



# Valorización de la Generación con Biomasa Gestionable

Lic. Andrés Osta, Ing. Dany Pereira, Ing. Marcelo Berglavaz

Trabajo fin de curso Simsee 2012  
Instituto de Ingeniería Eléctrica FING



# Objetivo

- El objetivo es el beneficio de incorporación de 100 MW de potencia partir de biomasa a la matriz eléctrica uruguaya a partir de 2015, desde el punto de vista del sistema.
- Por un lado se analizará la incorporación de estos 100 MW en modalidad de autodespacho a un precio determinado.
- Luego, se analizarán dos posibles modalidades de gestión:
  - Primero con la posibilidad de modular la carga de la central hasta un 40% ( la planta se mantiene hasta el 40% de su capacidad nominal en autodespacho y 60 % convocable)
  - Segundo, la posibilidad de operar dichas plantas solamente durante determinadas épocas del año, manteniéndose como máximo tres meses al año apagadas (autodespacho gestionable por ventana de tiempo).



# Hipótesis de trabajo

- **Horizonte de simulación y optimización**
  - El estudio se realizará para un período de tiempo de 10 años, comenzando el 1/1/2015
- **Actores a introducir en el modelo**
  - Actor Biomasa\_Autodespachada  
Cinco centrales de 20 MW en modalidad de autodespacho. Más ofertas en la presentación al último llamado para generadores a partir de biomasa
  - Actor Biomasa\_Convocable
    - Caso b1, autodespachable hasta 40 MW, convocable 60 MW
    - Caso b2, autodespachable 9 meses, apagada 3 meses.
- **Otros actores del modelo**
  - Demanda: Está dada a partir del año base 2007 con una tasa de crecimiento promedio anual del 4,5%. En 2015 se adiciona además la demanda de la minera Aratirí con un costo de U\$S 500/MWh.
  - Eólicos:
    - Parque 1 con 640 MW a partir de 01/05/2014 hasta 2500 MW el 01/05/2026.
    - Parque 2 con 76 MW a partir de 01/09/2013
    - Parque 3 con 76 MW a partir de 01/05/2014
    - Parque 3 con 180 MW a partir de 01/05/2014

- Otros térmicos:
  - 152 MW de generación privada autodespachada partir de 01/01/2014
  - 540 MW de Ciclo Combinado con gas natural.
  - 200 MW de CTR con gas oil.
  - 80 MW de Motores de la Batlle con fuel oil.
  - 294 MW de PTI con gas natural.
  - 15 MW de TGAA con gas oil.
- Hidráulicos:
  - Salto Grande, generador hidráulico de pasada con 7 máquinas de 135 MW cada una.
  - Bonete, generador hidráulico con embalse con 4 máquinas de 38.8 MW encadenada con central de descarga Baygorria.
  - Baygorria, generador hidráulico de pasada con 3 máquinas de 36 MW cada una encadenada con central de descarga Palmar.
  - Palmar, generador hidráulico de pasada con 3 máquinas de 111 MW cada una.
- Interconexiones internacionales:
  - Argentina:
    - Potencia máxima 2000 MW.
    - Precio de venta 10 USD/MWh.
  - Brasil:
    - Rivera-Livramento, potencia máxima 70 MW.
    - Conversora Melo, potencia máxima 500 MW.

- Fuentes de Precios: Variables

Descripción	Variación esperada promedio acumulativa anual (%)	Fuente
Tasa de variación real acumulativa media anual del WTI en 2012 - 2035	1.87	Annual Energy Outlook 2012
Tasa de inflación internacional acumulativa media anual en 2012 - 2015	1.73	Annual Energy Outlook 2012
Tasa de inflación internacional acumulativa media anual en 2016 - 2035	2.2	Annual Energy Outlook 2012
Tasa de inflación interna acumulativa media anual en 2012 - 2015	6.445	Elaboración propia en base a encuesta de expectativas de inflación del BCU en un escenario de convergencia con la meta oficial
Tasa de inflación interna acumulativa media anual en 2016 - 2035	5	Meta oficial de mediano plazo
Depreciación esperada acumulativa anual en 2012 - 2015	4.715	Aplicación del modelo monetario de la inflación
Depreciación esperada acumulativa anual en 2016 - 2035	2.8	Aplicación del modelo monetario de la inflación
Tasa de variación nominal acumulativa media anual GOIL en 2012 - 2015	8.52	Elaboración propia en base a información de DNE
Tasa de variación nominal acumulativa media anual GOIL en 2016 - 2035	7.03	Elaboración propia en base a información de DNE

- Fuentes de Precios:** Paramétrica eólica  $P_t = P_o \times \{0,4 + 0,6 \times CE \times (PPI_t/PPI_o) + 0,6 \times CN \times (IPPN_t/IPPN_o) \times (TC_o/TC_t)\}$

2012-2015		
Variable	Ponderación	Variación anual proyectada
Componente fijo	0.4	0
PPI	0.42	1.73
IPPN	0.18	6.445
TC	NC	4.715
<b>Precio</b>		<b>1.02</b>
2016-2035		
Variable	Ponderación	Variación anual proyectada
Componente fijo	0.4	0
PPI	0.42	2.2
IPPN	0.18	5
TC	NC	2.8
<b>Precio</b>		<b>1.31</b>

- **Fuentes de Precios:**

- Paramétrica biomasa, energía no sujeta a despacho

$$P_t = P_0 \times \{0,21 + 0,1 \times (PPI_t/PPI_0) + 0,44 \times (IPPN_t/IPPN_0) \times (TC_0/TC_t) + 0,15 \times (GOIL_t/GOIL_0) \times (TC_0/TC_t) + 0,1 \times (WTI_t/WTI_0)\}$$

- Paramétrica biomasa, energía convocada

$$P_t = P_0 \times \{0,05 \times (PPI_t/PPI_0) + 0,6 \times (IPPN_t/IPPN_0) \times (TC_0/TC_t) + 0,2 \times (GOIL_t/GOIL_0) \times (TC_0/TC_t) + 0,15 \times (WTI_t/WTI_0)\}$$

- Paramétrica biomasa, energía convocada

$$P_t = P_0 \times \{0,36 + 0,23 \times (PPI_t/PPI_0) + 0,41 \times (IPPN_t/IPPN_0) \times (TC_0/TC_t)\}$$

- Fuentes de Precios: Precios eólica

Descripción	Momento	Valor (USD/MWh)
Precio promedio - decreto 403/009	dic-08	85.35
Precio promedio - decreto 159/011	dic-10	64.05
Precio promedio - decreto 424/011	dic-10	64.05
Precio promedio - decreto 403/009	31/12/2011	99.68
Precio promedio - decreto 159/011	31/12/2011	66.59
Precio promedio - decreto 424/011	31/12/2011	66.59
<b>Precio promedio - decreto 403/009</b>	<b>01/01/2015</b>	<b>102.77</b>
<b>Precio promedio - decreto 159/011</b>	<b>01/01/2015</b>	<b>68.65</b>
<b>Precio promedio - decreto 424/011</b>	<b>01/01/2015</b>	<b>68.65</b>



- Fuentes de Precios: Precios biomasa

Descripción	Momento	Valor (USD/MWh)
Precio de la energía no sujeta a despacho	dic-10	92
Precio de la potencia disponible convocable	dic-10	48
Precio máximo de la energía convocada	dic-10	59
Precio de la energía no sujeta a despacho	dic-11	102.88
Precio de la potencia disponible convocable	dic-11	51.64
Precio máximo de la energía convocada	dic-11	68.27
Precio promedio biomasa anterior decreto 367/10	dic-11	101.12
<b>Precio de la energía no sujeta a despacho</b>	<b>01/01/2015</b>	<b>108.57</b>
<b>Precio de la potencia disponible convocable</b>	<b>01/01/2015</b>	<b>53.33</b>
<b>Precio máximo de la energía convocada</b>	<b>01/01/2015</b>	<b>73.20</b>
<b>Precio contratos - decreto 367/10</b>	<b>01/01/2015</b>	<b>106.70</b>



- **Metodología:**

- Introducción de cambios en la estructura de precios

Precio de la energía biomasa = constante de la regresión +  $b$  \* precio del WTI  
 $b$  = parámetro que vincula ambos precios

- Se estimó el parámetro  $b$  para el precio de la energía no sujeta a despacho y para el precio de la energía convocada, a través del Método de Mínimos Cuadrados Ordinarios. El parámetro constante que debe ingresarse a la ficha del SimSee es 1 – el parámetro que vincula ambos precios ya mencionado.

- Precio de la energía no sujeta a despacho:

Parámetro que vincula al precio WTI = 0,2705, Constante = 0,7295

- Precio de la energía convocada:

Parámetro que vincula al precio WTI = 0,32915, Constante = 0,67085

Dado que el diseño actual del SimSEE no prevé la incorporación de un índice de precio que ajuste el precio de la energía eólica en el período de simulación, se optó por deflactar la previsión de los precios del petróleo, el cual ajusta el costo de generación del parque térmico de combustible fósil, y de la energía generada a partir de biomasa, por el precio de la energía eólica, para reflejar los cambios de precios relativos en el largo plazo

## • Descripción de escenarios

### Caso (a) 100 MW de Biomasa Autodespachada

Actor	Biomasa_Autodespachada	Biomasa_Convocable
Potencia / unidad (MW)	20	0
Costo variable (US\$/MWh)*	1	0
Pago por potencia (US\$/MWh)	50	0
Pago por energía (US\$/MWh)	57,6	0
Cantidad unidades disponibles	5	0
Fecha disponible	1/1/2015	1/1/2015

\* Se menciona Costo Variable 1 US\$/MWh, pues a pesar de ser autodespachado la energía eólica tiene prioridad en el despacho al tener asignado un Costo Variable de 0 US\$/MWh por decreto.

## • Descripción de escenarios

### Caso (b1) 100 MW de Biomasa Gestionable a cargas parciales

<b>Actor</b>	<b>Biomasa_ Autodespachada</b>	<b>Biomasa_ Convocable</b>
Potencia / unidad (MW)	8	12
Costo variable (US\$/MWh)	1	53,3
Pago por potencia (US\$/MWh)	50	0
Pago por energía (US\$/MWh)	57,6	73,2
Cantidad unidades disponibles	5	5
Fecha disponible	1/1/2015	1/1/2015

### Caso (b2) 100 MW de Biomasa Gestionable por ventanas de tiempo

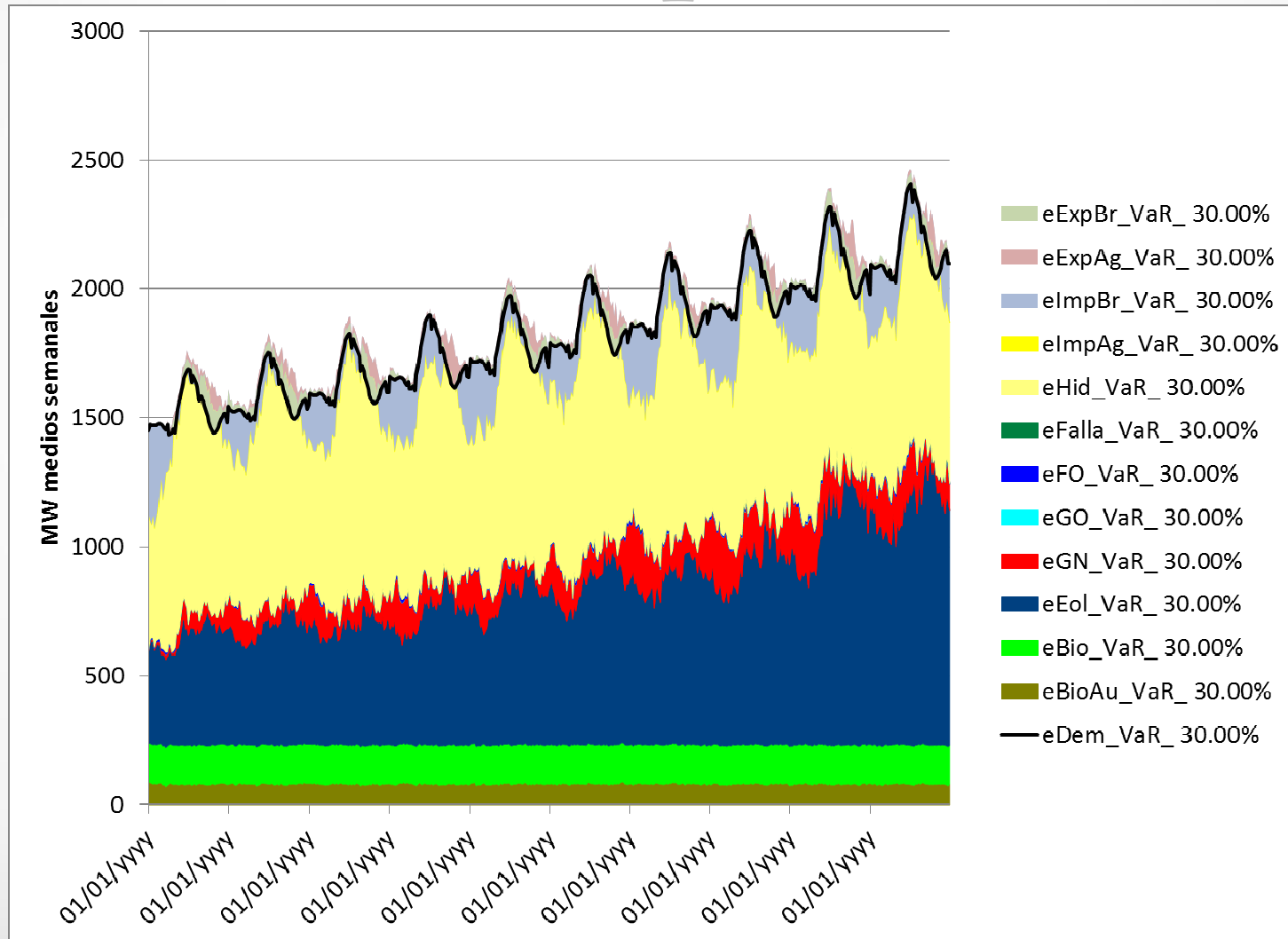
<b>Actor</b>	<b>Biomasa_ Autodespachada</b>	<b>Biomasa_ Convocable</b>
Potencia / unidad (MW)	0	20
Costo variable (US\$/MWh)	0	1
Pago por potencia (US\$/MWh)	0	0
Pago por energía (US\$/MWh)	0	116,5
Cantidad unidades disponibles	0	5
Fecha disponible	1/1/2015	1/1/2015**

\*\* Con períodos en los que no se encuentra disponible de acuerdo al valor del costo marginal del caso a.

# Resultados

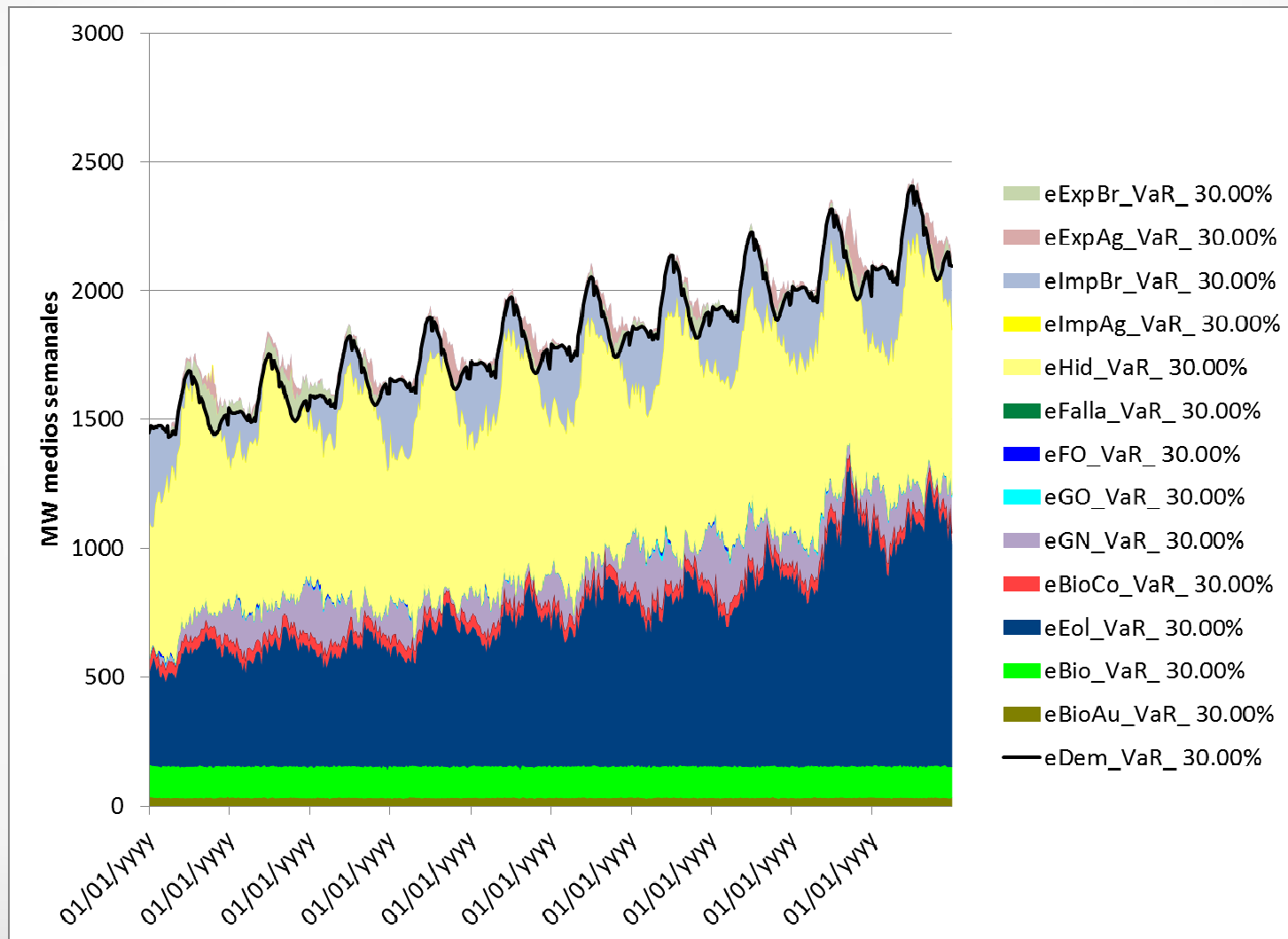
Resumen de los resultados más relevantes de las corridas realizadas

# Generación con Biomasa Autodespachada



# Generación con Biomasa

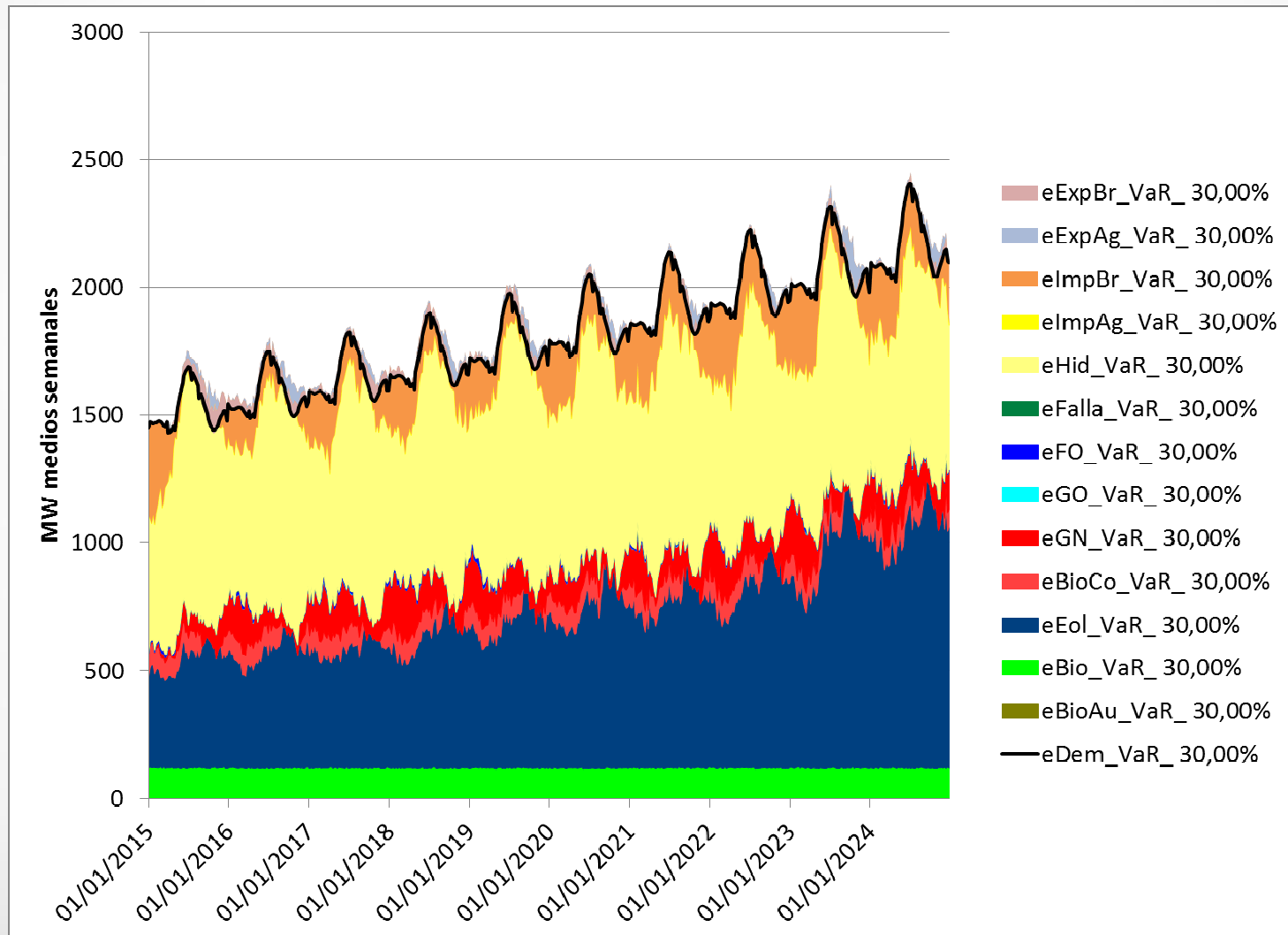
## Gestionable por Cargas Parciales





# Generación con Biomasa

## Gestionable por Ventana de Tiempo





# Resultados Globales

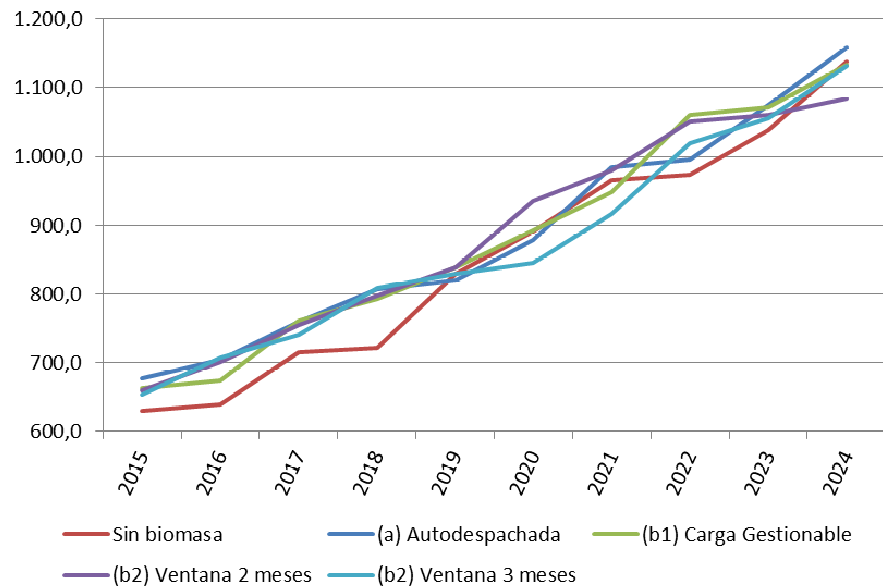
## (Frontera Abierta)

Caso	S/ BM	(a) AD	(b1) GPCP	(b2) GPVT 2m	(b2) GPVT 3m
Año	CAD (MMUS\$)				
2015	629,0	676,9	662,7	659,7	653,0
2016	638,8	703,5	674,1	701,5	706,9
2017	715,0	758,9	761,5	755,0	740,0
2018	721,0	807,5	793,0	797,1	809,3
2019	828,8	819,4	839,4	839,0	828,6
2020	891,6	878,2	893,1	934,9	845,4
2021	965,0	985,0	947,8	980,3	915,7
2022	972,7	994,9	1.060,1	1.050,4	1.018,6
2023	1.037,6	1.074,2	1.071,6	1.060,2	1.055,2
2024	1.138,0	1.158,0	1.133,7	1.084,1	1.131,2
<b>Total</b>	<b>8.537,5</b>	<b>8.856,7</b>	<b>8.837,0</b>	<b>8.862,1</b>	<b>8.703,9</b>
<b>Promedio</b>	<b>853,7</b>	<b>885,7</b>	<b>883,7</b>	<b>886,2</b>	<b>870,4</b>

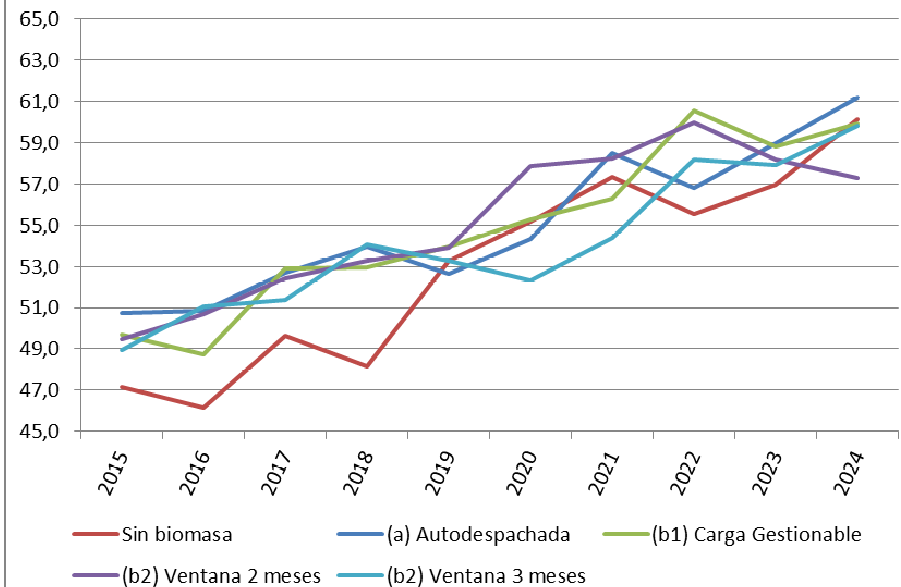
# Resultados Globales

## (Frontera Abierta)

**CAD para distintos casos**



**Costo medio para distintos casos**



# Resultados Globales

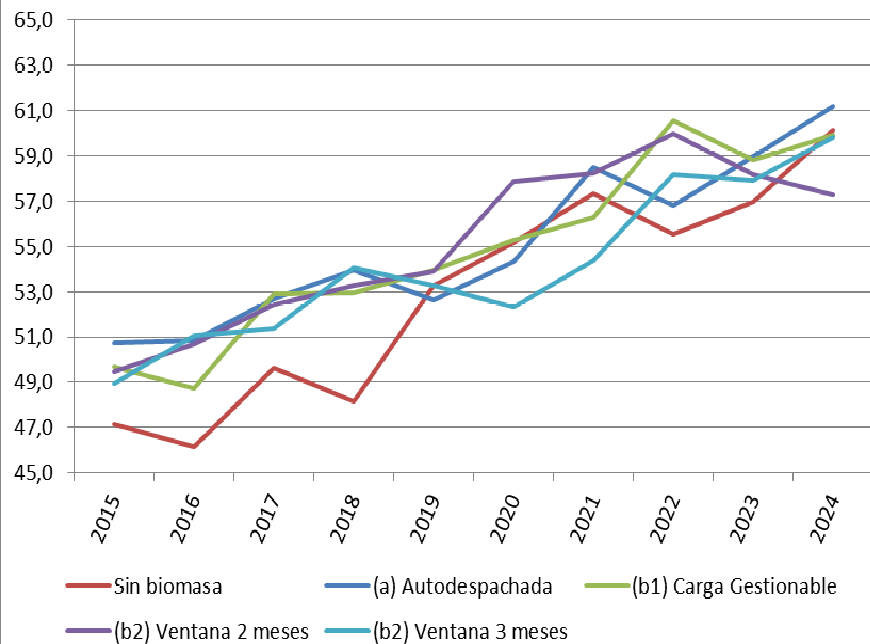
## (Frontera Cerrada)

Caso	(a) AD	(b1) GPCP	(b2) GPVT 3m
Año	CAD (MMUS\$)		
2015	754,1	781,4	767,9
2016	797,8	807,1	794,8
2017	858,3	880,9	851,0
2018	939,7	903,2	924,9
2019	978,4	1.001,7	957,8
2020	1.071,1	1.038,6	1.015,5
2021	1.169,4	1.199,0	1.173,6
2022	1.246,9	1.189,7	1.266,8
2023	1.265,7	1.237,9	1.299,1
2024	1.311,1	1.335,4	1.352,8
<b>Total</b>	<b>10.392,5</b>	<b>10.374,6</b>	<b>10.404,1</b>
<b>Promedio</b>	<b>1.039,3</b>	<b>1.037,5</b>	<b>1.040,4</b>

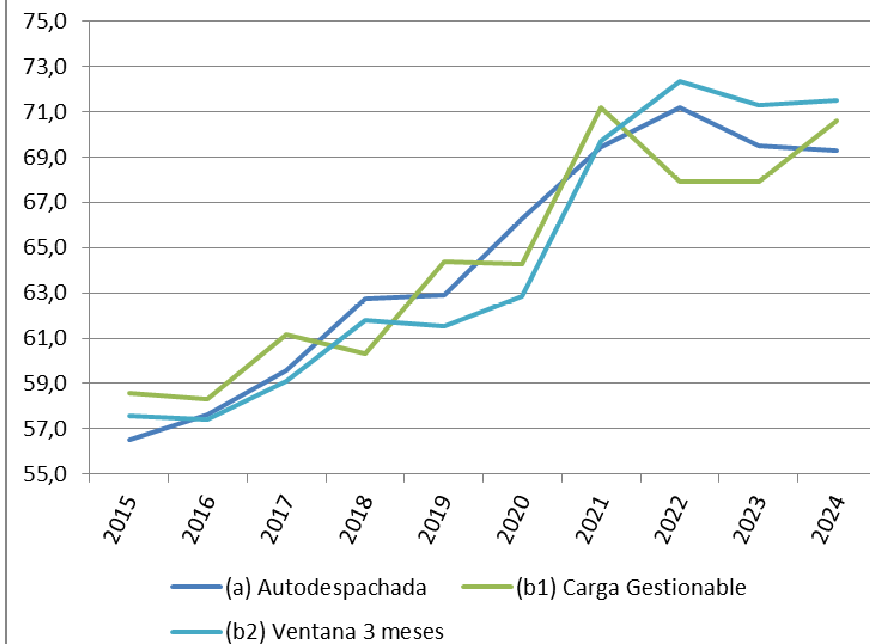
# Resultados Globales

## (Frontera Cerrada)

Costo medio para distintos casos



Costo medio para distintos casos (FC)



# Conclusiones Generales

Análisis y futuros trabajos a plantear en función de lo desarrollado

# 1 . Sistema sin biomasa

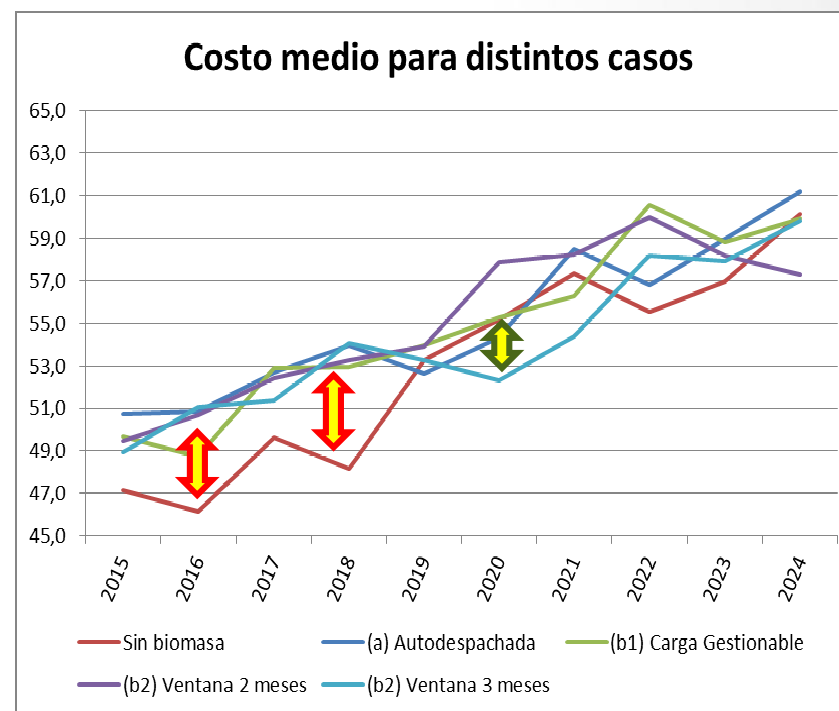
- Únicamente desde el punto de vista de costos del sistema, con las hipótesis de precios planteadas e incorporación de los actores mencionados, la incorporación de biomasa no presenta beneficios en el global del período de estudio.
- Se observa una tendencia hacia el beneficio, llegando a emparejarse las condiciones sobre la mitad del período de análisis en adelante.
- Ambas observaciones pueden explicarse por el crecimiento de la demanda y la incorporación de tanta potencia en energía eólica.



# 1 . Sistema sin biomasa

## Posibles análisis a realizar

- Menor ingreso de generación con fuente eólica, para evaluar el beneficio de la incorporación de biomasa en caso que cierto porcentaje de los proyectos eólicos no se concrete en el plazo mencionado.
- Escenarios con mayores períodos de simulación (15 o 20 años). Para confirmar si la tendencia al beneficio se mantiene en dicho horizonte de tiempo.



## 2 . Opción más favorable

- Dentro de las hipótesis asumidas de remuneración la Gestión por Ventana de Tiempo de 3 meses se presenta como la opción más conveniente para los 10 años considerados.
- La GPVT de 2 meses se trató de la más desfavorable, incluso más que la opción del Autodespacho, por lo que analizar una gestión por ventana de tiempo menor a 2 meses no tendría sentido para este caso.
- La situación cambia considerablemente en el caso de «Frontera Cerrada», donde la GPCP es la más favorable.

•

•



# 2 . Opción más favorable

## Mejoras a las corridas realizadas

- Evaluación de distintas diferencias entre los precios de Autodespacho y Gestionables.
- Aumentar factor de disponibilidad fortuita para centrales en el caso de Gestión Por Ventana de Tiempo, incluso gradualmente en función al período de apagado (cuanto mayor el período de parada mayor disponibilidad).
- Realizar la Gestión por Ventana de Tiempo de manera variable. Anualmente planificar y decidir comienzo y duración de período de parada en vez de utilizar períodos fijos.

•

•

# Gracias...

¿Preguntas?