

# Manuales de Usuario

# SimSEE

## TOMO III

## ACTORES

**Setiembre-2013.**

**Montevideo - Uruguay.**



Facultad de Ingeniería  
Universidad de la República

## P R E F A C I O .

Los manuales de Usuario de la plataforma SimSEE están organizados en cuatro tomos. El tomo I dedicado a presentar en general la plataforma SimSEE y en particular de la aplicación Editor, que es la más utilizada por los usuario. Los tomos II, III y IV son manuales de referencia de los modelos de Actores, Fuentes y del post-procesador de resultados SimRes3 respectivamente.

Esta primer versión de los manuales fue desarrollada en colaboración entre el Instituto de Ingeniería Eléctrica de la Facultad de Ingeniería de la Universidad de la República (IIE-FING-UDELAR), la Administración del Mercado Eléctrico (ADME) y la Fundación Julio Américo Ricaldoni (FJR). La participación del IIE consistió en la dirección del proyecto por parte del Ing. Ruben Chaer. ADME financió la contratación de las Ingenieras Claudia Cabrera y Lorena Di Chiara, que son las autoras principales de los manuales y aportó sus profesionales como contraparte del proyecto para la revisión y aceptación de los manuales. La FJR realizó la administración general del proyecto, encargándose de elaboración de las propuestas que dieron lugar al proyecto, de las contrataciones y del seguimiento de ejecución del mismo.

### *Reseña histórica.*

El corazón de la plataforma SimSEE fue desarrollada en el Instituto de Ingeniería Eléctrica (IIE) de la Facultad de Ingeniería de la Universidad de la República Oriental del Uruguay en el marco del proyecto de desarrollo tecnológico PDT-47/12 con financiamiento del BID. El proyecto involucró el trabajo de dos ingenieros durante 18 meses y fue finalizado en noviembre de 2007. Desde esa fecha, la plataforma ha sido mejorada en forma continua gracias a el financiamiento de proyectos concursados en el marco del Fondo Sectorial de Energía de la Agencia Nacional de Investigación e Innovación ANII (PR\_FSE\_2009-18: “Mejoras a la plataforma SimSEE” y ANII-FSE-1-2011-1-6552: “Modelado de energías autóctonas en SimSEE”).

SimSEE fue concebido con la filosofía de SOFTWARE LIBRE y con el propósito de disponer de una plataforma que pudiera servir a los fines académicos de enseñanza, investigación y extensión. El software es distribuido en forma gratuita bajo el tipo de licencia GNU-GPL v3.

SimSEE está programado en lenguaje Pascal Orientado a Objetos utilizando el entorno de desarrollo Lazarus Pascal (compilador Freepascal). Este entorno de desarrollo tiene la virtud, además de ser un excelente entorno de desarrollo, de ser gratuito permitiendo que desarrollar sobre SimSEE sea posible utilizando 100% software libre. El estilo de programación es Orientado a Objetos lo que simplifica la extensión de la plataforma y el desarrollo de nuevos modelos.

*Ruben Chaer / Instituto de Ingeniería Eléctrica - FING - UDELAR.  
setiembre 2013 - Montevideo - Uruguay.*

## Contenido

|   |    |
|---|----|
| 1. Introducción.....  | 7  |
| 2. Grupo Red.....   | 9  |
| 2.1. Nodo.....  | 10 |
| 2.1.a)Parámetros estáticos.....   | 10 |
| 2.1.b)Parámetros dinámicos.....   | 10 |
| 2.1.c)Referencia en los fuentes Pascal.....                                     | 10 |
| 2.1.d)Variables Publicadas.....   | 10 |
| 2.2. Arco.....  | 12 |
| 2.2.a)Parámetros estáticos del Arco.....  | 12 |
| 2.2.b)Parámetros dinámicos del Arco.....  | 13 |
| 2.2.c)Referencia en los fuentes de SimSEE.....                                  | 14 |
| 2.2.d)Variables publicadas.....   | 14 |
| 2.3. Arco con salida programable.....   | 16 |
| 2.3.a)Parámetros Estáticos.....   | 16 |
| 2.3.b)Parámetros dinámicos.....   | 16 |
| 2.3.c)Referencia en los fuentes de SimSEE.....                                  | 18 |
| 2.3.d)Variables publicadas.....   | 18 |
| 3. Grupo Demandas.....  | 19 |
| 3.1.a)Parámetros estáticos comunes a todas las demandas.....                    | 19 |
| 3.1.b)Referencia en los fuentes comunes a todas las demandas.....               | 20 |
| 3.1.c)Variables publicadas comunes a todas las demandas.....                    | 21 |
| 3.2. “Demanda 3 Curvas Horarias”.....   | 22 |
| 3.2.a)Parámetros estáticos.....   | 22 |
| 3.2.b)Parámetros dinámicos.....   | 22 |
| 3.2.c)Referencia en los fuentes de SimSEE.....                                  | 25 |
| 3.2.d)Variables publicadas.....   | 26 |
| 3.3. Demanda Detallada.....   | 27 |
| 3.3.a)Referencia en los fuentes de SimSEE.....                                  | 28 |
| 3.3.b)Variables publicadas.....   | 28 |
| 3.4. Demanda generada a partir de un año base y vector de energías anuales..... | 30 |
| 3.4.a)Referencia en los fuentes de SimSEE.....                                  | 31 |
| 3.4.b)Variables publicadas.....   | 31 |
| 4. Grupo Eólicas.....   | 32 |
| 4.1.Parque eólico:.....   | 33 |
| 4.1.a)Parámetros estáticos.....   | 33 |
| 4.1.b)Referencia en los fuentes de SimSEE.....                                  | 35 |

|  |    |
|--|----|
| 4.1.c) Variables publicadas.....   | 35 |
| 4.2. Parque eólico vxy.....  | 37 |
| 4.2.a) Parámetros estáticos.....   | 37 |
| 4.2.b) Referencia en los fuentes de SimSEE.....                                    | 40 |
| 4.2.c) Variables publicadas.....   | 40 |
| 5. Grupo Solar.....  | 42 |
| 5.1. Generador Solar Térmico. (beta).....  | 43 |
| 5.1.a) Parámetros Estáticos.....   | 43 |
| 5.1.b) Parámetros Dinámicos.....   | 43 |
| 5.1.c) Referencia en los fuentes de SimSEE.....                                    | 46 |
| 5.1.d) Variables publicadas.....   | 46 |
| 5.2. Generador Solar PV. (beta).....   | 48 |
| 5.2.a) Parámetros estáticos.....   | 48 |
| 5.2.b) Parámetros dinámicos.....   | 48 |
| 5.2.c) Referencia en los fuentes de SimSEE.....                                    | 49 |
| 5.2.d) Variables publicadas.....   | 49 |
| 6. Grupo Térmicas.....   | 51 |
| 6.1. Generador térmico básico.....   | 52 |
| 6.2. Generador térmico con encendido y apagado por paso de tiempo.....             | 55 |
| 6.3. Generador térmico con encendido y apagado por poste.....                      | 56 |
| 6.4. Generador térmico con costos arranque/parada.....                             | 57 |
| 6.5. Generador térmico básico con tiempo de reparación.....                        | 60 |
| 6.6. Generador térmico básico con potencia y costo variable.....                   | 61 |
| 6.7. Generador térmico con encendido y apagado por paso de tiempo restringido..... | 62 |
| 6.8. Generador térmico combinado.....  | 64 |
| 7. Grupo Hidráulicas.....  | 67 |
| 7.1. Hidroeléctrica con embalse.....   | 68 |
| 7.1.a) Centrales Encadenadas .....   | 72 |
| 7.2. Hidroeléctrica con bombeo.....  | 74 |
| 7.3. Generador hidráulico de pasada.....   | 74 |
| 7.3.a) Generador hidráulico con embalse binacional.....                            | 78 |
| 8. Grupo Internacional y Otros.....  | 83 |
| 8.1. Mercado Spot.....   | 83 |
| 8.2. Spot de mercado.....  | 84 |
| 8.3. Spot de mercado con detalle horario semanal.....                              | 85 |

|   |    |
|---|----|
| 8.4. Contrato modalidad devolución..... | 87 |
| 8.5. Spot de mercado postizado.....     | 90 |
| 8.6. Banco de Baterías.....             | 91 |
| 8.7. Usos Gestionables.....             | 93 |
| 9. Grupo Sin Editor.....                | 94 |
| 10. Referencias.....                    | 94 |

## 1. Introducción

Este es el TOMO III de la Serie de Manuales de SimSEE y está dedicado a servir de Manual de Referencia de los diferentes modelos de Actores. Si no está familiarizado con la terminología de SimSEE es recomendable que lea primero la Introducción del TOMO I.

Los Actores se clasifican los siguientes Grupos que corresponden a las Solapas en el Editor:

- **Grupo Red.** Con los actores de este grupo es posible modelar la red eléctrica. Los actores disponibles son Nodos y los Arcos. El Nodo representa una barra de conexión donde los actores pueden entregar o retirar energía. Con los Arcos es posible modelar la conexión entre los nodos. El Arco permite fluir la energía de un nodo a otro.
- **Grupo Demandas.** Está formado por el conjunto de Actores que representan los consumos de energía del sistema. Toda demanda debe estar asociada a un Nodo del sistema.
- **Grupo Eólicas.** Con este tipo de actores es posible editar las centrales eólicas (parques eólicos) del sistema eléctrico. Toda central eólica debe estar asociada a un Nodo del sistema.
- **Grupo Solar.** Este grupo corresponde a centrales de generación en base a energía solar. Tanto termo-solares como fotovoltaicas.
- **Grupo Térmicas.** Este grupo lo forman los diferentes tipos de centrales térmicas de generación que operan en base a combustibles fósiles, biomasa y solar térmico. Toda central térmica debe estar asociada a un Nodo del sistema.
- **Grupo Hidráulicas.** Este grupo lo integran los diferentes tipos de centrales hidroeléctricas.
- **Grupo Internacional y Otros.** Contiene los actores que describen las capacidades y modalidades de intercambio con los países vecinos. También se encuentra disponible dentro de esta solapa actores de uso poco frecuente como el actor Banco de Baterías.
- **Grupo Usos Gestionables.** Este tipo de actor permite modelar el porcentaje de la demanda que puede ser gestionado a través de señales económicas.
- **Grupo Sin Editor.** Se encuentran los actores que aún no cuentan con editor en SimSEE, pero que es posible editarlos como texto y trabajar con ellos.

En las siguientes secciones se describen los Actores pertenecientes a cada grupo.

Para facilitar la descripción y cumplir con el propósito de ser un Manual de Referencia, en cada Actor se describe:

- “Parámetros Estáticos” mostrando el formulario de edición del Actor en el Editor.
- “Parámetros dinámicos” mostrando la ficha de parámetros dinámicos del Actor en el Editor,
- “Referencia en los fuentes Pascal” indicando la Unidad Pascal (esto es el archivo fuente pascal) en la que se define la clase del Actor y mostrando el árbol de clases del actor.
- “Variables Publicadas”. Cada actor Publica un conjunto de variables que luego pueden ser monitoreadas durante la Optimización/Simulación o pueden ser post-procesadas con el procesador de resultados crónicos SimRes3. Para publicar las variables, los Actores utilizan el método “Publi-Vars” y en la descripción de cada actor se incluye una tabla como la mostrada en la Tabla 1.1. La primer columna muestra el Nombre con que es publicada la variable, la segunda columna muestra las unidades en que se encuentra publicada. La columna “Postes” indica si la variable corresponde a un valor por poste (Si) o si es un valor por paso en cuyo caso dirá (No). La columna “SR3” indica si la variable además de ser publicada (lo que permite usarla en los monitores) es exportada por defecto en el archivo de salida que es utilizable por SimRes3. Por último la columna “Descripción” indica el significado de la variable exportada. Las variables “por poste” (\_Pi=Si) como la mostrada en la tabla del ejemplo se publican en sus valores por poste y para identificar los postes se agrega “\_Pi” al final del nombre con “i” el número de Poste. Por ejemplo si la variable “cmg” se refiere al costo marginal de un nodo en una sala de 3 postes, se publicarán 3 variables con nombres “cmg\_P1”, “cmg\_P2” y “cmg\_P3”.

Tabla 1.1: Ejemplo de cuadro de publicación de variables de un Actor.

| <b>Nombre</b> | <b>Unidades</b> | <b>_Pi</b> | <b>SR3</b> | <b>Descripción.</b>  |
|---------------|-----------------|------------|------------|--|
| cmg           | USD/MWh         | Si         | Si         | Costo Marginal del Nodo en el poste “i”. Es el costo en que se incurriría para abastecer un MWh adicional de demanda en el nodo. |

## 2. Grupo Red.

Este grupo tiene los Actores del tipo Nodo y Arco; los cuales sirven para modelar la red eléctrica en SimSEE.

Los Nodos son las barras de conexión a la que se agregan los generadores y las demandas. Representan las grandes áreas del sistema aglutinando un conjunto de “barras” de conexión real. Los Arcos interconectan los nodos y permiten modelar un límite de capacidad de transferencia de energía, un rendimiento y un peaje. De esta forma se puede modelar en forma rústica las grandes áreas del sistema y los límites de capacidad de intercambio de energía entre ellas. SimSEE dispone de un programa de Flujo de Cargas (FLUCAR) que puede interaccionar con la representación de la red para chequear mediante la ejecución del flujo de carga sobre la red eléctrica detallada y ajustar los límites de capacidad y rendimiento para que el despacho energético sea representativo de lo que es posible hacer en el despacho eléctrico.

## 2.1. Nodo.

La función del Nodo en SimSEE, es equivalente al de una barra de conexión donde diferentes actores pueden entregar energía o consumir energía. En cada NODO se debe cumplir instantáneamente que el Balance de Potencia del nodo es cero. Los nodos imponen en el sistema lo que se conoce como “restricciones de nodo” que implica que la suma de potencias entrantes al nodo suman cero (en cada poste de cada paso de tiempo).

### 2.1.a) Parámetros estáticos.

La Fig.1 muestra el formulario de edición de los parámetros estáticos de un Nodo. Como se puede apreciar es posible especificar:

“Nombre del Nodo” que es el identificador del Actor para todas las referencias, la “Capa” a la que pertenece el Nodo y la “ZonaFlucar” que permite asociar el nodo a una “zona” de la red eléctrica para las iteraciones con el programa de flujo de cargas FLUCAR.

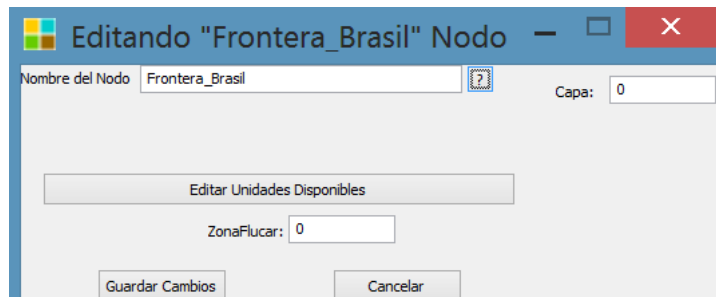


Fig. 1: Formulario de parámetros estáticos de un Nodo.

El botón “Editar Unidades Disponibles” permite indicar entradas/salidas del nodo. Esto puede ser útil para representar la creación de un nodo por la expansión del sistema o indisponibilidades temporales por mantenimiento de la red.

### 2.1.b) Parámetros dinámicos.

El Nodo no tiene parámetros dinámicos.

### 2.1.c) Referencia en los fuentes Pascal.

Unidad: ...src/fc/actores/unodos.pas

Árbol de herencias: TActor -> TNodo

### 2.1.d) Variables Publicadas.

En la tabla 2.1 se muestran las variables publicadas por el Nodo.

Tabla 2.1: Variables publicadas por un Nodo.

| <b>Nombre</b> | <b>Unidades</b> | <b>_Pi</b> | <b>SR3</b> | <b>Descripción.</b>  |
|---------------|-----------------|------------|------------|--|
| cmg           | USD/MWh         | Si         | Si         | Costo Marginal del Nodo en el poste “i”. Es el costo en que se incurriría para abastecer un MWh adicional de demanda en el nodo. |

Las variables son exportadas en la salida de simulación por defecto como “cmg\_P1”, “cmg\_P2”, ...”cmg\_Pi” con el valor del costo marginal del nodo en cada poste del paso de tiempo como se muestra en el ejemplo de la Fig.2.

| CRONICA: |                    | 1      | SemillaAleat | 32         |            |            |
|----------|--------------------|--------|--------------|------------|------------|------------|
| -        | -                  |        | Montevideo   | Montevideo | Montevideo | Montevideo |
| -        | -                  |        | [USD/MWh]    | [USD/MWh]  | [USD/MWh]  | [USD/MWh]  |
| -        | -                  |        | cmg_P1       | cmg_P2     | cmg_P3     | cmg_P4     |
| Paso     | FechaInicioDelPaso | 1      | 2            | 3          | 4          |            |
| 1        | 27/04/2013         | 209,10 | 209,10       | 209,10     | 209,10     |            |
| 2        | 04/05/2013         | 120,22 | 120,22       | 120,22     | 1,00       |            |
| 3        | 11/05/2013         | 256,20 | 256,20       | 256,20     | 256,20     |            |
| 4        | 18/05/2013         | 279,04 | 279,04       | 279,04     | 279,04     |            |
| 5        | 25/05/2013         | 256,20 | 256,20       | 256,20     | 256,20     |            |

Fig. 2: Ej. variables publicadas por un Nodo.

El costo marginal publicado, refleja para cada poste el costo en USD/MWh en que se incurriría si se tiene que alimentar un incremental de demanda en el nodo.

## 2.2. Arco.

Los Arcos forman conexiones unidireccionales entre dos nodos permitiendo el flujo de energía entre los mismos. Los nodos y arcos representan a grandes rasgos la red de transporte del sistema eléctrico con sus limitantes de capacidad y disponibilidad.

Como los Arcos son unidireccional, tienen un Nodo de Entrada y un Nodo de Salida. La energía sólo puede fluir por el Arco, desde su nodo de Entrada hacia su nodo de Salida. Si entre dos nodos es necesario representar un corredor de transporte en ambos sentidos, se deben utilizar dos arcos, uno en cada sentido.

Para cada arco se debe especificar el factor de disponibilidad (FD) y el Tiempo Medio de Reparación (TMR) en horas. Para cada poste de los definidos en las “Variables Globales” de la sala se debe indicar la potencia máxima que puede transportar, el peaje por el uso de la red y el rendimiento del arco.

El concepto de rendimiento del arco está asociado a las pérdidas del sistema de transporte y en este caso se representa como un factor que multiplicado por la potencia de entrada del arco determina la potencia de salida. Por ejemplo, si el rendimiento es 0.9 esto quiere decir que cuando la potencia entrante al arco es 10 MW, la potencia saliente será 9 MW.

### 2.2.a) Parámetros estáticos del Arco.

La Fig.3 muestra el formulario de edición principal del Arco. Como se puede apreciar, además del “Nombre del Arco” y de la “Capa”, se deben especificar los nodos “Nodo de Entrada” y “Nodo de Salida”. El listado de fichas de parámetros dinámicos permite editar las mismas y el botón “Editar Unidades Disponibles” permite especificar la cantidad de unidades disponibles del arco en los diferentes tiempos del horizonte de análisis considerado.

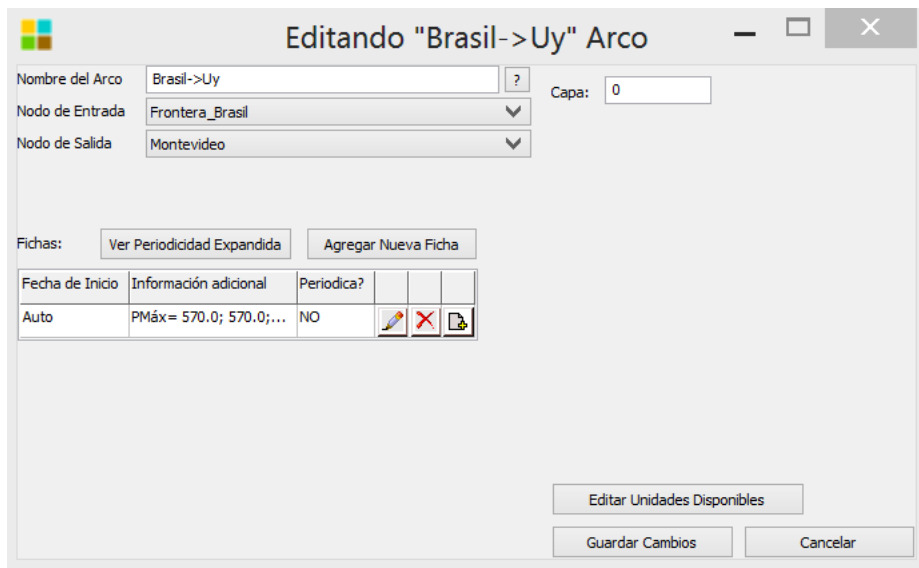


Fig. 3: Ej. formulario de edición del Arco.

### 2.2.b) Parámetros dinámicos del Arco.

En la Fig.4 se muestra el formulario de edición de los parámetros dinámicos de un Arco.

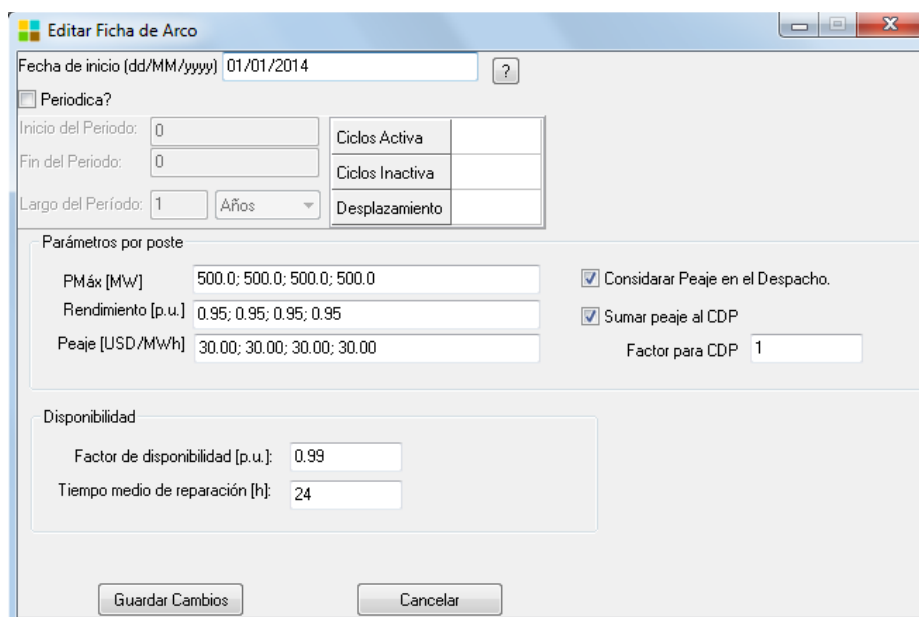


Fig. 4: Ej. ficha parámetros dinámicos de un Arco.

Como se puede apreciar, el límite de capacidad PMáx, el Rendimiento y el Peaje se deben especificar como una lista de números separados por ";" (punto y coma) con los valores correspondientes para cada poste.

El casillero *Considerar Peaje en el Despacho* indica que el costo del peaje debe ser considerado a los efectos de resolver el despacho económico.

El casillero *Sumar peaje al CDP* indica que el peaje debe ser sumado al Costo Directo del Paso (CDP) y por lo tanto estará integrado en la función de costo total. Al sumarlo al CDP, el peaje es previamente multiplicado por el *Factor para CDP*. Este factor se incluyó para poder considerar el peaje como un ingreso en lugar de un costo cuando se simulan exportaciones del país con un delta para exportación.

En el caso de utilizar la herramienta FLUCAR para la resolución de problemas de flujo de carga en forma iterativa con el despacho energético, el peaje es usado como una señal para forzar los flujos de energía por los arcos que corresponda según la solución del flujo de carga. En este tipo de aplicación, el casillero "Considerar Peaje en el Despacho" debe estar marcado para forzar el despacho, pero el casillero "Sumar peaje al CDP" debe estar desmarcado pues no se trata de un costo real, sino de una forma de imponer un despacho.

El casillero correspondiente al Factor de Disponibilidad y al Tiempo Medio de Reperación, permiten especificar el modelo de Rotura->Reparación para cada unidad del arco.

### 2.2.c) Referencia en los fuentes de SimSEE.

Fuente: `..src\fc\actores\uarcos.pas`

Herencia: TActor-> TActorNodal->TActorBiNodal -> TArco

### 2.2.d) Variables publicadas.

| <b>Nombre</b>      | <b>Unidades</b> | <b>_Pi</b> | <b>SR3</b> | <b>Descripción.</b>                                    |
|--------------------|-----------------|------------|------------|--|
| P                  | MW              | Si         | Si         | Potencia Entrante al Arco.                             |
| Costo              | USD             | SI         | SI         | Costo asociado al peaje por transportar P_Pi           |
| CostoCongestión    | USD/MW          | Si         | Si         | Costo de congestión del Arco en el poste "i".          |
| NLineasDisponibles | u               | No         | Si         | Cantidad de unidades disponibles en el paso de tiempo. |

En la Fig.5 se muestra un ejemplo para el Arco "RivLiv->Uy" que representa la importación de Brasil desde la Conversora de Rivera, en una corrida de paso semanal para la cual se definieron 4 postes (P1, P2, P3 y P4), para los primeros pasos de la primer crónica resultado de la simulación.

| CRONICA: | 1          |            |            |            |            |            |            |            |            |            |            |            |            |            |
|----------|------------|------------|------------|------------|------------|------------|------------|------------|------------|------------|------------|------------|------------|------------|
| -        | -          | RivLiv->Uy | RivLiv->Uy | RivLiv->Uy | RivLiv->Uy | RivLiv->Uy | RivLiv->Uy | RivLiv->Uy | RivLiv->Uy | RivLiv->Uy | RivLiv->Uy | RivLiv->Uy | RivLiv->Uy | RivLiv->Uy |
| -        | -          | [MW]       | [MW]       | [MW]       | [MW]       | [USD]      | [USD]      | [USD]      | [USD]      | [USD/MW]   | [USD/MW]   | [USD/MW]   | [USD/MW]   | [u]        |
| -        | -          | P_P1       | P_P2       | P_P3       | P_P4       | Costo_P1   | Costo_P2   | Costo_P3   | Costo_P4   | CostoConge | CostoConge | CostoConge | CostoConge | NLineasDis |
| Paso     | FechaInic  | 1          | 2          | 3          | 4          | 1          | 2          | 3          | 4          | 1          | 2          | 3          | 4          | 0          |
| 1        | 01/01/2012 | 0,00       | 0,00       | 16,30      | 70,00      | 0,00       | 0,00       | 44.499,00  | 88.200,00  | 0,00       | 0,00       | 0,00       | 0,00       | 1,00       |
| 2        | 08/01/2012 | 0,00       | 0,00       | 16,30      | 70,00      | 0,00       | 0,00       | 44.499,00  | 88.200,00  | 0,00       | 0,00       | 0,00       | 0,00       | 1,00       |
| 3        | 15/01/2012 | 0,00       | 0,00       | 16,30      | 70,00      | 0,00       | 0,00       | 44.499,00  | 88.200,00  | 0,00       | 0,00       | 0,00       | 0,00       | 1,00       |
| 4        | 22/01/2012 | 0,00       | 0,00       | 16,30      | 70,00      | 0,00       | 0,00       | 44.499,00  | 88.200,00  | 0,00       | 0,00       | 0,00       | 0,00       | 1,00       |
| 5        | 29/01/2012 | 0,00       | 0,00       | 16,30      | 70,00      | 0,00       | 0,00       | 44.499,00  | 88.200,00  | 0,00       | 0,00       | 0,00       | 0,00       | 1,00       |

Fig. 5: Ej. variables exportadas por un Arco.

Puede observarse que se tiene una importación nula para los postes de mayor demanda (P1 y P2), teniéndose 16,3 MW para el poste 3 y 70 MW para el poste 4. Para este Arco se definió un peaje de 30 USD/MWh, teniéndose un costo para el poste 3 (de 91 horas) de  $16,3 \text{ MW} \times 91 \text{ h} \times 30 \text{ USD/MWh} = 44.499 \text{ USD}$ . En forma análoga se calcula el costo para el poste 4. Por otra parte la PMáx que puede transmitir el Arco se definió en 100 MW, por lo que en ningún poste existe congestión en dicho Arco, siendo por tanto el costo asociado a la misma nulo. El arco se definió con 1 sola línea, y su disponibilidad en 99%; se observa que para los 5 primeros pasos de la simulación la misma se encuentra disponible.

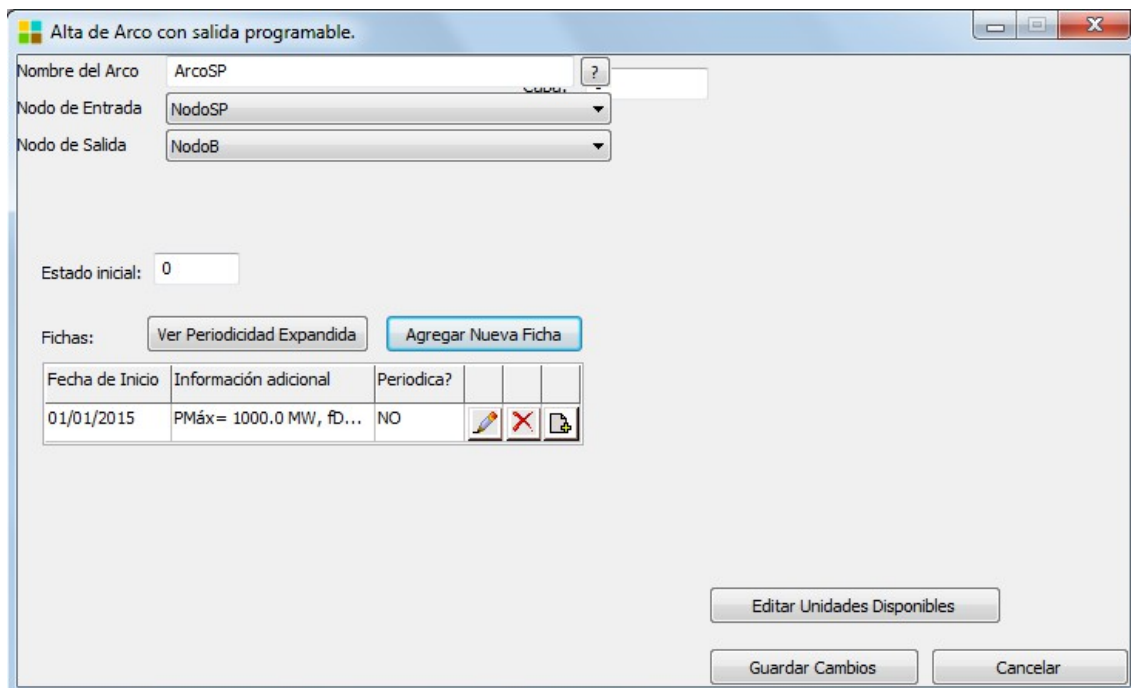
## 2.3. Arco con salida programable

El Arco con salida programable tiene la posibilidad de que con cierta antelación preestablecida (pre-aviso) puede abrir el arco. Los generadores que están conectados a dicho arco, cuando sale de servicio, no tienen la posibilidad de transportar energía a través del mismo.

Para gestionar la orden de preaviso, es necesario agregar una variable de estado al problema, ya que una vez tomada la decisión es irrevocable y la desconexión se realiza cuando termina el tiempo de pre-aviso. Una vez finalizado el período de desconexión existe un tiempo mínimo de operación sin la posibilidad de programar una nueva desconexión.

### 2.3.a) Parámetros Estáticos.

En la Fig.6 se muestra un ejemplo de formulario principal de un Arco con Salida Programable. Se observa que además del nombre del arco y los Nodos de Entrada y Salida, es necesario indicar el Estado Inicial en que se encuentra el Arco.



| Fecha de Inicio | Información adicional  | Periodica? |  |  |  |
|-----------------|------------------------|------------|--|--|--|
| 01/01/2015      | PMáx= 1000.0 MW, fD... | NO         |  |  |  |

Fig. 6: Ej. formulario parámetros estáticos de Arco con Salida Programable.

El estado inicial es el valor al inicio de cada crónica de simulación de la variable de estado  $X\_Desc$ . El valor 0 (Cero) significa que el arco está conectado y con posibilidad de programación.

### 2.3.b) Parámetros dinámicos.

En la Fig.7 se muestra la ficha de parámetros dinámicos de un Actor del tipo Arco con Salida Programable.

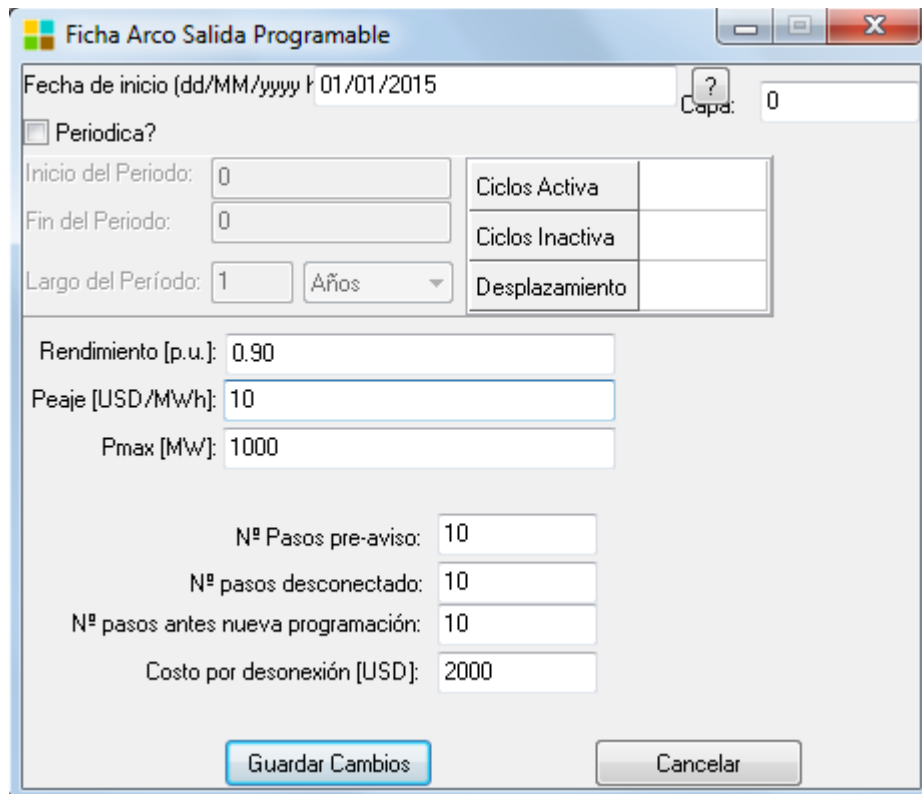


Fig. 7: Parámetros dinámicos Arco con Salida Programable.

Los parámetros de **Rendimiento**, **Peaje** y **Pmax**, corresponden al rendimiento del Arco, el Peaje a pagar por la energía transportada y la capacidad máxima de transporte. Estos valores se deben especificar como un vector de números reales separados por “;” (Punto y coma). Si solo se ingresa un valor, como en el ejemplo de la Fig. 7 el mismo se aplicará a todos los postes.

**Nº Pasos de pre-aviso.** Indica la cantidad de pasos de tiempo que son necesarios de pre-aviso antes de que el arco sea desconectado.

**Nº pasos desconectados.** Indica la cantidad mínima de pasos que se debe mantener desconectado el arco una vez que se produce la desconexión.

**Nº pasos antes nueva programación:** Indica el número de pasos que debe estar el arco nuevamente conectado antes de que sea posible programar una nueva salida de servicio. Este tiene que ser mayor o igual a cero.

**Costo por desconexión [USD].** Monto a pagar en dólares (USD) por cada orden de desconexión.

Para tener la posibilidad de una desconexión con antelación se necesita una variable de estado que indique si la decisión de desconexión ya fue programada o no y el tiempo que transcurrió desde que fue programada.

Se define la variable de estado  $X\_Desc$  como una variable de estado entera.

Si  $X\_Desc = 0$ , el arco está conectado y con posibilidad de tomar la decisión de programar una desconexión (orden de pre-aviso). Estando en el estado  $X\_Desc=0$  entonces, se puede tomar la decisión de programar la desconexión o continuar en el mismo estado.

Si se toma la decisión de desconectar (orden de pre-aviso), el estado al fin del paso ( $Xs\_Desc$ ) será:  $Xs\_Desc = N^\circ$  Pasos pre aviso y a partir de ahí, se inicia una cuenta regresiva ocasionada por la orden de pre-aviso.

Mientras  $X\_Desc > 1$ , el ARCO permanece cerrado permitiendo el pasaje de la energía y el valor al final de cada paso  $Xs\_Desc = X\_Desc - 1$ .

Cuando se alcanza el estado  $X\_Desc = 1$ , el arco se abre, impidiendo así el tránsito de energía y el valor de la variable de estado al final del paso será:  $Xs\_Desc = - (N^\circ$  Pasos Desconexión +  $N^\circ$  Pasos ante nueva programación). Es decir que el estado se vuelve negativo con la suma de pasos en que debe permanecer desconectado más los pasos a esperar luego de la conexión para una nueva programación. A partir de esta conmutación, comienza una nueva cuenta regresiva en la que el arco permanece abierto durante  $N^\circ$  Pasos Desconexión y luego se conecta, pero no se aceptan nuevas programaciones hasta que el contador llegue a cero.

Mientras que  $X\_Desc < -N^\circ$  Pasos ante nueva programación, el arco permanece abierto y  $Xs\_Desc = X\_Dec + 1$  en cada paso.

Cuando se alcanza el valor  $X\_Desc = -N^\circ$  Pasos ante nueva programación, el arco se conecta, pero no se aceptan nuevas programaciones y continúa la variable de estado incrementando en cada paso de tiempo con  $Xs\_Desc = X\_Dec + 1$  hasta llegar al valor CERO que es el estado de “reposo” del arco en el cual se encuentra conectado y es posible programar salidas.

### **2.3.c) Referencia en los fuentes de SimSEE.**

Fuente: `..src\fc\actores\uarcoconsalidaprogramable.pas`

Herencia: TActor-> TActorNodal->TActorBiNodal->

TArco->TArcoConSalidaProgramable

### **2.3.d) Variables publicadas.**

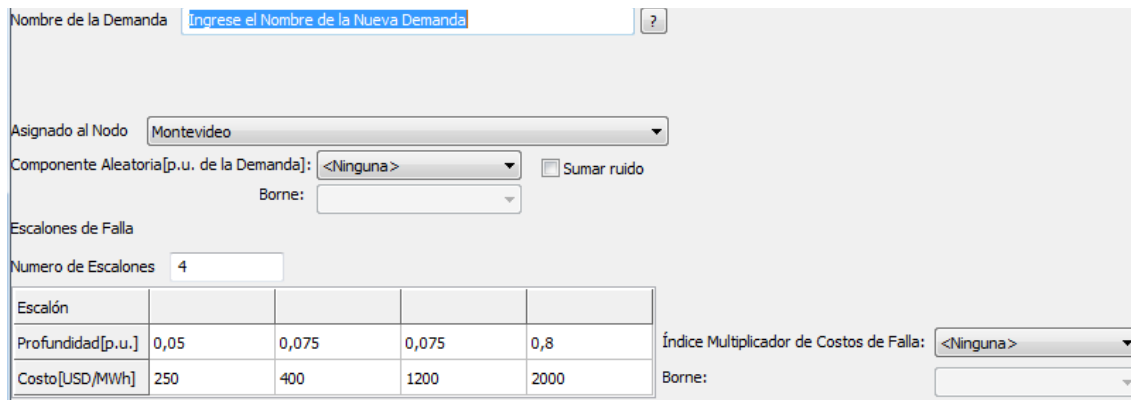
El “Arco con salida programable” publica las mismas variables que el “Arco”. (Ver sec.2.2.d)

### 3. Grupo Demandas

Es el grupo de actores que pertenecen a la solapa “Demanda” del Editor. Son los actores usados para modelar los consumos de energía del sistema eléctrico (demanda de energía eléctrica). Toda demanda debe ser asignada a un NODO del sistema (consume energía del nodo). Es posible crear los siguientes tipos de demandas: “3 Curvas Horarias”, “Demanda Detallada” y “Demanda generada a partir de un año base y vector de energías anuales”.

#### 3.1.a) Parámetros estáticos comunes a todas las demandas.

En la Fig.8 se muestra un extracto del formulario de edición de los parámetros estáticos que es común a los tres tipos de demanda.



The screenshot shows a web form for editing demand parameters. It includes a text input for the demand name, a dropdown for the node (Montevideo), a dropdown for the random component (Ninguna), a checkbox for 'Sumar ruido', a dropdown for 'Borne', and a table for 'Escalones de Falla' with columns for 'Escalón', 'Profundidad[p.u.]', and 'Costo[USD/MWh]'. The table contains four rows of data. There are also dropdowns for 'Índice Multiplicador de Costos de Falla' and another 'Borne' field.

| Escalón | Profundidad[p.u.] | Costo[USD/MWh] |
|---------|-------------------|----------------|
| 1       | 0,05              | 250            |
| 2       | 0,075             | 400            |
| 3       | 0,075             | 1200           |
| 4       | 0,8               | 2000           |

Fig. 8: Parámetros comunes a todas las demandas.

En el campo “**Nombre de la Demanda**” se debe indicar un nombre a la Demanda. El combo “**Asignado al nodo**” permite seleccionar entre los Nodos del sistema en cuál se conecta la demanda.

En los selectores “**Componente Aleatoria (p.u. de la Demanda)**” y “**Borne**”, se puede asignar una fuente aleatoria que representa las variaciones (ruido) de la demanda. Si el casillero “**Sumar ruido**” está desmarcado (como en la figura), entonces, el ruido se considera en por unidad de la demanda. Si el valor de la fuente es “r” el valor de la demanda (sin ruido) será multiplicada por el factor  $(1+r)$  en la hora en cuestión. Si el casillero “Sumar ruido” está marcado, entonces el ruido se considera aditivo y representa los MW a sumar al valor de la demanda sin ruido. Si no se desea introducir incertidumbre en la demanda hay que indicar en el casillero de la Componente Aleatoria el valor “Ninguna”.

Además de poder modelar incertidumbre en la demanda, la fuente también puede ser usada para simular escenarios diferentes de demanda incluyendo una fuente con crecimientos diferentes.

Continuando con la descripción de los parámetros de la Fig.8 comienza la zona del formulario destinada a la descripción de los “Escalones de Falla”.

El casillero “**Número de escalones**”, indica la cantidad diferente de escalones de falla a considerar. Una vez indicado el número de escalones (4 en el ejemplo) se actualiza la tabla con los valores de profundidad y costo para permitir ingresar tantos valores correspondientes. Los escalones se consideran ordenados de izquierda a derecha. La “**Profundidad [pu]**” es la profundidad del escalón en por unidad de la demanda y el “**Costo [USD/MWh]**” es el costo a considerar para la economía del país de una falla en el suministro de la demanda que alcance esa profundidad. En el ejemplo, las profundidades son 0.05; 0.075; 0.075 y 0,8 y los respectivos costos son 250; 400; 1200 y 2000 USD/MWh respectivamente. En el ejemplo, en caso de producirse un déficit de suministro de la demanda, por el primer 5% se computará un costo de 250 USD/MWh, si el déficit supera el 5%, sobre lo que exceda al 5% el primer 7.5% se computará un costo de 400 USD/MWh. Si el déficit excede la suma 5%+7.5% sobre el excedente, el primer 7.5% se computa un costo de 1200 USD/MW y si el déficit supera al 5%+7.5%+7.5% por el excedente, adicional a los cálculos de los tres primeros escalones se computará un costo de 2000 USD/MWh por el excedente. Para ser coherentes en el uso de los escalones de falla, las profundidades deben sumar 1 (uno) y los costos de falla deben ser crecientes de izquierda a derecha.

El selector “**Multiplicador de costos de falla**” (y el correspondiente Borne) permite seleccionar una Fuente para indexar los costos de falla. Esto es útil pues en Salas de largo plazo en que los combustibles tienen indexación, es razonable indexar los costos de falla de forma que los recursos del sistema no terminen siendo más caros que los costos de falla. Si en el sistema hay recursos más económicos que la falla, el optimizador despachará falla antes que esos recursos. Este puede ser un comportamiento deseado para una demanda que sea capaz de “salirse” del sistema cuando los costos sean elevados; pero difícilmente sea el caso de la demanda principal del país por lo que se debe tener cuidado con la relación entre los costos de falla y de los recursos para que el modelado se ajuste a la operación real del sistema.

### **3.1.b) Referencia en los fuentes comunes a todas las demandas.**

Todas las demandas son modelos descendientes de la clase TDemanda definida en el fuente y con la cadena de herencias que se resume a continuación:

Fuente: `..src\fc\actores\udemandas.pas`

Herencia: TActor>TActorNodal>TActorUniNodal >TDemanda

**3.1.c) Variables publicadas comunes a todas las demandas.**

La clase TDemanda publica las variables que se muestran a continuación y por consiguiente son publicadas por todos los tipos de demandas.

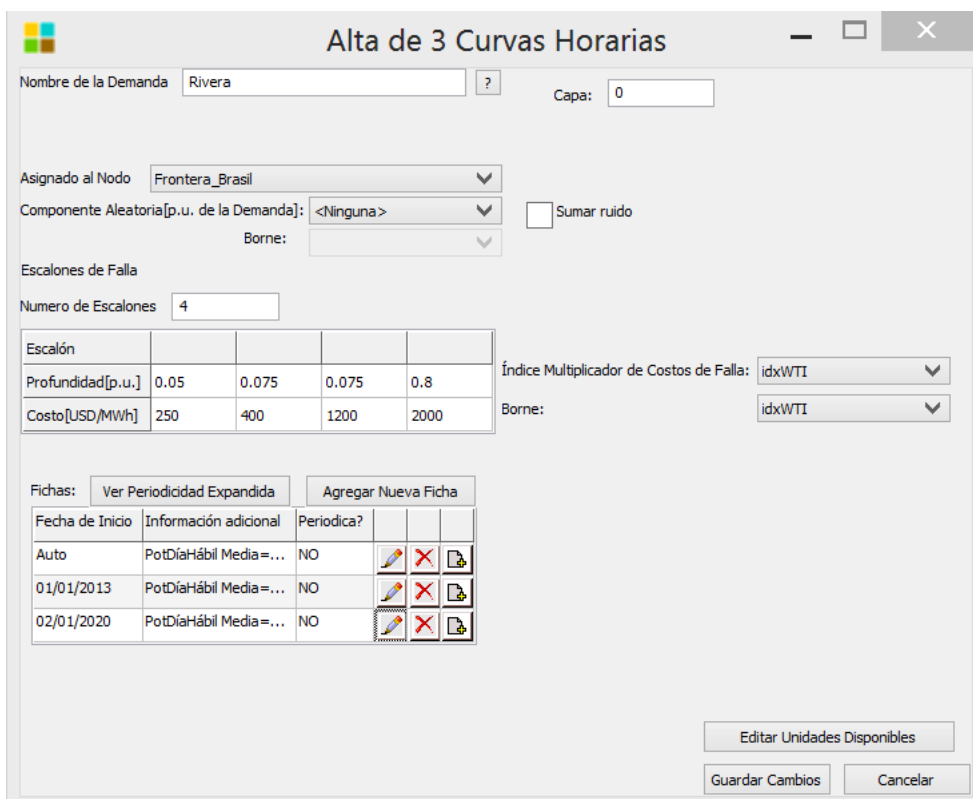
| <b>Nombre</b> | <b>Unidades</b> | <b>_Pi</b> | <b>SR3</b> | <b>Descripción.</b>   |
|---------------|-----------------|------------|------------|---|
| P             | MW              | Si         | Si         | Potencia inyectada en el Nodo en el poste “i”. (como es una demanda será normalmente negativa). |
| PD            | MW              | Si         | Si         | Potencia de la Demanda. (es menos la anterior cuando no hay FALLA)                              |
| PFj           | MW              | Si         | Si         | Potencia de Falla despachada en el escalón de falla “j” en el poste “i”.                        |
| Costoj        | USD             | SI         | SI         | Costo de Falla del escalón “j” en el poste “i”.   |

### 3.2. “Demanda 3 Curvas Horarias”.

Con este tipo de demanda es posible fijar la curva horaria de consumo para tres tipos de días: Días Hábiles, Días Medio-Feridos y Días Feridos.

#### 3.2.a) Parámetros estáticos.

La Fig.9 muestra un ejemplo del formulario de edición principal de un Actor del tipo “Demanda 3 Curvas Horarias”. Para la descripción de los parámetros ver la Sec.3.1.a dedicada a los parámetros comunes a todas las demandas.



Nombre de la Demanda: Rivera      Capa: 0

Asignado al Nodo: Frontera\_Brasil

Componente Aleatoria[p.u. de la Demanda]: <Ninguna>       Sumar ruido

Borne: [dropdown]

Escalones de Falla

Numero de Escalones: 4

| Escalón           |      |       |       |      |
|-------------------|------|-------|-------|------|
| Profundidad[p.u.] | 0.05 | 0.075 | 0.075 | 0.8  |
| Costo[USD/MWh]    | 250  | 400   | 1200  | 2000 |

Índice Multiplicador de Costos de Falla: idxWTI

Borne: idxWTI

Fichas: Ver Periodicidad Expandida      Agregar Nueva Ficha

| Fecha de Inicio | Información adicional | Periodica? |  |  |  |
|-----------------|-----------------------|------------|--|--|--|
| Auto            | PotDíaHábil Media=... | NO         |  |  |  |
| 01/01/2013      | PotDíaHábil Media=... | NO         |  |  |  |
| 02/01/2020      | PotDíaHábil Media=... | NO         |  |  |  |

Editar Unidades Disponibles



Guardar Cambios      Cancelar

Fig. 9: Ej. Parámetros estáticos Demanda 3 curvas Horarias.

#### 3.2.b) Parámetros dinámicos.

En este Actor, los parámetros dinámicos funcionan por interpolación en cada paso de tiempo entre dos fichas de parámetros dinámicos. Para que esto sea posible, el actor debe contar al menos con dos fichas de parámetros dinámicos. Una que comience antes del inicio de la simulación (y optimización) y otra después del fin. La idea es que se pueda ir colocando una ficha por mes (o por trimestre) en que se indique como va cambiando la curva de carga en el año y que SimSEE interpole entre las fichas de parámetros para dar una variación continua.

Se debe ingresar una curva para cada tipo de día. A modo de ejemplo, dada dos fichas consecutivas A y B, al inicio de la ficha A, la demanda será la especificada en la ficha de parámetros dinámicos de A, internamente la demanda de las tres curvas va incrementandose (o decrementandose) hasta la fecha de inicio de la ficha B en que la demanda es la especificada en la ficha de parámetros dinámicos de B y así sucesivamente.

En la Fig.10 se muestra el formulario de edición de las curvas horarias (ficha de parámetros dinámicos). Se observa que en la parte inferior izquierda la ficha cuenta con el botón  que sirve para “Importar datos” y sobrescribir las curvas horarias ya definidas y el botón  que sirve para “aplicar factores de crecimiento” a alguna de las curvas horarias ya definidas.



**Editar Ficha**

Fecha de Inicio (dd/MM/yyyy) 1/1/2013 ? Capa: 0


Periodica?

Inicio del Periodo: 0 Ciclos Activa:

Fin del Periodo: 0 Ciclos Inactiva:

Largo del Periodo: 1 Años Desplazamiento:

|                    | 0    | 1    | 2    | 3   | 4   | 5    | 6    | 7    | 8    | 9    | 10   | 11   | 12   | 13   | 14   | 15   | 16   | 17   | 18   | 19   | 20   | 21   | 22   | 23   |
|--------------------|------|------|------|-----|-----|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|
| Días hábiles       | 1021 | 945  | 908  | 897 | 915 | 974  | 1000 | 1069 | 1140 | 1189 | 1233 | 1253 | 1283 | 1287 | 1285 | 1278 | 1254 | 1207 | 1154 | 1205 | 1374 | 1338 | 1273 | 1160 |
| Días semi feriados | 1140 | 1046 | 1011 | 992 | 992 | 1019 | 1017 | 1041 | 1084 | 1130 | 1169 | 1184 | 1184 | 1164 | 1153 | 1143 | 1138 | 1111 | 1101 | 1181 | 1297 | 1248 | 1188 | 1104 |
| Días Feriados      | 1015 | 950  | 895  | 884 | 874 | 877  | 832  | 836  | 887  | 925  | 966  | 987  | 1000 | 986  | 978  | 977  | 984  | 982  | 980  | 1078 | 1236 | 1226 | 1183 | 1100 |


Guardar Cambios Cancelar

Fig. 10: Edición de curvas horarias.

Al presionar cualquiera de los dos botones se despliega un panel que deberá ser cerrado para poder volver al formulario en la condición de la Fig.10 con la posibilidad de utilizar los botones “Guardar Cambios” o “Cancelar” para terminar con la edición de las curvas de carga.

A continuación se describen los paneles que se habilitan al presionar los botones antes mencionados.

### 3.2.b.i Aplicar factores de crecimiento

Al hacer un click en el botón  “Aplicar factores de crecimiento” se abre en la parte inferior de la ficha de parámetros dinámicos un Panel como se muestra en la Fig.11 donde es posible ingresar diferentes factores de crecimiento de la energía para el pico de energía (p.u.) para los 3 tipos de días definidos en esta demanda. En el ejemplo de la Fig.11 se ha puesto todos los factores en 1 (uno) salvo para los días feriados en que se ha especificado un crecimiento de 20% para la energía (factor = 1.2) y de 30% para el pico (factor = 1.3). Al presionar el botón “Aplicar” se aplicaran los factores sobre las curvas

de carga (tenga cuidado, si aprieta más de una vez el botón se aplicaran repetidas veces los mismos factores).

Por la implementación del algoritmo que aplica los factores, si la curva de demanda es PLANA (todos los valores iguales) aplica solamente el factor de energía ignorando el del pico. En el caso de demandas no-planas, se utiliza un algoritmo que aplica el factor del pico a las horas de máxima demanda y calcula el resto de las horas, como la nueva potencia del pico menos una cantidad proporcional a la diferencia de potencia respecto al pico de dicha hora en la curva de carga original. La constante de proporcionalidad es calculada para respetar el crecimiento de energía especificado. Este algoritmo no siempre logra calcular una curva de carga válida, dado que para poder respetar ambos factores de crecimiento puede resultar en potencias negativas. Si ese fuera el caso aparece un mensaje de error y los factores NO se aplican.

Editar Ficha

Fecha de Inicio (dd/MM/yyyy)  ?
 Capa:

Periódica?
 

|  |                                       |
|--|---------------------------------------|
| Inicio del Periodo: <input type="text" value="0"/>     | Ciclos Activa: <input type="text"/>   |
| Fin del Periodo: <input type="text" value="0"/>        | Ciclos Inactiva: <input type="text"/> |
| Largo del Periodo: <input type="text" value="1"/> Años | Desplazamiento: <input type="text"/>  |


|                    | 0    | 1    | 2    | 3   | 4   | 5    | 6    | 7    | 8    | 9    | 10   | 11   | 12   | 13   | 14   | 15   | 16   | 17   | 18   | 19   | 20   | 21   | 22   | 23   |
|--------------------|------|------|------|-----|-----|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|
| Días hábiles       | 1021 | 945  | 908  | 897 | 915 | 974  | 1000 | 1069 | 1140 | 1189 | 1233 | 1253 | 1283 | 1287 | 1285 | 1278 | 1254 | 1207 | 1154 | 1205 | 1374 | 1338 | 1273 | 1160 |
| Días semi feriados | 1140 | 1046 | 1011 | 992 | 992 | 1019 | 1017 | 1041 | 1084 | 1130 | 1169 | 1184 | 1184 | 1164 | 1153 | 1143 | 1138 | 1111 | 1101 | 1181 | 1297 | 1248 | 1188 | 1104 |
| Días Feriados      | 1015 | 950  | 895  | 884 | 874 | 877  | 832  | 836  | 887  | 925  | 966  | 987  | 1000 | 986  | 978  | 977  | 984  | 982  | 980  | 1078 | 1236 | 1226 | 1183 | 1100 |

|                    | Factor de la energía [p.u.]      | Factor del pico [p.u.]           |
|--------------------|----------------------------------|----------------------------------|
| Días hábiles       | <input type="text" value="1"/>   | <input type="text" value="1"/>   |
| Días semi feriados | <input type="text" value="1"/>   | <input type="text" value="1"/>   |
| Días Feriados      | <input type="text" value="1.2"/> | <input type="text" value="1.3"/> |

Fig. 11: Panel "Aplicar factores de crecimiento".

Una vez aplicados los factores debe presionar el botón "Cerrar" para salir del panel de aplicación de factores de crecimiento.

### 3.2.b.ii Importar Datos

Al hacer un click en el botón  "Importar Datos" se abre en la parte inferior de la ficha de parámetros dinámicos se despliega el panel de importación de datos como se muestra en la Fig.12. Para importar 24 nuevos valores para ser aplicados a alguna (o todas) las curvas de carga, hay que presionar el botón "Importar" y se abrirá la ventana de importación de valores como se muestra en la Fig.13. Al abrirse la ventana, aparece un cuadro de texto vacío en el que se deben escribir (o pegar desde otra aplicación) los 24 valores correspondientes a la nueva curva de carga. En la Fig.13 ya se muestra el resultado de

pegar una fila copiada desde una planilla Excel con la nueva curva a aplicar. En la ventana de importación de valores, se puede especificar el “separador decimal” para poder leer datos de diferentes fuentes.



**Editar Ficha**

Fecha de Inicio (dd/MM/yyyy) 1/1/2013 ?      Capa: 0

Periódica?

Inicio del Periodo: 0      Ciclos Activa

Fin del Periodo: 0      Ciclos Inactiva

Largo del Periodo: 1 Años      Desplazamiento

|                    | 0     | 1     | 2     | 3     | 4     | 5     | 6     | 7     | 8     | 9     | 10    | 11    | 12    | 13    | 14    | 15    | 16    | 17    | 18    | 19    | 20    | 21    | 22    | 23    |
|--------------------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|
| Días hábiles       | 1021  | 945   | 908   | 897   | 915   | 974   | 1000  | 1069  | 1140  | 1189  | 1233  | 1253  | 1283  | 1287  | 1285  | 1278  | 1254  | 1207  | 1154  | 1205  | 1374  | 1338  | 1273  | 1160  |
| Días semi feriados | 1140  | 1046  | 1011  | 992   | 992   | 1019  | 1017  | 1041  | 1084  | 1130  | 1169  | 1184  | 1184  | 1164  | 1153  | 1143  | 1138  | 1111  | 1101  | 1181  | 1297  | 1248  | 1188  | 1104  |
| Días Feriados      | 1232. | 1122. | 1029. | 1011. | 994.1 | 999.2 | 923.1 | 929.8 | 1016. | 1080. | 1149. | 1185. | 1207. | 1183. | 1170. | 1168. | 1180. | 1176. | 1173. | 1339. | 1606. | 1589. | 1517. | 1376. |

Importar

Aplicar a:

Días Hábiles

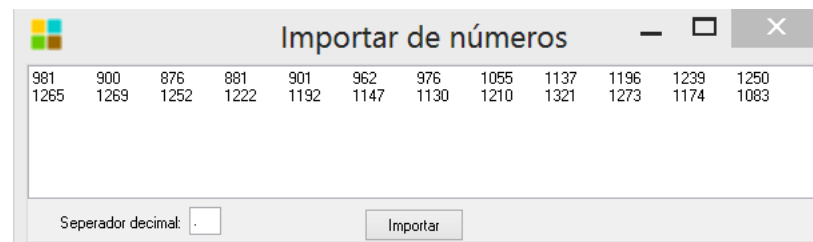
Días Medios Feriados

Días Feriados

Todos

Aplicar      Cerrar      ?

Fig. 12: Panel de “Importación de valores”.



**Importar de números**

|      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |
|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|
| 981  | 900  | 876  | 881  | 901  | 962  | 976  | 1055 | 1137 | 1196 | 1239 | 1250 |
| 1265 | 1269 | 1252 | 1222 | 1192 | 1147 | 1130 | 1210 | 1321 | 1273 | 1174 | 1083 |

Seperador decimal: .

Importar

Fig. 13: Ventana de importación de lista de valores.

Al hacer click en “Importar” de la ventana de importación (Fig.13) se interpretan los valores y se copian en la fila a la derecha del botón importar de la Fig.12 (vacía en el ejemplo). Luego de completada esa fila, se debe seleccionar a qué curva se aplica con los “botones -radio” que aparecen bajo la etiqueta “Aplicar a:” en la Fig.12, siendo las opciones “Días hábiles”, “Días semi feriados”, “Días feriados” o “Todos”. Una vez seleccionado el destino de la nueva curva de carga, presionando el botón “Aplicar” los valores serán copiados en la parte superior de la Fig.12 sobre el destino indicado.

### 3.2.c) Referencia en los fuentes de SimSEE.

Fuente: ..src\fc\actores\udemandas01.pas

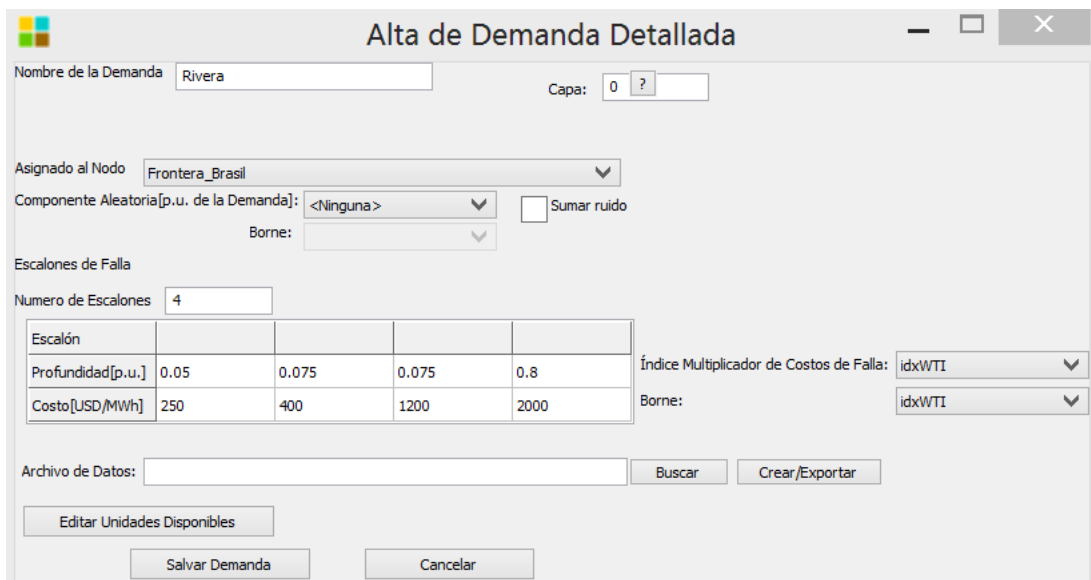
Herencia: TActor>TActorNodal>TActorUniNodal>TDemanda>TDemanda01

**3.2.d) Variables publicadas.**

Las variables publicadas son las comunes a todos los tipos de demanda.  
Ver Sec.3.1.c

### 3.3. Demanda Detallada

El modelo de Demanda Detallada requiere del usuario la descripción de la potencia de la demanda hora a hora en un horizonte mayor o igual al necesario para la optimización de la Sala. En la Fig.14 se muestra el formulario de edición principal de una Demanda Detallada. Este modelo es el más usado para la programación de la operación del sistema en períodos cortos (mensual, semanal, diario). Para períodos más extensos es mas sencillo utilizar el modelo de demanda “Generada a partir de año base e índices”.



| Escalón            |      |       |       |      |
|--------------------|------|-------|-------|------|
| Profundidad [p.u.] | 0.05 | 0.075 | 0.075 | 0.8  |
| Costo [USD/MWh]    | 250  | 400   | 1200  | 2000 |

Fig. 14: Formulario de edición Demanda Detallada.

Para la descripción de los parámetros generales (Nodo, Componente Aleatoria, Escalones de Falla e Índice de Costos de Falla) ver la Sec.3.1.a dedicada a los parámetros comunes a todas las demandas.

Para dar la descripción horaria de la potencia, es necesario o bien seleccionar un archivo previamente creado o presionar el botón “Crear/Exportar” para crear un nuevo archivo (o exportar uno previamente seleccionado).

Al presionar el botón “Crear/Exportar” se abre una ventana como la mostrada en la Fig.15. Si se está creando un nuevo archivo, por defecto en “Fecha Inicial” y “Fecha Final” aparecen las del Horizonte de Optimización de la Sala. Si por alguna razón desea crear un archivo más extenso, se

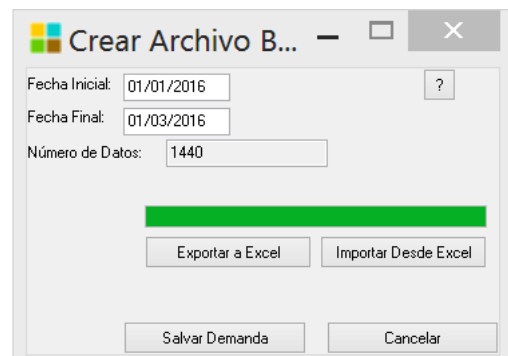
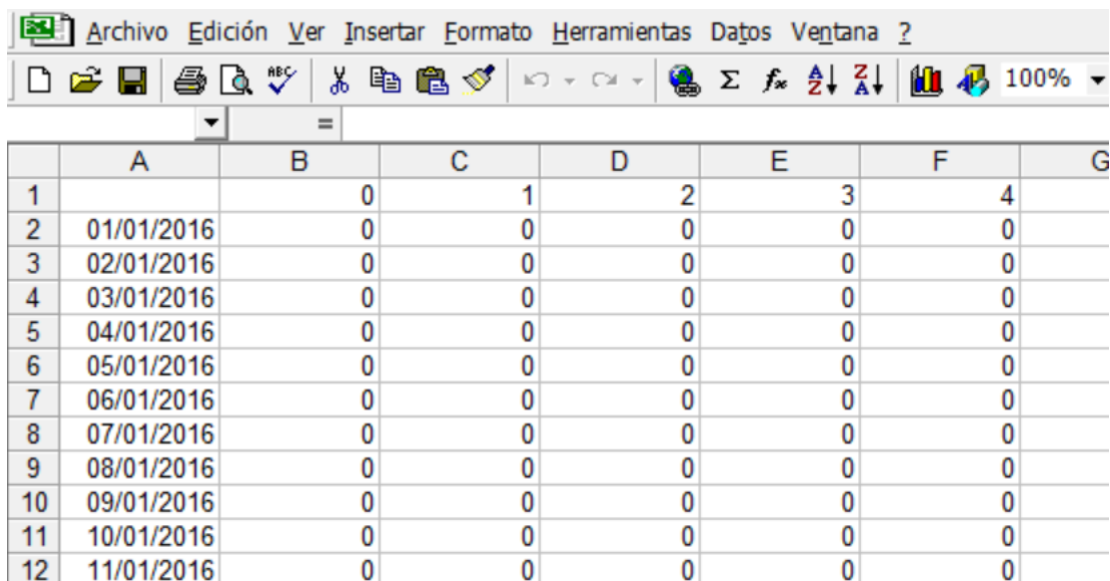


Fig. 15: Ventana Crear/Exportar.

debe modificar esas fechas para reflejarlo. A título informativo, en el casillero “Número de Datos” se muestra la cantidad de horas comprendidas en el horizonte especificado. Téngase en cuenta que la fecha final es la del inicio del paso siguiente al último considerado. En el ejemplo, la última hora considerada será la hora 23 del día 29 de febrero de 2016. Al presionar el botón “Exportar a Excel” se abrirá un Libro Excel con una hoja mostrando la descripción detallada de la demanda. Cada Día está en una fila, con la fecha en la columna “A” y cada columna de las siguientes es una hora del día. La primer fila muestra la hora del día a la que corresponde la columna como se muestra en la Fig.16.



|    | A          | B | C | D | E | F | G |
|----|------------|---|---|---|---|---|---|
| 1  |            | 0 | 1 | 2 | 3 | 4 |   |
| 2  | 01/01/2016 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |   |
| 3  | 02/01/2016 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |   |
| 4  | 03/01/2016 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |   |
| 5  | 04/01/2016 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |   |
| 6  | 05/01/2016 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |   |
| 7  | 06/01/2016 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |   |
| 8  | 07/01/2016 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |   |
| 9  | 08/01/2016 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |   |
| 10 | 09/01/2016 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |   |
| 11 | 10/01/2016 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |   |
| 12 | 11/01/2016 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |   |

Fig. 16: Edición de Demanda Detallada en Excel.

Una vez finalizada la edición en Excel, debe presionar el botón “Importar desde Excel” de la ventana “Crear/Exportar” (ver Fig.15). Antes de intentar “Importar desde Excel” debe asegurarse de haber terminado la edición en Excel. Si el cursor le quedó en la barra de fórmulas es que está en Modo Edición en Excel y la importación fallará. Una vez importados los datos, debe presionar “Salvar Demanda” para guardarla en un archivo. Este archivo quedará asociado al Actor Demanda Detallada que está creando, pero también podrá ser usado para crear otras demandas Detalladas en otras Salas.

### 3.3.a) Referencia en los fuentes de SimSEE.

Fuente: `..src\fc\actores\udemandadetallada.pas`

Herencia: `TActor>TActorNodal>TActorUniNodal>TDemanda>TDemandaDetallada`

### 3.3.b) Variables publicadas.

Las variables publicadas son las comunes a todos los tipos de demanda. Ver Sec.3.1.c

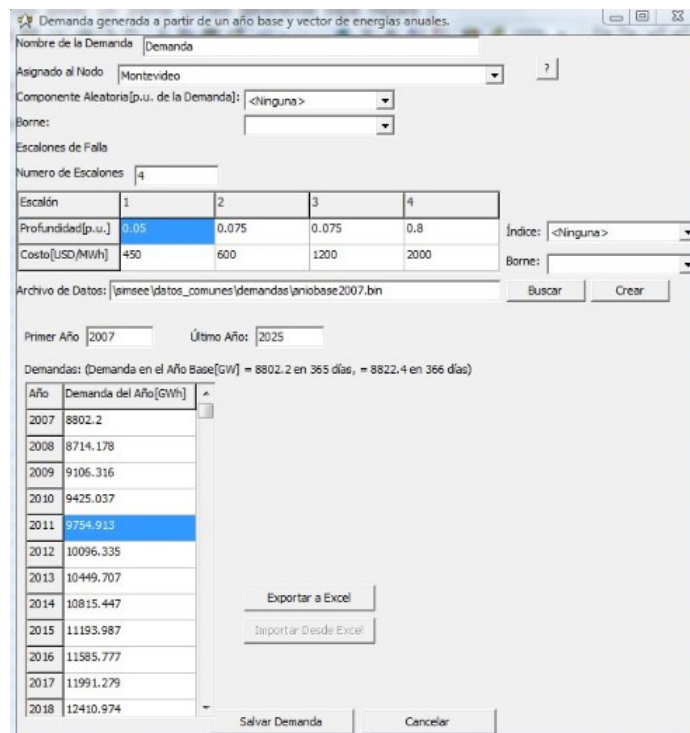


### 3.4. Demanda generada a partir de un año base y vector de energías anuales

Para crear un actor de este tipo se requiere contar con un archivo binario con la información de la demanda detallada horaria del año base y especificar la energía total anual para todos los años que se desee considerar.

El citado archivo binario tiene la misma estructura que el descrito en la sec. 3.3 “Demanda Detallada” y puede utilizarse la herramienta ahí descrita para su creación.

En la Fig.17 se muestra el formulario principal de edición de un Actor del tipo “Demanda generada a partir de año base y vector de energías anuales”.



Nombre de la Demanda: Demanda

Asignado al Nodo: Montevideo

Componente Aleatoria [p.u. de la Demanda]: <Ninguna>

Borne: <Ninguna>

Escalones de Falla

Numero de Escalones: 4

| Escalón            | 1    | 2     | 3     | 4    |
|--------------------|------|-------|-------|------|
| Profundidad [p.u.] | 0.05 | 0.075 | 0.075 | 0.8  |
| Costo [USD/MWh]    | 450  | 600   | 1200  | 2000 |

Índice: <Ninguna>

Borne: <Ninguna>

Archivo de Datos: simsee\datos\_comunes\demandas\aniobase2007.bin

Primer Año: 2007    Último Año: 2025

Demandas: (Demanda en el Año Base [GW] = 8802.2 en 365 días, = 8822.4 en 366 días)

| Año  | Demanda del Año [GWh] |
|------|-----------------------|
| 2007 | 8802.2                |
| 2008 | 8714.178              |
| 2009 | 9106.316              |
| 2010 | 9425.037              |
| 2011 | 9754.913              |
| 2012 | 10096.335             |
| 2013 | 10449.707             |
| 2014 | 10815.447             |
| 2015 | 11193.987             |
| 2016 | 11585.777             |
| 2017 | 11991.279             |
| 2018 | 12410.974             |

Exportar a Excel

Importar Desde Excel

Salvar Demanda    Cancelar

Fig. 17: Formulario Demanda Año Base e Índices.

Para la descripción de los parámetros generales (Nodo, Componente Aleatoria, Escalones de Falla e Índice de Costos de Falla) ver la Sec.3.1.a dedicada a los parámetros comunes a todas las demandas.

El casillero “Archivo de Datos” debe tener la ruta completa hasta el archivo binario con la descripción de la demanda detallada de un año. Este archivo puede buscarse en el disco con el botón “buscar” o crearse un nuevo archivo con el botón “Crear”. Si presiona el botón “Crear” se abre la misma ventana mostrada en la Fig.15 y el procedimiento de edición en Excel y posterior importación es el mismo descrito en la Sec.3.3 para la “Demanda Detallada”.

Este archivo de datos detallados debe contener un año cualquier de datos detallados. Este archivo será escalado por las constantes necesarias para

que la energía del año resulte la especificada en el vector de energías para cada año en particular.

En los casilleros Primer Año y Último Año se debe indicar el primer y último año de datos de demanda que se desean considerar en el estudio y en la tabla que se encuentra en la parte inferior se debe ingresar para cada año del período especificado la demanda del año en GWh.

Para cada año del estudio, son escalados hora a hora los datos del archivo base de forma tal que la energía resultante (demanda anual) coincida con la especificada en la tabla.

Se debe tener la precaución de que el período considerado (intervalo de tiempo entre el Primer Año y el Último Año) cubra el horizonte de tiempo que fue especificado para hacer la optimización.

Por último, se cuenta con el botón "Exportar a Excel" que abre una planilla Excel donde exporta los valores de la tabla. De esta forma es posible modificar los datos en Excel y luego con el botón "Importar datos Desde Excel" se pueden cargar a la tabla dichos valores desde el Excel.

#### **3.4.a) Referencia en los fuentes de SimSEE.**

Fuente: `..src\fc\actores\uDemandaAnioBaseEIndices.pas`

Herencia: TActor>TActorNodal>TActorUniNodal>TDemanda>TDemandaAnio-BaseEIndices

#### **3.4.b) Variables publicadas.**

Las variables publicadas son las comunes a todos los tipos de demanda. Ver Sec.3.1.c

## 4. Grupo Eólicas.

A los efectos de este documento, definimos un parque eólico como un conjunto de uno o más aerogeneradores que tienen las mismas características. El grupo de actores que pertenecen a la solapa “Eólica” son los usados para modelar los parques eólicos del sistema eléctrico. Es posible crear los siguientes tipos de parques eólicos: “Parque eólico” y “Parque eólico vxy”

La diferencia principal que presentan estos dos actores es que el actor “Parque eólico vxy” tiene en cuenta la dirección de incidencia del viento y su intensidad, mientras que el actor “Parque eólico” solo tiene en cuenta la intensidad.

Cada parque eólico debe ser asignados a un nodo del sistema eléctrico donde inyecta la energía que genera. La disponibilidad de las unidades generadoras estará dada por un modelo de falla/reparación especificando la probabilidad de encontrar la unidad “disponible” y el tiempo medio de reparación en horas.

En SimSEE los actores eólicos están modelados considerando que el costo variable de generación para el despacho es cero, pero se cuenta con la posibilidad de realizar pagos por la energía entregada y por la energía disponible. La energía disponible podría no resultar despachada, si el marginal del sistema es nulo y la demanda del sistema está acotada y no hay posibilidad de exportar la energía.

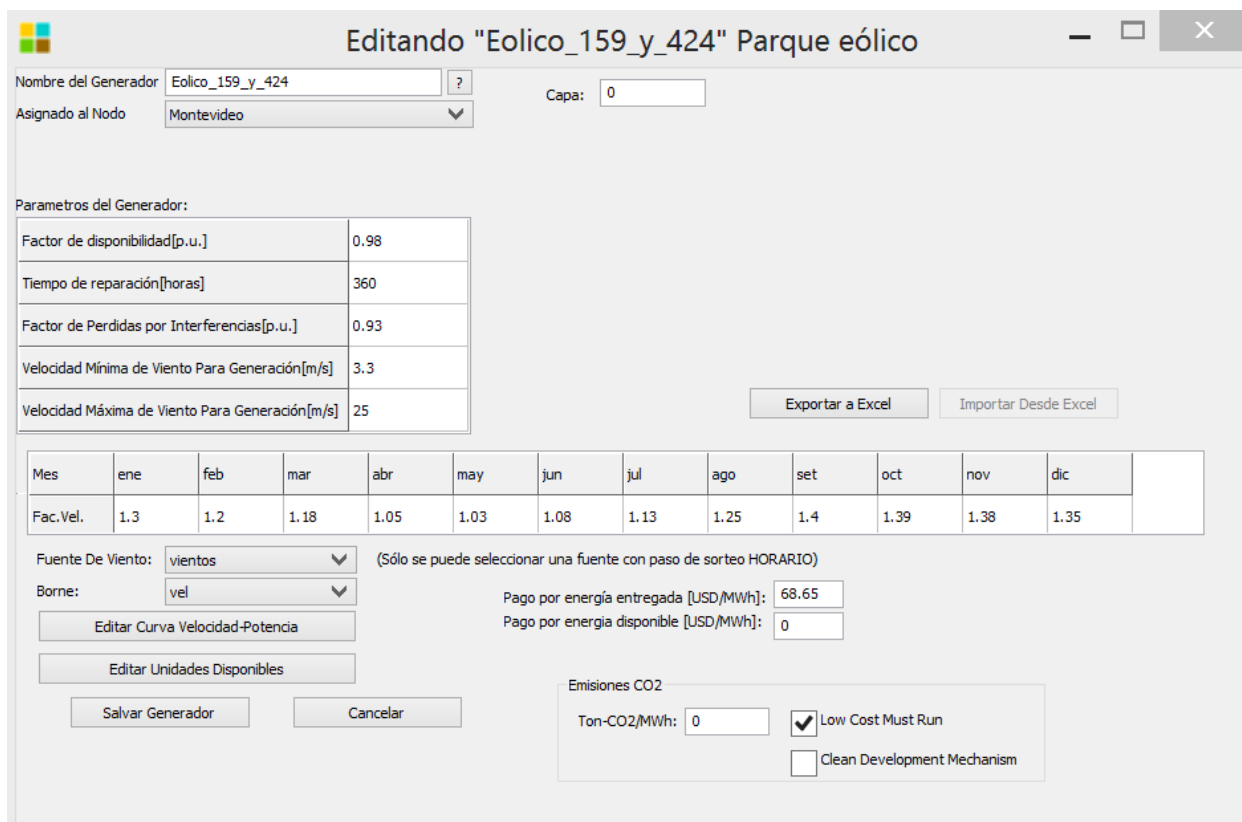
En los formularios de edición, hay un botón “Editar Unidades Disponibles” que permite acceder al formulario para editar la cantidad de aerogeneradores del parque durante el período de estudio. También con esta aplicación es posible planificar los mantenimientos programados al igual que con el resto de los actores.

## 4.1. Parque eólico:

Este modelo de Parque Eólico, admite la definición de una curva Potencia-Velocidad de una unidad típica del Parque Eólico. Esta curva puede ser la total del parque dividida por la cantidad de unidades aerogeneradoras. Como entrada aleatoria se tienen la fuente de vientos que se debe seleccionar entre las fuentes horarias de la sala. El Parque Eólico en conjunto con la Fuente, realiza una integración de la energía recibida en cada poste del paso de tiempo para su consideración dentro del paso de tiempo. La forma en que se realiza el pasaje de las potencias horarias a los valores de potencia media por poste es mediante el mecanismo de “resumen en esclavización sub-muestreada” de las Fuentes en SimSEE (Ver sec.1.5 del Tomo 2 “Fuentes” de esta misma serie de manuales).

### 4.1.a) Parámetros estáticos.

La Fig.18 muestra el formulario de edición de un Parque Eólico. Comenzando por la parte superior, se tiene el Nombre del Generador, la Capa y el Nodo, que son parámetros comunes a todos los Generadores.



Editando "Eolico\_159\_y\_424" Parque eólico

Nombre del Generador:  ?

Asignado al Nodo:  ▼

Capa:

Parámetros del Generador:

|   |      |
|---|------|
| Factor de disponibilidad[p.u.]                  | 0.98 |
| Tiempo de reparación[horas]                     | 360  |
| Factor de Perdidas por Interferencias[p.u.]     | 0.93 |
| Velocidad Mínima de Viento Para Generación[m/s] | 3.3  |
| Velocidad Máxima de Viento Para Generación[m/s] | 25   |

| Mes      | ene | feb | mar  | abr  | may  | jun  | jul  | ago  | set | oct  | nov  | dic  |  |
|----------|-----|-----|------|------|------|------|------|------|-----|------|------|------|--|
| Fac.Vel. | 1.3 | 1.2 | 1.18 | 1.05 | 1.03 | 1.08 | 1.13 | 1.25 | 1.4 | 1.39 | 1.38 | 1.35 |  |

Fuente De Viento:  ▼ (Sólo se puede seleccionar una fuente con paso de sorteo HORARIO)

Borne:  ▼

Pago por energía entregada [USD/MWh]:

Pago por energía disponible [USD/MWh]:

Emissiones CO2

Ton-CO2/MWh:   Low Cost Must Run  Clean Development Mechanism

Fig. 18: Edición Parque Eólico.

El “Factor de disponibilidad [p.u.] es la probabilidad de cada unidad del parque en forma independiente de estar en estado OK (disponible, quitando las ventanas de mantenimiento programado). El “Tiempo de reparación [horas]” es el tiempo medio de reparación en horas una vez que la unidad ha sufrido una falla fortuita.

El “Factor de pérdidas por interferencias [p.u.]” especifica la pérdida de velocidad efectiva en el parque por interferencia entre los molinos. Para el cálculo de la potencia instantánea de una unidad generadora, se multiplica la velocidad de viento de la hora, por el factor de velocidad del mes (Fac.Vel) y por el factor de pérdidas por interferencias antes de introducir la velocidad en la curva Potencia-Velocidad.

Los parámetros “Velocidad mínima del viento para generar” y “Velocidad máxima del viento para generar” indican el rango sobre el que se quiere editar la curva de Potencia-Velocidad. La cantidad de discretizaciones (puntos potencia-velocidad) a editar, se especifica dentro de la ventana que se abre al presionar el botón “Editar curva Velocidad-Potencia”.

La tabla de valores “Fac.Vel.” (Factores de Velocidad) por mes, permite dar cuenta de la variación estacional de la velocidad del viento si es que la misma no fue considerada en la fuente de vientos utilizada. La tabla de valores mensuales puede ser editada directamente en el formulario o Exportada a Excel, editada y luego Importada usando los botones “Exportar a Excel” e “Importar a Excel” Ver. Fig.18 encima a la derecha de la tabla de factores mensuales. Estos factores multiplican directamente los datos provenientes de la fuente de velocidades de viento.

Para editar la curva “velocidad – potencia” de una unidad generadora hay que utilizar el botón “Editar Curva Velocidad-Potencia”. Al presionarlo se abrirá un formulario como el mostrado en la Fig.19 que permite indicar el número de discretizaciones del rango de velocidades antes indicado (14 puntos de cálculo en el ejemplo de la Fig.19). En la columna de la izquierda aparecen las velocidades correspondientes a los puntos definidos por la discretización y para cada uno de estos puntos hay que especificar cuál es la potencia del generador en MW. El botón “Exportar a Excel” permite exportar la tabla a Excel para editarla. Con el botón “Importar desde Excel” se importan los datos modificados. El ejemplo de la Fig.19 corresponde a la curva de velocidad – potencia del aerogenerador v90 de 2MW.

El Panel “Emisiones CO<sub>2</sub>” define el tratamiento del generador para los métodos de cálculo de emisiones. Ver Capítulo X de [1] para una explicación de la funcionalidad de cálculo de emisiones en SimSEE.

Los parámetros “Pago por Energía Entregada” y “Pago por Energía Disponible” permiten calcular los ingresos del generador. El “Pago por Energía Entregada” es como su nombre lo indica, el pago por MWh efectivamente entregado a la red, mientras que el “Pago por Energía Disponible” es el pago por MWh que esté disponible sea o no entregado a la red. En el caso de las centra-

les eólicas, la disponibilidad es la conjunción de la disponibilidad de las unidades generadoras con la velocidad de viento.

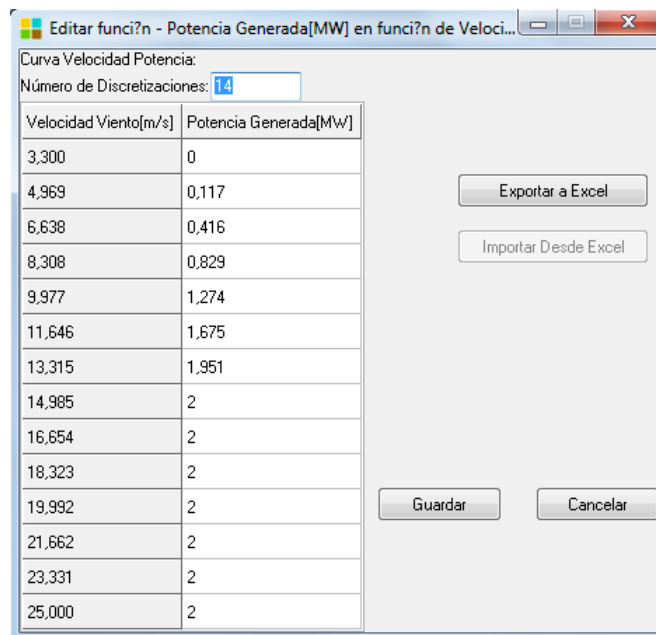


Fig. 19: Editor Curva Velocidad-Potencia.

#### 4.1.b) Referencia en los fuentes de SimSEE.

Fuente: `..\src\fc\actores\uParqueEolico.pas`

Herencia: TActor>TActorNodal>TActorUniNodal>TGenerador>TParqueEolico

#### 4.1.c) Variables publicadas.

| <b>Nombre</b>        | <b>Unidades</b> | <b>_Pi</b> | <b>SR3</b> | <b>Descripción.</b>   |
|----------------------|-----------------|------------|------------|---|
| P                    | MW              | Si         | Si         | Potencia inyectada en el nodo en el poste “i”.  |
| PotenciaGenerable    | MW              | SI         | SI         | Potencia generable en el poste “i” de acuerdo a la disponibilidad de unidades y a la velocidad de viento. |
| VVel                 | m/s             | No         | Si         | Velocidad de viento del Paso de Tiempo. Solo tiene sentido si el paso es horario.                         |
| NMaquinasDisponibles | u               | No         | Si         | Cantidad de unidades disponibles en el paso de tiempo.  |
| CostoDirectoDelPaso  | USD             | No         | Si         | Suma de los pagos realizados al generador durante el paso de tiempo.                                      |

## 4.2. Parque eólico vxy.

Este modelo de parque eólico permite una descripción del rendimiento del parque teniendo en cuenta la dirección del viento. Para ello es necesario conectarlo a una Fuente de Viento capaz de generar las dos componentes de velocidad “vx” (horizontal, positiva con viento desde el Este) y “vy” (vertical, positiva con viento desde el Norte).

La Fig. 20 muestra la Rosa de los Vientos con las 16 posiciones en que se discretiza la dirección a los efectos del ingreso de información.

La dirección del viento, es por convención de uso aquella desde la que viene el viento. Así si se dice que por ejemplo el factor de pérdidas de velocidad por interferencias es 0.8 para la dirección E (Este) se estará indicando que ese factor es aplicable cuando el viento sopla en la dirección Este -> Oeste.

Las velocidades de viento ( $v_x$ ,  $v_y$ ) se consideran según los ejes marcados en azul en la figura. A modo de ejemplo, una velocidad con  $v_x=1.0$  m/s ,  $v_y=1.1$  m/s es mostrado en la figura (vector rojo). El módulo de la velocidad será  $\sqrt{v_x^2+v_y^2}$  y la dirección del viento (línea verde en dirección opuesta al vector rojo) será entre NNE y NE.

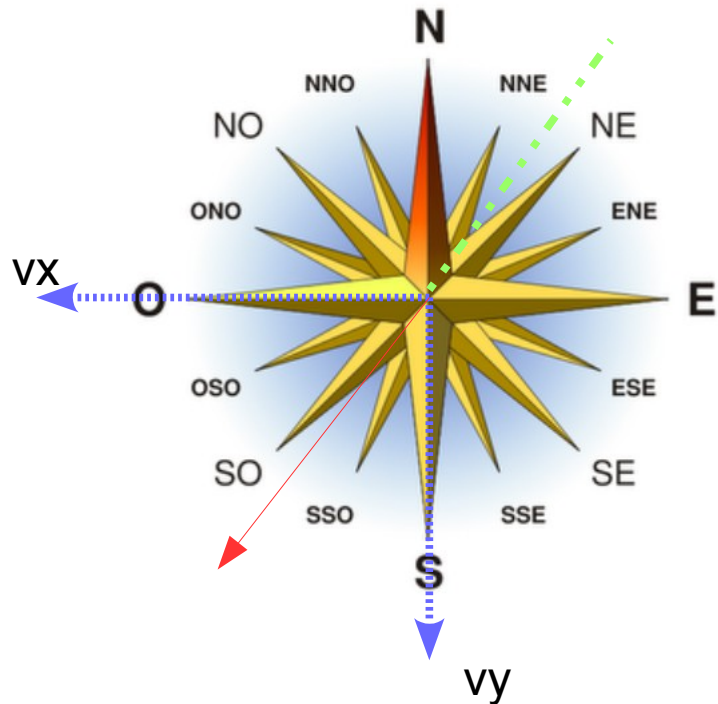


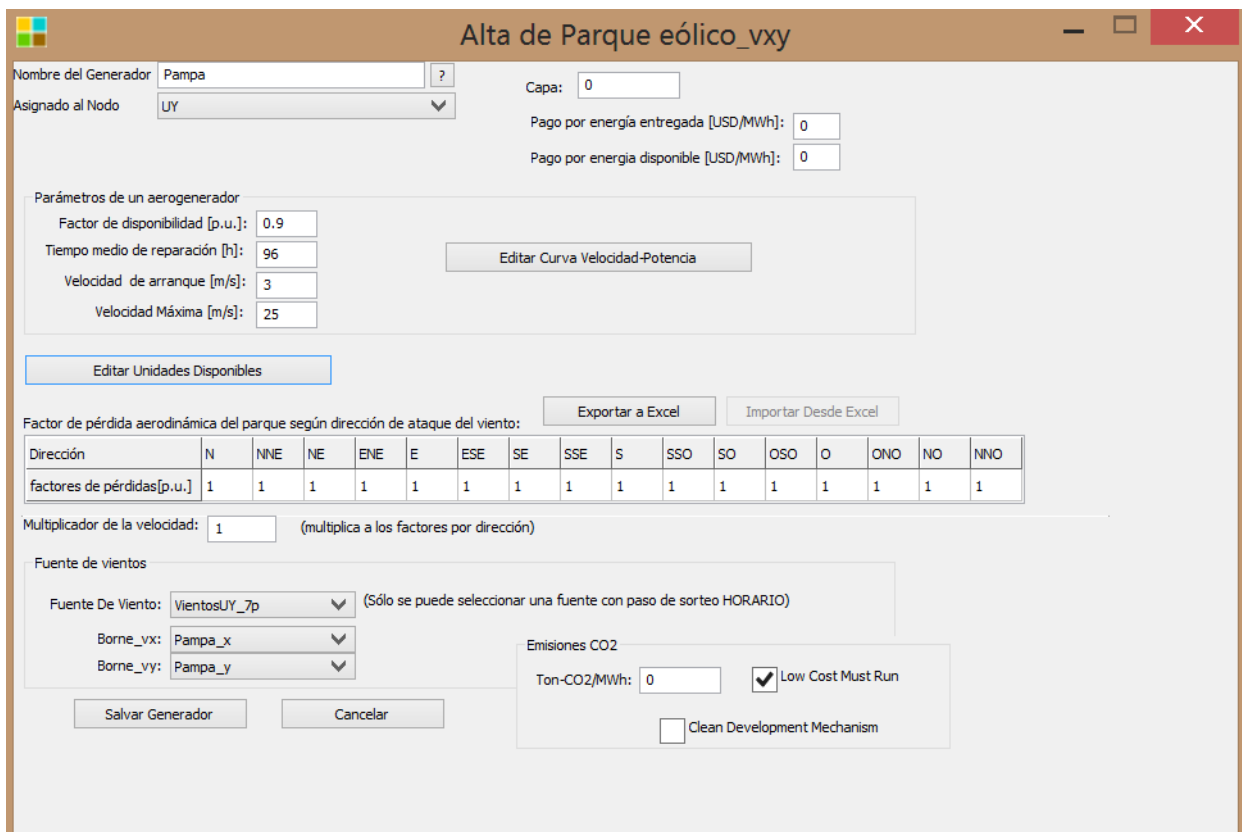
Fig. 20: Rosa de los vientos y convención de signos.

### 4.2.a) Parámetros estáticos

La Fig.21 muestra el formulario de edición de los parámetros de un Parque Eólico\_vxy. Como se puede apreciar, es posible editar el Nombre del Parque, el Nodo al que se conecta y la Capa a la que está asociado en la Sala SimSEE.

El parámetro “Pago por energía entregada [USD/MWh]” determina el pago que recibirá el Parque del Sistema por la energía que entregue. El parámetro “Pago por la energía disponible [USD/MWh]” determina el pago que reci-

birá por la energía que tenga disponible según las máquinas disponibles y la velocidad del viento sea esta entregada o no al sistema. Si bien la energía eólica es despachada con costo variable nulo, podría ocurrir en algunas salas de baja demanda mucha eólica y capacidad de exportación limitada que no hubiera lugar en el sistema para colocar toda la energía eólica disponible y en ese caso la Energía Disponible difiere de la Energía Entregada.



Alta de Parque eólico\_vxy

Nombre del Generador: Pampa ?

Asignado al Nodo: UY

Capa: 0

Pago por energía entregada [USD/MWh]: 0

Pago por energía disponible [USD/MWh]: 0

Parámetros de un aerogenerador

Factor de disponibilidad [p.u.]: 0.9

Tiempo medio de reparación [h]: 96

Velocidad de arranque [m/s]: 3

Velocidad Máxima [m/s]: 25

Editar Curva Velocidad-Potencia

Editar Unidades Disponibles

Factor de pérdida aerodinámica del parque según dirección de ataque del viento:

Exportar a Excel Importar Desde Excel

| Dirección                  | N | NNE | NE | ENE | E | ESE | SE | SSE | S | SSO | SO | OSO | O | ONO | NO | NNO |
|----------------------------|---|-----|----|-----|---|-----|----|-----|---|-----|----|-----|---|-----|----|-----|
| factores de pérdidas[p.u.] | 1 | 1   | 1  | 1   | 1 | 1   | 1  | 1   | 1 | 1   | 1  | 1   | 1 | 1   | 1  | 1   |

Multiplicador de la velocidad: 1 (multiplica a los factores por dirección)

Fuente de vientos

Fuente De Viento: VientosUY\_7p (Sólo se puede seleccionar una fuente con paso de sorteo HORARIO)

Borne\_vx: Pampa\_x

Borne\_vy: Pampa\_y

Emisiones CO2

Ton-CO2/MWh: 0

Low Cost Must Run

Clean Development Mechanism

Salvar Generador Cancelar

Fig. 21: Edición parámetros estáticos Parque Eólico\_vxy

El “Factor de Disponibilidad [p.u.]” y el “Tiempo medio de reparación[h]” determinan el modelo de falla/reparación de cada unidad generadora.

La “Velocidad de arranque [m/s]” y la “Velocidad Máxima [m/s]” determinan el rango de velocidades en que se discretizarán las curvas Potencia-Velocidad que se ingresan en el formulario que se abre al presionar el botón “Editar Curva Velocidad-Potencia”.

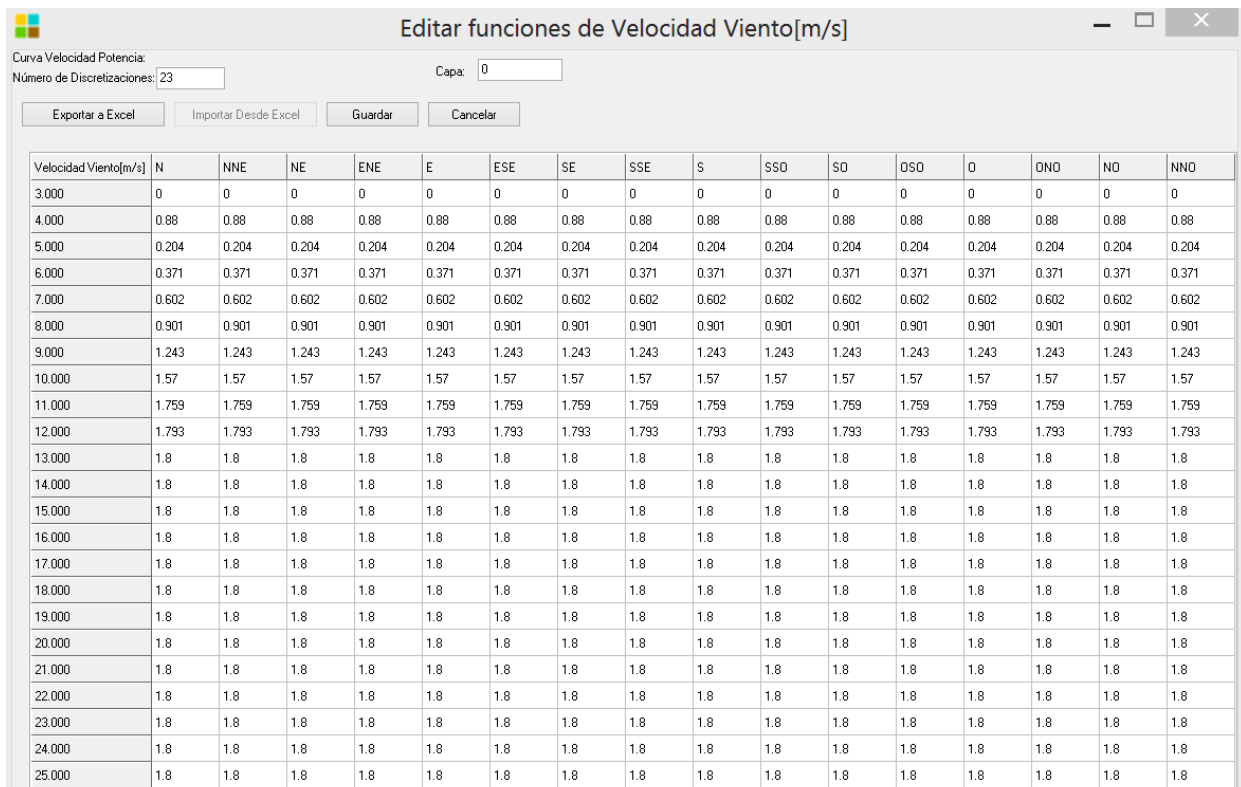
La tabla “factores de pérdidas [p.u.]” permite especificar un factor de pérdidas a aplicar al módulo de la velocidad de viento según la dirección de del mismo. Los botones “Exportar a Excel” y “Importar desde Excel” permiten exportar la tabla de factores de pérdidas a Excel, editarlos y luego importarlos. En caso de no contar con la curva de potencia detallada del parque eólico (una curva de potencia por cada sector de dirección de viento incidente) pueden utilizarse estos factores para representar las perdidas por estelas internas del parque.

Adicionalmente el parámetro “Multiplicador de la velocidad” multiplica el módulo de la velocidad sin importar la dirección. Este factor depende principalmente de la topografía local y multiplica directamente los datos provenientes de la fuente de velocidades de viento.

La fuente de Viento debe ser elegida entre aquellas con paso de sorteo horario (solo se muestran las de paso horario) y se debe seleccionar el borne que genera la velocidad en la dirección vx (de Este a Oeste) y en la dirección vy (de Norete a Sur).

El Panel “Emisiones CO2” define el tratamiento del generador para los métodos de cálculo de emisiones. Ver Capítulo X de [1] para una explicación de la funcionalidad de cálculo de emisiones en SimSEE.

Presionando el botón “Editar Curva Velocidad-Potencia” se abre un formulario de edición como el mostrado en la Fig. 22 que permite editar las curvas Velocidad-Potencia típica de una unidad generadora del parque según la dirección de ataque del viento. Cada columna contiene la curva característica de una unidad generadora según una dirección del viento.



| Velocidad Viento[m/s] | N     | NNE   | NE    | ENE   | E     | ESE   | SE    | SSE   | S     | SSO   | SO    | OSO   | O     | ONO   | NO    | NNO   |
|-----------------------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|
| 3.000                 | 0     | 0     | 0     | 0     | 0     | 0     | 0     | 0     | 0     | 0     | 0     | 0     | 0     | 0     | 0     | 0     |
| 4.000                 | 0.88  | 0.88  | 0.88  | 0.88  | 0.88  | 0.88  | 0.88  | 0.88  | 0.88  | 0.88  | 0.88  | 0.88  | 0.88  | 0.88  | 0.88  | 0.88  |
| 5.000                 | 0.204 | 0.204 | 0.204 | 0.204 | 0.204 | 0.204 | 0.204 | 0.204 | 0.204 | 0.204 | 0.204 | 0.204 | 0.204 | 0.204 | 0.204 | 0.204 |
| 6.000                 | 0.371 | 0.371 | 0.371 | 0.371 | 0.371 | 0.371 | 0.371 | 0.371 | 0.371 | 0.371 | 0.371 | 0.371 | 0.371 | 0.371 | 0.371 | 0.371 |
| 7.000                 | 0.602 | 0.602 | 0.602 | 0.602 | 0.602 | 0.602 | 0.602 | 0.602 | 0.602 | 0.602 | 0.602 | 0.602 | 0.602 | 0.602 | 0.602 | 0.602 |
| 8.000                 | 0.901 | 0.901 | 0.901 | 0.901 | 0.901 | 0.901 | 0.901 | 0.901 | 0.901 | 0.901 | 0.901 | 0.901 | 0.901 | 0.901 | 0.901 | 0.901 |
| 9.000                 | 1.243 | 1.243 | 1.243 | 1.243 | 1.243 | 1.243 | 1.243 | 1.243 | 1.243 | 1.243 | 1.243 | 1.243 | 1.243 | 1.243 | 1.243 | 1.243 |
| 10.000                | 1.57  | 1.57  | 1.57  | 1.57  | 1.57  | 1.57  | 1.57  | 1.57  | 1.57  | 1.57  | 1.57  | 1.57  | 1.57  | 1.57  | 1.57  | 1.57  |
| 11.000                | 1.759 | 1.759 | 1.759 | 1.759 | 1.759 | 1.759 | 1.759 | 1.759 | 1.759 | 1.759 | 1.759 | 1.759 | 1.759 | 1.759 | 1.759 | 1.759 |
| 12.000                | 1.793 | 1.793 | 1.793 | 1.793 | 1.793 | 1.793 | 1.793 | 1.793 | 1.793 | 1.793 | 1.793 | 1.793 | 1.793 | 1.793 | 1.793 | 1.793 |
| 13.000                | 1.8   | 1.8   | 1.8   | 1.8   | 1.8   | 1.8   | 1.8   | 1.8   | 1.8   | 1.8   | 1.8   | 1.8   | 1.8   | 1.8   | 1.8   | 1.8   |
| 14.000                | 1.8   | 1.8   | 1.8   | 1.8   | 1.8   | 1.8   | 1.8   | 1.8   | 1.8   | 1.8   | 1.8   | 1.8   | 1.8   | 1.8   | 1.8   | 1.8   |
| 15.000                | 1.8   | 1.8   | 1.8   | 1.8   | 1.8   | 1.8   | 1.8   | 1.8   | 1.8   | 1.8   | 1.8   | 1.8   | 1.8   | 1.8   | 1.8   | 1.8   |
| 16.000                | 1.8   | 1.8   | 1.8   | 1.8   | 1.8   | 1.8   | 1.8   | 1.8   | 1.8   | 1.8   | 1.8   | 1.8   | 1.8   | 1.8   | 1.8   | 1.8   |
| 17.000                | 1.8   | 1.8   | 1.8   | 1.8   | 1.8   | 1.8   | 1.8   | 1.8   | 1.8   | 1.8   | 1.8   | 1.8   | 1.8   | 1.8   | 1.8   | 1.8   |
| 18.000                | 1.8   | 1.8   | 1.8   | 1.8   | 1.8   | 1.8   | 1.8   | 1.8   | 1.8   | 1.8   | 1.8   | 1.8   | 1.8   | 1.8   | 1.8   | 1.8   |
| 19.000                | 1.8   | 1.8   | 1.8   | 1.8   | 1.8   | 1.8   | 1.8   | 1.8   | 1.8   | 1.8   | 1.8   | 1.8   | 1.8   | 1.8   | 1.8   | 1.8   |
| 20.000                | 1.8   | 1.8   | 1.8   | 1.8   | 1.8   | 1.8   | 1.8   | 1.8   | 1.8   | 1.8   | 1.8   | 1.8   | 1.8   | 1.8   | 1.8   | 1.8   |
| 21.000                | 1.8   | 1.8   | 1.8   | 1.8   | 1.8   | 1.8   | 1.8   | 1.8   | 1.8   | 1.8   | 1.8   | 1.8   | 1.8   | 1.8   | 1.8   | 1.8   |
| 22.000                | 1.8   | 1.8   | 1.8   | 1.8   | 1.8   | 1.8   | 1.8   | 1.8   | 1.8   | 1.8   | 1.8   | 1.8   | 1.8   | 1.8   | 1.8   | 1.8   |
| 23.000                | 1.8   | 1.8   | 1.8   | 1.8   | 1.8   | 1.8   | 1.8   | 1.8   | 1.8   | 1.8   | 1.8   | 1.8   | 1.8   | 1.8   | 1.8   | 1.8   |
| 24.000                | 1.8   | 1.8   | 1.8   | 1.8   | 1.8   | 1.8   | 1.8   | 1.8   | 1.8   | 1.8   | 1.8   | 1.8   | 1.8   | 1.8   | 1.8   | 1.8   |
| 25.000                | 1.8   | 1.8   | 1.8   | 1.8   | 1.8   | 1.8   | 1.8   | 1.8   | 1.8   | 1.8   | 1.8   | 1.8   | 1.8   | 1.8   | 1.8   | 1.8   |

Fig. 22: Editor de Curva Velocidad Potencia según dirección.

La cantidad de puntos de discretización según la velocidad en el rango especificado por los parámetros “Velocidad de arranque” y “Velocidad máxima” se fija en el casillero “Número de Discretizaciones” (23 en el ejemplo). El botón “Exportar a Excel” permite exportar la tabla a Excel y el botón “Importar Desde Excel” permite importar los datos una vez finalizada la edición en Excel.

Los botones “Guardar” y “Cancelar” deben ser usados para cerrar el formulario de edición guardando los cambios realizados o ignorando los mismos respectivamente.

El modelo permite considerar con mayor o menor detalle un parque generador según la información disponible. Si se cuenta con un diseño completo del parque, se podrán ingresar curvas Potencia-Velocidad por dirección calculadas como las curvas características del parque (por simulación detallada o por medición directa si está construido) dividida la cantidad de unidades del parque y en ese caso se podrá poner en 1 (uno) los factores de pérdidas por dirección y el multiplicador de velocidad.

Si no se cuenta con información específica acerca del parque a modelar, una opción es cargar en las curvas Velocidad-Potencia la misma curva en todas las direcciones (la de un aerogenerador) y usar los factores de pérdida por dirección para considerar que se buscará un diseño del parque mirando la Rosa de Los Vientos del Lugar, de forma de lograr menores pérdidas a los rangos de dirección más energéticos.

#### **4.2.b) Referencia en los fuentes de SimSEE.**

Fuente: `..src\fc\actores\uParqueEolico_vxy`

Herencia:

`TActor>TActorNodal>TActorUniNodal>TGenerador>TParqueEolico_vxy`

#### **4.2.c) Variables publicadas.**

| <b>Nombre</b>        | <b>Unidades</b> | <b>_Pi</b> | <b>SR3</b> | <b>Descripción.</b>  |
|----------------------|-----------------|------------|------------|--|
| P                    | MW              | Si         | Si         | Potencia inyectada en el nodo en el poste “i”.   |
| PotenciaGenerable    | MW              | SI         | SI         | Potencia generable en el poste “i” de acuerdo a la disponibilidad de unidades y a la velocidad de viento.                      |
| VVel_x               | m/s             | No         | Si         | Componente de la velocidad de viento en la dirección Este->Oeste del Paso de Tiempo. Solo tiene sentido si el paso es horario. |
| VVel_y               | m/s             | No         | Si         | Componente de la velocidad de viento en la dirección Norte->Sur del Paso de Tiempo. Solo tiene sentido si el paso es horario.  |
| NMaquinasDisponibles | u               | No         | Si         | Cantidad de unidades disponibles en el paso de tiempo.   |
| CostoDirectoDelPaso  | USD             | No         | Si         | Suma de los pagos realizados al generador durante el paso de tiempo.   |

## **5. Grupo Solar.**

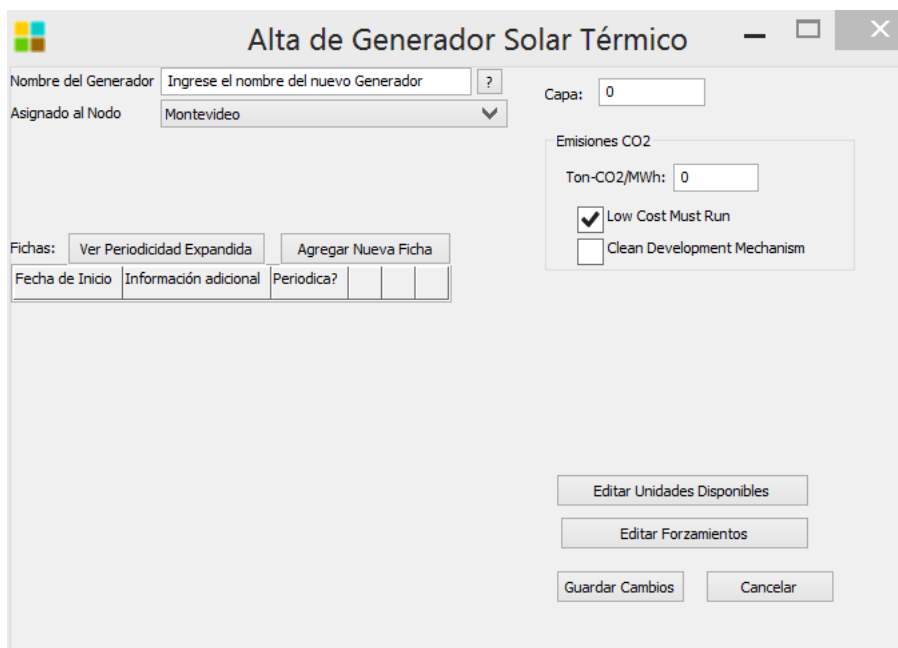
Este grupo contiene los modelos de generador térmico solar y de generador solar fotovoltaico.

## 5.1. Generador Solar Térmico. (beta)

Este modelo es aplicable a centrales de generación basadas en calentamiento de agua en base a energía solar y generación en base a la expansión del vapor de agua en una turbina de gas que sirve de fuerza motriz a un generador eléctrico. La central puede estar compuesta de una o más unidades con mínimo técnico y con despacho por poste.

### 5.1.a) Parámetros Estáticos.

La Fig.23 muestra el formulario de edición de los parámetros estáticos de un Generador Solar Térmico. Como se puede apreciar no hay parámetros especiales sino que se trata de los típicos de cualquier generador. Nombre, Nodo, Capa, Panel para emisiones de CO<sub>2</sub>, la lista de Fichas de Parámetros Dinámicos, y los botones para editar las Unidades y los Forzamientos.

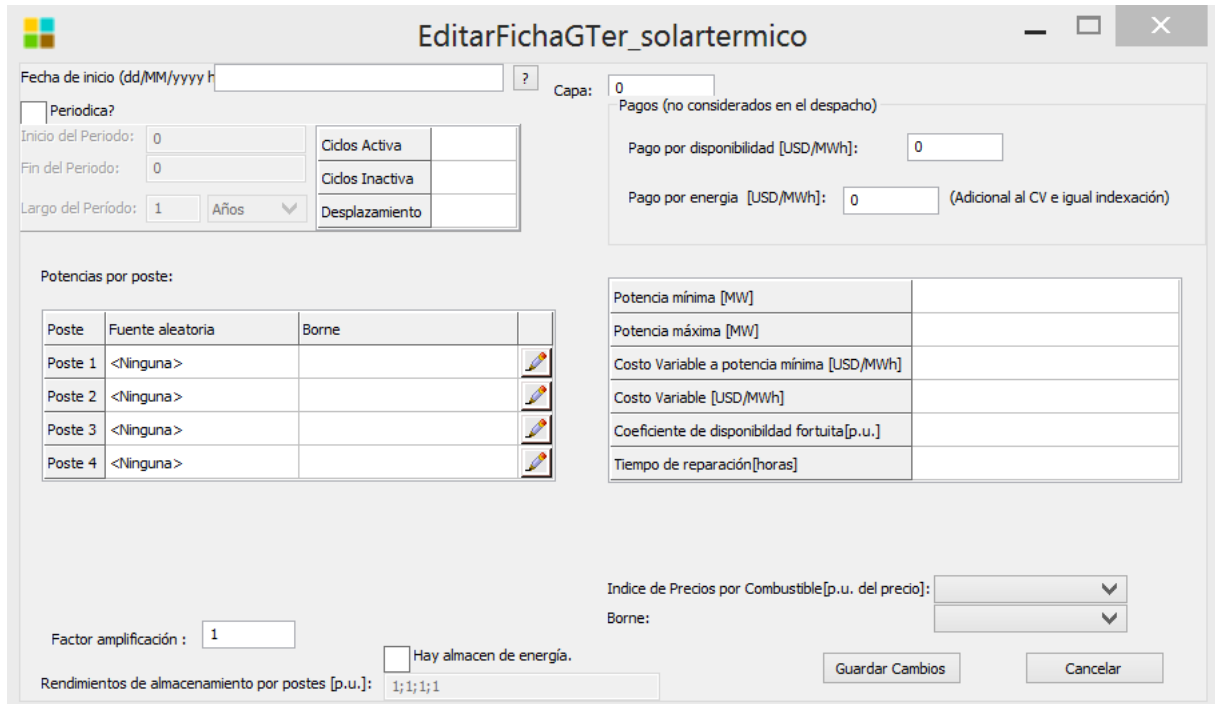


The screenshot shows a window titled "Alta de Generador Solar Térmico". It contains the following elements:

- Nombre del Generador:** A text input field with the placeholder "Ingrese el nombre del nuevo Generador" and a help icon.
- Asignado al Nodo:** A dropdown menu currently showing "Montevideo".
- Capa:** A text input field with the value "0".
- Emisiones CO2:** A section containing:
  - Ton-CO2/MWh:** A text input field with the value "0".
  - Low Cost Must Run
  - Clean Development Mechanism
- Fichas:** A section with two buttons: "Ver Periodicidad Expandida" and "Agregar Nueva Ficha". Below them is a table with columns: "Fecha de Inicio", "Información adicional", and "Periodica?".
- Buttons:** "Editar Unidades Disponibles", "Editar Forzamientos", "Guardar Cambios", and "Cancelar".

Fig. 23: Parámetros estáticos del Generador Solar Térmico.

### 5.1.b) Parámetros Dinámicos.



**EditarFichaGTer\_solartermico**

Fecha de inicio (dd/MM/yyyy h):  ?

Periodica?

Inicio del Periodo:  Cidos Activa:

Fin del Periodo:  Cidos Inactiva:

Largo del Periodo:  Años  Desplazamiento:

Capa:

Pagos (no considerados en el despacho)

Pago por disponibilidad [USD/MWh]:

Pago por energía [USD/MWh]:  (Adicional al CV e igual indexación)

Potencias por poste:

| Poste   | Fuente aleatoria | Borne |
|---------|------------------|-------|
| Poste 1 | <Ninguna>        |       |
| Poste 2 | <Ninguna>        |       |
| Poste 3 | <Ninguna>        |       |
| Poste 4 | <Ninguna>        |       |

|  |                      |
|--|----------------------|
| Potencia mínima [MW]                           | <input type="text"/> |
| Potencia máxima [MW]                           | <input type="text"/> |
| Costo Variable a potencia mínima [USD/MWh]     | <input type="text"/> |
| Costo Variable [USD/MWh]                       | <input type="text"/> |
| Coefficiente de disponibilidad fortuita [p.u.] | <input type="text"/> |
| Tiempo de reparación [horas]                   | <input type="text"/> |

Indice de Precios por Combustible [p.u. del precio]:

Borne:

Factor amplificación:

Hay almacen de energía.

Rendimientos de almacenamiento por postes [p.u.]:

Guardar Cambios Cancelar

Fig. 24: Parámetros dinámicos del Generador Solar Térmico.

En la Fig.24 se muestra la ficha de parámetros dinámicos de un Generador Solar Térmico, como se puede apreciar, tiene lo estándar de cualquier ficha dinámica (Fecha, Periodicidad y Capa).

Arriba a la derecha se tiene el Panel de “Pagos (no considerados para el despacho)” que son el “Pago por disponibilidad [USD/MWh]” expresado en dólares por MW y por hora disponible y el “Pago por Energía [USD/MWh]” expresado en dólares por MWh efectivamente entregado al sistema. Estos pagos no son considerados para el despacho de la central, pero si son considerados en el cálculo del costo operativo del sistema.

La tabla “Potencia por postes” (centro izquierda del formulario) permite seleccionar las fuentes aleatorias que modelan directamente la energía recibida por la central desde los colectores solares en MWh para cada uno de los Postes.

El cuadro del centro izquierda, permite fijar los parámetros de cada unidad de la central:

- “Potencia Mínima [MW]” que es la potencia del mínimo técnico cada unidad generadora.
- “Potencia Máxima [MW]” que es la potencia máxima que puede entregar cada unidad en régimen permanente.
- “Costo Variable a Potencia Mínima [USD/MWh]” que es el costo variable de producción cuando la unidad opera en el mínimo técnico.
- “Costo Variable [USD/MWh]” es el costo variable incremental por la generación por encima del mínimo técnico.

- “Coeficiente de disponibilidad fortuita [p.u.]” que es la probabilidad de encontrar una unidad en estado disponible dado que no se encuentra en un período de mantenimiento programado.
- “Tiempo medio de reparación [horas]” es la cantidad de horas que en promedio dura una unidad en reparación cuando sufre una indisponibilidad fortuita.

Los costos variables antes mencionados, son para utilizar en el caso en que la central utilice un combustible complementario a la energía recibida del sol como complemento en su ciclo térmico. Por ejemplo podría quemar biomasa o un derivado de petróleo. Para poder indexar este costo, está prevista la fuente “Índice de precio de combustible [p.u. del precio]”.

Continuando con la descripción del formulario, abajo a la izquierda se encuentra el “Factor de amplificación” que simplemente multiplica la energía de las fuentes. Este factor permite considerar para un conjunto de fuentes dadas diferentes superficies de colector solar.

El casillero “Hay almacén de energía” permite modelar en forma muy simplificada la posibilidad de almacenar el calor solar para ser utilizado en las horas de máxima demanda. Al marcar este casillero, se habilita el campo “Rendimiento de almacenamiento por poste [p.u.]” en el que hay que introducir los rendimientos a ser aplicados a cada poste por el traslado de las horas de mayor radiación solar a las horas a la que corresponde el poste. Un rendimiento de 1 indica que el poste está formado principalmente por horas de buena radiación solar y por lo tanto si la energía se consume en ese poste no habrá pérdidas por almacenamiento. Un rendimiento bajo indica, que ese poste no recibe radiación directa del sol y que está distante en horas respecto a las horas de mayor radiación y por consiguiente el almacenamiento de la energía en el poste de mayor radiación solar para su consumo en el poste de bajo rendimiento tiene asociado importantes pérdidas de energía.

### **5.1.c) Referencia en los fuentes de SimSEE.**

Fuente: `..src\fc\actores\usolartermico`

Herencia: `TActor>TActorNodal>TActorUniNodal >TGenerador>TSolarTermico`

### **5.1.d) Variables publicadas.**

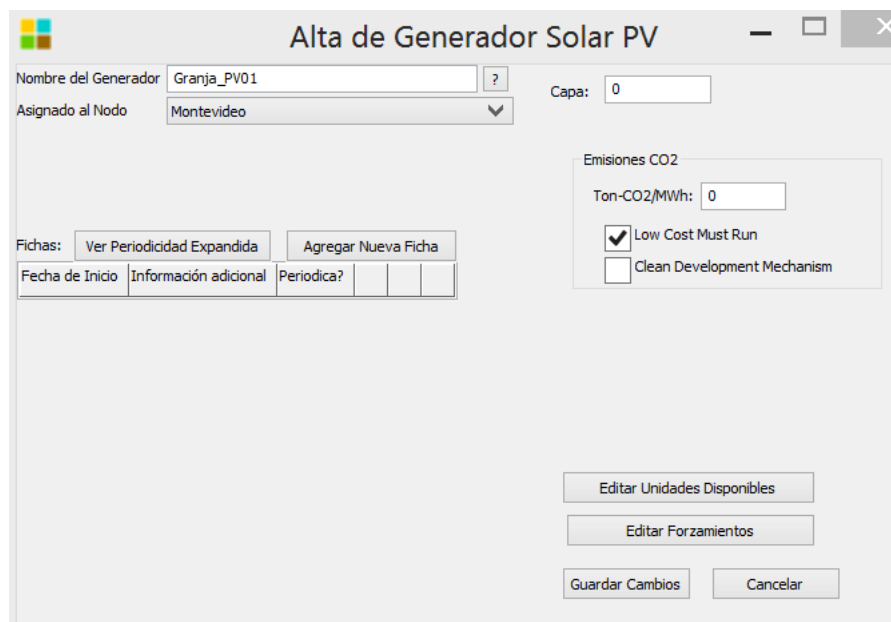
| <b>Nombre</b>               | <b>Unidades</b> | <b>_Pi</b> | <b>SR3</b> | <b>Descripción.</b>   |
|-----------------------------|-----------------|------------|------------|---|
| P                           | MW              | Si         | Si         | Potencia inyectada al nodo en el poste “i”.   |
| Costo                       | USD             | SI         | SI         | Costo a los pago por energía, disponibilidad y al combustible utilizado en el poste “i”.          |
| NMaquinasDespachadas        | u               | Si         | Si         | Cantidad de máquinas despachadas en el poste “i”  |
| CO                          | USD/h           | No         | No         | Costo de operación por unidad trabajando en el mínimo técnico, afectado por el índice de precios. |
| cv                          | USD/MW<br>h     | No         | Si         | Costo variable incremental por encima del mínimo técnico, afectado por el índice de precios.      |
| cve                         | USD/MW<br>h     | No         | Si         | Pago por la energía adicional al cv, afectado por el índice de precios.                           |
| PMax                        | MW              | Si         | Si         | Potencia máxima disponible en el poste “i”  |
| NMaquinasDisponibles        | u               | NO         | Si         | Cantidad de máquinas disponibles en el paso de tiempo.  |
| PMediaDespachada            | MW              | No         | No         | Potencia media despachada en el paso de tiempo.   |
| MaxNMaqsDespachadasEnElPaso | u               | No         | No         | Máxima cantidad de unidades despachadas en el paso de tiempo.                                     |

## 5.2. Generador Solar PV. (beta)

El generador Solar PV está pensado para modelar granjas de paneles fotovoltaicos.

### 5.2.a) Parámetros estáticos.

El formulario para edición de los parámetros estáticos es como el que se muestra en la Fig.25. Como se puede apreciar no hay parámetros especiales sino que se trata de los típicos de cualquier generador. Nombre, Nodo, Capa, Panel para emisiones de CO<sub>2</sub>, la lista de Fichas de Parámetros Dinámicos, y los botones para editar las Unidades y los Forzamientos.




The screenshot shows a software window titled "Alta de Generador Solar PV". It contains several input fields and buttons. The "Nombre del Generador" field is filled with "Granja\_PV01". The "Asignado al Nodo" dropdown menu is set to "Montevideo". The "Capa" field is set to "0". Under "Emisiones CO2", the "Ton-CO2/MWh" field is set to "0". There are two checkboxes: "Low Cost Must Run" which is checked, and "Clean Development Mechanism" which is unchecked. At the bottom of the window, there are four buttons: "Editar Unidades Disponibles", "Editar Forzamientos", "Guardar Cambios", and "Cancelar".

Fig. 25: Edición de un Generador Solar PV.

### 5.2.b) Parámetros dinámicos.

La Fig.26 muestra el formulario de edición de un generador Solar PV.



The screenshot shows a software window titled "EditarFichaSolarPV" with the following fields and sections:

- Fecha de inicio (dd/MM/yyyy h:mn):** A date and time input field.
- Capa:** A numeric input field with the value "0".
- Periodica?** A checkbox.
- Inicio del Periodo:** A numeric input field with the value "0".
- Fin del Periodo:** A numeric input field with the value "0".
- Largo del Periodo:** A numeric input field with the value "1" and a dropdown menu set to "Años".
- Ciclos Activa:** A numeric input field.
- Ciclos Inactiva:** A numeric input field.
- Desplazamiento:** A numeric input field.
- Pagos (no considerados en el despacho):**
  - Pago por energía disponible [USD/MWh]:** A numeric input field with the value "0".
  - Pago por energía entregada [USD/MWh]:** A numeric input field with the value "0".
- Fuente Kt:** A dropdown menu.
- Borne:** A dropdown menu.
- (solo puede ser una fuente de paso horario)** A note.
- Parámetros del generador:**
  - PMax [MW]:** A numeric input field.
  - Disponibilidad [p.u.]:** A numeric input field.
  - Tiempo de Reparación [horas]:** A numeric input field.
  - Area [m2]:** A numeric input field.
  - Rendimiento complejo [pu]:** A numeric input field.
  - Latitud [grados]:** A numeric input field.
  - Longitud [grados]:** A numeric input field.
  - Inclinación [grados]:** A numeric input field.
  - Azimut [grados]:** A numeric input field.
  - Reflectividad del suelo:** A numeric input field.
- Buttons:** "Guardar Cambios" and "Cancelar".

Fig. 26: Parámetros dinámicos del generador Solar PV.

El panel “Pagos (no considerados en el despacho)” permite especificar el pago por energía puesta a disposición y el pago por energía efectivamente entregada.

La “Fuente Kt” permite seleccionar la fuente que genera el índice de nubosidad Kt. Este valor de Kt es utilizado para calcular la radiación solar incidente según la ubicación del panel y el día del año y la hora del día teniendo en cuenta la geometría estelar y el ángulo de colocación de los paneles solares.

El valor “PMax [MW]” permite especificar la potencia pico de la instalación. El valor “Disponibilidad” y “Tiempo de Reparación” dan los parámetros necesarios para crear el modelo de Falla/Reparación de la central.

El “Area” de panel y su “Inclinación” permite calcular la energía incidente en base a la radiación extraterrestre para el día y hora del paso de tiempo y en la “Latitud” y “Longitud” especificados junto con el “Azimut” y la “Reflectividad del suelo”. El “Rendimiento complejo” permite calcular la energía disponible en función de la energía recibida.

### 5.2.c) Referencia en los fuentes de SimSEE.

Fuente: ..src\fc\actores\usolarpv.pas

Herencia: TActor>TActorNodal>TActorUniNodal >TGenerador>TSolarPV

### 5.2.d) Variables publicadas.

| <b>Nombre</b>        | <b>Unidades</b> | <b>_Pi</b> | <b>SR3</b> | <b>Descripción.</b>                                 |
|----------------------|-----------------|------------|------------|---|
| P                    | MW              | Si         | Si         | Potencia inyectada al nodo en el poste “i”.         |
| PMax                 | MW              | No         | Si         | Potencia Máxima disponible en el paso de tiempo.    |
| NMaquinasDisponibles | u               | NO         | Si         | Cantidad de máquinas disponibles                    |
| PMediaDespachada     | MW              | No         | No         | Potencia media despachada en el paso de tiempo.     |
| CostoDirectoDelPaso  | USD             | No         | Si         | Suma de los pagos por disponibilidad y por energía. |

## 6. Grupo Térmicas

Un generador térmico es un generador que utiliza una fuente de calor para generar vapor o gases calientes para expandir en una turbina. Ejemplo de este tipo de generadores son las centrales con caldera de vapor (alimentadas por fueloil, gasoil, biomasa, carbón, nuclear) y centrales con turbinas aeroderivadas que expanden los gases de combustión directamente en la turbina como son las turbinas que queman gas natural o gasoil. Otro ejemplo de generadores térmicos son los motores de combustión quemando fueloil, gasoil, gas natural biocombustibles, etc.

En la Fig.27 se presentan los diferentes tipos de generadores térmicos que pueden ser creados en SimSEE.

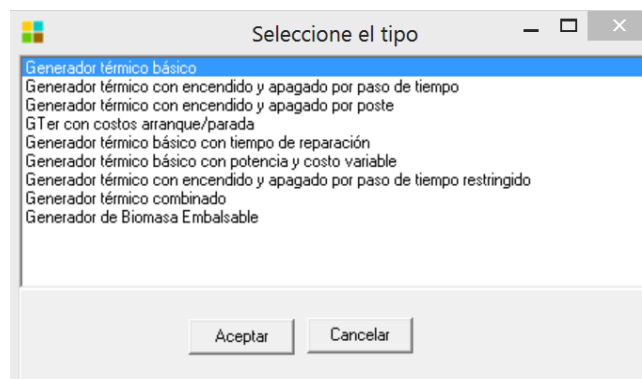
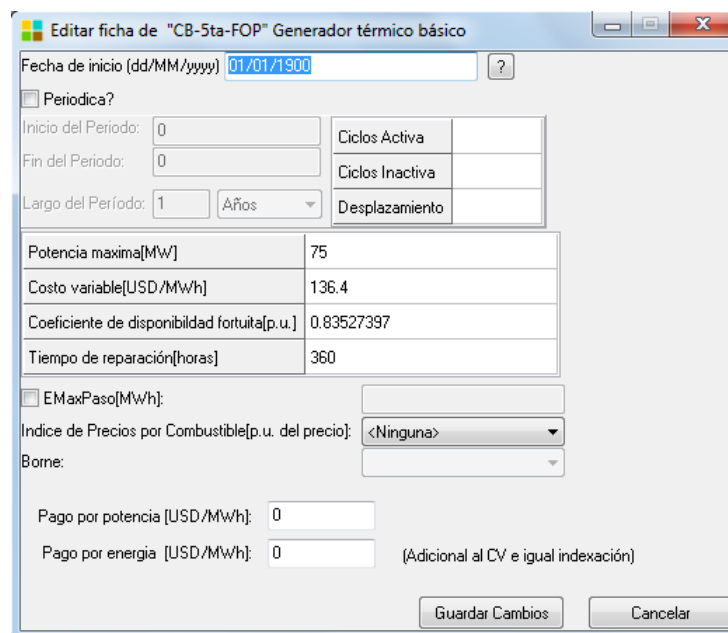


Fig. 27: Generadores térmicos.

## 6.1. Generador térmico básico

El actor “Generador térmico básico” es el que requiere menor cantidad de parámetros y modela en forma más simple los generadores térmicos. En este tipo de generador no se consideran los mínimos técnicos y el costo del MWh asignado es independiente del punto de funcionamiento del generador.

En la figura que se muestra a continuación se presenta el formulario de edición de parámetros dinámicos del Generador térmico básico.



Editar ficha de "CB-5ta-FOP" Generador térmico básico

Fecha de inicio (dd/MM/yyyy) 01/01/1900 ?

Periodica?

Inicio del Periodo: 0 Ciclos Activa

Fin del Periodo: 0 Ciclos Inactiva

Largo del Periodo: 1 Años Desplazamiento

|   |            |
|---|------------|
| Potencia máxima[MW]                           | 75         |
| Costo variable[USD/MWh]                       | 136.4      |
| Coefficiente de disponibilidad fortuita[p.u.] | 0.83527397 |
| Tiempo de reparación[horas]                   | 360        |

EMaxPaso[MWh]:

Indice de Precios por Combustible[p.u. del precio]: <Ninguna>

Borne:

Pago por potencia [USD/MWh]: 0

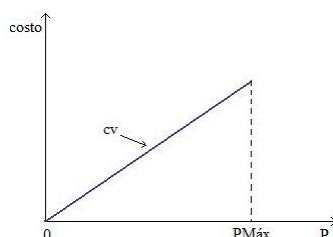
Pago por energía [USD/MWh]: 0 (Adicional al CV e igual indexación)

Guardar Cambios Cancelar

Se debe ingresar el valor de Potencia Máxima (MW), o sea, la máxima potencia que es capaz de suministrar el generador. A los efectos del despacho energético, la potencia de operación del generador puede variar entre 0MW hasta la Potencia Máxima.

El Costo Variable (USD/MWh).

Como se ve en la gráfica el costo total de este generador cuando está despachado a potencia P queda definido por la siguiente ecuación:



$$\text{Costo} = P * cv$$

El resto de los parámetros que se describen a continuación son comunes a todos los tipos de generadores que pueden ser creados en SimSEE.

El Coeficiente de Disponibilidad Fortuita como ya fue explicado en otros casos, es la probabilidad de que el generador se encuentre disponible.

El casillero EMáxPaso permite especificar un máximo de energía entregable por paso en MWh. En el caso en que este casillero este seleccionado, el generador no podrá entregar más energía que el valor que se especifique.

En la barra desplegable Índice de Precios por Combustible (pu del precio) se puede especificar una fuente aleatoria con su borne asociado cuyo cometido será multiplicar la fuente por el costo variable. Si no se especifica una fuente el multiplicador es 1.

El Pago por potencia [USD/MWh] es un pago que puede recibir un generador cuando dispone de potencia puesta a disposición, y lo recibirá siempre que se encuentre disponible. El Pago Por Potencia no se considera para la optimización del despacho de la central.

El Pago por energía [USD/MWh] es un pago adicional al costo variable (cv) que recibe el generador por la energía despachada. Al igual que el pago por potencia este parámetro no interviene en la optimización del despacho económico, es un costo que se adiciona al costo de abastecimiento de la demanda.

- **“Generador térmico básico”**: exporta la potencia generada **P<sub>Pi</sub>** en MW, el costo incurrido **Costo<sub>Pi</sub>** y el número de unidades despachadas **NMaqsDespachadas<sub>Pi</sub>**, por cada poste definido en la Sala, donde i=número de poste. También exporta su costo variable de generación considerado para el despacho **cv** y el pago adicional por energía entregada **cve** (en caso que lo tenga) en USD/MWh, así como el monto generado debido a los pagos por potencia (**IngresoPorDisponibilidad**) y por energía (**IngresoPorEnergia**), en USD.
- En la figura se muestran los valores correspondientes al Actor “CB-5ta-FOP” en una corrida de paso semanal para la cual se definieron 4 postes (P1, P2, P3 y P4) de duración 5, 30, 91 y 42 horas respectivamente, para los primeros pasos de la primer crónica resultado de la simulación:

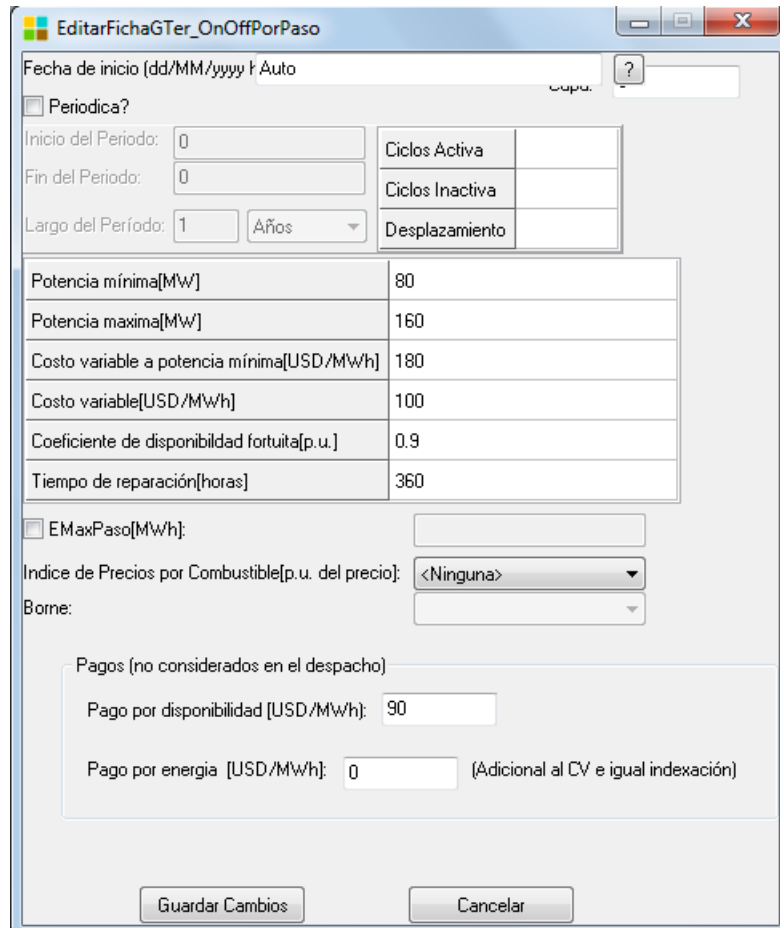
| CRONICA: | 1          |            |            |            |            |            |            |              |            |
|----------|------------|------------|------------|------------|------------|------------|------------|--------------|------------|
| -        | -          | CB-5ta-FOP | CB-5ta-FOP | CB-5ta-FOP | CB-5ta-FOP | CB-5ta-FOP | CB-5ta-FOP | CB-5ta-FOP   | CB-5ta-FOP |
| -        | -          | [MW]       | [MW]       | [MW]       | [MW]       | [USD]      | [USD]      | [USD]        | [USD]      |
| -        | -          | P_P1       | P_P2       | P_P3       | P_P4       | Costo_P1   | Costo_P2   | Costo_P3     | Costo_P4   |
| Paso     | FechaInic  | 1          | 2          | 3          | 4          | 1          | 2          | 3            | 4          |
| 1        | 27/04/2013 | 0,00       | 0,00       | 0,00       | 0,00       | 0,00       | 0,00       | 0,00         | 0,00       |
| 2        | 04/05/2013 | 0,00       | 0,00       | 0,00       | 0,00       | 0,00       | 0,00       | 0,00         | 0,00       |
| 3        | 11/05/2013 | 77,00      | 77,00      | 77,00      | 77,00      | 82.775,00  | 496.650,00 | 1.506.510,00 | 695.310,00 |
| 4        | 18/05/2013 | 0,00       | 0,00       | 0,00       | 0,00       | 0,00       | 0,00       | 0,00         | 0,00       |
| 5        | 25/05/2013 | 77,00      | 77,00      | 77,00      | 77,00      | 82.775,00  | 496.650,00 | 1.506.510,00 | 695.310,00 |

| CB-5ta-FOP | CB-5ta-FOP | CB-5ta-FOP | CB-5ta-FOP | CB-5ta-FOP | CB-5ta-FOP | CB-5ta-FOP               | CB-5ta-FOP        |
|------------|------------|------------|------------|------------|------------|--------------------------|-------------------|
| -          | -          | -          | -          | [USD/MWh]  | [USD/MWh]  | [USD]                    | [USD]             |
| NMaqsDes   | NMaqsDes   | NMaqsDes   | NMaqsDes   | cv         | cve        | IngresoPorDisponibilidad | IngresoPorEnergia |
| 1          | 2          | 3          | 4          | 0          | 0          | 0                        | 0                 |
| 0,00       | 0,00       | 0,00       | 0,00       | 206,50     | 0,00       | 0,00                     | 0,00              |
| 0,00       | 0,00       | 0,00       | 0,00       | 215,00     | 0,00       | 0,00                     | 0,00              |
| 1,00       | 1,00       | 1,00       | 1,00       | 215,00     | 0,00       | 0,00                     | 0,00              |
| 0,00       | 0,00       | 0,00       | 0,00       | 215,00     | 0,00       | 0,00                     | 0,00              |
| 1,00       | 1,00       | 1,00       | 1,00       | 215,00     | 0,00       | 0,00                     | 0,00              |

- En el ejemplo mostrado puede verse que dicha máquina térmica se despacha a pleno (77 MW) en los pasos 3 y 5, no despachándose en los pasos 1, 2 y 4. Con un cvar asociado de 215 USD/MWh, sin cve definido y sin ingresos por pagos por disponibilidad o energía, el costo de despacho asociado a cada poste será  $215 \text{ USD/MWh} \times 77 \text{ MW} \times \text{Dur.Poste(h)}$ .

## 6.2. Generador térmico con encendido y apagado por paso de tiempo

En este tipo de generador se debe especificar la potencia mínima y potencia máxima de funcionamiento con sus respectivos costos variables.



|  |     |
|--|-----|
| Potencia mínima[MW]                          | 80  |
| Potencia máxima[MW]                          | 160 |
| Costo variable a potencia mínima[USD/MWh]    | 180 |
| Costo variable[USD/MWh]                      | 100 |
| Coeficiente de disponibilidad fortuita[p.u.] | 0.9 |
| Tiempo de reparación[horas]                  | 360 |

La Potencia Mínima, también conocida como “mínimo técnico” del generador, es el mínimo valor de potencia al que se puede operar el generador en forma estable cuando es acoplado a la red eléctrica.

La Potencia Máxima es el límite superior de potencia que el generador es capaz de entregar en régimen permanente.

El Costo Variable a Potencia Mínima  $cv_{min}$  es el costo en USD/MWh de suministrar energía a Potencia Mínima ( $P_{min}$ ).

El Costo Variable es el costo incremental  $cv$  en USD/MWh de suministrar incrementos de energía por encima del mínimo técnico.

El costo de producción para una Potencia  $P \geq P_{min}$  queda determinado por la ec.1.

$$USD/h = P_{min} * cv_{min} + (P - P_{min}) * cv$$

ec.(1) Costo de producción a una potencia dada.

En la figura 28 se grafica el costo de producción y se marcan los costos variables al mínimo técnico e incremental.

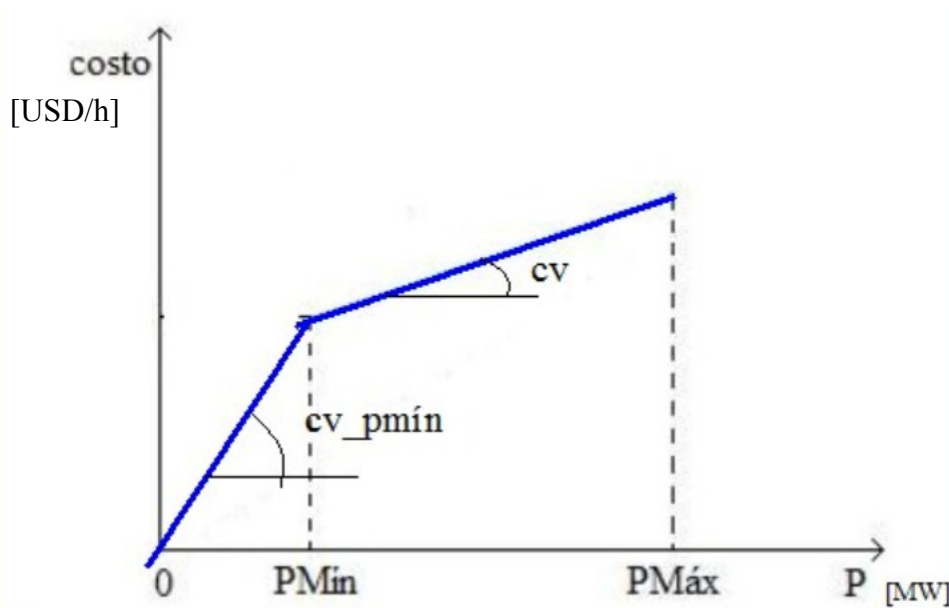


Fig. 28: Costo de producción de una central térmica con mínimo técnico.

Por ser un generador térmico definido con encendido y apagado por paso de tiempo, si el generador es despachado en un poste debe ser despachado en todos los postes del paso de tiempo.

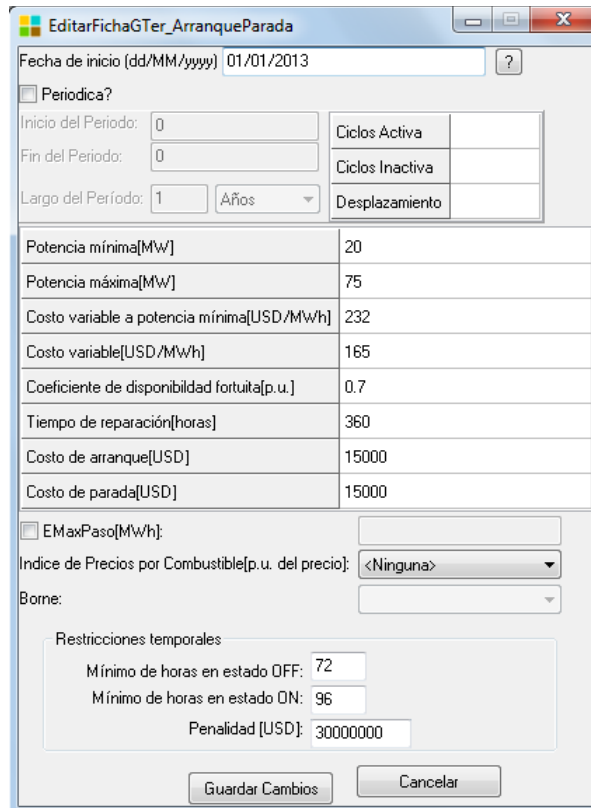
### 6.3. Generador térmico con encendido y apagado por poste

Este tipo de generador tiene la misma ficha de parámetros dinámicos que el *Generador térmico con encendido y apagado por paso de tiempo*. La única diferencia que presenta respecto al *Generador térmico con encendido y apagado por paso de tiempo* es que puede ser despachado en un poste sin necesidad de ser despachado en todo el paso de tiempo.

## 6.4. Generador térmico con costos arranque/parada

Para este tipo de generador se debe ingresar al igual que los dos casos anteriores, los datos de potencia máxima y mínima, y los costos variables en el mínimo técnico e incremental. Además este modelo permite adicionalmente especificar un costo de arranque y/o parada (USD) y restricciones temporales.

En la figura a continuación se muestra la ficha de edición de parámetros dinámicos de este tipo de generador.



The screenshot shows a software window titled "Editar Ficha GTer\_ArranqueParada" with the following fields and values:

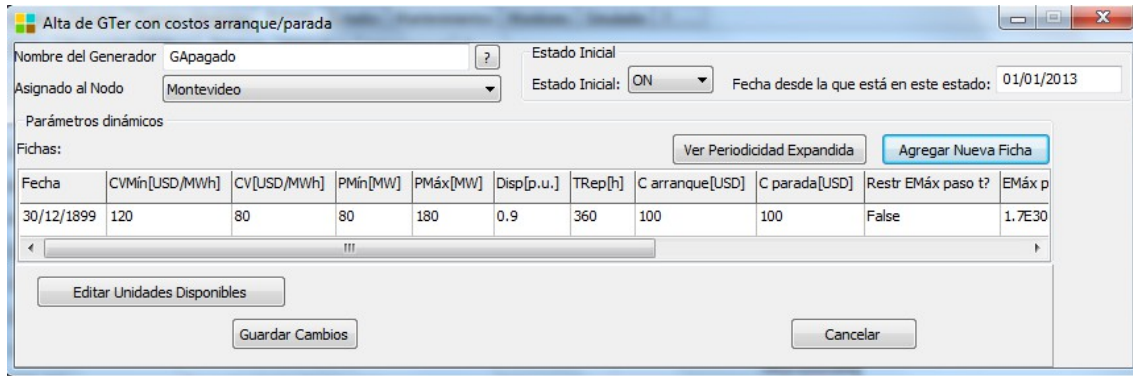
- Fecha de inicio (dd/MM/yyyy): 01/01/2013
- Periodica?:
- Inicio del Periodo: 0
- Fin del Periodo: 0
- Largo del Periodo: 1 Años
- Ciclos Activa: [empty]
- Ciclos Inactiva: [empty]
- Desplazamiento: [empty]
- Potencia mínima[MW]: 20
- Potencia máxima[MW]: 75
- Costo variable a potencia mínima[USD/MWh]: 232
- Costo variable[USD/MWh]: 165
- Coefficiente de disponibilidad fortuita[p.u.]: 0.7
- Tiempo de reparación[horas]: 360
- Costo de arranque[USD]: 15000
- Costo de parada[USD]: 15000
- EMaxPaso[MWh]: [empty]
- Indice de Precios por Combustible[p.u. del precio]: <Ninguna>
- Borne: [empty]
- Restricciones temporales:
  - Mínimo de horas en estado OFF: 72
  - Mínimo de horas en estado ON: 96
  - Penalidad [USD]: 30000000

Buttons at the bottom: "Guardar Cambios" and "Cancelar".

Las Restricciones temporales son posibles restricciones de tiempo en la operación del generador. Las restricciones que pueden ser especificadas son *Mínimo de horas en estado OFF* y *Mínimo de horas en estado ON*. Esto implica que una vez que el generador sale de servicio deberá estar la cantidad de horas especificada en ese estado y análogamente si está operando deberá estar como mínimo la cantidad de horas especificadas. Sin embargo se cuenta con la posibilidad de pagar una penalidad para interrumpir cualquiera de estos dos estados antes del tiempo especificado.

Las restricciones temporales no tienen aplicación durante la Optimización. Son aplicables solamente durante la simulación.

Para tener en cuenta los costos de arranque y parada de un generador térmico se debe considerar el estado de la máquina como una variable de estado adicional de la función de Costo Futuro del sistema. Cuando se crea este generador se debe especificar su Estado Inicial (ON/OFF) y la fecha desde que está en ese estado.



Alta de GTer con costos arranque/parada

Nombre del Generador: GApagado Estado Inicial: ON Fecha desde la que está en este estado: 01/01/2013

Asignado al Nodo: Montevideo

Parámetros dinámicos

Fichas: Ver Periodicidad Expandida Agregar Nueva Ficha

| Fecha      | CVMin[USD/MWh] | CV[USD/MWh] | PMin[MW] | PMáx[MW] | Disp[p.u.] | TRep[h] | C arranque[USD] | C parada[USD] | Restr EMáx paso t? | EMáx p |
|------------|----------------|-------------|----------|----------|------------|---------|-----------------|---------------|--------------------|--------|
| 30/12/1899 | 120            | 80          | 80       | 180      | 0.9        | 360     | 100             | 100           | False              | 1.7E30 |

Editar Unidades Disponibles Guardar Cambios Cancelar

Sea  $CF(\{x, A\}, k)$  la función de Costo Futuro al final del paso de tiempo ( $k$ ). Donde  $\{x, A\}$  es la variable de estado del sistema y en la que se ha diferenciado el estado del resto del sistema “ $x$ ” del estado de la máquina representado por la variable booleana “ $A$ ”.

Si al inicio del paso de tiempo  $A=0$  (la máquina está apagada), las opciones de operación durante el paso de tiempo son NO PRENDERLA (al final del paso de tiempo  $A=0$ ) o PRENDERLA lo que significa que  $A=1$ .

El costo de la central cuando al inicio del paso de tiempo está apagada se calcula con la siguiente expresión:

$$\text{costo} = (cv * p + cv\_PMin * PMin * A) * DurPaso + cArranque * A + (CF(\{x, 1\}, k) - CF(\{x, 0\}, k)) * A$$

Dónde:

$p = P - PMin$  ( $p$  es la potencia por encima del mínimo técnico)

$P = PMin * A + p$  ( $P$  es la potencia total despachada)

$p \leq A * (Pmáx - Pmín)$  (Restricción de generación por el estado)

$cv$  es el costo variable por encima del mínimo técnico

$cv\_PMin$  es el costo variable a  $PMin$ .

El costo de arranque se multiplica por  $A$ , Si  $A=1$  se enciende la central y  $A=0$  la central permanece apagada.

El término  $(CF(x, 1, k) - CF(x, 0, k)) * A$  refleja la diferencia en la función de Costo Futuro que se ocasiona por el cambio de estado de la central al pasar de  $A=0$  a  $A=1$ .

Si la central se encuentra encendida al inicio del paso de tiempo, el costo se calcula como:

$$\text{costo} = (cv * p + cv\_PMin * PMin * A) * DurPaso + cParada * (1-A) + (CF(\{x, 0\}, k) - CF(\{x, 1\}, k)) * (1-A)$$

Si la central está encendida y continúa encendida,  $(1-A)$  vale cero y el costo del paso se reduce a  $\text{costo} = (cv * p + cv\_PMin * PMin) * DurPaso$ .

Si se decide apagar la central, se debe pagar el costo de parada.

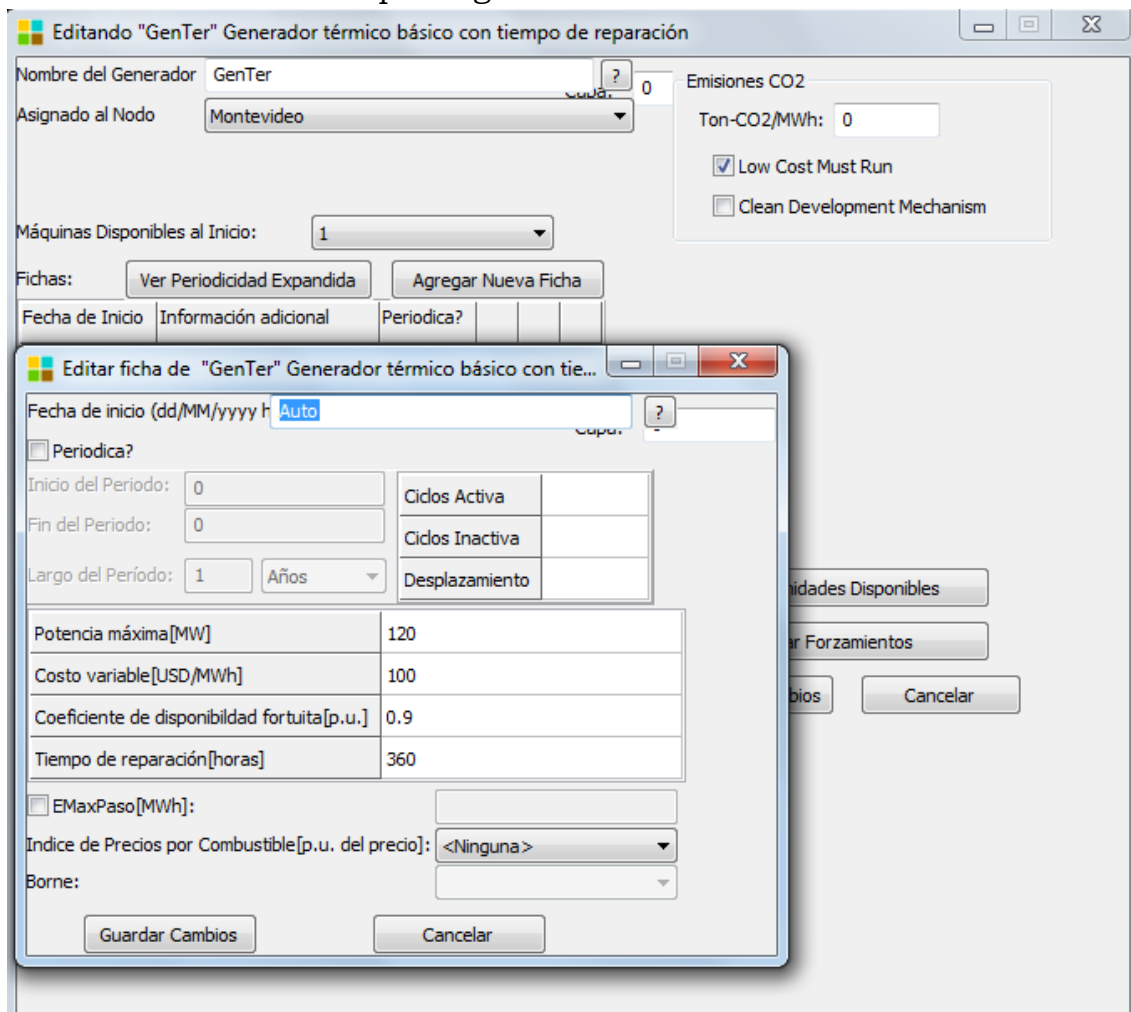
El término  $(CF(x, 0, k) - CF(x, 1, k)) * (1-A)$  refleja la diferencia en la función de Costo Futuro que se ocasiona por el cambio de estado de la central al pasar de  $A=1$  a  $A=0$ .

Dependiendo de la dimensión de la central respecto del sistema en su conjunto y del costo de arranque y de parada en comparación con el costo de suministro de la demanda en un paso de tiempo, los términos que involucran la diferencia de la función de Costo Futuro serán más o menos relevantes y en algunas circunstancias podrán despreciarse.

## 6.5. Generador térmico básico con tiempo de reparación

La única diferencia de este tipo de generador respecto al generador térmico básico, es que en este caso se debe especificar si el generador se encuentra disponible al inicio de la simulación.

En la figura a continuación se muestra la *Ficha de Edición* y la *Ficha de Parámetros Dinámicos* de este tipo de generador.



The screenshot displays the SimSEE software interface for editing a 'GenTer' generator. The main window, titled 'Editando "GenTer" Generador térmico básico con tiempo de reparación', contains the following fields and controls:

- Nombre del Generador:** GenTer
- Asignado al Nodo:** Montevideo
- Emisiones CO2:** Ton-CO2/MWh: 0
- Máquinas Disponibles al Inicio:** 1
- Checkboxes:**  Low Cost Must Run,  Clean Development Mechanism
- Buttons:** Ver Periodicidad Expandida, Agregar Nueva Ficha
- Form:** Fecha de Inicio, Información adicional, Periodica?

An overlaid modal dialog box, titled 'Editar ficha de "GenTer" Generador térmico básico con tie...', provides dynamic parameters:

- Fecha de inicio (dd/MM/yyyy h):** Auto
- Periodica?:**
- Inicio del Periodo:** 0
- Fin del Periodo:** 0
- Largo del Período:** 1 Años
- Table:**

|                 |  |
|-----------------|--|
| Ciclos Activa   |  |
| Ciclos Inactiva |  |
| Desplazamiento  |  |
- Table of Parameters:**

|   |     |
|---|-----|
| Potencia máxima[MW]                           | 120 |
| Costo variable[USD/MWh]                       | 100 |
| Coefficiente de disponibilidad fortuita[p.u.] | 0.9 |
| Tiempo de reparación[horas]                   | 360 |
- Other Fields:** EMaxPaso[MWh]:, Indice de Precios por Combustible[p.u. del precio]: <Ninguna>, Borne:
- Buttons:** Guardar Cambios, Cancelar

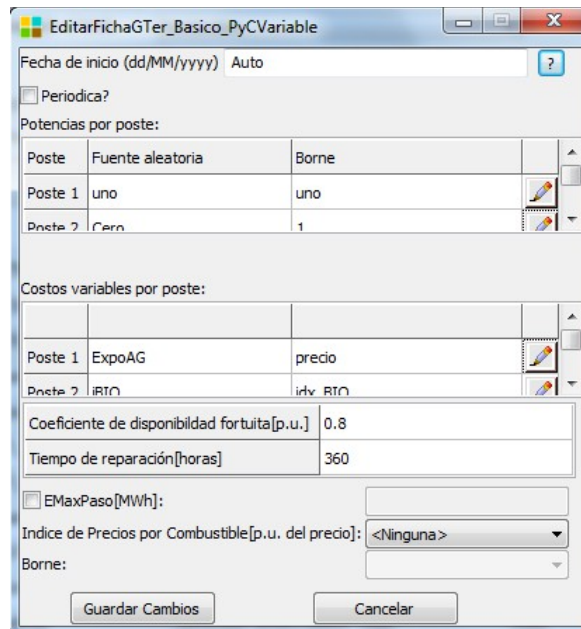
En el campo selector *Máquinas Disponibles al Inicio* se debe especificar el valor 1 en el caso en que el generador se encuentre disponible al inicio de la simulación y 0 si no se encuentra disponible.

Se observa que la Ficha de Parámetros Dinámicos es idéntica a la del Generador Térmico Básico, que fue descrita en el apartado 2.1.4.1

## 6.6. Generador térmico básico con potencia y costo variable

Este tipo de generador es un generador simple, que puede ofertar en cada uno de los postes definidos en el estudio una potencia entre 0 y el valor que obtiene de fuentes aleatorias y a un precio que obtiene de otras fuentes aleatorias.

En la figura a continuación se muestra la ficha de parámetros dinámicos de este tipo de generador.



Fecha de inicio (dd/MM/yyyy) Auto

Periodica?

Potencias por poste:

| Poste   | Fuente aleatoria | Borne |
|---------|------------------|-------|
| Poste 1 | uno              | uno   |
| Poste 2 | Cero             | 1     |

Costos variables por poste:

| Poste   | Fuente aleatoria | Borne   |
|---------|------------------|---------|
| Poste 1 | ExpoAG           | precio  |
| Poste 2 | iRTD             | idv RTD |

Coeficiente de disponibilidad fortuita [p.u.] 0.8

Tiempo de reparación [horas] 360

EMaxPaso [MWh]:

Indice de Precios por Combustible [p.u. del precio]: <Ninguna>

Borne:

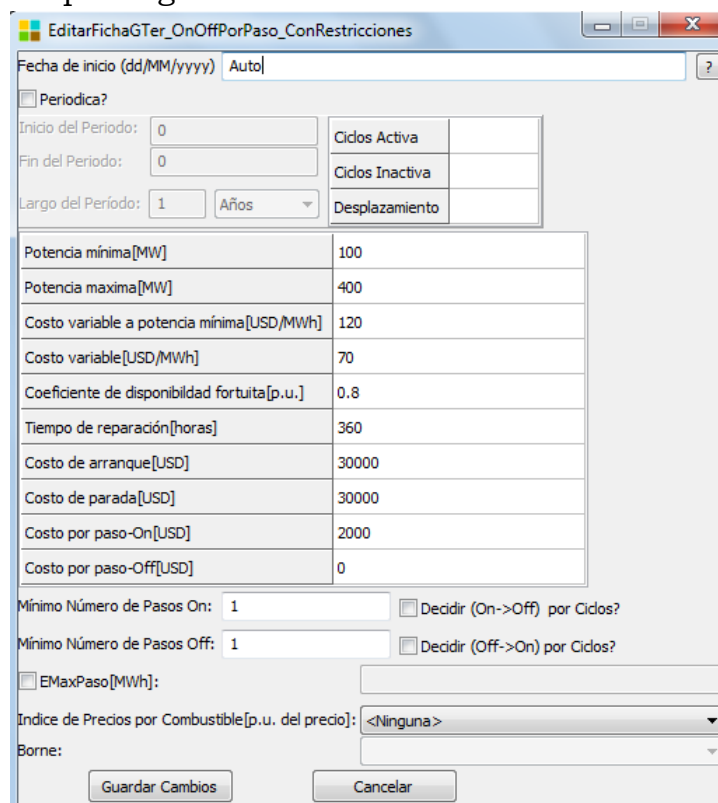
Guardar Cambios Cancelar

Para el Poste 1 la potencia que puede ofertar será entre 0 y el valor de la fuente aleatoria seleccionada en dicho poste y el costo variable de la energía será el indicado en la fuente aleatoria seleccionada en el Poste 1. Análogamente para el resto de los Postes.

## 6.7. Generador térmico con encendido y apagado por paso de tiempo restringido

Cuando se crea un generador de este tipo, además de ingresar el nombre y asignarle el nodo al que se conecta, se deben definir el estado inicial del mismo (apagado/encendido) y el número de pasos de tiempo que debe estar en ese estado inicial.

En la figura a continuación se muestra la ficha de Edición de los parámetros dinámicos de este tipo de generador.



|   |       |
|---|-------|
| Potencia mínima[MW]                           | 100   |
| Potencia máxima[MW]                           | 400   |
| Costo variable a potencia mínima[USD/MWh]     | 120   |
| Costo variable[USD/MWh]                       | 70    |
| Coefficiente de disponibilidad fortuita[p.u.] | 0.8   |
| Tiempo de reparación[horas]                   | 360   |
| Costo de arranque[USD]                        | 30000 |
| Costo de parada[USD]                          | 30000 |
| Costo por paso-On[USD]                        | 2000  |
| Costo por paso-Off[USD]                       | 0     |

Adicionalmente a los parámetros de mínimo técnico con su respectivo costo variable, potencia máxima y costo variable incremental y costos de arranque y parada, es posible especificar un "Costo Por Paso ON" y un "Costo Por Paso OFF" que corresponde al costo en USD por cada paso en que el generador se encuentre encendido o apagado respectivamente, independientemente de la potencia que pueda estar entregando.

También es posible especificar los parámetros "Mínimo Número de Pasos On" y "Mínimo Número de Pasos Off" que imponen las restricciones de cantidad de pasos ON y Off mínimos del generador.

Cuando el generador se enciende, deberá pasar por lo menos un "Mínimo Número de Pasos On" antes de poder tomar la decisión de apagarlo. En forma similar, una vez que la central es apagada, deberá pasar por lo menos un "Mínimo Número de Pasos Off" para que la central pueda ser encendida.

Si el casillero "Decidir (On->Off) por Ciclos?" está marcado, sólo se podrá decidir apagar la central cuando se hayan cumplido exactamente el "Mínimo Número de Pasos On" o sea, se podrá apagar el generador después del número de pasos en que la central está prendida o en múltiplos de esa cantidad.

En forma análoga si el casillero "Decidir (Off->On) por Ciclos?" está marcado, se debe tomar la decisión de encender la central solo cuando haya pasado el "Mínimos Número de Pasos Off", o sea, se podrá encender la central después del número de pasos de tiempo en que la central debe estar apagada o múltiplos de esa cantidad.

Si estos casilleros no están marcados, las decisiones de On u Off se pueden tomar en cualquier paso de tiempo una vez superado los mínimos respectivos.

## 6.8. Generador térmico combinado

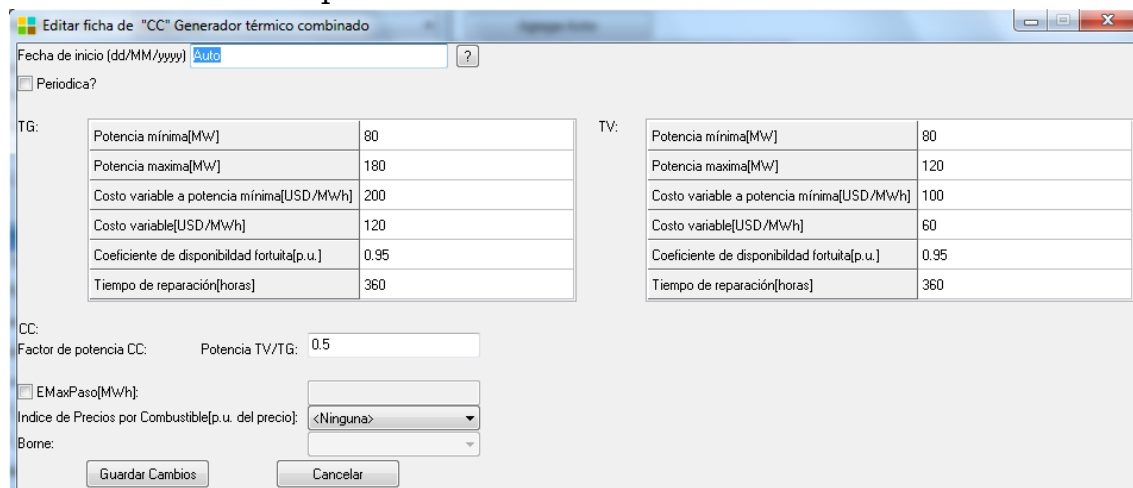
Las centrales de ciclo combinado cuentan con más de una turbina capaz de generar energía eléctrica y por ello tienen una importante flexibilidad de operación debido a que pueden funcionar en distintas configuraciones o modos de operación.

Una central de este tipo puede funcionar solo con las turbinas a gas, sin operar la turbina a vapor, en cuyo caso se habla de operación en ciclo abierto.

Se considera operación normal cuando la central opera con el ciclo cerrado, estando todas las turbinas por encima de su mínimo técnico.

El modelado de las Centrales de CC en SimSEE se realiza por sus componentes, es decir, en la misma ficha de parámetros dinámicos del actor se modelan cada unidad TG y TV individualmente.

En la figura a continuación se muestra la ficha de edición de los parámetros dinámicos de este tipo de actor.



Fecha de inicio (dd/MM/yyyy)  ?

Periódica?

| TG:   |      | TV:   |      |
|---|------|---|------|
| Potencia mínima[MW]                           | 80   | Potencia mínima[MW]                           | 80   |
| Potencia máxima[MW]                           | 180  | Potencia máxima[MW]                           | 120  |
| Costo variable a potencia mínima[USD/MWh]     | 200  | Costo variable a potencia mínima[USD/MWh]     | 100  |
| Costo variable[USD/MWh]                       | 120  | Costo variable[USD/MWh]                       | 60   |
| Coefficiente de disponibilidad fortuita[p.u.] | 0.95 | Coefficiente de disponibilidad fortuita[p.u.] | 0.95 |
| Tiempo de reparación[horas]                   | 360  | Tiempo de reparación[horas]                   | 360  |

CC:  
 Factor de potencia CC:  Potencia TV/TG:

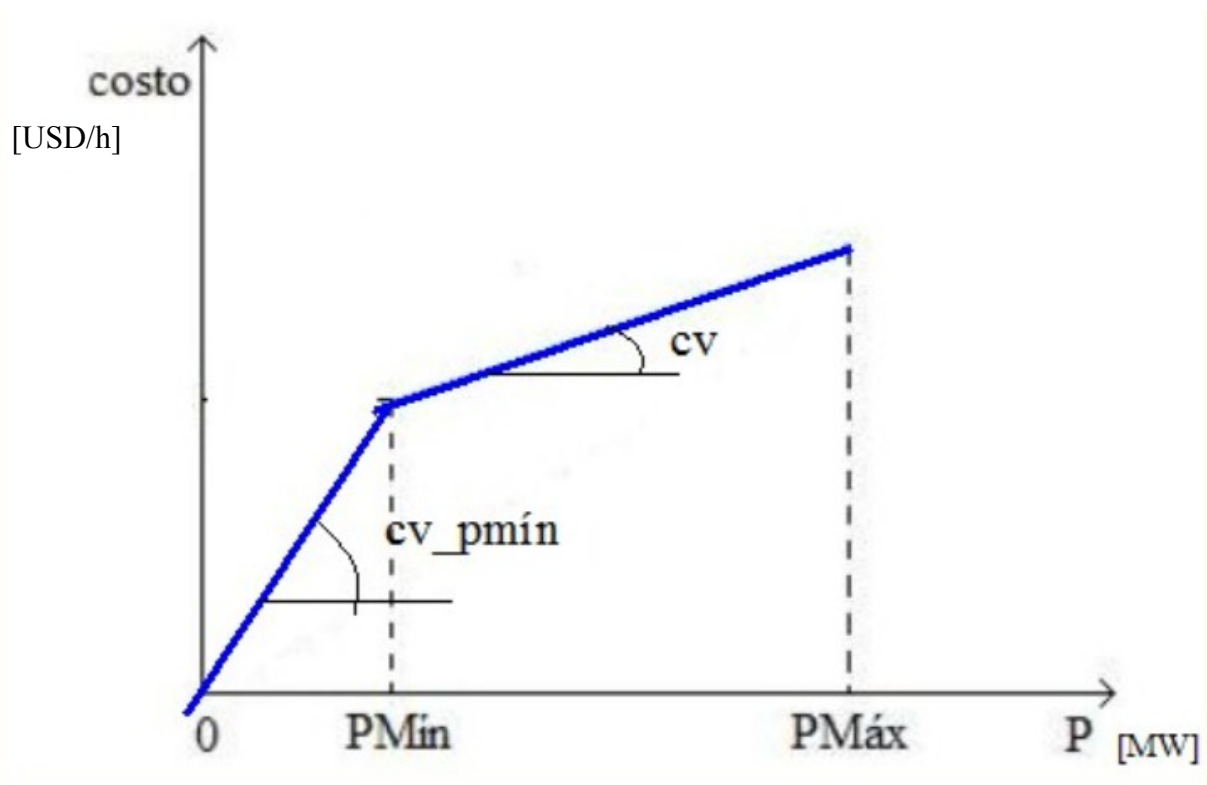
EMaxPaso[MWh]:

Indice de Precios por Combustible[p.u. del precio]:

Borne:

Se observa que para cada unidad TG y TV se deben ingresar la Potencia mínima (MW), la Potencia máxima (MW), el costo variable a potencia mínima (USD/MWh), costo variable (USD/MWh), coeficiente de disponibilidad fortuita (p.u.) y el Tiempo de reparación (horas).

Para las unidades TG y TV, el costo de producción para una Potencia P queda determinado por la siguiente expresión:

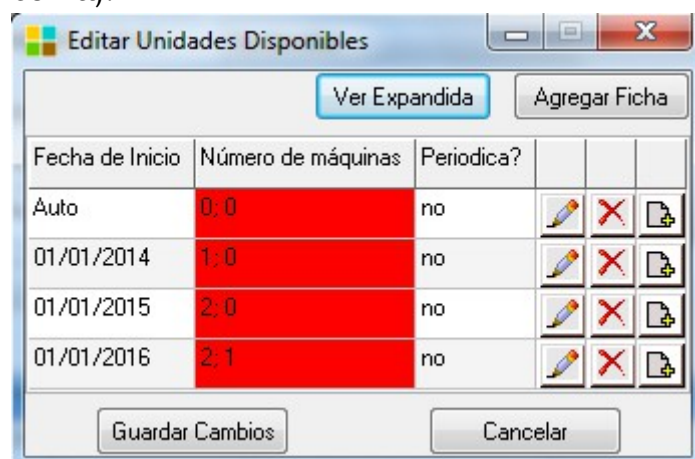


$P = cv\_PMín * PMín + cv*(P-PMín)$  si la central se encuentra en operación y 0 (cero) si se encuentra apagada.

Para modelar el acoplamiento termodinámico se debe ingresar el parámetro llamada “Factor de potencia CC” que representa la siguiente relación:

Factor de Potencia CC: Potencia TV / Potencia TG

En la ventana “Editar Unidades Disponibles” se debe especificar la cantidad de unidades TG y TV disponibles del ciclo combinado separadas por ; (punto y coma).



| Fecha de Inicio | Número de máquinas | Periodica? |  |  |  |
|-----------------|--------------------|------------|--|--|--|
| Auto            | 0;0                | no         |  |  |  |
| 01/01/2014      | 1;0                | no         |  |  |  |
| 01/01/2015      | 2;0                | no         |  |  |  |
| 01/01/2016      | 2;1                | no         |  |  |  |

En el ejemplo de la figura se observa que:

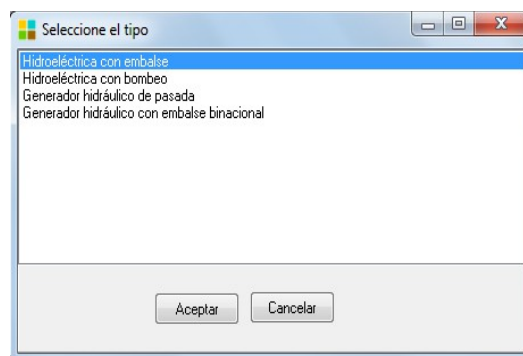
- A partir del 01/01/2014 y hasta en el 31/12/2014 hay solo una unidad TG,
- A partir del 01/01/2015 y hasta el 31/12/2015 hay dos unidades TG y
- A partir del 01/01/2016 hay dos unidades TG y una unidad TV.



## 7. Grupo Hidráulicas

Con el grupo de actores de la solapa Hidráulicas es posible modelar centrales hidroeléctricas de pasada, con embalse, con embalse binacional y con bombeo. Cualquiera sea la central que se desee modelar, en todos los casos, será necesario especificar el nombre de la central, el nodo de conexión, la cantidad de unidades disponibles de generación (turbinas) y la fuente de aportes con su respectivo borne.

En la figura a continuación se muestran los diferentes tipos de centrales hidroeléctricas disponibles en SimSEE.



## 7.1. Hidroeléctrica con embalse

En este apartado se realiza una breve descripción conceptual de las centrales hidroeléctricas con embalse y las variables requeridas en SimSEE.

Para este tipo de central es necesario especificar los parámetros del embalse y sus respectivas restricciones en los límites del volumen de agua almacenada.

El volumen al final del paso de tiempo  $V_{fin,i}$  se calcula como el volumen al inicio  $V_{ini,i}$ , más el volumen que ingresa al lago por el escurrimiento propio de su cuenca o por caudales liberados en centrales aguas arriba  $A_i$  menos los volúmenes turbinados en cada poste, menos el volumen que sea necesario verter sin turbinar  $Z_i$  y menos las pérdidas por evaporación y por filtración del embalse  $R_i$ .

La ecuación para calcular el volumen final (para la central i) sería:

$$V_{fin,i} = V_{ini,i} + A_i - \sum_{j=1}^{j=NPostes} \frac{P_{i,j} \cdot durpos_j}{ce} - Z_i - R_i$$

Donde el volumen turbinado en el poste  $j$  es:  $\frac{P_{i,j} \cdot durpos_j}{ce}$ , siendo  $ce$  el coeficiente energético y  $P_{i,j} \cdot durpos_j$  es la potencia entregada en el poste  $j$  multiplicada por la duración del poste  $j$ .

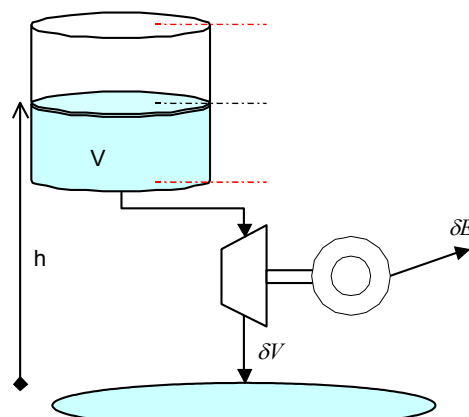
El coeficiente energético queda determinado por la función  $\delta E = ce \cdot \delta V$ , es decir es el factor que dado un volumen turbinado  $\delta V$  nos permite calcular la energía generada y entregada por la central a la red eléctrica.

En la figura a continuación se muestra una representación esquemática de una central hidroeléctrica con embalse.

En la figura a continuación se muestra una representación esquemática de una central hidroeléctrica con embalse.

Donde:

- $V$  Es el volumen del agua que se encuentra en el embalse.
- $h$  Es la diferencia de altura entre el desagüe de la turbina y la superficie del lago.
- $\delta V$  es el volumen turbinado
- $\delta E$  es la energía generada por la turbina



### Representación esquemática de central hidroeléctrica con embalse

Considerando la altura  $h$  desde el nivel de salida de la turbina hidráulica hasta la superficie del lago, podemos escribir el coeficiente energético como:

$$ce = h \cdot \rho \cdot g \cdot \eta$$

Dónde:

- $\rho$  Es la densidad del agua. (1000kg/m<sup>3</sup>)
- $g$  Es la constante gravitatoria. (9.8m/s<sup>2</sup>)
- $\eta$  Es el rendimiento complejo de la turbina y del generador eléctrico.

Como se puede apreciar, la ecuación del volumen turbinado en función de la energía generada por la central es una aproximación dado que el coeficiente energético varía en función del salto ( $h$ ) útil. El salto útil puede variar en función del nivel del lago o por la variación de la cota aguas abajo. La cota aguas abajo debido al propio turbinado. El coeficiente energético también varía al variar el rendimiento de la turbina que no es constante para todo caudal. Para cada paso de tiempo SimSEE debe determinar el valor del coeficiente energético que mejor aproxime a la relación Energía Generada / Volumen Turbinado. En el planteo del problema de despacho, se deben imponer las restricciones del lago de máximo y mínimo del volumen embalsado.

$$V_{fin,i} - V_{min,i} = V_{ini,i} + A_i - \sum_{j=1}^{j=NPostes} \frac{P_{i,j} \cdot durpos_j}{ce} - Z_i - R_i - V_{min,i} \geq 0$$

$$V_{máx,i} - V_{fin,i} = V_{máx,i} - \left( V_{ini,i} + A_i - \sum_{j=1}^{j=NPostes} \frac{P_{i,j} \cdot durpos_j}{ce} - Z_i - R_i \right) \geq 0$$

En la figura a continuación se muestra la *Ficha de Parámetros Dinámicas* de una central hidroeléctrica con embalse.

Editar ficha de "Bonete" Hidroeléctrica con embalse

Fecha de inicio (dd/MM/yyyy) 01/01/1900 ?

Periódica?

Inicio del Período: 0 Ciclos Activa

Fin del Período: 0 Ciclos Inactiva

Largo del Período: 1 Años Desplazamiento

|  |                        |
|--|------------------------|
| Cota mínima operación[m]                                       | 70                     |
| Cota máxima operación[m]                                       | 81                     |
| Puntos cota-volumen h[m]                                       | 70,00; 75,50; 81,00    |
| Puntos cota-volumen V[Hm <sup>3</sup> ]                        | 0,00; 2787,00; 8210,00 |
| Cota de la descarga para cálculo del salto[m]                  | 54                     |
| Coefficientes de afectación del salto por caudal erogado(caQE) | 0,001645291            |
| Coefficientes de afectación del salto por caudal erogado(cbQE) | 6,89E-8                |
| Rendimiento[p.u.]  | 0,82                   |
| Potencia máxima generable[MW]                                  | 38,8                   |
| Caudal máximo turbinable[m <sup>3</sup> /s]                    | 170                    |
| Factor de disponibilidad[p.u.]                                 | 0,99                   |
| Tiempo de reparación[horas]                                    | 48                     |
| Ca filtración[m <sup>3</sup> /s]                               | 12,17                  |
| Cb filtración[m <sup>2</sup> /s]                               | 0,51                   |
| Qa muy seco[m <sup>3</sup> /s]                                 | 38                     |
| Cota mínima para vertimiento[m]                                | 76                     |
| Cota máxima para vertimiento[m]                                | 86,5                   |
| Caudal vertido con la cota máxima[m <sup>3</sup> /s]           | 8220                   |

Salto mínimo operativo: [m]: 0,1

Control de cota objetivo en la simulación

Controlar si está por debajo del objetivo

Controlar si está por encima del objetivo

Cota objetivo [m]: 0

Delta Valor del Agua [USD/Hm3]: 0

Valorización Manual

cv\_Valorización Manual [USD/Hm3]: 0

Manejo de Cota Real

Tomar de la Fuente?

Fuente: <Agregar nueva...>

Borne:

EMaxPaso[MWh]

QErogado mínimo[m<sup>3</sup>/s]  Imponer QErogadoM in por Poste?

Control de Crecida cota de inicio [m]: 81

Control de Crecida cota de Erogado a Pleno [m]: 83

Control de crecida caudal de erogado a pleno [m3/s] 8220

Calcular evaporación del Lago.

Calcular filtración del lago.

Guardar Cambios Cancelar Editar Centrales Encadenadas

Se debe especificar la cota mínima y máxima de operación del Embalse y puntos de cota-volumen (m, hm<sup>3</sup>) para determinar la curva del volumen del embalse.

La cota de la descarga para el cálculo del salto es la cota aguas abajo de descarga de la central.

Los coeficientes de afectación del salto por caudal erogado caQE y cbQE son usados para modelar el posible impacto del nivel aguas abajo producido por el caudal erogado (turbinado + vertido) que provoca una reducción en el salto efectivo de la central.

$$dh(QE) = caQE \times QE + cbQE \times (QE)^2$$

Dónde:

dh(QE): variación del salto efectivo en función del caudal erogado

QE: caudal erogado

Esta pérdida de salto efectivo afecta el cálculo del coeficiente energético (Ce) de las centrales.

Para modelar las turbinas de la central hidroeléctrica se deben además ingresar los datos de rendimiento (p.u.), potencia máxima generable (MW), caudal máximo turbinable (m<sup>3</sup>/s) y factor de disponibilidad, tiempo de reparación (horas).

Los coeficientes Ca (m<sup>3</sup>/s) y Cb (m<sup>2</sup>/s) son coeficientes de filtración y evaporación del embalse.

Qa muy seco (m<sup>3</sup>/s) es el caudal mínimo requerido para generar energía.

La Cota mínima para vertimiento (m) es la cota en que puede empezar a verter y la Cota máxima para vertimiento (m) es la cota máxima en que puede funcionar la central aún con vertimiento.

Nota: El caudal vertido con la cota máxima ( $\text{m}^3/\text{s}$ ) es una restricción que puede ser no tenida en cuenta en la solución del problema ya que en situaciones en que los aportes son muy grandes y el Simplex no encuentre solución, no tiene en cuenta esta restricción y deja pasar toda el agua que llega al embalse. Se dispone de una sección opcional de *Control de cota objetivo en la Simulación* que permite especificar una cota máxima o mínima objetivo, en el entendido que se penalizará económicamente el hecho de superarla (cota máxima) o estar por debajo de la misma (cota mínima). La penalización económica es introducida por el usuario como un *Delta valor del agua ( $\text{USD}/\text{hm}^3$ )*.

También en forma opcional, es posible introducir manualmente una valorización del agua de la central en *cv\_Valorización Manual ( $\text{USD}/\text{hm}^3$ )* al efecto de regular manualmente el despacho de dicha central.

En la sección de “Manejo de Cota Real” los datos de la cota real pueden ser tomados de una fuente especificada por el usuario.

Es posible también imponer una máxima energía generada por paso (MWh) y un caudal erogado mínimo ( $\text{m}^3/\text{s}$ ) por paso de tiempo o poste a efectos de posibilitar la navegación aguas abajo.

Se debe especificar una cota de inicio para el control de crecida (m) que representa la cota a la cual se comienza a erogar (turbinado + vertido) a los efectos del control de una posible crecida por seguridad de la presa y una cota de erogado a pleno para el control de crecida (m) que representa la cota alcanzada en la cual se impone un erogado a pleno por seguridad de la presa.

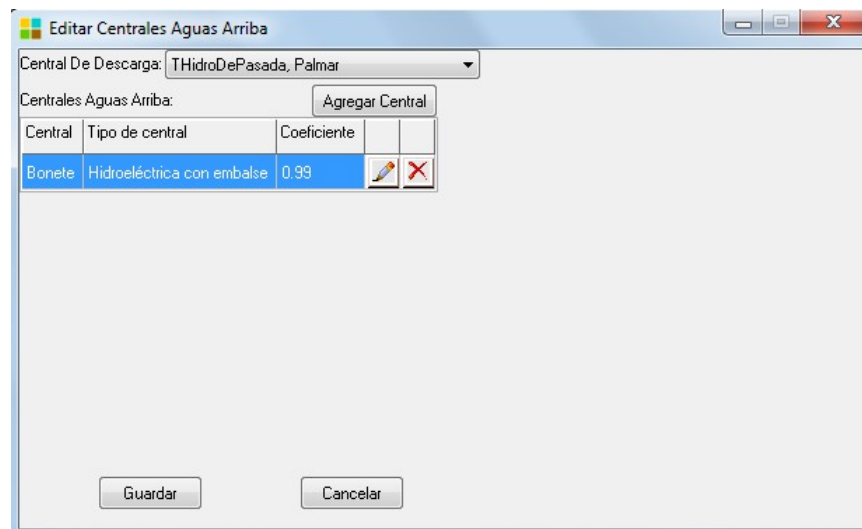
### 7.1.a) Centrales Encadenadas

En SimSEE es posible crear centrales encadenadas, para ello se debe seleccionar el botón “Editar Centrales Encadenadas”.

En la sección central de Descarga se debe especificar dentro de la lista de centrales que fueron definidas anteriormente, la central donde vierte el caudal erogado la central que estamos editando.

En centrales Aguas Arriba se debe especificar dentro de la lista de centrales que fueron definidas anteriormente, las centrales aguas arriba de las cuales la central editada toma su caudal (o sea, el erogado de las cuales ingresa al lago de la central en cuestión).

En el ejemplo en la figura a continuación, la central que se está editando es Baygorria y se seleccionó como central de descarga a Palmar y como central aguas arriba de Gabriel Terra (Bonete).



- **“Hidroeléctrica con embalse”**: exporta la potencia generada  $P_{Pi}$  en MW por cada poste definido en la Sala, donde  $i$ =número de poste. También exporta su caudal de aportes propios  $QAportesP$ , turbinado  $QTurbinado$  y vertido  $QVertido$  en  $m^3/s$ , el nivel de cota del embalse  $h_{real}$  (representa la cota real cuando se indica “Manejo de cota real”; puede diferir de  $h$  puesto que es la cota con que calcula el coeficiente energético al resolver el paso, luego de realizar iteraciones en la optimización, de ser necesario)  $y h$  (cota del embalse al inicio del paso) y la diferencia de altura respecto de su cota inferior debida al caudal erogado  $dh_{RedQE}$ , en m, un valor de agua incremental  $CV_{aguaInc}$  y otro decremental  $CV_{aguaDec}$  en USD/hm<sup>3</sup> que surgen de valorar el agregado o la utilización de un hm<sup>3</sup> de agua del embalse (éste último corresponde al “valor del agua” en USD/hm<sup>3</sup>) y ese mismo valor de agua llevado a USD/MWh

utilizando el coeficiente energético de la central calculado en ese paso, **cv\_USD\_MWh**.

En la figura se muestran los valores correspondientes al Actor “Bonete” en una corrida de paso semanal para la cual se definieron 4 postes (P1, P2, P3 y P4) para los primeros pasos de la primer crónica resultado de la simulación:

| CRONICA: | 1          | Bonete | Bonete | Bonete | Bonete | Bonete    | Bonete     | Bonete   | Bonete | Bonete | Bonete   | Bonete     | Bonete     | Bonete     |
|----------|------------|--------|--------|--------|--------|-----------|------------|----------|--------|--------|----------|------------|------------|------------|
| -        | -          | [MW]   | [MW]   | [MW]   | [MW]   | [m3/s]    | [m3/s]     | [m3/s]   | [m]    | [m]    | [m]      | [USD/Hm3]  | [USD/Hm3]  | [USD/MWh]  |
| -        | -          | P_P1   | P_P2   | P_P3   | P_P4   | QAportesP | QTurbinado | QVertido | h_real | h      | dh_RedQE | CV_aguaDec | CV_aguaInc | CV_USD_MWh |
| Paso     | FechaInic  | 1      | 2      | 3      | 4      | 0         | 0          | 0        | 0      | 0      | 0        | 0          | 0          | 0          |
| 1        | 27/04/2013 | 141,34 | 141,34 | 138,19 | 141,34 | 541,00    | 671,73     | 0,00     | 77,44  | 77,50  | 1,09     | 21.305,50  | 17.658,30  | 368,98     |
| 2        | 04/05/2013 | 140,62 | 140,62 | 5,38   | 0,00   | 611,85    | 148,95     | 0,00     | 77,52  | 77,39  | 0,27     | 19.978,70  | 16.220,40  | 332,62     |
| 3        | 11/05/2013 | 142,36 | 142,36 | 142,36 | 142,36 | 153,36    | 694,88     | 141,49   | 77,42  | 77,66  | 1,39     | 24.012,70  | 20.482,10  | 421,95     |
| 4        | 18/05/2013 | 137,62 | 137,62 | 137,62 | 137,62 | 92,33     | 688,80     | 86,03    | 76,90  | 77,18  | 1,42     | 28.717,80  | 25.216,10  | 517,43     |
| 5        | 25/05/2013 | 134,82 | 134,82 | 134,82 | 134,82 | 5,62      | 682,56     | 0,00     | 76,40  | 76,67  | 1,16     | 35.085,80  | 31.528,00  | 639,45     |

Se observa en el ejemplo, que la central se despacha en casi todos los postes de los 5 primeros pasos (a excepción del poste 4 del 2º paso). Tiene un caudal de aportes propios no nulo que viene dado por la salida de una Fuente Sintetizador CEGH. La suma de su caudal turbinado y vertido a menos de las pérdidas será el que llegue aguas abajo a Baygorria (ver en el ejemplo anterior). El salto varía dependiendo de los caudales de aporte, turbinados y vertidos que harán variar los niveles del embalse y aguas abajo. El salto efectivo  $dh$  será el calculado considerando los coeficientes de afectación del salto por caudal erogado como:  $dh(QE) = caQE \times QE + cbQE \times (QE)^2$ . El formulario para ingresar los parámetros puede verse a continuación:

**Editar ficha de "Bonete" Hidroeléctrica con embalse**

Fecha de inicio (dd/MM/yyyy): 01/01/1900 Capa: 0

Periódica?

Inicio del Periodo: 0 Ciclos Activa:

Fin del Periodo: 0 Ciclos Inactiva:

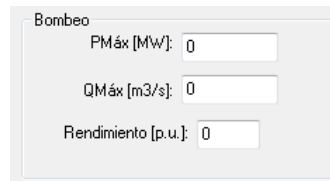
Largo del Periodo: 1 Años Desplazamiento:

|  |                        |
|--|------------------------|
| Cota mínima operación[m]                                       | 70                     |
| Cota máxima operación[m]                                       | 81                     |
| Puntos cota-volumen h[m]                                       | 70.00; 75.50; 81.00    |
| Puntos cota-volumen V[Hm <sup>3</sup> ]                        | 0.00; 2787.00; 8210.00 |
| Cota de la descarga para cálculo del salto[m]                  | 54                     |
| Coefficientes de afectación del salto por caudal erogado(caQE) | 0.001645291            |
| Coefficientes de afectación del salto por caudal erogado(cbQE) | 6.89E-8                |

## 7.2. Hidroeléctrica con bombeo

Este tipo de central hidroeléctrica es un tipo particular de central con embalse que tiene la posibilidad de realizar bombeo.

La única diferencia que presenta la *Ficha de Parámetros Dinámicos* de este tipo de central respecto a la hidroeléctrica con embalse es que en este caso se debe adicionar los datos específicos de Bombeo.



Donde  $PMáx$  es la máxima potencia que puede bombear la central,  $QMáx$  el máximo caudal de la bomba y Rendimiento (p.u.) es el rendimiento total del sistema de bombeo.

La operación de este tipo de central como generador es idéntica al de una central hidroeléctrica con embalse, pero con la posibilidad de que cuando el modelo determine conveniente poder bombear agua. El bombeo de agua a los efectos de la simulación es un consumo de energía y en contrapartida el agua embalsada es “energía almacenada”. Teniendo en cuenta el estado del sistema y sus entradas a lo largo del tiempo se calcula la función de costo futuro y el modelo determina la conveniencia de realizar o no del bombeo.

## 7.3. Generador hidráulico de pasada

Las centrales hidroeléctricas de pasada, son centrales que no cuentan con embalse y por ello, toda el agua que llega a la central debe ser turbinada (generación de energía eléctrica) o vertida.

Se debe cumplir que en cada POSTE, el caudal turbinado más el vertido iguala al caudal de aportes y debido a la falta de embalse no se consideran posibles pérdidas por evaporación o filtración.

En la figura a continuación se muestra el editor de una central hidráulica de pasada y se realiza una breve descripción de los parámetros específicos requeridos para modelar su funcionamiento.

Editar ficha de "Baygorria" Generador hidráulico de pasada

Fecha de inicio (dd/MM/yyyy) 01/01/1900 ?

Periódica?

Inicio del Periodo: 0 Ciclos Activa

Fin del Periodo: 0 Ciclos Inactiva

Largo del Periodo: 1 Años Desplazamiento

|  |             |
|--|-------------|
| Cota de descarga[m]  | 40          |
| Cota de toma[m]  | 54          |
| Costo variable del agua[USD/Hm <sup>3</sup> ]                  | 0           |
| Coefficientes de afectación del salto por caudal erogado(caQE) | 0,001760222 |
| Coefficientes de afectación del salto por caudal erogado(cbQE) | -1,058E-7   |
| Rendimiento[p.u.]  | 0,949889088 |
| Potencia máxima generable[MW]                                  | 36          |
| Caudal máximo turbinable[m <sup>3</sup> /s]                    | 276         |
| Factor de disponibilidad[p.u.]                                 | 0,99        |
| Tiempo de reparación[horas]                                    | 48          |

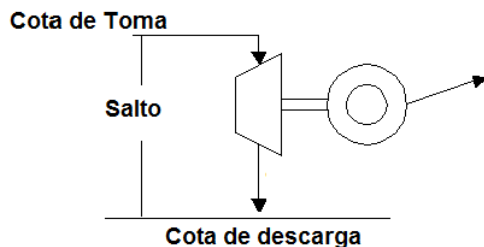
EMaxPaso[MWh]:

Salto mínimo operativo [m]: 0,1

Editar Centrales Encadenadas

Guardar Cambios Cancelar

La cota de la descarga es la cota “aguas abajo” donde descarga la central y la cota de toma es la cota “aguas arriba” donde toma el agua la central. El salto de la central queda determinado por la resta entre la cota de toma y la cota de descarga.



A la central ingresa un caudal de aportes que puede ser la suma de los aportes de caudales a su cuenca y caudales erogados por centrales que descargan en su cuenca. La cota de toma de la central es fija y la cota de descarga puede ser fija o puede ser la cota del lago de otra central ubicada aguas abajo.

Se suele fijar el costo variable del agua en cero, de esta forma a los efectos del despacho económico está central en la medida que disponga de caudal estará generando energía eléctrica.

El resto de los parámetros fueron explicados en el apartado 5.1.5.1

- **“Generador hidráulico de pasada”**: exporta la potencia generada  $P_{Pi}$  en MW por cada poste definido en la Sala, donde  $i$ =número de poste. También exporta su caudal de aportes propios  $QAportesP$ , turbinado  $QTurbinado$  y vertido  $QVertido$  en m<sup>3</sup>/s, el salto disponible entre la

cota de toma y la de descarga **Salto** y la diferencia de altura respecto de su cota inferior debida al caudal erogado **dh\_RedQE**, en m, así como un valor de agua **cv\_USD\_MWh** válido para el despacho (que se carga en la ficha del Actor como “Costo variable del agua (USD/hm3); usualmente vale 0).

No debe confundirse esta última con la variable “cv\_agua” (USD/hm3) que es posible visualizar mediante un Monitor, y que representa menos el multiplicador de Lagrange<sup>1</sup> (-λ) de la restricción de balance de la central de pasada, dada por: caudal de aportes = caudal turbinado + caudal vertido, y por tanto es la derivada del costo del problema del paso, respecto a tener 1hm3 más de aportes.

En la figura se muestran los valores correspondientes al Actor “Baygorria” en una corrida de paso semanal para la cual se definieron 4 postes (P1, P2, P3 y P4) para los primeros pasos de la primer crónica resultado de la simulación:

| CRONICA: | 1          |           |           |           |           |           |            |           |           |           |            |           |
|----------|------------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|------------|-----------|-----------|-----------|------------|-----------|
| -        | -          | Baygorria | Baygorria | Baygorria | Baygorria | Baygorria | Baygorria  | Baygorria | Baygorria | Baygorria | Baygorria  | Baygorria |
| -        | -          | [MW]      | [MW]      | [MW]      | [MW]      | [m3/s]    | [m3/s]     | [m3/s]    | [m]       | [m]       | [USD/MWh]  | [USD/MWh] |
| -        | -          | P_P1      | P_P2      | P_P3      | P_P4      | QAportesP | QTurbinado | QVertido  | Salto     | dh_RedQE  | cv_USD_MWh |           |
| Paso     | FechaInic  | 1         | 2         | 3         | 4         | 0         | 0          | 0         | 0         | 0         | 0          | 0         |
| 1        | 27/04/2013 | 58,31     | 58,31     | 58,31     | 58,31     | 0,00      | 552,00     | 113,02    | 13,77     | 0,73      | 0,00       | 0,00      |
| 2        | 04/05/2013 | 39,03     | 82,66     | 0,00      | 0,00      | 0,00      | 147,46     | 0,00      | 14,07     | 0,43      | 0,00       | 0,00      |
| 3        | 11/05/2013 | 85,36     | 85,36     | 85,36     | 85,36     | 0,00      | 828,00     | 0,00      | 13,44     | 1,06      | 0,00       | 0,00      |
| 4        | 18/05/2013 | 0,00      | 84,10     | 77,30     | 84,10     | 0,00      | 767,09     | 0,00      | 13,24     | 1,26      | 0,00       | 0,00      |
| 5        | 25/05/2013 | 0,00      | 84,61     | 60,53     | 84,61     | 0,00      | 675,73     | 0,00      | 13,32     | 1,18      | 0,00       | 0,00      |

Se observa en el ejemplo que la central se despacha en casi todos los postes de los 5 primeros pasos. Su caudal de aportes es nulo porque el mismo solo considera los aportes propios (no así el caudal erogado por Bonete aguas arriba que Baygorria recibe). La suma de su caudal turbinado y vertido coincide por tanto con el caudal erogado por Bonete a menos de las pérdidas (ver en el ejemplo a continuación). El salto varía alrededor de los 14m fijados en la ficha del Actor, dependiendo de los caudales de llegada, turbinados y vertidos que harán variar los niveles del embalse y aguas abajo. Se tendrá un dh dado por los coeficientes de afectación del salto por caudal erogado fijados para el actor calculado como:  $dh(QE) = caQE \times QE + cbQE \times (QE)^2$ . El formulario para ingreso de datos puede verse a continuación:

<sup>1</sup> El método de los multiplicadores de Lagrange permite maximizar o minimizar funciones de n variables sujetas a p restricciones, que definen una superficie donde se encontrará la solución. Cada restricción implicará la introducción en el sistema de ecuaciones a resolver, de un multiplicador λ.

Editar ficha de "Baygorria" Generador hidráulico de pasada

Fecha de inicio (dd/MM/yyyy) 01/01/1900 ? Capa: 0

Periódica?

Inicio del Periodo: 0 Ciclos Activa

Fin del Periodo: 0 Ciclos Inactiva

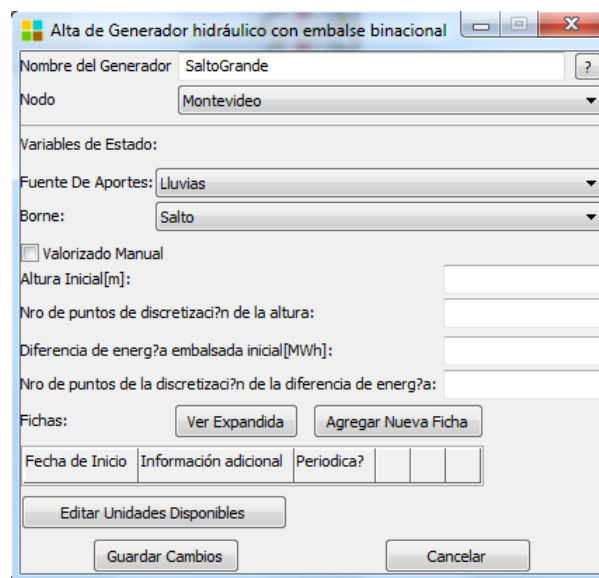
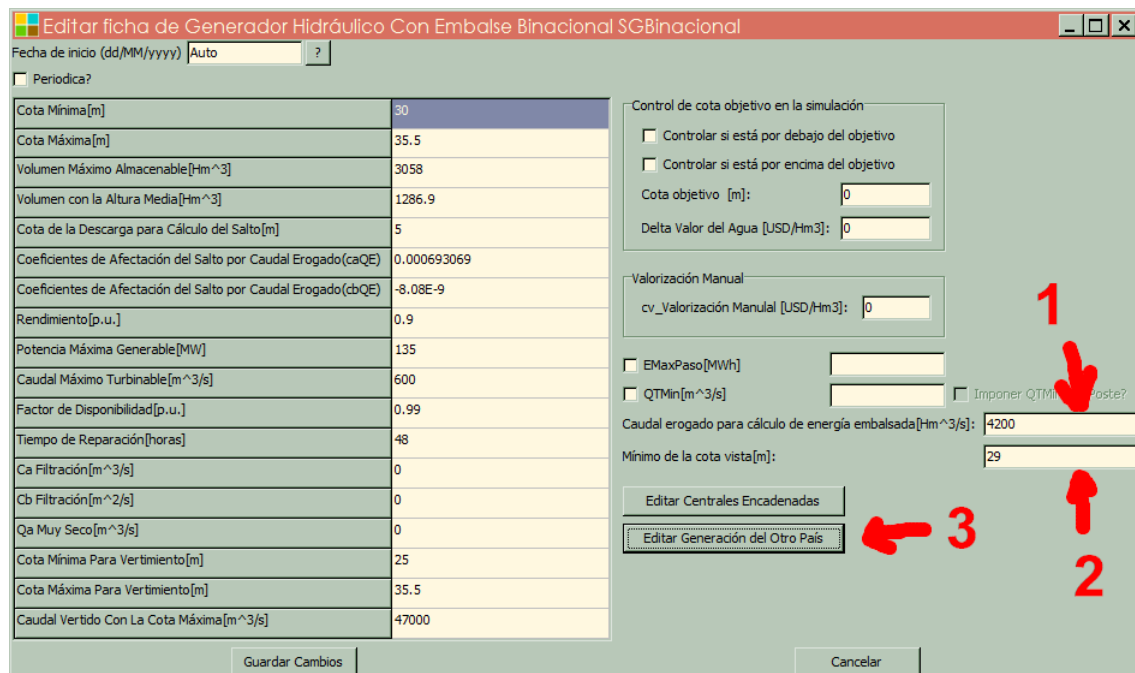
Largo del Periodo: 1 Años Desplazamiento

|  |             |
|--|-------------|
| Cota de descarga[m]  | 40          |
| Cota de toma[m]  | 54          |
| Costo variable del agua[USD/Hm <sup>3</sup> ]                  | 0           |
| Coefficientes de afectación del salto por caudal erogado[caQE] | 0,001760222 |
| Coefficientes de afectación del salto por caudal erogado[cbQE] | -1,058E-7   |

### 7.3.a) Generador hidráulico con embalse binacional

Este actor fue creado en SimSEE con el objetivo de modelar la central binacional hidroeléctrica Salto Grande. La operación de la central es programada semanalmente por los encargados de despacho de ambos países y tienen derecho al 50% de las instalaciones y de los caudales entrantes a la represa. Para modelar la operación, se cuenta la diferencia de energía embalsada (DEE) y se calcula en función de la misma una “cota vista equivalente”.

En las figuras a continuación se muestra el Editor de Alta de Generador hidráulico con embalse binacional y la ventana de parámetros dinámicos de dicho actor.

|  |             |
|--|-------------|
| Cota Mínima[m]   | 30          |
| Cota Máxima[m]   | 35,5        |
| Volumen Máximo Almacenable[Hm <sup>3</sup> ]                   | 3058        |
| Volumen con la Altura Media[Hm <sup>3</sup> ]                  | 1286,9      |
| Cota de la Descarga para Cálculo del Salto[m]                  | 5           |
| Coefficientes de Afectación del Salto por Caudal Erogado(caQE) | 0.000693069 |
| Coefficientes de Afectación del Salto por Caudal Erogado(cbQE) | -8.08E-9    |
| Rendimiento[p.u.]  | 0.9         |
| Potencia Máxima Generable[MW]                                  | 135         |
| Caudal Máximo Turbinable[m <sup>3</sup> /s]                    | 600         |
| Factor de Disponibilidad[p.u.]                                 | 0.99        |
| Tiempo de Reparación[horas]                                    | 48          |
| Ca Filtración[m <sup>3</sup> /s]                               | 0           |
| Cb Filtración[m <sup>2</sup> /s]                               | 0           |
| Qa Muy Seco[m <sup>3</sup> /s]                                 | 0           |
| Cota Mínima Para Vertimiento[m]                                | 25          |
| Cota Máxima Para Vertimiento[m]                                | 35,5        |
| Caudal Vertido Con La Cota Máxima[m <sup>3</sup> /s]           | 47000       |

En *Altura Inicial(m)* se debe especificar la altura inicial del lago, en *Nro de puntos de discretización de la altura* se debe ingresar la cantidad de puntos en que se desea discretizar el embalse de la represa.

En *Diferencia de energía embalsada inicial (MWh)* se debe ingresar el estado inicial de la diferencia de energía embalsada y en *Nro de puntos de la discretización de la diferencia de energía* se debe indicar la cantidad de puntos en que se desea discretizar esta diferencia.

La ficha de parámetros dinámicos de este actor tiene todos los parámetros del actor Hidráulico con Embalse, y además cuenta con los siguientes:

- Caudal erogado para cálculo de energía embalsada
- Mínimo de la cota vista (m)
- Editar Generación del Otro País

### **7.3.a.i.A Procedimiento de cálculo de la Diferencia de Energía Embalsada**

Para calcular la energía embalsada se debe asumir un caudal erogado y se integra la energía en base a un salto afectado por dicho caudal erogado.

Se define la función *CotaAEnergia(h)* que devuelve la energía embalsada cuando la cota es “h” (metros sobre el nivel del mar).

También se define la función inversa *EnergiaACota(E)* que permite calcular la cota para un valor dado de la energía embalsada.

El procedimiento para calcular la Diferencia de Energía Embalsada (DEE) y las cotas vistas es el que se detalla a continuación:

Al inicio de cada día se calcula la energía tomada por Uruguay y Argentina en el día anterior  $E_{uy}$ ,  $E_{ag}$  y se calcula la variación de la diferencia de energía embalsada a favor de Uruguay como:

$$dDEE[k] = E_{Ag}[k] - E_{Uy}[k] \quad , \quad \text{incremento de la diferencia de energía embalsada}$$

$$DEE[k+1] = DEE[k] + dDEE[k] \quad , \quad \text{evolución de la diferencia de la energía embalsada}$$

Dónde:

$dDEE[k]$  es el incremento de la diferencia de energía embalsada durante el día  $[k]$

$E_{Ag}[k]$  y  $E_{Uy}[k]$  es la energía tomada por Argentina y Uruguay respectivamente durante el día  $[k]$

$DEE[k]$  es la diferencia de energía embalsada a favor de Uruguay al inicio del día  $[k]$ . Si este valor es positivo, significa que Uruguay tiene ese crédito a su favor respecto a Argentina en el embalse. Si el valor es negativo, la diferencia es a favor de Argentina.

La idea de la operación conjunta de la represa es que esta diferencia entre la energía tomada por los países se mantenga en un valor acotado y preferentemente inferior a la energía realmente almacenada de forma que pueda cubrirse la diferencia en todo momento. En la práctica puede ocurrir en forma acordada que la diferencia supere al total de la energía efectivamente embalsada por períodos cortos de tiempo.

Durante el día ( $k$ ) además de retirar energía los países, ingresan caudales al embalse y eventualmente vertimientos que sumado a los caudales turbinados produce una variación del volumen de la central.

La ecuación del volumen almacenado queda determinada por la siguiente expresión:  $V[k+1] = V[k] - V_{\text{turbinado}}[k] + V_{\text{aportes}}[k] - V_{\text{vertido}}[k]$

La cota al inicio del día ( $k+1$ ) es:  $h_{\text{real}}[k+1] = \text{VolumenACota}(V[k+1])$

La energía almacenada (EE) al inicio del día [ $k$ ] es:  $EE[k] = \text{CotaAEnergia}(h_{\text{real}}[k])$

Supongamos que  $DDE[k] > 0$  (Uruguay tiene crédito)

Entonces, del total de Energía Embalsada al inicio del día,  $DDE[k]$  pertenece a Uruguay y el resto es 50% de Argentina y 50% de Uruguay. Se puede calcular la Energía Embalsada de cada país como:

$$EE_{UY}[k] = DDE[k] + (EE[k] - DDE[k]) / 2 = (EE[k] + DDE[k]) / 2$$

$$EE_{AG}[k] = (EE[k] - DDE[k]) / 2$$

Se definen las cotas vistas de cada uno de los países como aquellas a las que estaría el lago para que la mitad de la energía embalsada sea la que le corresponde a cada país. Así tenemos:

$$h_{\text{vista-UY}} = \text{EnergiaACota}(2 * EE_{UY}) = \text{EnergiaACota}(EE + DDE)$$

$$h_{\text{vista-AG}} = \text{EnergiaACota}(2 * EE_{AG}) = \text{EnergiaACota}(EE - DDE)$$

### 7.3.a.i.B Mínimo de Cota vista

Para mantener la diferencia de energía embalsada (DDE) dentro de rangos admisibles los países operan de forma que su cota vista no disminuya por debajo de un valor pre-establecido,  $h_{\text{vista-min}}$ , que es superior a la cota mínima de operación real.

Para el mínimo de la cota vista, el valor mínimo de la EE es:

$$EE_{\text{min}} = \text{CotaAEnergia}(h_{\text{vista-min}})$$

Conocida la EE y DDE al inicio del día y suponiendo que los aportes del día corresponden a una energía  $EA[k]$ , la variación dDDE del día tiene las siguientes restricciones:

1) limitando a Uruguay a no bajar del mínimo:

$$2 * EE_{UY}[k+1] = (EE[k] + EA[k] + DDE[k] + dDDE[k]) \geq EE_{\text{min}}$$

$$\Leftrightarrow dDDE[k] \geq EE_{\text{min}} - EE[k] - EA[k] - DDE[k]$$

2) limitando a Argentina a no bajar del mínimo.

$$2 * EE_{AG}[k+1] = (EE[k] + EA[k] - DEE[k] - dDEE[k]) \geq EE_{min}$$
$$\Leftrightarrow dDEE[k] \leq EE[k] + EA[k] - DEE[k] - EE_{min}$$

Estas dos restricciones acotan el que la energía embalsada vista por cada uno de los países no baje del valor  $EE_{min}$  lo que es equivalente a mantener la costa vista de ese país por encima del valor mínimo admisible  $h_{vista-min}$ .

Ambas restricciones se controlan mediante el programa de despacho de los países. Si se activa la restricción 1) puede recortarse el despacho de Uruguay y/o aumentar el despacho de Argentina de forma de aumentar  $dDEE[k]$ . En forma simétrica, para satisfacer la restricción 2) puede reducirse el programa Argentino y/o aumentarse el de Uruguay.

En la implementación del modelo se supuso que el programa Argentino es conocido y como variables de control se dispone solamente del programa Uruguayo. Por ello se eligió controlar en la optimización del despacho de cada paso solamente la restricción 1). Controlar la restricción 2) en este contexto implicaría obligar a Uruguay a tomar energía para no permitir que la diferencia con Argentina sea demasiado grande.

### **7.3.a.i.C Condición de vertimiento.**

Cuando la diferencia de energía embalsada es no nula ( $DEE[k] \neq 0$ ), estamos en una situación en la que un país tiene más energía embalsada que el otro.

En caso de ocurrir lluvias abundantes que lleven a la central a condición de vertimiento, el país que tiene mayor capacidad de embalse (y menor energía embalsada) tendrá mayor posibilidad de almacenar energía que el país que tienen menor capacidad de embalse (y más energía embalsada). En condiciones de vertimiento se supone que la energía vertida es del país con mayor energía embalsada (reduciendo el valor absoluto de la diferencia de energía embalsada). Si el vertimiento es tal que la energía vertida supera al valor absoluto de la diferencia de energía embalsada la diferencia de energía embalsada pasa a ser nula.

### **7.3.a.i.D Calculo de la Energía Embalsada en función de la cota y a la inversa.**

Para poder determinar la Energía Embalsada para una cota dada es necesario integrar la ecuación que relaciona el turbinado con la producción de energía. Dado que el salto efectivo depende del caudal erogado es necesario suponer un valor del caudal erogado para hacer la integración. El parámetro “Caudal erogado para cálculo de la energía embalsada [m<sup>3</sup>/s]” tiene este propósito. Este parámetro se usa sólo para construir la función  $CotaAEnergia(h)$  y su inversa  $EnergiaACota(E)$ .

### **7.3.a.i.E Representación del Programa del Otro País.**

El modelo implementado supone conocido el Programa Argentino para la semana y optimiza el Programa Uruguayo.

Para ingresar el Programa Argentino se utiliza el botón *Editar Generación del Otro País*. Se abre un formulario que nos permite especificar la potencia hora a hora para cada día de la semana.

Con el parámetro *Mínimo de la cota vista [m]*: es posible especificar el valor mínimo en metros para la operación de los países.

La cota vista mínima impone restricciones sobre la operación limitando la variación de la diferencia de energía embalsada en ambos sentidos de forma de impedir que los países bajen de esa cota. Como el programa argentino es conocido y la optimización se realiza sobre el programa uruguayo se aplica la restricción de la cota vista solo a Uruguay, controlando que la cota vista uruguaya no baje del mínimo.

### **7.3.a.i.F Variables de estado.**

La diferencia de la energía embalsada es una variable de estado adicional al problema, dado que para poder calcular la evolución del sistema se necesita esa información además del volumen de agua embalsado. La diferencia de energía embalsada puede tener valores positivos o negativos.

Si se considera una cota vista mínima como una restricción de operación, entonces el valor máximo de la diferencia de energía embalsada depende de la energía embalsada real. El valor máximo de la DEE será el que se puede dar cuando la cota real es máxima.

$$DEE_{máx}^* = EE_{máx} - EE_{mín}$$

Dónde:

$EE_{mín} = CotaAEnergia(h_{vista-mín})$  es la energía embalsada para la mínima cota vista y

$EE_{máx} = CotaAEnergia(h_{máx})$  es la energía embalsada cuando el embalse está lleno.

Para cotas reales inferiores a la máxima, la diferencia de energía embalsada estará acotada por  $DEE_{máx} = EE - EE_{mín} \leq DEE_{máx}^*$  de forma de asegurar que las cotas vistas estén por encima del mínimo.

Implementación DEE como variable de estado.

En esta implementación la variable de estado puede variar en el rango:

$$[-DEE_{máx}^*, +DEE_{máx}^*]$$

Está claro, que el rango alcanzable dependiendo de la cota real es

$$[-DEE_{máx}, +DEE_{máx}] \subset [-DEE_{máx}^*, +DEE_{máx}^*]$$

De lo anterior surge que al considerar  $[-DEE_{máx}^*, +DEE_{máx}^*]$  como rango para la variable de estado, dependiendo de la cota real, habrá parte del espacio de estado que no será alcanzable por el sistema.

El control de cota vista mínima de Uruguay lleva a la restricción:

$$dDEE[k] \geq EE_{min} - EE[k] - EA[k] - DEE[k]$$

Re-escribiendo la ecuación tenemos:

$$dDEE[k] - EE_{min} + EE[k] + EA[k] + DEE[k] \geq 0$$

Sustituyendo las variables de control tenemos:

$$\sum_{j=1}^{j=NPostes} (P_{AG,j}[k] - P_{UY,j}[k]) * durpos_j - EE_{min} + EE[k] + EA[k] + DEE[k] \geq 0$$

Las variables de control son  $P_j[k] = P_{AG,j}[k] + P_{UY,j}[k]$

$$\therefore P_{UY,j}[k] = P_j[k] - P_{AG,j}[k]$$

y sustituyendo en la ecuación de la restricción tenemos:

$$\sum_{j=1}^{j=NPostes} (2 * P_{AG,j}[k] - P_j[k]) * durpos_j - EE_{min} + EE[k] + EA[k] + DEE[k] \geq 0$$

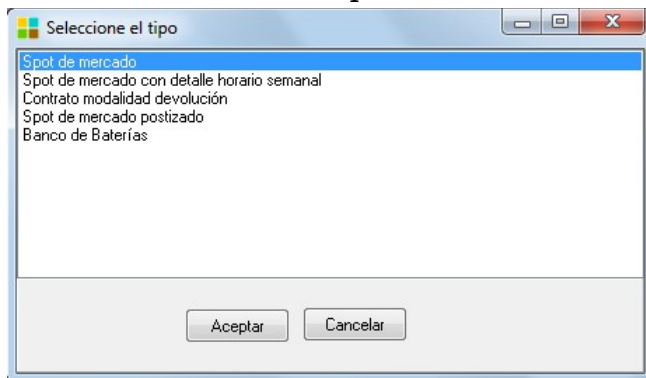
reordenando:

$$\sum_{j=1}^{j=NPostes} -P_j[k] * durpos_j - EE_{min} + EE[k] + EA[k] + DEE[k] + 2 * E_{AG} \geq 0$$

## 8. Grupo Internacional y Otros

Con el grupo de actores de la solapa Internacional y Otros es posible modelar diferentes tipos de modalidades y capacidades de intercambios energéticos con los países vecinos.

En la figura a continuación se muestran los diferentes tipos de actores de comercio internacional que se encuentran disponibles en SimSEE.



### 8.1. Mercado Spot

Los tipos de actores “Spot de mercado”, “Spot de mercado con detalle horario semanal” y “Spot de mercado postizado” tienen la particularidad de poder entregar (importar) o retirar (exportar) energía del nodo al que se encuentra conectado dependiendo del precio de la misma.

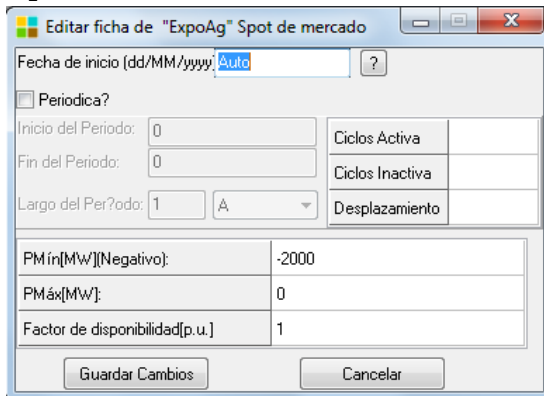
Para ello, se debe especificar una fuente de precios del spot de mercado y en el caso en que se cumple que el precio de la energía en el nodo de conexión es

superior al precio de la fuente, la energía disponible en el nodo se importa y en caso contrario se exporta.

Se observa que para modelar una exportación se debe especificar un valor de Potencia Mínima negativo.

## 8.2. Spot de mercado

En la figura a continuación se muestra la ficha de parámetros dinámicos del Spot de Mercado.



En dicha ficha se debe especificar PMín(Negativo) y PMáx que tienen el siguiente significado:

- El valor PMín [MW] (Negativo) debe ser menor o igual a cero para que el actor pueda retirar (exportar) energía del nodo al que está conectado. El valor PMín es por tanto la potencia máxima que puede exportar a ese mercado.
- El valor PMáx [MW] debe ser mayor o igual a cero (positivo) para que el actor pueda inyectar energía al nodo al que está conectado. El valor de PMáx es por tanto la potencia máxima que puede importar desde ese mercado.

En el ejemplo de la figura del Editor del Spot de Mercado lo que se modeló es la posibilidad de exportación de hasta 2000 MW.

Si quisiéramos modelar un spot de mercado de importación de 500MW se debería especificar en PMáx(MW) 500MW.

- **“Spot de mercado”**: exporta la potencia generada **P<sub>Pi</sub>** en MW y el costo **Costo<sub>Pi</sub>** por cada poste definido en la Sala, donde i=número de poste.

En la figura se muestran los valores correspondientes al Actor “EXP” en una corrida de paso semanal para la cual se definieron 4 postes (P1, P2, P3 y P4) para los primeros pasos de la primera crónica resultado de la simulación:

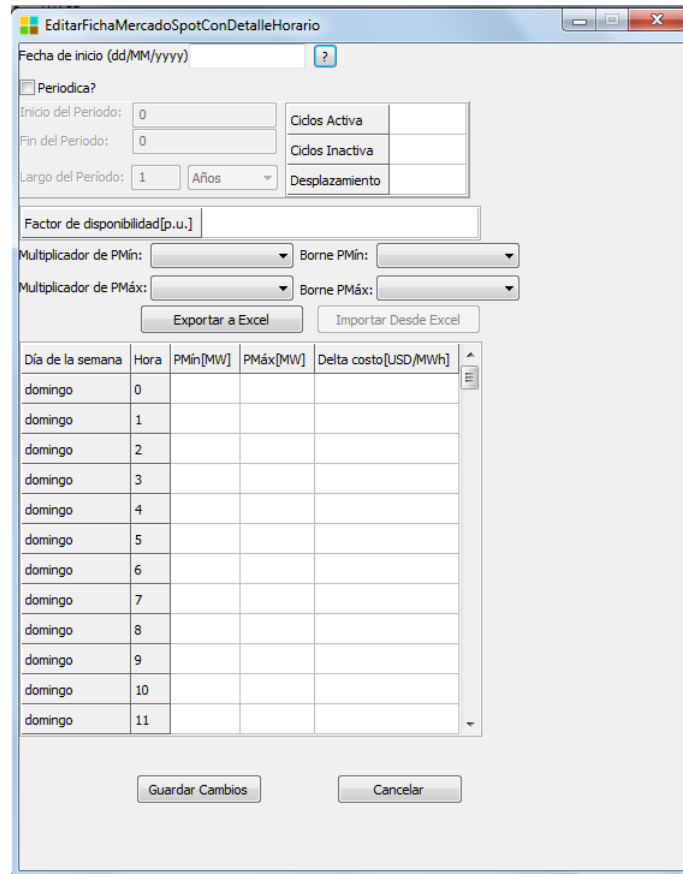
| CRONICA: | 1          |      |      |      |        |          |          |          |          |
|----------|------------|------|------|------|--------|----------|----------|----------|----------|
| -        | -          | EXP  | EXP  | EXP  | EXP    | EXP      | EXP      | EXP      | EXP      |
| -        | -          | [MW] | [MW] | [MW] | [MW]   | [USD]    | [USD]    | [USD]    | [USD]    |
| -        | -          | P_P1 | P_P2 | P_P3 | P_P4   | Costo_P1 | Costo_P2 | Costo_P3 | Costo_P4 |
| Paso     | FechaInic  | 1    | 2    | 3    | 4      | 1        | 2        | 3        | 4        |
| 1        | 27/04/2013 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00   | 0,00     | 0,00     | 0,00     | 0,00     |
| 2        | 04/05/2013 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | -17,67 | 0,00     | 0,00     | 0,00     | -742,26  |
| 3        | 11/05/2013 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00   | 0,00     | 0,00     | 0,00     | 0,00     |
| 4        | 18/05/2013 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00   | 0,00     | 0,00     | 0,00     | 0,00     |
| 5        | 25/05/2013 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00   | 0,00     | 0,00     | 0,00     | 0,00     |

Puede verse en el ejemplo que hay exportación en el poste 4 (valle) del 2° paso, representándose como un valor negativo en MW. El costo asociado, también negativo (dado que en este caso no es un costo, sino un ingreso) se calcula como la potencia exportada, por la duración del poste, por el precio fijado para la exportación. En este caso: 1 USD/MWh x 42h x 17,67 MW = 742,26 USD.

### 8.3. Spot de mercado con detalle horario semanal

Para este tipo de actor es posible especificar la información del mercado spot durante las diferentes horas de la semana. Los precios de la energía en el mercado se obtienen de una fuente aleatoria del sistema *Fuente de Precios* que se debe indicar en la Ficha de Edición de este actor.

En la figura a continuación se muestra la *Ficha de Parámetros Dinámicos* de este tipo de actor.



Se debe especificar un *Factor de disponibilidad (p.u.)* en función del cual se determina para cada paso de tiempo si el Mercado Spot se encuentra disponible. Se observa que en cada ficha de parámetros dinámicos para cada día y hora de la semana (168 horas) se debe especificar un valor de potencia mínima y potencia máxima que se puede comercializar en el mercado spot, y un multiplicador del valor del costo original expresado en por unidad (*Delta costo (USD/MWh)*).

Es posible adicionar un Multiplicador de los valores de Potencia Mínima (PMín) y Potencia Máxima (PMáx) con sus bornes asociados que multiplican los datos de PMín y PMáx ingresados en la Ficha. Se recuerda que si se quiera modelar la posibilidad de exportar energía el valor de potencia mínima debe ser negativo.

Se puede especificar un patrón periódico para la ficha seleccionando el casillero *Periódica?*, o en caso contrario, se repetirá el patrón especificado para las 168 horas hasta el comienzo de la siguiente ficha o indefinidamente en caso que no haya otra ficha.

Para facilitar la edición de los datos horarios semanal se cuenta con la posibilidad de *Exportar a Excel* y posteriormente *Importar desde Excel*.

- **“Spot de mercado con detalle de horario semanal”**: exporta los mismos resultados que el actor “Spot de mercado”.

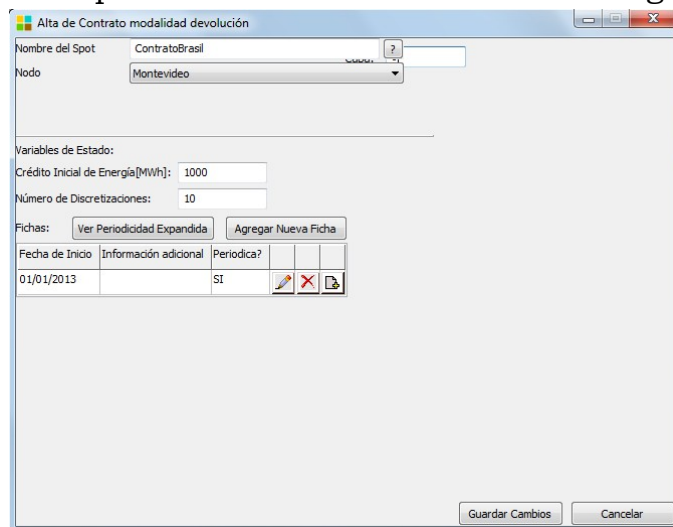
## 8.4. Contrato modalidad devolución

Este tipo de contrato permite importar o exportar energía en un momento del año con el compromiso de que será devuelta en otro momento del año. Este tipo de contrato en que se debe devolver energía en el futuro agrega una variable de estado al sistema.

El modelo creado en SimSEE permite fijar una ventana de tiempo en la que se pueden importar energía y potencia hasta un monto máximo establecido, y otra ventana de tiempo en que se debe devolver dicha energía.

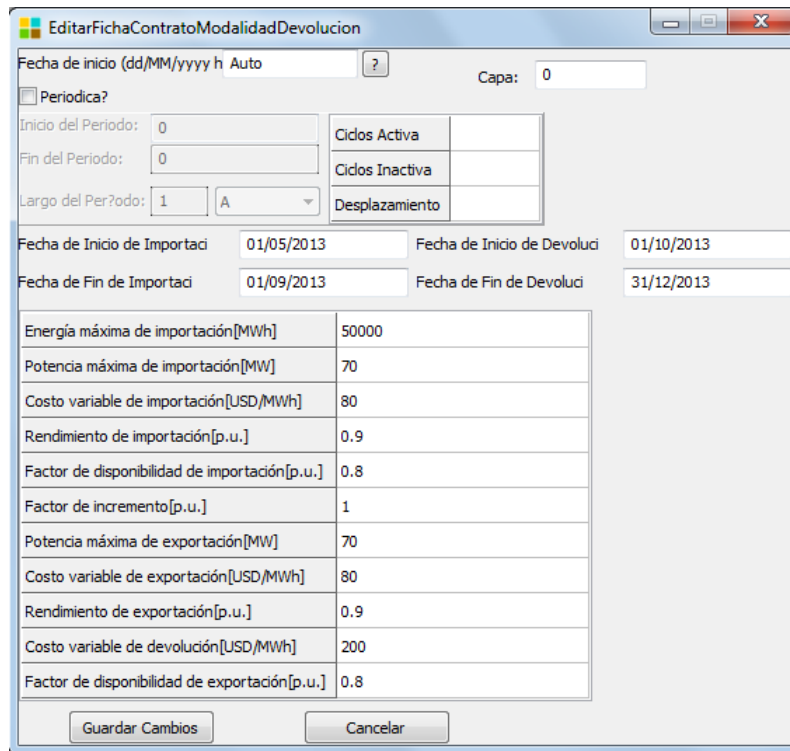
La energía importada, multiplicada por un factor de incremento debe ser devuelta (exportada) en la ventana de tiempo establecida. En el caso en que no sea posible devolver toda la energía, se aplica una penalidad por el remanente de energía no devuelto al finalizar la ventana de tiempo de devolución.

Se crea una variable de estado denominada “Crédito Inicial de Energía (MWh)” que se define como la diferencia entre el monto máximo de energía que es posible importar en el contrato menos la energía efectivamente importada.



| Fecha de Inicio | Información adicional | Periodica?                          |
|-----------------|-----------------------|-------------------------------------|
| 01/01/2013      | SI                    | <input checked="" type="checkbox"/> |

En la figura a continuación se muestra el editor de parámetros dinámicos de este tipo de actor:



|   |       |
|---|-------|
| Energía máxima de importación[MWh]            | 50000 |
| Potencia máxima de importación[MW]            | 70    |
| Costo variable de importación[USD/MWh]        | 80    |
| Rendimiento de importación[p.u.]              | 0.9   |
| Factor de disponibilidad de importación[p.u.] | 0.8   |
| Factor de incremento[p.u.]                    | 1     |
| Potencia máxima de exportación[MW]            | 70    |
| Costo variable de exportación[USD/MWh]        | 80    |
| Rendimiento de exportación[p.u.]              | 0.9   |
| Costo variable de devolución[USD/MWh]         | 200   |
| Factor de disponibilidad de exportación[p.u.] | 0.8   |

Las ventanas de tiempo en que se habilita la Importación de energía y la Devolución de la misma quedan definidas por los siguientes parámetros:

- Fecha de Inicio de Importación.
- Fecha de Fin de Importación
- Fecha de Inicio de Devolución
- Fecha de Fin de Devolución.

Se deben especificar los siguientes parámetros:

La “Energía máxima de importación (MWh)” (EMaxImp) es el monto máximo de energía que es posible importar en esta modalidad.

La “Potencia máxima de importación (MW)” (PMaxImp) y “Potencia máxima de exportación (MW)” (PMaxExp) que es la máxima Potencia que es posible importar y exportar.

El “Costo variable de importación (USD/MWh)” (cvImp) y “Costo variable de exportación (USD/MWh)” (cvExp), que está asociado a eventuales cargos por peajes y otros posibles cargos asociados a la importación y a la exportación.

El “Rendimiento de Importación p.u.” (renImp) y “Rendimiento de Exportación p.u.” (renExp) son las pérdidas asociadas a la importación y a la exportación.

El “Factor de Disponibilidad fortuita de la Importación” (fdImp) y “Factor de Disponibilidad fortuita de la Exportación”(fdExp).

El “Factor de incremento p.u.” (fi), que es el factor que multiplica a la energía importada. Se debe devolver la energía importada multiplicada por el factor de incremento p.u.

El “costo variable de devolución (USD/MWh)” (cvDevolución) que es el costo variable que se aplica a la energía que no haya sido devuelta cuando termina el período de devolución.

Este modelo tiene tres fases:

- Importación
- Devolución
- Inerte (cuando estamos fuera de ambas ventanas de tiempo)

La operativa de este tipo de contrato se describe a continuación:

Sea  $E\_Credito[k]$  la variable de estado que refleja el monto de energía disponible para importación al inicio del paso  $k$  que deberá cumplir para todo  $k$  que:  
 $0 \leq E\_Credito[k] \leq EMaxImp$

En la fase IMPORTACIÓN, el contrato actúa como un generador que ofrece potencias  $P\_i$  en los postes del paso con un máximo  $PMaxImp$ .

Se define:

$durPaso$  a la duración del paso de simulación

$durPos\_i$  a la duración del poste  $i$  dentro del paso

Cuando finaliza el paso de tiempo se debe calcular el crédito remanente de la siguiente forma:

$$E\_Credito[k+1] = E\_Credito[k] + dE\_Credito[k] \geq 0$$

$$dE\_Credito[k] = - \text{suma}(P\_i [k] * durPos\_i / renImp) * fi$$

Lo que este actor adiciona a la función de costo es:

$$c[k] = dEImp / fi * cvImp + dCF / dE\_Credito * dE\_Credito[k]$$

Donde  $dCF/dE\_Credito$  es la derivada de Costo Futuro (CF) respecto de  $E\_Credito$  calculada al fin del paso  $k$  (o inicio del  $k+1$ ) con el sistema en el estado igual al de inicio del paso  $k$ .

Sustituyendo  $dE\_Credito$  en función de las  $P\_i$  (las variables de control) queda la expresión:

$$c[k] = \text{suma}(P\_i * durPos\_i * (cvImp - dCF/dE\_Credito * fi) / renImp)$$

De aquí surge que a los efectos del despacho, el costo variable a considerar para despachar el contrato en esta fase es  $(cvImp - dCF/dE\_Credito * fi) / renImp$

En la fase de DEVOLUCIÓN, el contrato ofrece potencias  $P\_i$  (negativas pues son demandas) en cada poste del paso acotadas por  $PMaxExp$  y se deberá cumplir para todo  $k$  la restricción:

$$0 \leq E\_Credito[k] \leq EMaxImp$$

$$dE\_Credito[k] = -\text{suma}(P\_i * dt\_i * renExp);$$

Cuando finaliza el paso de tiempo se debe calcular el monto importado de la siguiente forma:

$$E\_Credito[k+1] = E\_Credito[k] + dE\_Credito[k]$$

Cuando finaliza la fase de DEVOLUCIÓN se debe pagar el remanente de energía al costo de devolución para cancelar la deuda.

El costo que agrega el actor a la función de costo global será:

$$c[k] = - cvExp / renExp * dE\_Credito[k] + dCF / dE\_Credito * dE\_Credito[k] + u * (EMaxImp - (E\_Credito[k] + dE\_Credito[k])) * cvDevolucion$$

$$= (- cvExp/renExp + dCF/dE\_Credito - u * cvDevolucion ) * dE\_Credito[k] + u*(EMaxImp-E\_Credito[k])*cvDevolucion$$

Siendo  $u = 1$  si el inicio del siguiente paso está fuera de la ventana de devolución y  $u=0$  en caso contrario.

Sustituyendo  $dE\_Credito[k]$  en función de las  $P_i$  (las variables de control) nos queda:

$$c[k] = suma( dt_i * renExp *(cvExp/renExp - dCF/dE\_Credito + u * cvDevolucion) * P_i ) + u*(EMaxImp - E\_Credito[k]) * cvDevolucion$$

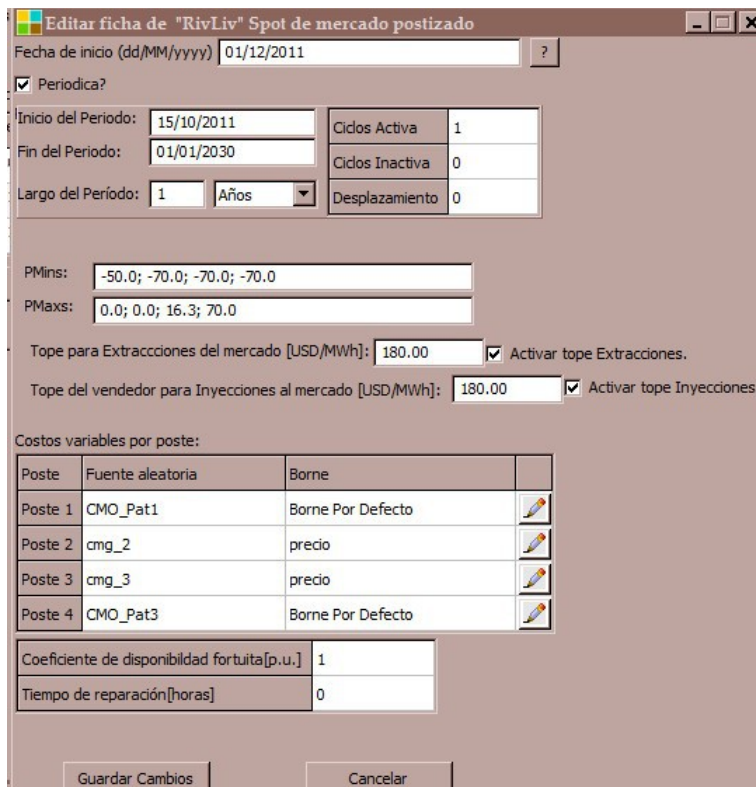
En la fase INERTE, el contrato no interviene, salvo en el espacio de estados en la que se debe reflejar el monto de energía a devolver.

## 8.5. Spot de mercado postizado

Este formulario permite editar los parámetros dinámicos de un Mercado Spot Postizado. Se debe especificar para cada poste del paso de tiempo la potencia mínima y potencia máxima del mercado. Si se quiere modelar la posibilidad de exportar energía se recuerda que se deberá ingresar un valor de potencia mínima negativa.

Para modelar el costo variable de cada poste se debe ingresar una fuente aleatoria de costo variable para cada uno de los postes.

En la figura a continuación se muestra la ficha de edición de los parámetros dinámicos de este actor y se realiza una breve descripción de la misma.



Fecha de inicio (dd/MM/yyyy) 01/12/2011 ?

Periodica?

|                     |            |                 |   |
|---------------------|------------|-----------------|---|
| Inicio del Periodo: | 15/10/2011 | Ciclos Activa   | 1 |
| Fin del Periodo:    | 01/01/2030 | Ciclos Inactiva | 0 |
| Largo del Periodo:  | 1 Años     | Desplazamiento  | 0 |





PMin: -50.0; -70.0; -70.0; -70.0

PMax: 0.0; 0.0; 16.3; 70.0

Tope para Extracciones del mercado [USD/MWh]: 180.00  Activar tope Extracciones.

Tope del vendedor para Inyecciones al mercado [USD/MWh]: 180.00  Activar tope Inyecciones.

Costos variables por poste:

| Poste   | Fuente aleatoria | Borne             |   |
|---------|------------------|-------------------|---|
| Poste 1 | CMO_Pat1         | Borne Por Defecto |  |
| Poste 2 | cmg_2            | precio            |  |
| Poste 3 | cmg_3            | precio            |  |
| Poste 4 | CMO_Pat3         | Borne Por Defecto |  |

Coeficiente de disponibilidad fortuita [p.u.] 1

Tiempo de reparación [horas] 0

Guardar Cambios Cancelar

Los casilleros PMin y PMax deben contener las potencias mínimas y máximas del actor. En este ejemplo PMin: [ -50 ; -70; -70 ; -70 ] y PMax: [ 0 ; 0; 16.3; 70] y significa que en el Poste 1 puede variar su potencia desde -50MW (exportación de energía) hasta 0MW, en el Poste 2 desde -70MW hasta 0MW, en el Poste 3 desde -70MW (exportación de energía) hasta 16.3MW (importación de energía) y en el Poste 4 desde -70MW hasta 70MW.

Se deben ingresar los datos de PMin y PMax de cada poste separados por ";" (punto y coma) y para cada uno de los Postes se debe asignar una Fuente aleatoria con sus costos variables.

El coeficiente de disponibilidad fortuita y el tiempo medio de reparación representan la probabilidad de encontrar el Actor en condiciones de operación y el tiempo medio de reparación en caso de encontrarse indisponible.

Las casillas "Tope para Extracciones del Mercado (USD/MWh)" y "Tope del vendedor para Inyecciones al Mercado (USD/MWh)" tienen como cometido modelar mecanismos de protección de los mercados exportadores por topes de costos marginales, ya que no sería razonable que un país exporte energía en situación de riesgo de racionamiento.

El tope para Extracciones del Mercado (hacia el nodo al que esté conectado) tiene el efecto de anular P<sub>máx</sub> si el costo del mercado supera el tope. Para que este mecanismo esté activo hay que marcar el casillero "Activar Tope Extracciones". El valor tope es el que se indique en el casillero "Tope para extracciones del mercado" en USD/MWh.

El tope del vendedor para inyecciones al mercado (desde el nodo al que esté conectado) es un mecanismo de defensa del nodo para prevenir que se extraiga energía desde el nodo hacia el mercado en situaciones de altos costos del nodo. Para que este mecanismo esté activo hay que marcar el casillero "Activar tope de inyecciones". El valor del tope es el que se indique en el casillero "Tope del vendedor para inyecciones al mercado" en USD/MWh.

Para implementar los topes se procede de la siguiente forma:

Si el Costo del Mercado Spot es superior al Tope para extracción, se impone  $P_{Max} = 0$ .

Si el Costo del Mercado Spot es superior al Tope de inyección se baja al valor del Tope, para que el mercado no esté dispuesto a pagar más que el tope.

Para que no existan incoherencias debe cumplirse que  $TopeDeExtracción \leq TopeDeInyección$

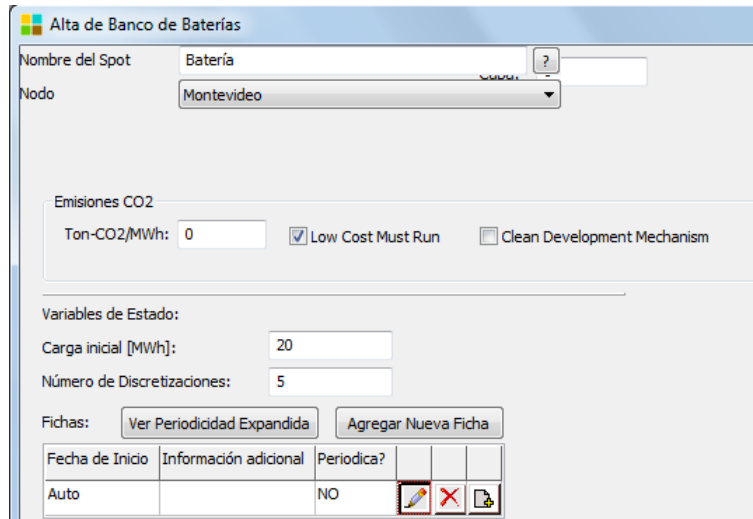
Se observa que si se marca "Activar tope Inyecciones" debe también marcarse "Activar tope extracciones".

## 8.6. Banco de Baterías

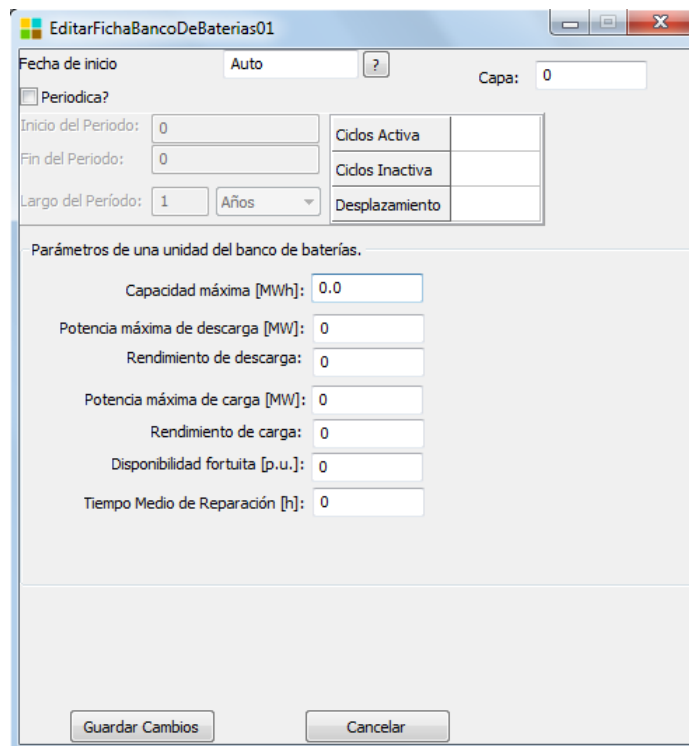
Este tipo de actor fue creado para poder modelar sistemas de microgeneración con bancos de baterías. Este tipo de actor puede consumir energía del sistema

(almacenar energía) y posteriormente entregar la energía almacenada al sistema.

Por ser un actor que cuenta con un almacén de energía es necesario definir en la Ficha de Alta del Banco de Batería las Variable de Estado *Carga Inicial (MWh)* y *Número de Discretizaciones*.



Se debe además completar la Ficha de Parámetros Dinámicos con los parámetros de cada unidad del banco de batería que se muestra en la figura a continuación.



La Capacidad máxima (MWh) es la capacidad máxima de energía que puede almacenar la batería.

Los parámetros Potencia Máxima de descarga (MW) y Rendimiento de descarga son los parámetros asociados a la batería en su calidad de suministrador de energía almacenada.

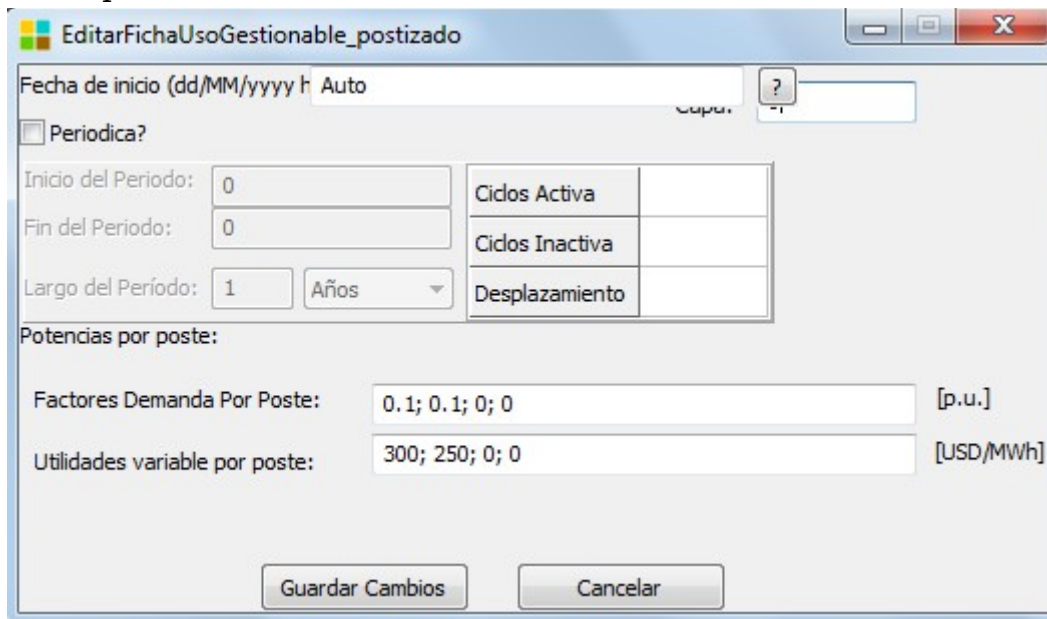
Por otro lado los parámetros Potencia Máxima de Carga (MW) y Rendimiento de carga son los parámetros asociados al ciclo de almacenamiento de energía.

## 8.7. Usos Gestionables

Con este tipo de actor es posible modelar el porcentaje de la demanda por poste horario que puede ser gestionado y a través de señales económicas desplazar de un poste a otro, con el objetivo de maximizar el beneficio económico.

Este actor se debe conectar a un nodo del sistema y actúa como una perturbación porcentual y por poste horario de la demanda asociada a ese nodo.

En la figura a continuación se muestra el editor de parámetros dinámicos de este tipo de actor.



Para cada uno de los postes de la sala se deben ingresar los parámetros “Factores Demanda Por Poste” que representa el porcentaje de participación de potencia que puede ser gestionada y “Utilidades variable por poste” que representa la utilidad que obtiene el actor por usar cada MW en cada uno de esos postes horarios.

Los datos de Factores de Demanda por Poste se deben ingresar como porcentaje de la demanda total del nodo.

La energía vendida a lo largo del año de simulación es la misma con y sin la inclusión de este actor, la diferencia es que la distribución en los postes varía de acuerdo al resultado de la optimización del programa.

## **9. Grupo Sin Editor**

En esta solapa se encuentran actores que aún no cuentan con su editor en SimSEE. Se muestra un cuadro de texto en el que es posible editar en formato de texto plano directamente los parámetros del Actor.

## **10. Referencias.**

[1]: Coppes, Barreto, Tutté, Maciel, Forets, Cornalino, Gurin, Alvarez, Palacios, Cohn, Chaer,,Memoria Proyecto ANII FSE 2009-18