

# Documentación Modelo Lambda

## 1.1 Índices

<i>pe</i>	Periodos
<i>st, st2</i>	Estados
<i>gt</i>	Grupos térmicos
<i>gh, gh2</i>	Grupos hidráulicos
<i>em</i>	Empresas
<i>amv</i>	Agentes marginalistas de venta
<i>amc</i>	Agentes marginalistas de compra
<i>nd, nd2</i>	Nodos de la red de transmisión
<i>d_st1</i>	Características de los estados
<i>d_em1</i>	Cuotas mínimas de producción de las empresa
<i>d_gt1</i>	Características de los grupos térmicos

$d_{gt2}$	Costos de los grupos térmicos
$d_{gt3}$	Energía máxima y mínima de los grupos térmicos
$d_{gh1}$	Características de los grupos hidráulicos

## 1.2 Modelado de las características temporales

### 1.2.1 Elementos de los conjuntos

<b>d_st1</b>	<b>Características de los estados</b>
st_ini	Estado inicial
st_fin	Estado final

### 1.2.2 Parámetros

$DUR_{PS_{pe,st}}$	Duración de los estados
$TRAN_{PSS_{pe,st,st2}}$	Transición entre el estado st y st2
$CARAC_{PS_{pe,st,d_{st1}}}$	Características de los estados

## 1.3 Modelado de las empresas

### 1.3.1 Elementos de los conjuntos

<b>d_em1</b>	<b>Cuotas mínimas de producción de las empresa</b>
em_cuotamin	Cuota mínima (%)
em_pmin	Producción mínima (MW)

### 1.3.2 Parámetros

EM_THETA_PS <sub>em,pe,st</sub>	Variación conjetural del precio del sistema respecto a la producción de la empresa en el periodo y estado
EM_CBILPOT_PS <sub>em,pe,st</sub>	Potencia de los contratos bilaterales de la empresa en el periodo y estado
EM_CDIFPOT_PS <sub>em,pe,st</sub>	Potencia de los contratos por diferencias de la empresa en el periodo y estado
EM_CUOTA <sub>em,d,em1</sub>	Cuota mínima de producción de la empresa

## 1.4 Modelado de los grupos térmicos

### 1.4.1 Elementos de los conjuntos

d_gt1	Características de los grupos térmicos
gt_pmax	Potencia máxima (MW)
gt_pmin	Potencia mínima (MW)
gt_aco_ini	Acoplamiento inicial

d_gt2	Costos de los grupos térmicos
gt_cvacio	Costo de vacío (\$/MWh)
gt_carr	Costo de arranque (\$)
gt_cpar	Costo de parada (\$)

d_gt3	Energía máxima y mínima de los grupos térmicos
gt_emin	Energía mínima (MWh)
gt_emax	Energía máxima (MWh)

### 1.4.2 Parámetros

GT_CARAC <sub>gt,d-gt1</sub>	Características del grupo térmico
GT_COSTOS <sub>gt,d-gt2</sub>	Costos del grupo térmico
GT_CVAR_P <sub>gt,pe</sub>	Costo variable del grupo térmico por periodo

GT_COEFDISP_P <sub>gt,pe</sub>	Coficiente de disponibilidad del grupo térmico por periodo
GT_EMAX_P <sub>gt,pe</sub>	Energía máxima que debe producir el grupo por periodo
GT_EMIN_P <sub>gt,pe</sub>	Energía mínima que debe producir el grupo por periodo
GT_ENER <sub>gt,d-gt3</sub>	Energía máxima y mínima que debe producir el grupo a lo largo de todo el horizonte
GT_PERT_EM <sub>gt,em</sub>	Pertenencia del grupo térmico a la empresa
GT_LOCA_ND <sub>gt,nd</sub>	Localización del grupo (1 si esta en el nodo <i>nd</i> , 0 en otro caso)

## 1.5 Modelado de los grupos hidráulicos

### 1.5.1 Elementos de los conjuntos

d_gh1	Características de los grupos hidráulicos
gh_upmaxres	Término constante de la relación potencia máxima-reserva (MW)
gh_vpamxres	Término lineal de la relación potencia máxima-reserva (MW/MWh)
gh_rendturbom	Rendimiento completo del ciclo turbinación-bombeo (p.u.)
gh_rini	Reservas iniciales (MWh)
gh_rfin	Reservas finales (MWh)

### 1.5.2 Parámetros

GH_CARAC <sub>gh,d-gh1</sub>	Características del grupo térmico
GH_APOR_P <sub>gh,pe</sub>	Aportaciones hídricas al grupo hidráulico por periodo
GH_BMAX_P <sub>gh,pe</sub>	Potencia máxima de bombeo del grupo hidráulico por periodo
GH_POBLI_P <sub>gh,pe</sub>	Producción mínima obligada del grupo hidráulico por periodo
GH_RMAX_P <sub>gh,pe</sub>	Reserva máxima del grupo hidráulico por periodo
GH_RMIN_P <sub>gh,pe</sub>	Reserva mínima del grupo hidráulico por periodo
GH_PERT_EM <sub>gh,em</sub>	Pertenencia del grupo hidráulico a la empresa
GH_SUP_GH <sub>gh,gh2</sub>	Sistemas hidráulicos inmediatamente superiores
GH_LOCA_ND <sub>gh,nd</sub>	Localización del grupo (1 si esta en el nodo <i>nd</i> , 0 en otro caso)

## 1.6 Modelado de los agentes marginalistas

### 1.6.1 Parámetros

AMV_OFERPCIO_PS <sub>amv,pe,st</sub>	Precio de generación ofertado por el amv por periodo y estado
AMV_OFERPOT_PS <sub>amv,pe,st</sub>	Generación ofertada por el amv por periodo y estado
AMC_OFERPCIO_PS <sub>amc,pe,st</sub>	Precio de demanda ofertado por el amc por periodo y estado
AMC_OFERPOT_PS <sub>amc,pe,st</sub>	Demanda ofertada por el amc por periodo y estado
AMV_LOCA_ND <sub>amv,nd</sub>	Localización del agente marginalista (1 si esta en el nodo <i>nd</i> , 0 en otro caso)
AMC_LOCA_ND <sub>amc,nd</sub>	Localización del agente marginalista (1 si esta en el nodo <i>nd</i> , 0 en otro caso)

## 1.7 Modelado de la demanda y de la red

### 1.7.1 Parámetros

RED_REAC <sub>nd,nd2</sub>	Reactancia de la linea entre los nodos <i>nd</i> y <i>nd2</i>
DEM.COSTOENENOSUM	Costo de la energía no suministrada
DEM.ORD_PS <sub>pe,st</sub>	Ordenada en el origen de la potencia demandada en el periodo y estado
DEM.PEN_PS <sub>pe,st</sub>	Pendiente de la potencia demandada en el periodo y estado
DEM.ORD_NPS <sub>nd,pe,st</sub>	Ordenada en el origen de la potencia demandada en el periodo y estado por nodo
DEM.PEN_NPS <sub>nd,pe,st</sub>	Pendiente de la potencia demandada en el periodo y estado por nodo

## 1.8 Opciones de ejecución

OPT\_DEM Opción de demanda

0 Demanda Inelástica

	1	Demanda Elástica
OPT_EQUI		Opción de tipo de equilibrio
	0	Competencia perfecta
	1	Variación conjetural
OPT_ENT		Opción de tipos de variables
	0	Relajadas
	1	Enteras
OPT_RED		Opción de red
	0	Sin red
	1	Con red

## 1.9 Variables de decisión

### 1.9.1 Costos

$C_{FO\_TOT}$	Costo total
$C_{FO\_CARR}$	Costos totales de arranque
$C_{FO\_CPAR}$	Costos totales de parada
$C_{FO\_CVACIO}$	Costos totales de vacío
$C_{FO\_CVAR}$	Costos totales variables
$C_{FO\_AM}$	Ingresos y costos totales de los agentes marginalistas
$C_{FO\_CENS}$	Costo total de la energía no suministrada

### 1.9.2 Empresas

$EM\_POT\_PS_{em,pe,st}$	Potencia producida por la empresa en el periodo y estado
--------------------------	--

---

### 1.9.3 Grupos térmicos

$GT\_POT\_PS_{gt,pe,st}$	Potencia producida por el grupo térmico en el periodo y estado
$GT\_ARR\_PSS_{gt,pe,st,st2}$	Decisión de arranque del grupo térmico del estado $st$ al estado $st2$
$GT\_PAR\_PSS_{gt,pe,st,st2}$	Decisión de parada del grupo térmico del estado $st$ al estado $st2$
$GT\_ARR\_P_{gt,pe}$	Decisión de arranque del grupo térmico al inicio del periodo
$GT\_PAR\_P_{gt,pe}$	Decisión de parada del grupo térmico al inicio del periodo
$GT\_ACO\_PS_{gt,pe,st}$	Estado de acoplamiento del grupo en periodo y estado

### 1.9.4 Grupos hidráulicos

$GH\_POT\_PS_{gh,pe,st}$	Potencia turbinada por el grupo hidráulico en el periodo y estado
$GH\_BOM\_PS_{gh,pe,st}$	Potencia bombeada por el grupo hidráulico en el periodo y estado
$GH\_VE\_P_{gh,pe}$	Energía vertida por el grupo hidráulico en el p
$GH\_RES\_P_{gh,pe}$	Reservas del grupo hidráulico al final del p
$GH\_EQUI\_P_{gh,pe}$	Equivalente de la energía total del grupo hidráulico

### 1.9.5 Agentes marginalistas

$AMV\_POT\_PS_{amv,pe,st}$	Potencia de generación aceptada a un amv en el periodo y estado
$AMC\_POT\_PS_{amc,pe,st}$	Demanda aceptada a un amc en el periodo y estado

### 1.9.6 Demanda

$DEM\_PS_{pe,st}$	Demanda de potencia en el periodo y estado
$DNS\_PS_{pe,st}$	Potencia no suministrada por periodo y estado
$DEM\_NPS_{nd,pe,st}$	Demanda de potencia en el periodo y estado por nodo
$DEM\_CBILPOT\_NPS_{nd,pe,st}$	Potencia de los contratos bilaterales en cada nodo
$DNS\_NPS_{nd,pe,st}$	Potencia no suministrada por periodo y estado por nodo

**1.9.7 Red** $RED\_ANG_{nd,pe,st}$  Angulo en el nodo por periodo y estado $RED\_FLX_{nd,nd2,pe,st}$  Flujo entre nodos  $nd$  y  $nd2$  por periodo y estado**1.10 Ecuaciones****1.10.1 R.FO\_TOT**

Función objetivo

$$\begin{aligned}
& C\_FO\_TOT \\
& = \\
& C\_FO\_CARR + C\_FO\_CPAR + C\_FO\_CVACIO + C\_FO\_CVAR + C\_FO\_AM + C\_FO\_CENS \\
& + \sum_{em,pe,st} \left\{ \frac{1}{2} \cdot DUR\_PS_{pe,st} \cdot EM\_THETA\_PS_{em,pe,st} \cdot \left( EM\_POT\_PS_{em,pe,st} - EM\_CBILPOT\_PS_{em,pe,st} - EM\_CDIFPOT\_PS_{em,pe,st} \right)^2 \right\} \Big|_{OPT\_EQUI=1} \\
& - \sum_{pe,st} \left\{ \frac{DUR\_PS_{pe,st}}{DEM\_PEN\_PS_{pe,st}} \cdot \left( DEM\_ORD\_PS_{pe,st} \cdot DEM\_PS_{pe,st} - \frac{1}{2} \cdot DEM\_PS_{pe,st}^2 \right) \right\} \Big|_{(OPT\_DEM=1) \wedge (OPT\_RED=0)} \\
& - \sum_{nd,pe,st} \left\{ \frac{DUR\_PS_{pe,st}}{DEM\_PEN\_NPS_{nd,pe,st}} \cdot \left( DEM\_ORD\_NPS_{nd,pe,st} \cdot DEM\_NPS_{nd,pe,st} - \frac{1}{2} \cdot DEM\_NPS_{nd,pe,st}^2 \right) \right\} \Big|_{(OPT\_DEM=1) \wedge (OPT\_RED=1)}
\end{aligned}$$

**1.10.2 R.FO\_CARR**

Costos de arranque

$$\begin{aligned}
& C\_FO\_CARR \\
& = \\
& \sum_{gt} \left\{ GT\_COSTOS_{gt,gt\_carr} \cdot \left( \sum_{pe,st,st2 | st \neq st2} (TRAN\_PSS_{pe,st,st2} \cdot GT\_ARR\_PSS_{gt,pe,st,st2}) + \sum_{pe} GT\_ARR\_P_{gt,pe} \right) \right\}
\end{aligned}$$



**1.10.3 R\_FO\_CPAR**

Costos de parada

$$\begin{aligned} C_{FO\_CPAR} \\ = \\ \sum_{gt} \left\{ GT\_COSTOS_{gt,gt\_cpar} \cdot \left( \sum_{pe,st,st2 | st \neq st2} (TRAN\_PSS_{pe,st,st2} \cdot GT\_PAR\_PSS_{gt,pe,st,st2}) + \sum_{pe} GT\_PAR\_P_{gt,pe} \right) \right\} \end{aligned}$$

**1.10.4 R\_FO\_CVACIO**

Costos de vacío

$$\begin{aligned} C_{FO\_CVACIO} \\ = \\ \sum_{gt,pe,st} \left( GT\_COSTOS_{gt,gt\_cvacio} \cdot DUR\_PS_{pe,st} \cdot GT\_ACO\_PS_{gt,pe,st} \right) \end{aligned}$$

**1.10.5 R\_FO\_CVAR**

Costos variables

$$\begin{aligned} C_{FO\_CVAR} \\ = \\ \sum_{gt,pe,st} \left( GT\_CVAR\_P_{gt,pe} \cdot DUR\_PS_{pe,st} \cdot GT\_POT\_PS_{gt,pe,st} \right) \end{aligned}$$

**1.10.6 R\_FO\_AM**

Ingresos y costos de los agentes marginalistas

$$\begin{aligned}
 C\_FO\_AM &= \\
 &\sum_{amv,pe,st} \left( DUR\_PS_{pe,st} \cdot AMV\_OFERPCIO\_PS_{amv,pe,st} \cdot AMV\_POT\_PS_{amv,pe,st} \right) \\
 &- \sum_{amc,pe,st} \left( DUR\_PS_{pe,st} \cdot AMC\_OFERPCIO\_PS_{amc,pe,st} \cdot AMC\_POT\_PS_{amc,pe,st} \right)
 \end{aligned}$$

**1.10.7 R\_FO\_CENS**

Costo de la energía no suministrada

$$\begin{aligned}
 C\_FO\_CENS &= \\
 &\sum_{pe,st} \left( DUR\_PS_{pe,st} \cdot DEM\_COSTOENENOSUM \cdot DNS\_PS_{pe,st} \right)
 \end{aligned}$$

**1.10.8 R\_DEM\_BALPOT\_PS<sub>pe,st</sub> | OPT.RED=0**

Balance de potencia por periodo y estado

$$\begin{aligned}
 &\sum_{gt} GT\_POT\_PS_{gt,pe,st} + \sum_{gh} GH\_POT\_PS_{gh,pe,st} + \sum_{amv} AMV\_POT\_PS_{amv,pe,st} \\
 &= \\
 &DEM\_PS_{pe,st} + \sum_{em} EM\_CBILPOT\_PS_{em,pe,st} + \sum_{gh} GH\_BOM\_PS_{gh,pe,st} + \sum_{amc} AMC\_POT\_PS_{amc,pe,st} + DNS\_PS_{pe,st} \quad \forall pe, st
 \end{aligned}$$

### 1.10.9 R\_DEM\_BALPOT\_NPS<sub>nd,pe,st</sub> $\Big|_{\text{OPT\_RED}=1}$

Balance de potencia en cada nodo por periodo y estado

$$\begin{aligned}
& \sum_{gt|GT.LOCA.ND_{gt,nd}} GT\_POT\_PS_{gt,pe,st} + \sum_{gh|GH.LOCA.ND_{gh,nd}} GH\_POT\_PS_{gh,pe,st} + \sum_{amv|AMV.LOCA.ND_{amv,nd}} AMV\_POT\_PS_{amv,pe,st} \\
& = \\
& DEM\_NPS_{nd,pe,st} + DEM\_CBILPOT\_NPS_{nd,pe,st} + \sum_{nd2|nd \neq nd2} RED\_FLX_{nd,nd2,pe,st} \\
& + \sum_{gh|GH.LOCA.ND_{gh,nd}} GH\_BOM\_PS_{gh,pe,st} + \sum_{amc|AMC.LOCA.ND_{amc,nd}} AMC\_POT\_PS_{amc,pe,st} + DNS\_NPS_{nd,pe,st} \quad \forall nd, pe, st
\end{aligned}$$

### 1.10.10 R\_DEM\_CBILPOT\_PS<sub>pe,st</sub> $\Big|_{\text{OPT\_RED}=1}$

Balance de los contratos bilaterales

$$\begin{aligned}
& \sum_{nd} DEM\_CBILPOT\_NPS_{nd,pe,st} \\
& = \\
& \sum_{em} EM\_CBILPOT\_PS_{em,pe,st} \quad \forall pe, st
\end{aligned}$$

### 1.10.11 R\_RED\_FLUJO<sub>nd,nd2,pe,st</sub> $\Big|_{(\text{OPT\_RED}=1) \wedge (nd \neq nd2)}$

Flujo entre los nodos  $nd$  y  $nd2$

$$\begin{aligned}
& RED\_FLX_{nd,nd2,pe,st} \\
& = \\
& RED\_REAC_{nd,nd2} \cdot \left( RED\_ANG_{nd,pe,st} - RED\_ANG_{nd2,pe,st} \right) \quad \forall nd, nd2, pe, st
\end{aligned}$$


---

### 1.10.12 R\_EM\_CUOTA<sub>em</sub> | EM\_CUOTA<sub>em,em-cuotamin</sub>

Restricción de cuota mínima de la empresa

$$\begin{aligned} & \sum_{pe,st} \left( \text{DUR\_PS}_{pe,st} \cdot \text{EM\_POT\_PS}_{em,pe,st} \right) \\ & \geq \\ & \text{EM\_CUOTA}_{em,em-cuotamin} \cdot \sum_{pe,st} \left( \text{DUR\_PS}_{pe,st} \cdot \text{DEM\_PS}_{pe,st} \right) \quad \forall em \end{aligned}$$

### 1.10.13 R\_EM\_POT\_PS<sub>em,pe,st</sub>

Potencia total de la empresa

$$\begin{aligned} & \text{EM\_POT\_PS}_{em,pe,st} \\ & = \\ & \sum_{gt} \left( \text{GT\_PERT\_EM}_{gt,em} \cdot \text{GT\_POT\_PS}_{gt,pe,st} \right) + \sum_{gh} \left( \text{GH\_PERT\_EM}_{gh,em} \cdot \left( \text{GH\_POT\_PS}_{gh,pe,st} - \text{GH\_BOM\_PS}_{gh,pe,st} \right) \right) \quad \forall em, pe, st \end{aligned}$$

### 1.10.14 R\_GT\_PMIN\_PS<sub>gt,pe,st</sub>

Restricción de potencia mínima del grupo térmico

$$\begin{aligned} & \text{GT\_POT\_PS}_{gt,pe,st} \\ & \geq \\ & \text{GT\_CARAC}_{gt,gt-pmin} \cdot \text{GT\_COEFDISP\_P}_{gt,pe} \cdot \text{GT\_ACO\_PS}_{gt,pe,st} \quad \forall gt, pe, st \end{aligned}$$

**1.10.15 R\_GT\_PMAX\_PS<sub>gt,pe,st</sub>**

Restricción de potencia máxima del grupo térmico

$$\begin{aligned}
 & GT\_POT\_PS_{gt,pe,st} \\
 & \leq \\
 & GT\_CARAC_{gt,gt\_pmax} \cdot GT\_COEFDISP\_P_{gt,pe} \cdot GT\_ACO\_PS_{gt,pe,st} \quad \forall gt, pe, st
 \end{aligned}$$

**1.10.16 R\_GT\_EMIN\_P<sub>gt,pe</sub> | GT\_EMIN\_P<sub>gt,pe</sub>**

Restricción de energía mínima del grupo térmico por periodo

$$\begin{aligned}
 & \sum_{st} \left( DUR\_PS_{pe,st} \cdot GT\_POT\_PS_{gt,pe,st} \right) \\
 & \geq \\
 & GT\_EMIN\_P_{gt,pe} \quad \forall gt, pe
 \end{aligned}$$

**1.10.17 R\_GT\_EMAX\_P<sub>gt,pe</sub> | GT\_EMAX\_P<sub>gt,pe</sub>**

Restricción de energía máxima del grupo térmico por periodo

$$\begin{aligned}
 & \sum_{st} \left( DUR\_PS_{pe,st} \cdot GT\_POT\_PS_{gt,pe,st} \right) \\
 & \leq \\
 & GT\_EMAX\_P_{gt,pe} \quad \forall gt, pe
 \end{aligned}$$

$$\mathbf{1.10.18 \quad R\_GT\_ARRPAR\_PSS}_{gt,pe,st,st2} \Big|_{st \neq st2}$$

Restricción de arranque y parada del grupo térmico entre estados del periodo

$$\begin{aligned} & GT\_ARR\_PSS_{gt,pe,st,st2} - GT\_PAR\_PSS_{gt,pe,st,st2} \\ & = \\ & GT\_ACO\_PS_{gt,pe,st2} - GT\_ACO\_PS_{gt,pe,st} \quad \forall gt, pe, st, st2 \end{aligned}$$

$$\mathbf{1.10.19 \quad R\_GT\_ARRPAR\_P}_{gt,pe}$$

Restricción de arranque y parada al inicio del periodo

$$\begin{aligned} & GT\_ARR\_P_{gt,pe} - GT\_PAR\_P_{gt,pe} \\ & = \\ & \sum_{st|CARAC.PS_{pe,st,st,ini}} GT\_ACO\_PS_{gt,pe,st} - \sum_{st|CARAC.PS_{pe-1,st,st,fin}} GT\_ACO\_PS_{gt,pe-1,st} \Big|_{pe>1} - GT\_CARAC_{gt,gt,aco,ini} \Big|_{pe=1} \quad \forall gt, pe \end{aligned}$$

$$\mathbf{1.10.20 \quad R\_GT\_ETMIN}_{gt} \Big|_{GT\_ENER_{gt,gt,emin}}$$

Restricción de energía mínima total producida por el grupo térmico

$$\begin{aligned} & \sum_{pe,st} \left( DUR\_PS_{pe,st} \cdot GT\_POT\_PS_{gt,pe,st} \right) \\ & \geq \\ & GT\_ENER_{gt,gt,emin} \quad \forall gt \end{aligned}$$

$$\mathbf{1.10.21 \quad R\_GT\_ETMAX}_{gt} \left| \begin{array}{l} \\ \mathbf{GT\_ENER}_{gt,gt.emax} \end{array} \right|$$

Restricción de energía máxima total producida por el grupo térmico

$$\begin{aligned} & \sum_{pe,st} \left( \mathbf{DUR\_PS}_{pe,st} \cdot \mathbf{GT\_POT\_PS}_{gt,pe,st} \right) \\ & \leq \\ & \mathbf{GT\_ENER}_{gt,gt.emax} \quad \forall gt \end{aligned}$$

$$\mathbf{1.10.22 \quad R\_GH\_BALHID\_P}_{gh,pe}$$

Balance hidráulico por periodo

$$\begin{aligned} & \mathbf{GH\_RES\_P}_{gh,pe} - \mathbf{GH\_RES\_P}_{gh,pe-1} \left| \begin{array}{l} \\ \mathbf{pe} > 1 \end{array} \right| - \mathbf{GH\_CARAC}_{gh,gh.rini} \left| \begin{array}{l} \\ \mathbf{pe} = 1 \end{array} \right| \\ & = \\ & \mathbf{GH\_APOR\_P}_{gh,pe} + \sum_{gh2 | \mathbf{GH\_SUP\_GH}_{gh2,gh}} \left( \mathbf{GH\_SUP\_GH}_{gh2,gh} \cdot \mathbf{GH\_EQUI\_P}_{gh2,pe} \right) - \mathbf{GH\_EQUI\_P}_{gh,pe} \quad \forall gh, pe \end{aligned}$$

$$\mathbf{1.10.23 \quad R\_GH\_EQUI\_P}_{gh,pe}$$

Energía total equivalente del grupo hidráulico por periodo

$$\begin{aligned} & \mathbf{GH\_EQUI\_P}_{gh,pe} \\ & = \\ & \sum_{st} \left\{ \mathbf{DUR\_PS}_{pe,st} \cdot \left( \mathbf{GH\_POT\_PS}_{gh,pe,st} - \mathbf{GH\_CARAC}_{gh,gh.rendturbom} \cdot \mathbf{GH\_BOM\_PS}_{gh,pe,st} \right) \right\} + \mathbf{GH\_VE\_P}_{gh,pe} \quad \forall gh, pe \end{aligned}$$

**1.10.24 R\_GH\_PMAX\_PS<sub>gh,pe,st</sub>**

Restricción de potencia máxima de turbinación del grupo hidráulico

$$\begin{aligned}
 & GH\_POT\_PS_{gh,pe,st} \\
 & \leq \\
 & GH\_CARAC_{gh,gh\_upmaxres} + GH\_CARAC_{gh,gh\_vpamxres} \cdot GH\_RES\_P_{gh,pe} \quad \forall gh, pe, st
 \end{aligned}$$

**1.10.25 R\_GH\_BMAX\_PS<sub>gh,pe,st</sub>**

Restricción de potencia máxima de bombeo del grupo hidráulico

$$\begin{aligned}
 & GH\_BOM\_PS_{gh,pe,st} \\
 & \leq \\
 & GH\_BMAX\_P_{gh,pe} \quad \forall gh, pe, st
 \end{aligned}$$

**1.10.26 R\_GH\_EMIN\_P<sub>gh,pe</sub>**

$$\left| GH\_POBLI\_P_{gh,pe} \right|$$

Restricción de energía mínima obligada por el grupo hidráulico por periodo

$$\begin{aligned}
 & \sum_{st} \left( DUR\_PS_{pe,st} \cdot GH\_POT\_PS_{gh,pe,st} \right) \\
 & \geq \\
 & GH\_POBLI\_P_{gh,pe} \quad \forall gh, pe
 \end{aligned}$$



$$\mathbf{1.10.27 \quad R\_GH\_RMIM\_P}_{gh,pe} \left| \begin{array}{l} \mathbf{GH\_RMIN\_P}_{gh,pe} \end{array} \right.$$

Restricción de reserva mínima de los embalses por periodo

$$\begin{aligned} &GH\_RES\_P_{gh,pe} \\ &\geq \\ &GH\_RMIN\_P_{gh,pe} \quad \forall gh, pe \end{aligned}$$

$$\mathbf{1.10.28 \quad R\_GH\_RMAX\_P}_{gh,pe} \left| \begin{array}{l} \mathbf{GH\_RMAX\_P}_{gh,pe} \end{array} \right.$$

Restricción de reserva máxima de los embalses por periodo

$$\begin{aligned} &GH\_RES\_P_{gh,pe} \\ &\leq \\ &GH\_RMAX\_P_{gh,pe} \quad \forall gh, pe \end{aligned}$$

$$\mathbf{1.10.29 \quad R\_GH\_RFIN\_P}_{gh} \left| \begin{array}{l} \mathbf{GH\_CARAC}_{gh,gh\_rfin} \end{array} \right.$$

Restricción de reserva final del embalse al final del horizonte de ejecución

$$\begin{aligned} &GH\_RES\_P_{gh,|pe|} \\ &= \\ &GH\_CARAC_{gh,gh\_rfin} \quad \forall gh \end{aligned}$$

**1.10.30 R<sub>AMV\_PMAX\_PS</sub><sub>amv,pe,st</sub>**

Restricción de potencia máxima generada por los amv

$$\begin{aligned} & AMV\_POT\_PS_{amv,pe,st} \\ & \leq \\ & AMV\_OFERPOT\_PS_{amv,pe,st} \quad \forall amv, pe, st \end{aligned}$$

**1.10.31 R<sub>AMC\_PMAX\_PS</sub><sub>amc,pe,st</sub>**

Restricción de demanda máxima suministrada a los amc

$$\begin{aligned} & AMC\_POT\_PS_{amc,pe,st} \\ & \leq \\ & AMC\_OFERPOT\_PS_{amc,pe,st} \quad \forall amc, pe, st \end{aligned}$$

**1.10.32 Variables positivas**

$$\begin{aligned}C_{FO\_CARR} &\geq 0 \\C_{FO\_CPAR} &\geq 0 \\C_{FO\_CVACIO} &\geq 0 \\C_{FO\_CVAR} &\geq 0 \\C_{FO\_AM} &\geq 0 \\C_{FO\_CENS} &\geq 0 \\EM\_POT\_PS_{em,pe,st} &\geq 0 \quad \forall em, pe, st \\DEM\_PS_{pe,st} &\geq 0 \quad \forall pe, st \\DEM\_NPS_{nd,pe,st} &\geq 0 \quad \forall nd, pe, st \\GT\_ACO\_PS_{gt,pe,st} &\geq 0 \quad \forall gt, pe, st \\GT\_POT\_PS_{gt,pe,st} &\geq 0 \quad \forall gt, pe, st \\AMV\_POT\_PS_{amv,pe,st} &\geq 0 \quad \forall amv, pe, st \\AMC\_POT\_PS_{amc,pe,st} &\geq 0 \quad \forall amc, pe, st \\DNS\_PS_{pe,st} &\geq 0 \quad \forall pe, st \\GH\_POT\_PS_{gh,pe,st} &\geq 0 \quad \forall gh, pe, st \\GH\_BOM\_PS_{gh,pe,st} &\geq 0 \quad \forall gh, pe, st \\DEM\_CBILPOT\_NPS_{nd,pe,st} &\geq 0 \quad \forall nd, pe, st \\DNS\_NPS_{nd,pe,st} &\geq 0 \quad \forall nd, pe, st \\GH\_RES\_P_{gh,pe} &\geq 0 \quad \forall gh, pe \\GH\_VE\_P_{gh,pe} &\geq 0 \quad \forall gh, pe\end{aligned}$$

**1.10.33 Variables binarias**

$$\begin{aligned}GT\_ARR\_PSS_{gt,pe,st,st2} &\in \{0, 1\} \quad \forall gt, pe, st, st2 \\GT\_ARR\_P_{gt,pe} &\in \{0, 1\} \quad \forall gt, pe \\GT\_PAR\_PSS_{gt,pe,st,st2} &\in \{0, 1\} \quad \forall gt, pe, st, st2 \\GT\_PAR\_P_{gt,pe} &\in \{0, 1\} \quad \forall gt, pe\end{aligned}$$