PYMES. Impacto en términos productivos y sociales.
- Necesidad de buscar mejoras a las bases de licitación.

## b) Polinomio de Reajuste.

$$Precio_{energía} = Precio_{base} \cdot \left( a_1 \cdot \frac{Index\_1}{Index\_1o} + a_2 \cdot \frac{Index\_2}{Index\_2o} + \dots + a_6 \cdot \frac{Index\_6}{Index\_6o} \right) \cdot \left( \frac{f_{PtoCompra}^E}{f_{PtoCompra0}^E} \cdot \frac{f_{PtoOferta}^E}{f_{PtoOferta0}^E} \right)$$

Donde:

**Precio<sub>base</sub>** Precio base de la energía en el Punto de Compra determinado a partir del precio de energía de la Oferta Económica del Oferente, en US\$/MWh

**Index<sub>i</sub>** Valor del índice *i* empleado para la construcción de la fórmula de indexación. La variable *i* toma valores 1 a *N*, donde *N* representa el número total de índices escogidos en la Oferta de la empresa Oferente. Se considerará el promedio de los valores mensuales del Index<sub>*i*</sub>, publicado en el sitio web de la Comisión, de los últimos 6 meses contados regresivamente desde el tercer mes anterior al mes en el cual se evalúa la fórmula de indexación.

**Index<sub>io</sub>** Valor base del índice *i* empleado para la construcción de la fórmula de indexación. Se considerará el promedio de los valores mensuales del Index<sub>*i*</sub>, publicado en el sitio web de la Comisión, de los últimos 6 meses contados regresivamente desde el tercer mes anterior a la fecha de Presentación de las Propuestas.

**a<sub>i</sub>** Ponderador asociado al índice *i*. La suma de todos los ponderadores a<sub>*i*</sub>, con *i* de 1 a *N*, debe ser igual a 1. El ponderador asociado a Precio Promedio Mensual GNL Henry Hub (Index<sub>5</sub>), no podrá ser mayor a 70%.

Fuente: Extraído de R. Exenta N° 466 para las Bases de Licitación para el Suministro Eléctrico de las Empresas Concesionarias, SIC 2013/01.



## b) Polinomio de Reajuste.

- Polinomio de reajuste contempla múltiples insumos, Index, que son base para actualizar el precio.
- Estructura del polinomio fundamentalmente asociada a matriz de generación térmica.
- Cada Index, sigue su propia tendencia según oferta - demanda del mercado de referencia.
- Esto implica que cada Index tiene su propio perfil de riesgo.

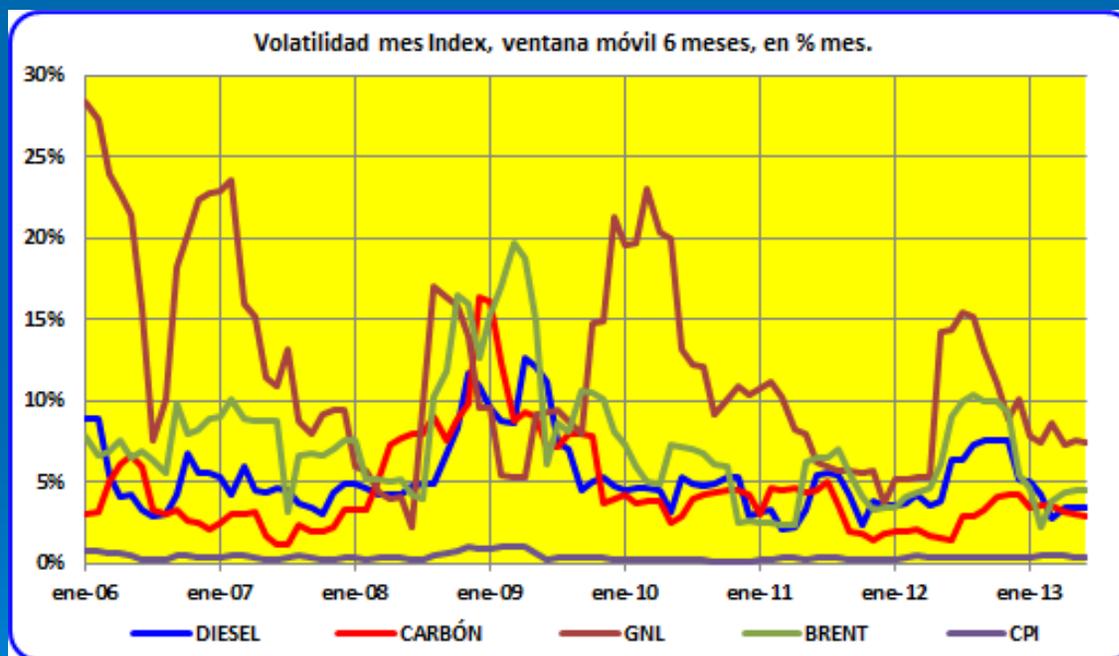


## c) Los Precios.

- Precio Potencia: Igual al precio nudo. No impacta selección de oferta. Facturación según presencia del consumo en H. Punta.
- Precio Energía: Cada proveedor define un Precio\_base y los porcentajes de participación de cada Index del polinomio.
- Mejor oferta: aquella de menor Precio\_base.
- Selección **NO** toma en cuenta características del polinomio de reajuste ni **perfil de riesgo** asociado.

## c) Los Precios. Perfil de Riesgo.

- Cada Index presenta su propia volatilidad, impactando de forma distinta la actualización del Precio\_energía.



Fuente: Elaboración propia a partir de antecedentes publicados por CNE en su web, [www.cne.cl](http://www.cne.cl)

- Gráfico indica las volatilidades de los insumos Index, período Ene 06 - Jun 13. Ventana móvil 6 meses.
- En polinomio CNE, volatilidad se reduce por uso de promedio 6 meses.



## c) Los Precios. Perfil de Riesgo. Ejemplo N°1

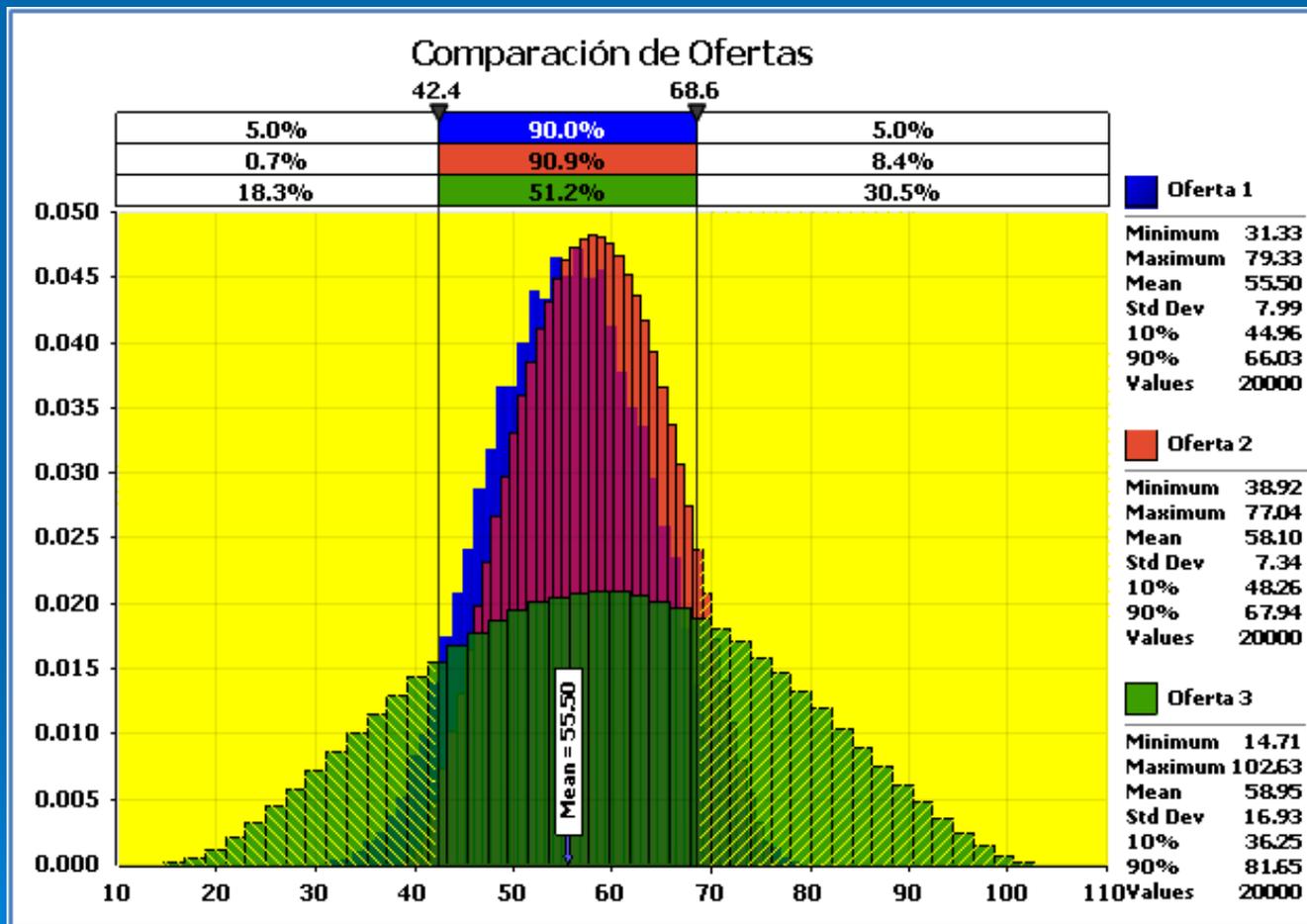
- Para entender la problemática del perfil de riesgo, consideremos tres ofertas adjudicadas el año 2006.

Ofertas	Pbase US\$/MWh	Index. Insumos			Index. Participación		
		Index 1	Index 2	Index 3	Index 1	Index 2	Index 3
1 CGED 2006/01	55.50	DIESEL	CARBÓN	CPI	25.0%	45.0%	30.0%
2 CHL 2006/01	58.10	CARBÓN	CPI	0	44.0%	56.0%	0.0%
3 EMEL-SIC 2006/01-2	58.95	CARBÓN	0	0	100.0%	0.0%	0.0%

Fuente: Informe Técnico Fijación de Precios de Nudo Promedio por CNE, Enero 2012, ver [www.cne.cl](http://www.cne.cl)

- Análisis consideró valores históricos de Index, 2006 hacia atrás. Se desea verificar volatilidad del Precio\_base ante cambios de los Index del polinomio asociado.

## c) Los Precios. Perfil de Riesgo. Ejemplo N°1



Fuente: Elaboración propia a partir de Informe Técnico Fijación de Precios de Nudo Promedio por CNE, Enero 2012.

## c) Los Precios. Perfil de Riesgo. Ejemplo N°1

- Las tres ofertas presentan perfiles de riesgos distintos a pesar que los precios bases son semejantes.

Con Polinomio Licitación		Pbase US\$/MWh	D. Standard US\$/MWh	C. Variación %	Relativos °/1	Rangos, US\$/MWh			Precio a Ene - 12
Ofertas						Percentiles 95% - 5%	Rango		
1	CGED 2006/01	55.50	8.04	14.49%	1.14	68.67	42.17	26.50	95.74
2	CHL 2006/01	58.10	7.36	12.67%	1.00	70.27	46.06	24.21	93.94
3	EMEL-SIC 2006/01-2	58.95	16.93	28.73%	2.27	86.79	31.10	55.69	130.57

Fuente: Elaboración propia a partir de Informe Técnico Fijación de Precios de Nudo Promedio por CNE, Enero 2012.

- Nótese que oferta 2 tiene mayor precio que oferta 1 y menor que la 3, pero presenta un menor riesgo.
- En actualización de Enero 2012, el Index carbón presentó un valor de 150,44 US\$/ton. Al reajustar los precios, la oferta 2 presentó menor precio, lo cual es coherente con su menor perfil de riesgo.



## d) Los Precios. Perfil de Riesgo. Ejemplo N°1

- Diferencias de riesgos en ofertas provienen de la forma en que está estructurado el polinomio y su relación con el Precio\_base. La oferta N° 3 es el caso extremo.
- Una alternativa es fijar precio actualizado por CPI USA. Condición límite que tampoco resulta adecuada. De haber ocupado CPI USA en el caso de Campanario Generación S.A. la quiebra habría ocurrido más temprano dentro del primer período de suministro, 2010 - 2011.
- Un precio actualizado por CPI USA, tampoco es adecuado para los clientes, no "sienten" el costo de oportunidad del consumo de energía ni si existe holgura o estrechez en el mercado de los Index.



## A1. Propuesta N°1. Precios y Polinomios de Reajuste.

- La realidad muestra que un Index es el que prima para efectos comerciales en polinomio de reajuste aun cuando se consideren dos o tres Index distintos.
- Para minimizar volatilidad asociada al precio y evitar situaciones expuestas, un primer cambio es considerar un esquema del tipo  $\text{Precio\_energía} = CV + FEE$ , donde CV: Costo Variable Generación.
- Proveedor en su oferta define valor FEE como tecnología por medio del Index. El FEE actualizado por PPI o CPI USA.
- Por tanto,  $\text{Precio\_energía}$  queda fijado por una sola tecnología.



# Precios y Polinomios: Propuesta N° 1.



## A1. Propuesta N°1. Precios y Polinomios de Reajuste.

$$\text{Precio}_{\text{energía}} = a_1 * \text{HRate } 1 * \text{Index } 1 + a_2 * \text{HRate } 2 * \text{Index } 2 + \dots + \text{FEE} * \frac{\text{Index } 6}{\text{Index } 6_0}$$

- HRate<sub>i</sub>: Consumo específico de unidad eficiente fijado por CNE, considerando combustible Index "i".
- a<sub>i</sub>: Definido por proveedor, es 0 ó 1. Si  $a_i = 1$ , resto  $a_j = 0$ .
- FEE: Valor fijo definido por proveedor e incluye costo capital, CVNC, costo ERNC acreditación, percepción de riesgo del inversionista, etc.
- Index 6: Index asociado al PPI o CPI USA.

## A1. Propuesta N°1: Aplicada al ejemplo.

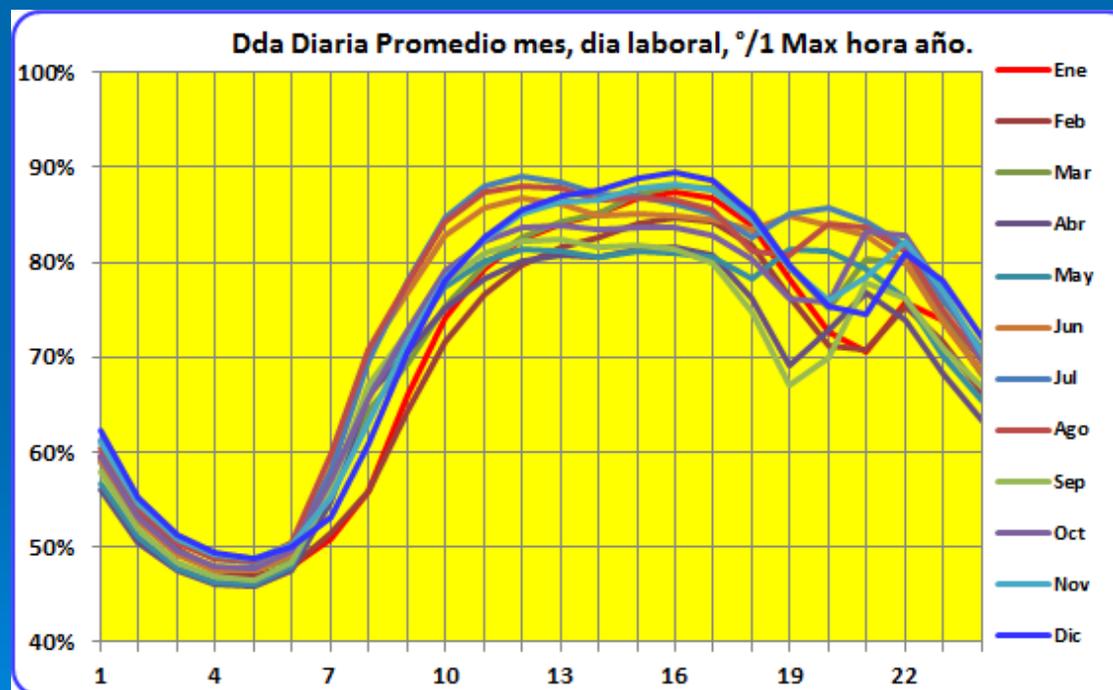
Con Polinomio Licitación									
Ofertas		Pbase US\$/MWh	D. Standard US\$/MWh	C. Variación %	Relativos */1	Rangos, US\$/MWh			Precio a Ene - 12
						Percentiles 95% - 5%	Rango		
1	CGED 2006/01	55.50	8.04	14.49%	1.14	68.67	42.17	26.50	95.74
2	CHL 2006/01	58.10	7.36	12.67%	1.00	70.27	46.06	24.21	93.94
3	EMEL-SIC 2006/01-2	58.95	16.93	28.73%	2.27	86.79	31.10	55.69	130.57
Con Propuesta N°1									
Ofertas		Pbase US\$/MWh	D. Standard US\$/MWh	C. Variación %	Relativos */1	Rangos, US\$/MWh			Precio a Ene - 12
						Percentiles 95% - 5%	Rango		
1	CGED 2006/01	55.50	6.83	12.30%	1.06	66.73	44.27	22.46	89.18
2	CHL 2006/01	58.10	6.83	11.75%	1.01	69.39	46.93	22.46	91.94
3	EMEL-SIC 2006/01-2	58.95	6.83	11.58%	1.00	70.18	47.72	22.46	92.84

Fuente: Elaboración propia.

- H. Rate carbón: 0,35 kg/kWh, base 7000 kcal.

## B. Bloques de Suministro.

- Cuadro siguiente muestra perfil de consumo horario, promedio de días laborales por mes, en  $^{\circ}/1$  de máxima anual de potencia, para distribuidora típica.



Fuente: Elaboración propia.



## B. Bloques de Suministro.

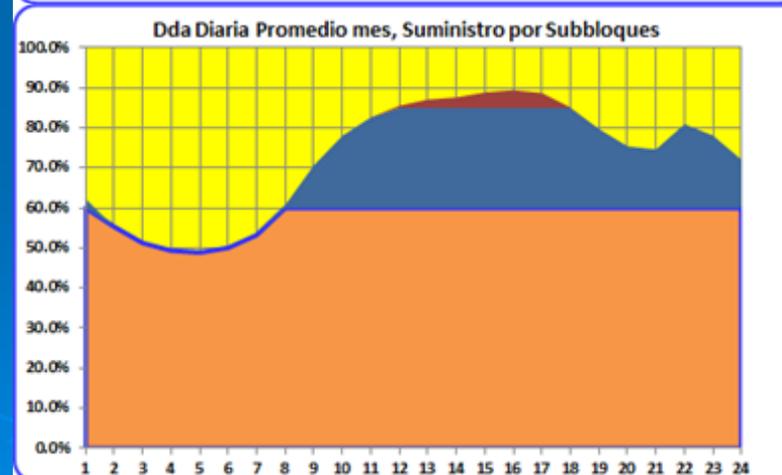
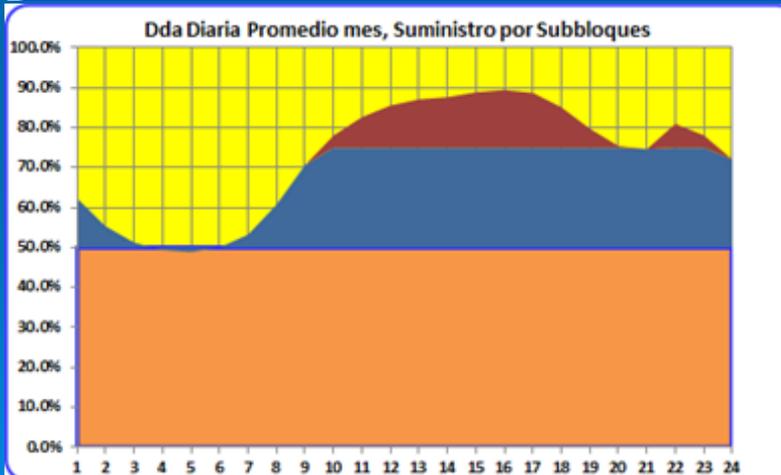
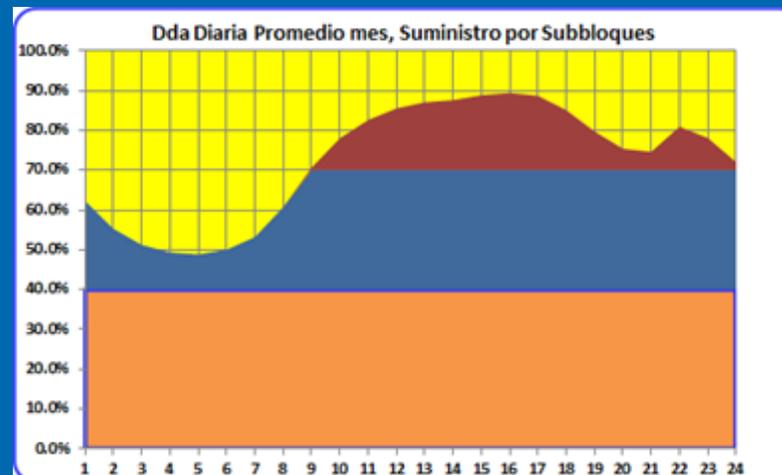
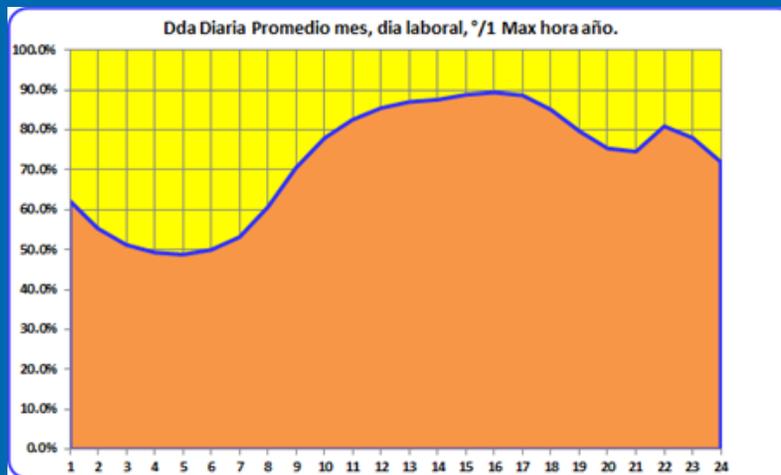
- Distribuidoras presentan F. Carga anual, según empresa, del orden 63% a 73%, (consumo minero en torno 85%). Licitación busca la asignación de bloques de energía a proveedores.
- Cada bloque asignado puede ser de distinta magnitud, pero todos presentarán mismo F. Carga.
- Dado F. Carga del consumo, es esperable precios más altos; comercialmente el costo capital debe ser repartido en un monto de energía vendida, inferior a la capacidad de la planta considerada para otorgar el suministro.



## B1. Propuesta N°2. Sub bloques.

- Características del consumo, en términos de F. Carga, volúmenes involucrados y ciclicidad son ventajas que deben ser consideradas.
- Bloque global puede dividirse en sub bloques que sean licitados en forma independiente. Cada sub bloque puede presentar consumos con F. Carga distintos.
- Por ejemplo, un sub bloque con F. Carga alto, es más atractivo para unidades bases. Misma idea se puede aplicar para sub bloque con menor F. Carga, se hace atractivo para unidades de baja inversión y alto costo variable.

## B1. Propuesta N°2. Ejemplos de Sub bloques.



Fuente: Elaboración propia.

## B2. Propuesta N°3. Incorporación ERNC Solar.

- Incremento del consumo diario coincide aproximadamente con el aumento de la disponibilidad de radiación solar, que es la base para generación fotovoltaica.

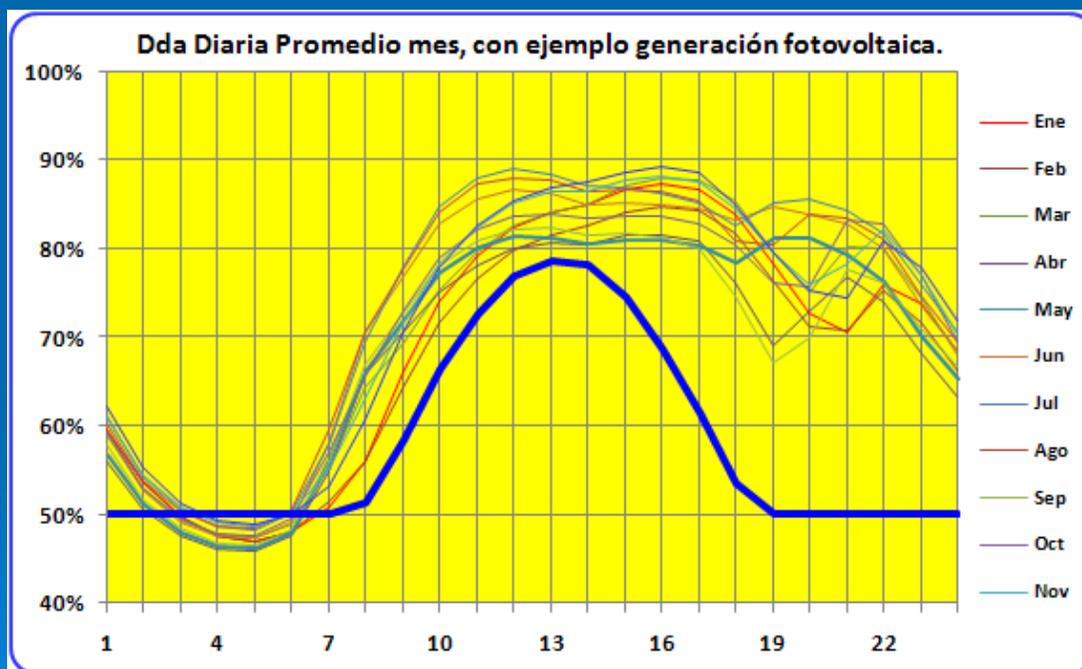


Gráfico considera promedio de semana típica mes de junio, valor equivalente a  $0.45^\circ$  /1 máx. anual de potencia.

Fuente: Elaboración propia.



### B2. Propuesta N°3. Incorporación ERNC Solar.

- Dada ventaja señalada, resulta totalmente válido incorporar un sub bloque con generación fotovoltaica.
- Considerar cualidad indicada, se potencia desarrollo de ERNC, se utiliza insumo abundante, vamos en dirección del 20/25 y se minimizan requerimientos ERNC que exige ley N° 20.698 recientemente dictada. Menores costos.
- Efecto imagen inmediato, se personaliza suministro a "Sra. Juanita" con ERNC solar.



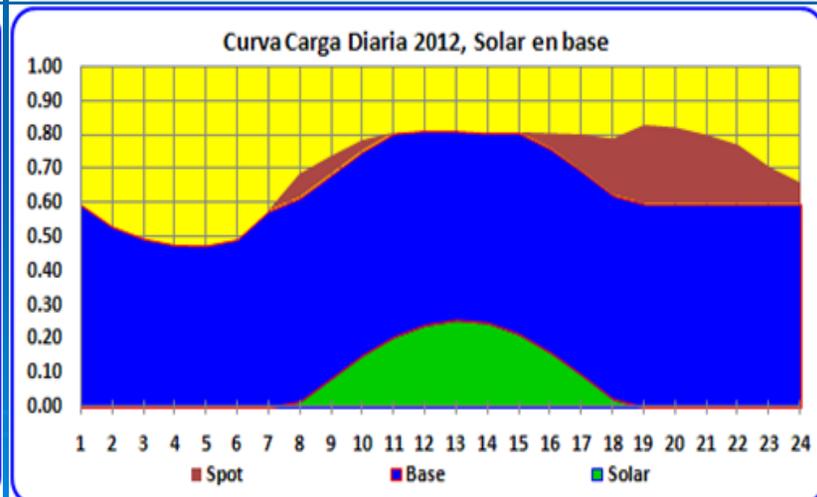
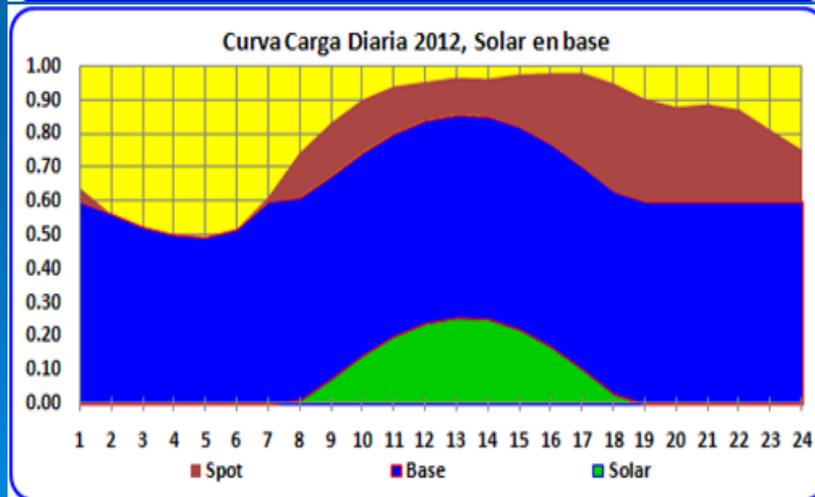
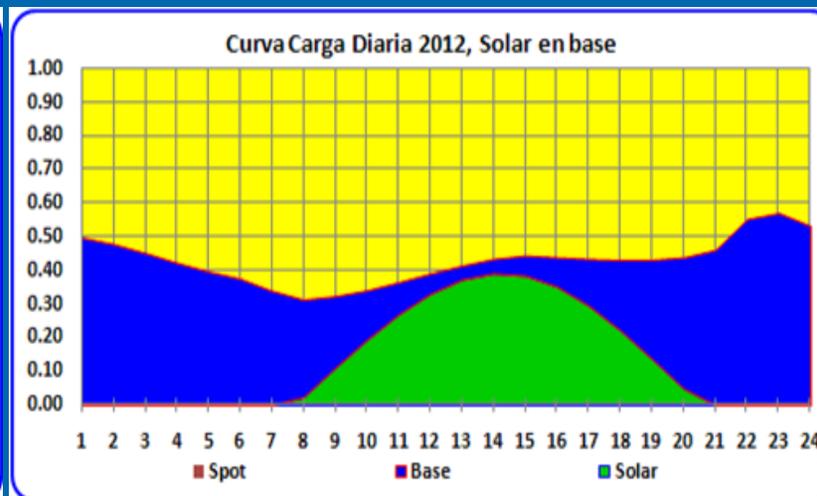
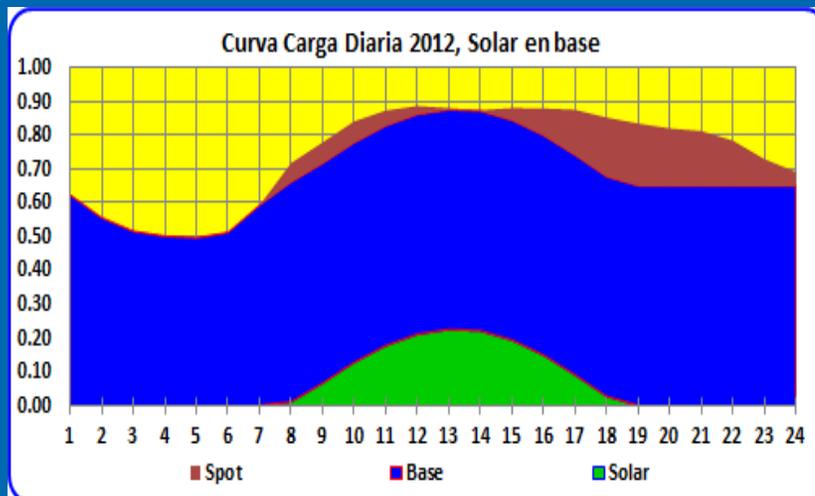
## Aplicación de Propuestas. Ejemplo.



### C. Aplicación de Propuestas. Análisis del suministro físico.

- Análisis anual suministro distribuidora de F. Carga 65,9%. Comparación caso un solo bloque v/s tres bloques. Caso base tres bloques de características siguientes.
- Sub bloque N°1: Suministrada por ERNC Solar, P. Máxima de 0,35 °/1 demanda máxima anual de potencia.
- Sub bloque N°2: Suministrado por unidad base económicamente atractiva para suministros con alto F. Carga. P. Máxima de 0,65 °/1 demanda máxima anual de potencia.
- Sub bloque N°3: Corresponde al diferencial instantáneo entre demanda real y sub bloques 1 y 2. Se toma del mercado spot.

## C. Aplicación de Propuestas. Análisis del suministro físico.



Fuente: Elaboración propia.

## C. Aplicación de Propuestas. Análisis del suministro físico.

Items	Un Bloque	Tres Sub bloques				
		Base	Opción 1	Opción 2	Opción 3	Opción 4
MW Unidades	Base	Base	Opción 1	Opción 2	Opción 3	Opción 4
Carbón	1.00	0.65	0.65	0.60	0.70	0.70
Solar		0.35	0.40	0.40	0.30	0.35
Spot		Diferencial	Diferencial	Diferencial	Diferencial	Diferencial
MWh Anual Sub bloques.						
Carbón	5,776	4,783	4,685	4,543	4,992	4,890
Solar		773	884	884	663	773
Spot		220	208	349	121	113
Total Año	5,776	5,776	5,776	5,776	5,776	5,776
F. Carga Sub bloques						
Carbón	65.9%	84.0%	82.3%	86.4%	81.4%	79.7%
Solar		25.2%	25.2%	25.2%	25.2%	25.2%
Porcentajes Dda Spot		3.8%	3.6%	6.0%	2.1%	2.0%

Fuente: Elaboración propia.

- F. Carga para Carbón sube notoriamente. ERNC solar en base. Porcentaje de energía del spot es menor respecto al global, en las distintas opciones de los sub bloques considerados.



## C. Aplicación de Propuestas. **Análisis Económico.**

- Valor final energía en US\$/MWh, sólo para efectos comparativos.
- Dos escenarios: a) Suministro un sólo bloque una unidad y b) Suministro con tres Sub bloques: ERNC Solar, Base y Spot.
- Inversión unidad base 2350 US\$/kW-mes, 25 años, 12%, FEE dependiente F. Carga del consumo, CV = 45 US\$/MWh.
- ERNC Solar: 100 US\$/MWh.
- Costo Acreditación ERNC; 3 US\$/MWh por 20% energía demandada.



## C. Aplicación de Propuestas. **Análisis Económico.**

- $CMg$  Mercado Spot, base anual: 150 US\$/MWh.
- En estricto rigor,  $CMg$  que debe ser considerado corresponde a  $CMg$  esperado en operación adaptada de largo plazo.
- De considerar  $CMg$  más altos al adaptado, FEE ofertado para sub bloque asociado, altamente probable se incremente por sobre el considerado en análisis.
- Análisis efectuados indican que volúmenes de energía del mercado spot, son menores respecto al global suministrado. Impacto económico menor del  $CMg$  en precio equivalente final.

## C. Aplicación de Propuestas. **Análisis Económico.**

Items	Un Bloque	Tres Sub bloques				
MW Unidades	Base	Base	Opción 1	Opción 2	Opción 3	Opción 4
Carbón	1.00	0.65	0.65	0.60	0.70	0.70
Solar		0.35	0.40	0.40	0.30	0.35
Spot		Diferencial	Diferencial	Diferencial	Diferencial	Diferencial
<b>Porcentajes Dda Sub bloques.</b>						
Carbón	100.0%	82.8%	81.1%	78.7%	86.4%	84.7%
Solar		13.4%	15.3%	15.3%	11.5%	13.4%
Spot		3.8%	3.6%	6.0%	2.1%	2.0%
<b>Total Año</b>	<b>100.0%</b>	<b>100.0%</b>	<b>100.0%</b>	<b>100.0%</b>	<b>100.0%</b>	<b>100.0%</b>
<b>Precios Tecnologías, US\$/MWh</b>						
Carbón	89.82	80.18	80.92	79.19	81.30	82.06
Solar		100.00	100.00	100.00	100.00	100.00
Spot		150.00	150.00	150.00	150.00	150.00
Acreditación ERNC	3.00	0.99	0.71	0.71	1.28	0.99
<b>Precio Equivalente, US\$/MWh</b>	<b>92.82</b>	<b>86.49</b>	<b>87.02</b>	<b>87.36</b>	<b>86.17</b>	<b>86.79</b>

Fuente: Elaboración propia.

- Con Propuestas, Precio Equivalente final más bajo que considerar un solo bloque. Lo anterior se repite con distintas opciones de participación de los Sub bloques.



## D. Conclusiones.

- Polinomio propuesto permite bajar perfil de riesgo de los precios. Se asegura que variación del Index afecta sólo componente *CV* del precio.
- Por características de curva de carga de distribuidoras, resulta totalmente factible licitar sub bloques del tipo expuestos.
- La apertura en sub bloques permite la especialización o focalización de los proveedores en sus áreas de interés o mayor competencia. Menores precios.



# Conclusiones.

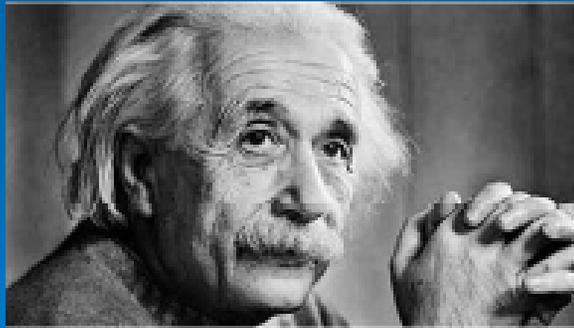


## D. Conclusiones.

- La presencia de sub bloque Base permite incrementar F. Carga del consumo que visualiza el proveedor. Impacto en oferta.
- Existencia de sub bloques permite presencia de ERNC. Sub bloque ERNC puede ser licitado independientemente de otros sub bloques. Mejor imagen frente a la sociedad y minimización de bloques ERNC por ley 20.698. Menores costos.
- Sub bloque spot de baja participación, evita incrementar precio energía por costo capital asociado y permite dar señal a usuarios de la holgura o estrechez con que está operando el mercado.



## *Preguntas...*



*"Si buscas resultados distintos, no  
hagas siempre lo mismo".*