

SimSEE

**Serie: “Manual de usuario de
SimSEE”**

Volumen 3

Actores.

Ings. Felipe Palacio, Pablo Soubes y Ruben Chaer.
*Montevideo – Uruguay.
Septiembre 2019.*

Índice de contenido

1. Introducción.....	8
2. Grupo Red.....	10
2.1. Características generales de los Actores.....	11
2.1.a) Pagos (no considerados en el despacho).....	11
2.1.b) Índice de pagos.....	11
2.1.c) Índice de precio por combustible.....	11
2.1.d) Gradiente de inversión.....	12
2.1.e) Emisiones de CO2.....	12
2.1.f) Unidades disponibles.....	13
2.1.g) Unidades con forzamiento.....	13
2.1.h) Reserva Rotante.....	13
2.2. Nodo.....	14
2.2.a) Descripción del funcionamiento.....	14
2.2.b) Parámetros estáticos.....	14
2.2.c) Parámetros dinámicos.....	15
2.2.d) Variables publicadas para SimRes.....	15
2.2.e) Variables Estado, de Control y Restricciones.....	15
2.3. Arco.....	16
2.3.a) Descripción del funcionamiento.....	16
2.3.b) Parámetros estáticos.....	16
2.3.c) Parámetros dinámicos.....	17
2.3.d) Variables publicadas para SimRes.....	19
2.3.e) Variables Estado, de Control y Restricciones.....	20
2.4. Arco con Salida Programable.....	21
2.4.a) Descripción del funcionamiento.....	21
2.4.b) Parámetros estáticos.....	22
2.4.c) Parámetros dinámicos.....	22
2.4.d) Variables publicadas para SimRes.....	25
2.4.e) Variables Estado, de Control y Restricciones.....	26
3. Grupo Demandas.....	27
3.1.a) Parámetros estáticos comunes a todas las demandas.....	27
3.1.b) Referencia en los fuentes comunes a todas las demandas.....	28
3.1.c) Variables publicadas comunes a todas las demandas.....	28
3.2. Demanda 3 Curvas Horarias.....	30
3.2.a) Descripción del funcionamiento.....	30
3.2.b) Parámetros estáticos.....	31
3.2.b.i Escalones de Falla:.....	31
3.2.c) Parámetros dinámicos.....	32
3.2.c.i Aplicar factores de crecimiento:.....	33
3.2.c.ii Importar Datos:.....	34
3.2.d) Variables publicadas para SimRes.....	35
3.2.e) Variables Estado, de Control y Restricciones.....	35
3.3. Demanda <i>Detallada</i>	36

3.3.a)	Descripción del funcionamiento.....	36
3.3.b)	Parámetros estáticos.....	37
3.3.b.i)	Demanda horaria:.....	37
3.3.b.ii)	Escalones de Falla:.....	38
3.3.c)	Variables publicadas para SimRes.....	39
3.3.d)	Variables Estado, de Control y Restricciones.....	39
3.4.	<i>Demanda Año Base y Vector de Energías Anuales</i>	41
3.4.a)	Descripción del funcionamiento.....	41
3.4.b)	Parámetros estáticos.....	42
3.4.b.i)	Archivo Demanda Base Detallada:.....	42
3.4.b.ii)	Demanda Anual:.....	43
3.4.b.iii)	Escalones de Falla:.....	44
3.4.c)	Variables publicadas para SimRes.....	44
3.4.d)	Variables Estado, de Control y Restricciones.....	45
4.	Grupo Eólicas.....	46
5.	Parque Eólico.....	47
5.1.	Descripción del funcionamiento.....	47
5.2.	Parámetros estáticos.....	47
5.3.	Parámetros dinámicos.....	49
5.4.	Variables publicadas para SimRes.....	49
5.5.	Variables Estado, de Control y Restricciones.....	50
5.6.	Parque eólico:.....	53
5.6.a)	Parámetros estáticos.....	53
5.6.b)	Referencia en los fuentes de SimSEE.....	55
5.6.c)	Variables publicadas.....	55
5.7.	Parque Eólico VXY.....	56
5.7.a)	Descripción del funcionamiento.....	56
5.7.b)	Parámetros estáticos.....	58
5.7.c)	Parámetros dinámicos.....	60
5.7.d)	Variables publicadas para SimRes.....	61
5.7.e)	Variables Estado, de Control y Restricciones.....	61
6.	Grupo Solar.....	63
7.	Generador Solar Térmico.....	64
7.1.	Descripción del funcionamiento.....	64
7.2.	Parámetros estáticos.....	65
7.3.	Parámetros dinámicos.....	65
7.4.	Variables publicadas para SimRes.....	66
7.5.	Variables Estado, de Control y Restricciones.....	67
8.	Generador Solar PV.....	69
8.1.	Descripción del funcionamiento.....	69
8.2.	Parámetros estáticos.....	69
8.3.	Parámetros dinámicos.....	70
8.4.	Variables publicadas para SimRes.....	71
8.5.	Variables Estado, de Control y Restricciones.....	71
9.	Grupo Térmicas.....	72
9.1.	Generador Térmico Básico.....	74
9.1.a)	Descripción del funcionamiento.....	74
9.1.b)	Parámetros estáticos.....	74

9.1.c) Parámetros dinámicos.....	74
9.1.d) Variables publicadas para SimRes.....	77
9.1.e) Variables Estado, de Control y Restricciones.....	78
9.2. Generador Térmico con Encendido y Apagado por Paso de Tiempo.....	79
9.2.a) Descripción del funcionamiento.....	79
9.2.b) Parámetros estáticos.....	79
9.2.c) Parámetros dinámicos.....	79
9.2.d) Variables publicadas para SimRes.....	81
9.2.e) Variables Estado, de Control y Restricciones.....	81
9.3. Generador Térmico con Encendido y Apagado por Poste.....	83
9.3.a) Descripción del funcionamiento.....	83
9.3.b) Parámetros estáticos.....	83
9.3.c) Parámetros dinámicos.....	83
9.3.d) Variables publicadas para SimRes.....	85
9.3.e) Variables Estado, de Control y Restricciones.....	86
9.4. Generador Térmico con Costos de Arranque y Parada.....	87
9.4.a) Descripción del funcionamiento.....	87
9.4.b) Parámetros estáticos.....	87
9.4.c) Parámetros dinámicos.....	88
9.4.d) Variables publicadas para SimRes.....	89
9.4.e) Variables Estado, de Control y Restricciones.....	90
9.5. Generador Térmico Básico con Tiempo de Reparación.....	93
9.5.a) Descripción del funcionamiento.....	93
9.5.b) Parámetros estáticos.....	93
9.5.c) Parámetros dinámicos.....	94
9.5.d) Variables publicadas para SimRes.....	95
9.5.e) Variables Estado, de Control y Restricciones.....	96
9.6. Generador Térmico Básico con Potencia y Costo Variable.....	97
9.6.a) Descripción del funcionamiento.....	97
9.6.b) Parámetros estáticos.....	97
9.6.c) Parámetros dinámicos.....	98
9.6.d) Variables publicadas para SimRes.....	100
9.6.e) Variables Estado, de Control y Restricciones.....	101
9.7. Generador Térmico con Encendido y Apagado por Paso de Tiempo Restringido.....	102
9.7.a) Descripción del funcionamiento.....	102
9.7.b) Parámetros estáticos.....	103
9.7.c) Parámetros dinámicos.....	103
9.7.d) Variables publicadas para SimRes.....	105
9.7.e) Variables Estado, de Control y Restricciones.....	105
9.8. Generador Térmico Combinado.....	107
9.8.a) Descripción del funcionamiento.....	107
9.8.b) Parámetros estáticos.....	108
9.8.c) Parámetros dinámicos.....	108
9.8.d) Variables publicadas para SimRes.....	111
9.8.e) Variables Estado, de Control y Restricciones.....	112
10. Biomasa Embalsable.....	113
10.1. Descripción del funcionamiento.....	113

10.2. Parámetros estáticos.....	115
10.3. Parámetros dinámicos.....	116
10.4. Variables publicadas para SimRes.....	117
10.5. Variables Estado, de Control y Restricciones.....	118
10.6. Modelo de Central de Ciclo Combinado Horario.....	119
11. Grupo Hidráulicas.....	126
11.1. <i>Generador Hidroeléctrico con Embalse</i>	127
11.1.a) Descripción del funcionamiento.....	127
11.1.b) Parámetros estáticos.....	129
11.1.c) Parámetros dinámicos.....	130
11.1.c.i Parámetros 1.....	131
11.1.c.ii Parámetros 2.....	134
11.1.c.iii Parámetros 3.....	138
11.1.d) Variables publicadas para SimRes.....	138
11.1.e) Variables de Estado, de Control y Restricciones.....	139
11.2. <i>Generador Hidroeléctrico con Bombeo</i>	141
11.2.a) Descripción del funcionamiento.....	141
11.2.b) Parámetros estáticos.....	144
11.2.c) Parámetros dinámicos.....	144
11.2.c.i Parámetros 1.....	145
11.2.c.ii Parámetros 2.....	148
11.2.d) Variables publicadas para SimRes.....	152
11.2.e) Variables de Estado, de Control y Restricciones.....	153
11.3. <i>Generador Hidroeléctrico de Pasada</i>	154
11.3.a) Descripción del funcionamiento.....	154
11.3.b) Parámetros estáticos.....	155
11.3.c) Parámetros dinámicos.....	156
11.3.d) Variables publicadas para SimRes.....	158
11.3.e) Variables Estado, de Control y Restricciones.....	159
12. Grupo Internacional y Otros.....	160
13. Spot de mercado.....	161
13.1. Descripción del funcionamiento.....	161
13.2. Parámetros estáticos.....	162
13.3. Parámetros dinámicos.....	162
13.4. Variables publicadas para SimRes.....	163
13.5. Variables Estado, de Control y Restricciones.....	163
13.6. Spot de Mercado con Detalle Horario Semanal.....	164
13.6.a) Parámetros estáticos.....	164
13.6.b) Parámetros dinámicos.....	164
13.6.c) Variables publicadas para SimRes.....	167
13.6.d) Variables Estado, de Control y Restricciones.....	167
14. Contrato Modalidad Devolución.....	168
14.1. Descripción del funcionamiento.....	168
14.2. Parámetros estáticos.....	170
14.3. Parámetros dinámicos.....	171
14.4. Variables Estado, de Control y Restricciones.....	171
14.5. Variables publicadas para SimRes.....	172
14.6. Variables Estado, de Control y Restricciones.....	173

15. Spot de mercado postizado.....	174
15.1. Descripción del funcionamiento.....	174
15.2. Parámetros estáticos.....	174
15.3. Parámetros dinámicos.....	175
15.4. Variables publicadas para SimRes.....	177
15.5. Variables Estado, de Control y Restricciones.....	178
16. Banco de Baterías.....	180
16.1. Descripción del funcionamiento.....	180
16.2. Parámetros estáticos.....	181
16.3. Parámetros dinámicos.....	182
El costeo por el recambio de las Baterías se divide en 2 partes: el 10 % independiente del uso de la batería () y el restante 90 % () por el uso de la misma.....	184
El costo fijo en USD por hora por MWh instalado se puede expresar según la ec.17.....	184
El parámetro se obtiene a partir de los ensayos de ciclado de acuerdo a la ec.21.....	184
16.4. Variables publicadas para SimRes.....	185
16.5. Variables Estado, de Control y Restricciones.....	186
17. Demanda con Respuesta.....	187
17.1. Descripción del funcionamiento.....	187
17.2. Parámetros estáticos.....	187
17.3. Parámetros dinámicos.....	188
17.4. Variables publicadas para SimRes.....	188
17.5. Variables Estado, de Control y Restricciones.....	189
18. Red suministro combustible y actores.....	190
18.1. Combustible.....	191
18.1.a) Descripción del funcionamiento.....	191
18.1.b) Parámetros estáticos.....	192
18.1.c) Parámetros dinámicos.....	192
18.1.d) Variables publicadas para SimRes.....	193
18.1.e) Variables de Estado, de Control y Restricciones.....	193
18.2. Nodo Combustible.....	194
18.2.a) Descripción del funcionamiento.....	194
18.2.b) Parámetros estáticos.....	194
18.2.c) Parámetros dinámicos.....	194
18.2.d) Variables publicadas para SimRes.....	195
18.2.e) Variables Estado, de Control y Restricciones.....	195
18.3. Arco Combustible.....	196
18.3.a) Descripción del funcionamiento.....	196
18.3.b) Parámetros estáticos.....	197
18.3.c) Parámetros dinámicos.....	197
18.3.d) Variables publicadas para SimRes.....	198
18.3.e) Variables Estado, de Control y Restricciones.....	198
18.4. <i>Suministro</i> Simple de Combustible.....	200
18.4.a) Descripción del funcionamiento.....	200
18.4.b) Parámetros estáticos.....	201
18.4.c) Parámetros dinámicos.....	201

18.4.d) Variables publicadas para SimRes.....	202
18.4.e) Variables de Estado, de Control y Restricciones.....	202
18.5. Demanda Combustible.....	204
18.5.a) Descripción del funcionamiento.....	204
18.5.b) Parámetros estáticos.....	205
18.5.b.i Especificaciones de la Demanda de Combustible:.....	205
18.5.b.ii Escalones de Falla:.....	206
18.5.c) Parámetros dinámicos.....	206
18.5.d) Variables publicadas para SimRes.....	206
18.5.e) Variables Estado, de Control y Restricciones.....	207
18.6. Generador Simple Bi-combustible.....	208
18.6.a) Descripción del funcionamiento.....	208
18.6.b) Parámetros estáticos.....	209
18.6.c) Parámetros dinámicos.....	209
18.6.d) Variables publicadas para SimRes.....	211
18.6.e) Variables de Estado, de Control y Restricciones.....	212
18.7. Generador Simple Mono-combustible.....	213
18.7.a) Descripción del funcionamiento.....	213
18.7.b) Parámetros estáticos.....	214
18.7.c) Parámetros dinámicos.....	214
18.7.d) Variables publicadas para SimRes.....	215
18.7.e) Variables Estado, de Control y Restricciones.....	216

1. Introducción

Este es el Volumen 3 de la Serie de Manuales Usuario 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 1.

Los Actores se clasifican los siguientes Grupos que corresponden a las Pestañas 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 encuentran disponibles dentro de esta pestaña actores de uso poco frecuente como el actor Banco de Baterías.
- **Demanda con respuesta.** Este tipo de actor permite modelar el porcentaje de la demanda que puede ser gestionado a través de señales económicas.
- **Red de combustibles.** En esta solapa se agrupan un conjunto de actores que permiten definir una red de combustibles, centrales generadoras que se alimentan de la red de combustibles y generan energía eléctrica, proveedores de combustibles y plantas de regasificación de Gas Natural Licuado.
- **Grupo Sin Editor.** Aquí 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 describen:

- “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 “PubliVars” y en la descripción de cada actor se incluye una tabla como la mostrada en la Tabla 1. La primera 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: Ejemplo de cuadro de publicación de variables de un Actor.

Nombre	Unidades	_Pi	SR3	Descripción.
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 pueden 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. Características generales de los Actores.

Se presenta a continuación la descripción de las funcionalidades generales que tienen los Actores.

Los Actores se configuran mediante parámetros que pueden ser Estáticos o Dinámicos.

Los **Parámetros Estáticos** son los que no cambian durante el proceso de optimización y simulación.

Los **Parámetros dinámicos** son los que pueden cambiar en cada paso de tiempo durante el proceso de optimización y simulación.

2.1.a) Pagos (no considerados en el despacho)

Todos los generadores, tienen la posibilidad de especificar Pagos por Energía y Pagos por Potencia (o capacidad).

El Pago por Potencia, se expresa en USD/MWh y es un pago que puede recibir un Actor, cuando se encuentre disponible, por la potencia puesta a disposición. El Pago por potencia no se considera a los efectos de la resolución del despacho óptimo. Tiene como utilidad representar los costos fijos asociados al generador. Generalmente se calcula como el pago que remunera la inversión y los costos fijos de operación y mantenimiento.

Pago por energía, se expresa en USD/MWh y es un pago adicional al costo variable que puede recibir un Actor por la energía que entrega al sistema. 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.

Ambos pagos pueden utilizarse para representar las condiciones contractuales del Actor en el Mercado Eléctrico.

2.1.b) Índice de pagos

En selector Índice de Pagos permite especificar un borne de una fuente, cuyo cometido será multiplicar los pagos del panel “Pagos (no considerados en el despacho)”. Si no se especifica una fuente, el multiplicador es 1.

2.1.c) Índice de precio por combustible

El selector Índice de Precios por Combustible permite especificar un borne de una fuente cuyo cometido será multiplicar el costo variable. Si no se especifica una fuente el multiplicador es 1. El multiplicador está en por unidad del precio.

2.1.d) Gradiente de inversión.

Se entiende por Gradiente de Inversión (GI), en cada paso de tiempo, a la diferencia entre el Beneficio Marginal de Sustitución (BMS) de la energía que entrega el actor y los Pagos por Energía (PE) y Pago por Potencia (PP) que reciba el actor en el mismo paso de tiempo.

$$GI = BMS - PP - PE \quad \text{ec.(1) Gradiente de Inversión.}$$

El BMG se calcula como se muestra en la ec. . Si el Actor genera una energía E, se incurrirá en el costo E_{cv} pero se evitará el costo E_{cmg} en las unidades generadoras que cuya energía se ve reducida.

$$BMG = E(cm_g - cv) \quad \text{ec.(2) Beneficio marginal de sustitución.}$$

Si $GI > 0$ el generador en ese paso de tiempo “crea valor” dado que el beneficio creado por reducir el costo e generación (BMS) es superior a los pagos requeridos por el generador. A la inversa, si $GI < 0$, el generador “destruye valor” en ese paso de tiempo. Como las inversiones se remuneran en plazos de 10 a 20 años, puede ocurrir que un generador no genere valor (o destruya valor) en determinados periodos (por ejemplo en primavera) pero que el valor creado en otros periodos compense la pérdida. Por esta razón, se suele mirar más que el GI por paso de tiempo el valor integrado (filtrando así estacionalidades y las aleatoriedades simuladas). En las etapas del horizonte de análisis donde el valor esperado de la integral de GI sea horizontal, el generador está en equilibrio, en aquellas en que el valor esperado de la integral de GI muestre pendiente positiva se está indicando que sería rentable incrementar la potencia del generador y en las que sea negativo sería rentable instalar menos potencia de ese generador.

En la solapa “Simulador” del editor hay un casillero que permite especificar “Calcular Gradiente de Inversión en p.u.”. Si no se marca, el GI se calcula como se especificó en la ec.1. Si el casillero se marca, el GI se calcula en por unidad del pago por potencia como se muestra en la ec3.

$$g_i = \frac{BMS - PP - PE}{PP} \quad \text{ec.(3) Gradiente de Inversión en por unidad de los costos fijos..}$$

2.1.e) Emisiones de CO2.

El cuadro “Emisiones de CO2” es también específico de los generadores y permite indicar las toneladas de CO2 por MWh generado, si el generador es del tipo “Low Cost Must Run” y si participa a un programa del tipo Mecanismo de Desarrollo Limpio.

El casillero *Calcular Emisiones CO2* habilita o no el cálculo. En caso de estar habilitado, se genera al simular un archivo con la emisión esperada de cada generador, con diferentes indicadores.

2.1.f) Unidades disponibles.

En Unidades Disponibles se debe especificar cuantas unidades están disponibles en un determinado período de tiempo. Al seleccionar el boton se abre un panel que permite, mediante el agregado de nuevas fichas, definir la cantidad de unidades instaladas y en mantenimiento por fecha. Cuando se agrega una ficha nueva, se debe definir la fecha de validez a partir de la cual es válida la información detallada en los campos de unidades instaladas y en mantenimiento. Dentro de cada ficha se puede definir si la unidad tiene Alta incierta, lo cual significa que la unidad estará disponible en algún momento a partir de la fecha de la ficha. La fecha de alta incierta se obtiene mediante un sorteo en tiempo de simulación.

Inicio de crónica incierto. Esta opción de las fichas de unidades permite especificar el tratamiento de la disponibilidad de las unidades generadoras al inicio de cada crónica. El uso de esta opción puede ser diferente si el caso de estudio corresponde al análisis de corto plazo partiendo desde una situación actual bien conocida o si se trata de un estudio en un horizonte futuro donde la situación inicial (esto es al inicio del horizonte) es incierta.

Si el casillero “Inicio Crónica Incierto” está marcado, al inicio de cada crónica de simulación, en lugar de suponer que las unidades están efectivamente disponibles, se realizan sorteos y estarán disponibles acorde con el Factor de Disponibilidad que se haya especificado para ese generador.

2.1.g) Unidades con forzamiento.

Los actores sujetos al despacho de potencia, soportan la posibilidad de que se defina, despachos forzados. Es posible imponer un valor de potencia despachada, imponer un despacho mínimo, un despacho máximo o un rango de potencia para despacho. Estos parámetros se manejan mediante fichas de parámetros dinámicos y se editan como se describe en el capítulo 3 del manual del editor.

2.1.h) Reserva Rotante

El Factor reserva rotante es un factor en p.u que multiplica la potencia máxima generable por el Actor para cada poste de tiempo para determinar el aporte del Actor a la Reserva Rotante.

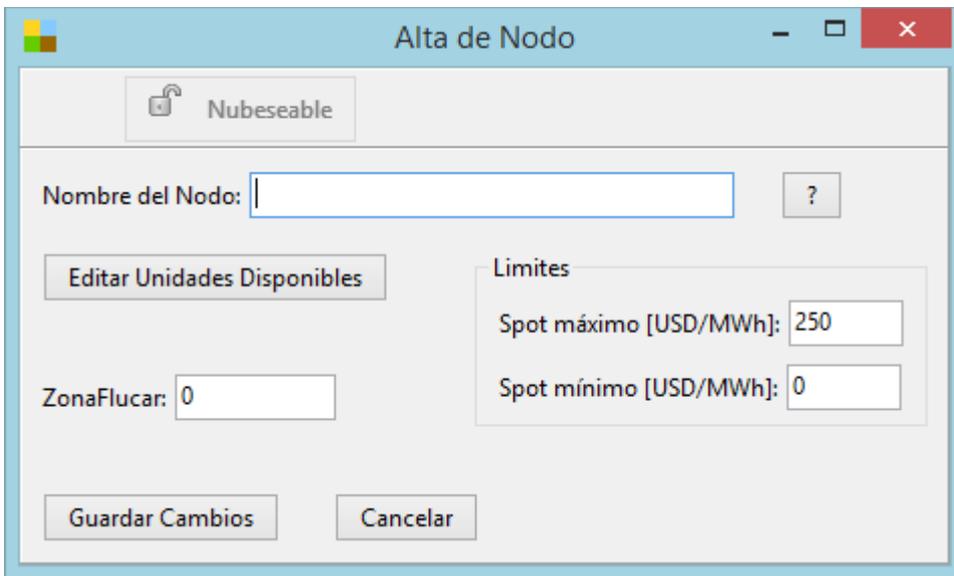
2.2. **Nodo.**

El Nodo es un Actor perteneciente a la Red Eléctrica. El Actor representa un punto de conexión para inyectar o extraer potencia eléctrica.

La función del Nodo es equivalente al de una barra de conexión donde diferentes actores pueden entregar energía o consumir energía.

2.2.a) **Descripción del funcionamiento.**

Se presenta a continuación la ficha de alta del Nodo:



Las funcionalidades generales del Actor están descritas en el documento Características generales de los Actores.

En cada Nodo se debe cumplir instantáneamente que el balance de potencia del Nodo es cero.

2.2.b) **Parámetros estáticos.**

Los parámetros estáticos son el Nombre, 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. En el panel “Limites” se puede definir el valor máximo y mínimo que puede tomar el precio Spot del Nodo.

2.2.c) Parámetros dinámicos.

El Actor no tiene parámetros dinámicos, ya que sus parámetros no varían durante la simulación.

2.2.d) Variables publicadas para SimRes.

El Actor permite publicar las siguientes variables por poste o paso de tiempo:

Nombre	Unidades	Poste de tiempo	SR3	Descripción
cdp	USD	No	Si	Costos incurridos por la generación de energía.
IngresoPorDisponibilidad	USD	No	Si	Pagos recibidos por el actor por disponibilidad.
IngresoPorEnergia	USD	No	Si	Pagos adicionales recibidos por el actor por la energía despachada.
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.
Cmg horario	USD/MWh	Si	Si	Costo horario marginal del Nodo.
Spot	USD/MWh	No	Si	Precio Spot del Nodo

2.2.e) Variables Estado, de Control y Restricciones.

El Actor no introduce Variables de Estado, ni de control al problema de optimización.

El Actor introduce una restricción de igualdad a ser respetada en cada poste de tiempo k . Se debe cumplir instantáneamente que el balance de potencia de entrada y salida sea cero, como se muestra en la ec.1.

$$\sum_{i=1}^{i=N} P_i - \sum_{j=1}^{j=M} D_j = 0$$

ec.1 Balance en el Nodo el poste de tiempo k .

Dónde:

P_i : Potencia inyectada i .

D_j : Potencia extraída j .

2.3. Arco.

El Arco es un Actor perteneciente al grupo Red Eléctrica. El Actor tiene como función realizar las conexiones entre dos Nodos del sistema y de esa forma permitir el flujo de energía entre los mismos. La red de transporte de energía eléctrica se modela a partir de Nodos y Arcos, definiendo en los Arcos las posibles restricciones de capacidad y disponibilidad.

2.3.a) Descripción del funcionamiento.

El formulario de edición de un Arco es el que se muestra en la Fig.16.

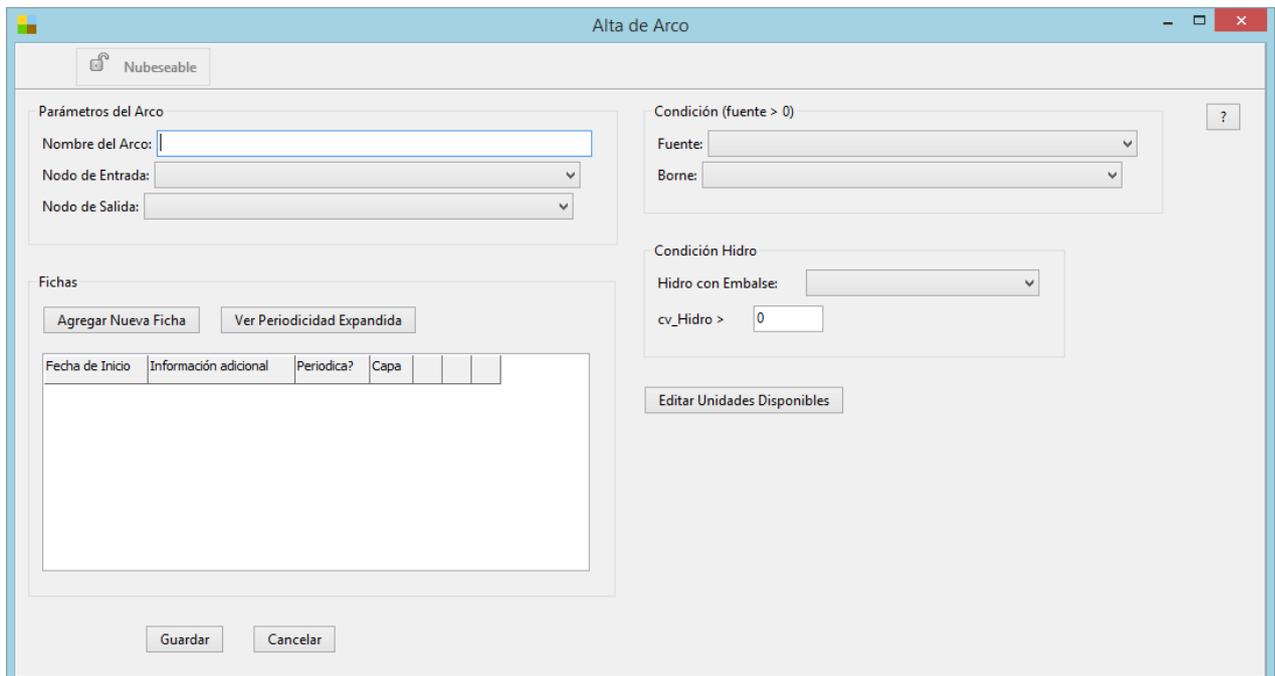


Fig. 1: Formulario de edición de un Arco.

2.3.b) Parámetros estáticos.

Los parámetros estáticos son el Nombre, el Nodo de Entrada y el Nodo de Salida.

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 (nodo por el que entra la energía al Arco) hacia su nodo de Salida (Nodo por el que sale la energía del Arco). Si entre dos Nodos es necesario representar un corredor de transporte bidireccional, se deben utilizar dos Arcos, uno en cada sentido.

En el panel “Condición fuente>0” se puede definir si se desea que el Arco pasa a estado indisponible si el valor definido por una Fuente (especificada en Fuente y Borne) es menor que cero.

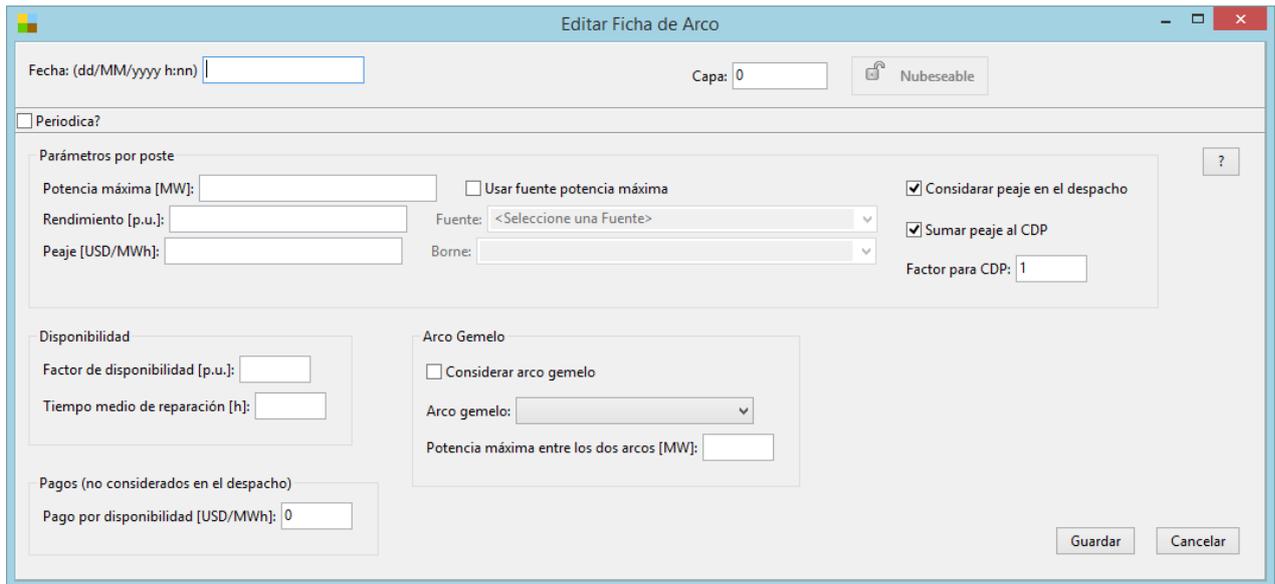
En el panel “Condición hidro” se puede definir si se desea que el Arco pasa a estado indisponible si el valor del agua de la central hidroeléctrica seleccionada en “Hidro con Embalse” es mayor al valor especificado en “cv_Hidro”.

En ambos casos, si se cumple la condición, la disponibilidad del Arco quedará determinada por los parámetros de disponibilidad en el grupo de parámetros dinámicos.

2.3.c) Parámetros dinámicos.

Los parámetros dinámicos del Actor se definen dentro del panel de Fichas, al agregar una nueva Ficha. En la nueva Ficha de parámetros dinámicos se debe definir la fecha de inicio de validez de dicha Ficha y su periodicidad. Adicionalmente se debe especificar una lista de parámetros técnicos que definen las características del Actor.

El panel de alta de una Ficha se muestra a continuación:



Los parámetros técnicos a especificar son:

- **Potencia máxima:** Es la potencia máxima en MW que el Actor puede transferir entre los Nodos de entrada y salida. Si se selecciona el casillero “Usar fuente potencia máxima” se puede especificar una Fuente y Borne de conexión para que el Actor reciba la información de potencia máxima.
- **Rendimiento:** Son las pérdidas del sistema de transporte en p.u. 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.

- Peaje: Es el peaje en USD/MWh por el uso de la Red Eléctrica.

Se debe además indicar si se desea que dicho peaje sea considerado para el Despacho y si se desea que se sume al Costo Directo del Paso (CDP). En el caso en que se desee sumar se debe especificar con que factor. Por defecto los casilleros Considerar Peaje en el Despacho y Sumar peaje al CDP se encuentran activos y el Factor para CDP en 1.

En el panel “Disponibilidad” se definen:

- FD: Es el factor de disponibilidad en p.u. y determina que porcentaje del tiempo dicho Actor se encuentra en servicio y operativo fuera de las ventanas de mantenimiento programado.
- TMR: Es el tiempo medio de reparación en horas que necesita el Actor para volver a estar en servicio luego de un evento de falla fortuita.

En el panel “Arco Gemelo” se puede imponer un restricción entre dos Arcos, de manera que la suma de la potencia transferida de cada Arco esté acotada a un valor especificado. Si se activa el casillero “Considerar Arco gemelo” se debe definir el otro Arco a considerar en la restricción y la potencia máxima que pueden transferir ambos Arcos.

2.3.d) Variables publicadas para SimRes.

El Actor permite publicar las siguientes variables por poste o paso de tiempo:

Nombre	Unidades	Poste de tiempo	SR3	Descripción
cdp	USD	No	Si	Costos incurridos por la generación de energía.
IngresoPorDisponibilidad	USD	No	Si	Pagos recibidos por el actor por disponibilidad.
IngresoPorEnergía	USD	No	Si	Pagos adicionales recibidos por el actor por la energía despachada.
ReservaRotante	MW	No	No	Reserva rotante.
cv_Spot	USD/MWh	No	No	Costo variable Spot.
Lambda_P	USD/MWh	No	No	Multiplicador de Lagrange de la restricción de caja.
ParticipacionSCS	USD	No	No	Participación en el Servicio de Confiabilidad del Sistema.
ForzamientoSCS	USD	No	No	Forzamiento en el Servicio de Confiabilidad del Sistema.
P	MW	Si	Si	Potencia entrante al Arco.
Costo	USD	Si	Si	Costo asociado al peaje por transportar P en el poste i.
CostoCongestion	USD/MWh	Si	Si	Valor por poste del multiplicador de Lagrange de la restricción de P _{máx} .
NLineasDisponibles	u	No	Si	Cantidad de líneas disponibles en el poste de tiempo.

2.3.e) Variables Estado, de Control y Restricciones.

El Actor no introduce Variables de Estado al sistema.

El Actor agrega una Variables de Control para cada poste de tiempo i :

- P_i : Potencia inyectada.

El Actor introduce una restricción de igualdad y dos restricciones de desigualdad a ser respetadas en cada poste de tiempo k . Se debe cumplir instantáneamente que el balance de potencia entrada y salida cero, y que las potencias estén limitadas a $P_{\text{máx}}$, como se muestra en la ec.1.

$$\begin{aligned} P_E \cdot \eta - P_S &= 0 \\ P_E &\leq P_{\text{Máx}} \\ P_S &\leq P_{\text{Máx}} \end{aligned}$$

ec.1 Balance de potencia en el Arco el poste de tiempo k .

Dónde:

P_E : Potencia de entrada al Arco.

P_S : Potencia de salida del Arco.

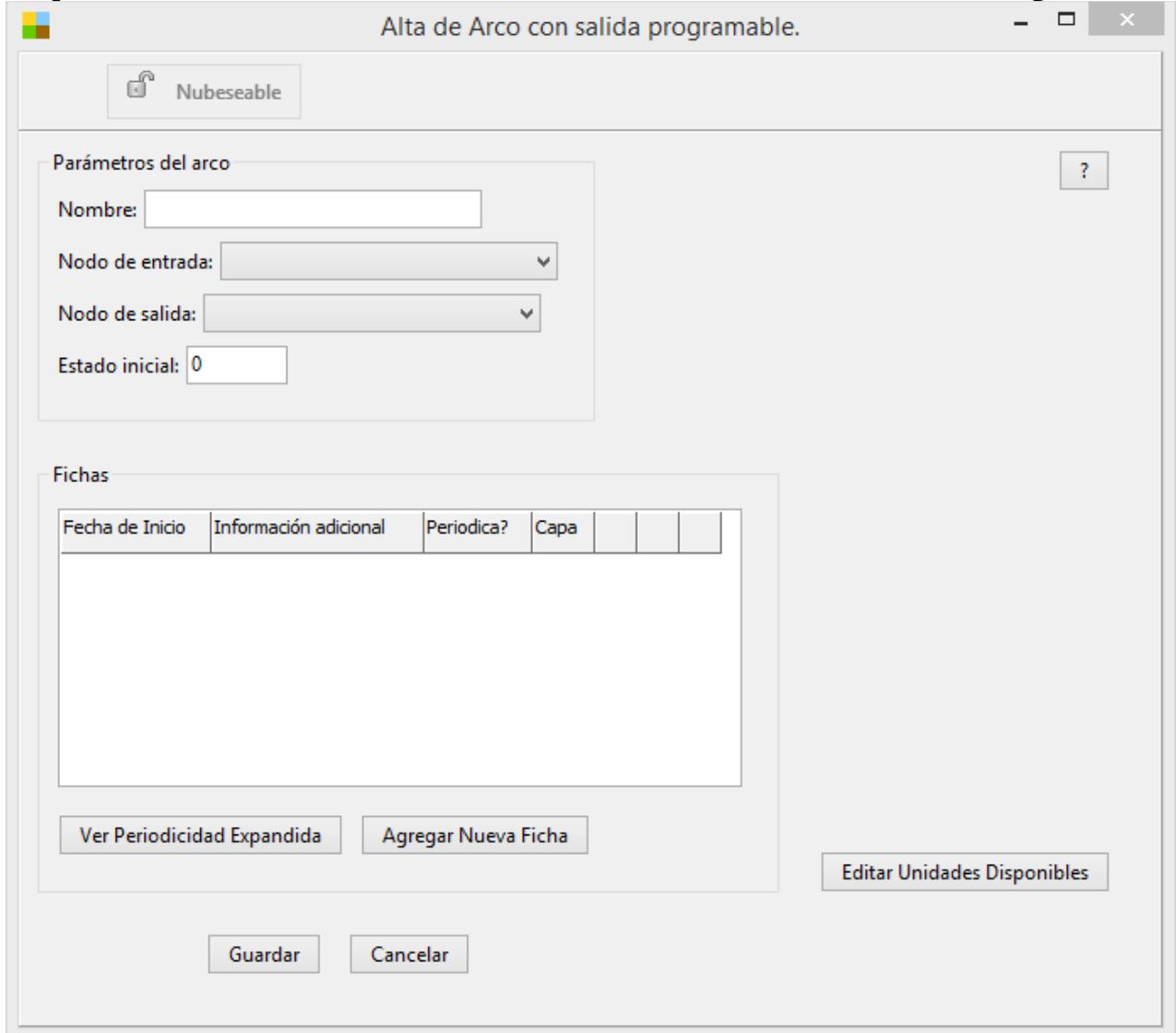
η : pérdidas del sistema de transporte del Arco.

2.4. Arco con Salida Programable.

El Arco es un Actor perteneciente a la Red Eléctrica. El Actor tiene como función realizar las conexiones entre dos Nodos del sistema y de esa forma permitir el flujo de energía entre los mismos. El Arco con salida programable tiene la posibilidad de poder interrumpir el flujo de energía (abrir el Arco) con cierta antelación preestablecida (pre-aviso).

2.4.a) Descripción del funcionamiento.

Se presenta a continuación la ficha de alta de un Arco con Salida Programable:



Alta de Arco con salida programable.

Nubeseable

Parámetros del arco

Nombre:

Nodo de entrada:

Nodo de salida:

Estado inicial:

Fichas

Fecha de Inicio	Información adicional	Periodica?	Capa			

Ver Periodicidad Expandida Agregar Nueva Ficha Editar Unidades Disponibles

Guardar Cancelar

Las funcionalidades generales del Actor están descritas en el documento Características generales de los Actores.

Cuando el Arco sale de servicio, los generadores que están conectados 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.

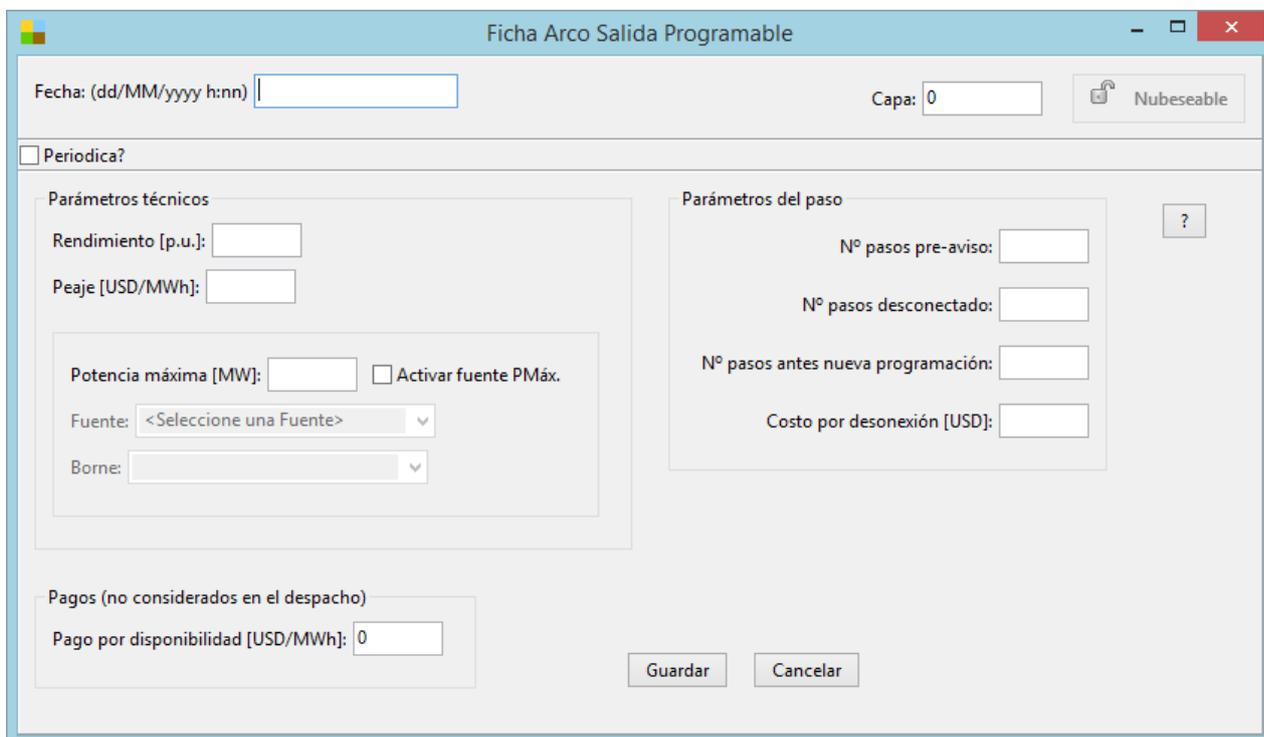
2.4.b) Parámetros estáticos.

Los parámetros estáticos son el Nombre, el Nodo de entrada y el Nodo de salida. En “Estado Inicial” es necesario indicar el estado inicial en que se encuentra el Arco. 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.

2.4.c) Parámetros dinámicos.

Los parámetros dinámicos del Actor se definen dentro del panel de Fichas, al agregar una nueva Ficha. En la nueva Ficha de parámetros dinámicos se debe definir la fecha de inicio de validez de dicha Ficha y su periodicidad. Adicionalmente se debe especificar una lista de parámetros técnicos que definen las características del Actor.

El panel de alta de una Ficha se muestra a continuación:



The screenshot shows a software window titled "Ficha Arco Salida Programable". At the top, there is a date input field "Fecha: (dd/MM/yyyy h:nn)", a "Capa" input field with the value "0", and a "Nubeseable" button. Below this is a checkbox labeled "Periodica?". The main area is divided into two columns. The left column, titled "Parámetros técnicos", contains input fields for "Rendimiento [p.u.]", "Peaje [USD/MWh]", "Potencia máxima [MW]" (with an "Activar fuente PMáx." checkbox), a "Fuente" dropdown menu (currently showing "<Seleccione una Fuente>"), and a "Borne" dropdown menu. The right column, titled "Parámetros del paso", contains input fields for "Nº pasos pre-aviso", "Nº pasos desconectado", "Nº pasos antes nueva programación", and "Costo por desconexión [USD]". At the bottom of the window, there are "Guardar" and "Cancelar" buttons.

Los parámetros técnicos a especificar son:

- **Potencia máxima:** Es la potencia máxima en MW que el Actor puede transferir entre los Nodos de entrada y salida. Si se selecciona el casillero “Usar fuente potencia máxima” se puede especificar una Fuente y Borne de conexión para que el Actor reciba la información de potencia máxima.
- **Rendimiento:** Son las pérdidas del sistema de transporte en p.u. 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.
- **Peaje:** Es el peaje en USD/MWh por el uso de la Red Eléctrica.

Estos valores se deben especificar como un vector de números reales separados por “;” (Punto y coma). Si solo se ingresa un valor, el mismo se aplicará a todos los postes.

En el panel “Parámetros del paso” se definen:

- **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: $Xs_Desc = - (N^\circ \text{ Pasos Desconexión} + N^\circ \text{ Pasos ante nueva programación})$. 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° 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.

2.4.d) Variables publicadas para SimRes.

El Actor permite publicar las siguientes variables por poste o paso de tiempo:

Nombre	Unidades	Poste de tiempo	SR3	Descripción
cdp	USD	No	Si	Costos incurridos por la generación de energía.
IngresoPorDisponibilidad	USD	No	Si	Pagos recibidos por el actor por disponibilidad.
IngresoPorEnergía	USD	No	Si	Pagos adicionales recibidos por el actor por la energía despachada.
ReservaRotante	MW	No	No	Reserva rotante.
cv_Spot	USD/MWh	No	No	Costo variable Spot.
Lambda_P	USD/MWh	No	No	Multiplicador de Lagrange de la restricción de caja.
ParticipacionSCS	USD	No	No	Participación en el Servicio de Confiabilidad del Sistema.
ForzamientoSCS	USD	No	No	Forzamiento en el Servicio de Confiabilidad del Sistema.
P	MW	Si	Si	Potencia entrante al Arco.
CF	USD	Si	Si	Costo Futuro del Actor.
X_Desc		Si	Si	Variable de estado de desconexión.
NLineasDisponibles	u	No	Si	Cantidad de líneas disponibles en el poste de tiempo.

2.4.e) Variables Estado, de Control y Restricciones.

El Actor agrega 1 Variable de Estado al sistema:

- X_{Desc} : Variable entera que indica si la decisión de desconexión ya fue programada o no y el tiempo que transcurrió desde que fue programada.

El Actor agrega una Variables de Control para cada poste de tiempo i :

- P_i : Potencia inyectada.

El Actor introduce una restricción de igualdad y dos restricciones de desigualdad a ser respetadas en cada poste de tiempo k . Se debe cumplir instantáneamente que el balance de potencia entrada y salida cero, y que las potencias estén limitadas a $P_{máx}$, como se muestra en la ec.1.

$$\begin{aligned} P_E \cdot \eta - P_S &= 0 \\ P_E &\leq P_{Máx} \\ P_S &\leq P_{Máx} \end{aligned}$$

ec.1 Balance de potencia en el Arco el poste de tiempo k .

Dónde:

P_E : Potencia de entrada al Arco.

P_S : Potencia de salida del Arco.

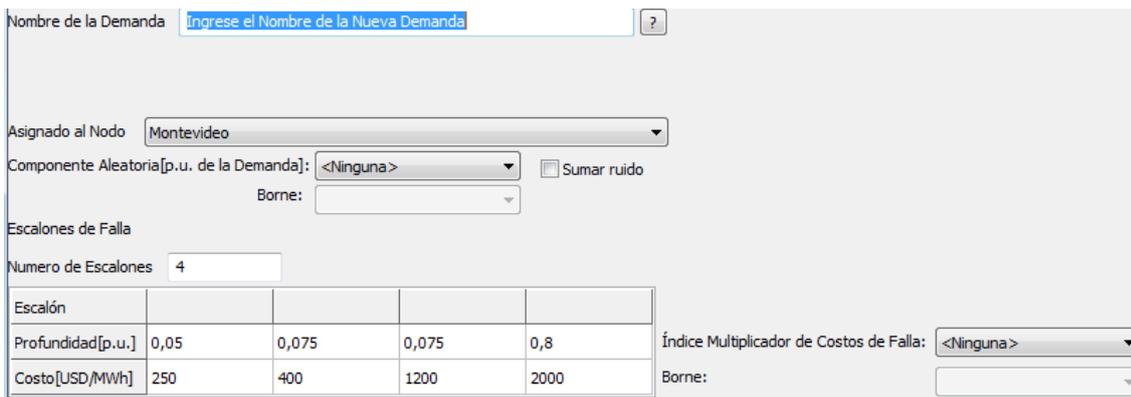
η : pérdidas del sistema de transporte del Arco.

3. Grupo Demandas

Es el grupo de Actores que pertenecen a la pestaña “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.2 se muestra un extracto del formulario de edición de los parámetros estáticos que es común a los tres tipos de demanda.



Nombre de la Demanda ?

Asignado al Nodo

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

Borne:

Escalones de Falla

Numero de Escalones

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:

Borne:

Fig. 2: 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.2 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.

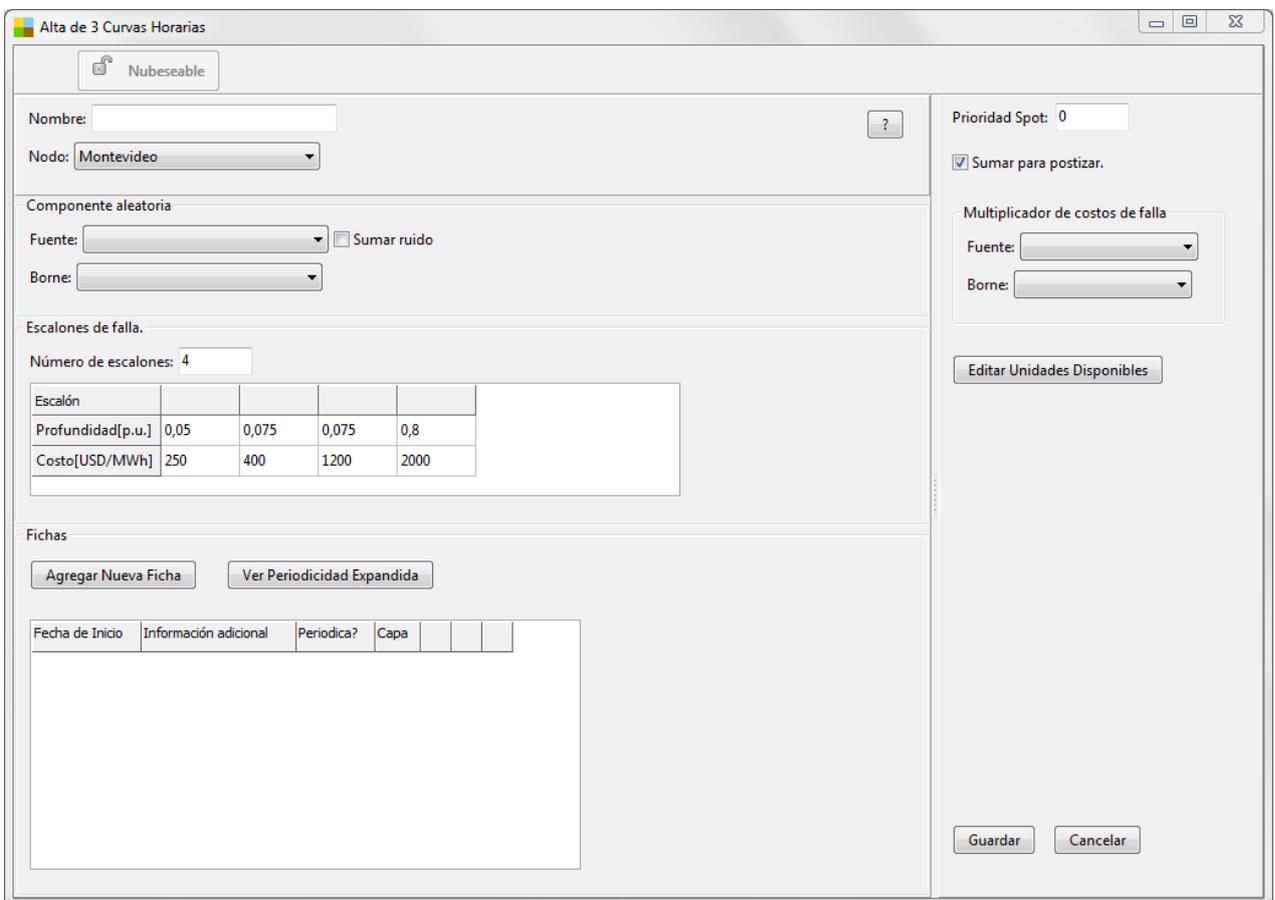
Nombre	Unidades	_Pi	SR3	Descripción.
P	MW	Si	Si	Potencia inyectada en el Nodo en el poste "i". (como es una demanda será normalmente negativa).
PD	MW	Si	Si	Potencia de la Demanda. (es menos la anterior cuando no hay FALLA)
PFj	MW	Si	Si	Potencia de Falla despachada en el escalón de falla "j" en el poste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

3.2. Demanda 3 Curvas Horarias.

La Demanda 3 Curvas Horarias es un Actor perteneciente al grupo Demandas. La función del Actor es representar los consumos de energía eléctrica del sistema eléctrico (demanda de energía eléctrica) definiendo la curva horaria de consumo para tres tipos de días: Días Hábiles, Días Medio-Feriados y Días Feriados.

3.2.a) Descripción del funcionamiento.

Se presenta a continuación la ficha de alta de Demanda 3 Curvas Horarias:



Alta de 3 Curvas Horarias

Nubeseable

Nombre:

Nodo:

Prioridad Spot:

Sumar para postizar.

Componente aleatoria

Fuente:

Borne:

Multiplicador de costos de falla

Fuente:

Borne:

Escalones de falla.

Número de escalones:

Escalón				
Profundidad[p.u.]	0,05	0,075	0,075	0,8
Costo[USD/MWh]	250	400	1200	2000

Fichas

Fecha de Inicio	Información adicional	Periodica?	Capa			

El Actor cuenta con un panel de Fichas junto con el resto de funcionalidades generales de los Actores, las cuales están descritas en el [documento Características generales de los Actores](#).

3.2.b) Parámetros estáticos.

Dentro de los parámetros estáticos del Actor, se deben especificar el Nombre y Nodo de la Red Eléctrica a la cual se quiere asociar el Actor.

En los selectores Componente Aleatoria (p.u. de la Demanda) y Borne asociado, se puede asignar una fuente aleatoria que representa las variaciones de la demanda entorno a un valor preestablecido. La fuente aleatoria debe generar el ruido en p.u. de la demanda. El valor utilizado en cada paso de tiempo será el valor determinístico multiplicado por $(1+r)$ siendo r el valor leído de la fuente. En el caso en que no se desee utilizar fuentes aleatorias se debe especificar en el casillero la opción “Ninguna” y el multiplicador en este caso es 1.

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.

3.2.b.i Escalones de Falla:

El casillero Número de Escalones, indica la cantidad 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 de Falla y Costo de Falla para permitir ingresar tantos valores correspondientes. Los escalones se consideran ordenados de izquierda a derecha. La Profundidad [p.u.] es la profundidad del escalón expresado 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 dicha Profundidad. En el ejemplo, las Profundidades de Falla son 0.05; 0.075; 0.075 y 0,8 y los respectivos Costos de Falla son 250; 400; 1200 y 2000 USD/MWh respectivamente. 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 y si el déficit excede la suma 5% + 7.5% sobre el excedente, el primer 7.5% se computa un costo de 1200 USD/MW. Si el déficit supera al 5% + 7.5% + 7.5% , por el excedente y adicional a los cálculos de los tres primeros escalones, se computará un costo de 2000 USD/MWh. Para ser coherentes en el uso de los Escalones de Falla, las Profundidades de Falla deben sumar 1 (uno) y los Costos de Falla deben ser crecientes de izquierda a derecha.

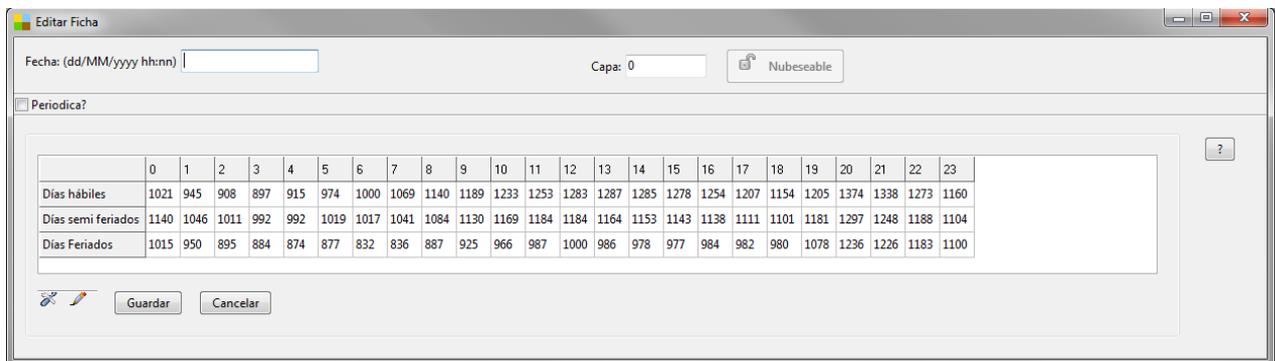
El selector Multiplicador de Costos de Falla (y el correspondiente Borne) del panel de la derecha, permite seleccionar una Fuente para indexar los Costos de Falla. Esto es útil pues en Salas de largo plazo en que los combustibles tienen indexación, es razonable indexar los Costos de Falla de forma que los recursos del sistema no terminen siendo más caros que los Costos de Falla. Si en el sistema solo quedan recursos más caros 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.

3.2.c) Parámetros dinámicos.

Los parámetros dinámicos del Actor se definen dentro del panel de Fichas, al agregar una nueva Ficha. En la nueva Ficha de parámetros dinámicos se debe definir la fecha de inicio de validez de dicha Ficha y su periodicidad. Adicionalmente se debe especificar una lista de parámetros técnicos que definen las características del Actor.

El panel de alta de una Ficha se muestra a continuación:



Fecha: (dd/MM/yyyy hh:nn) Capa: 0

Periodica?

	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

En este Actor, los parámetros dinámicos funcionan por interpolación en cada paso de tiempo entre dos Fichas. Para que esto sea posible, el Actor debe tener definidas al menos dos fichas, 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 el simulador interpole entre las Fichas para dar una variación continua.

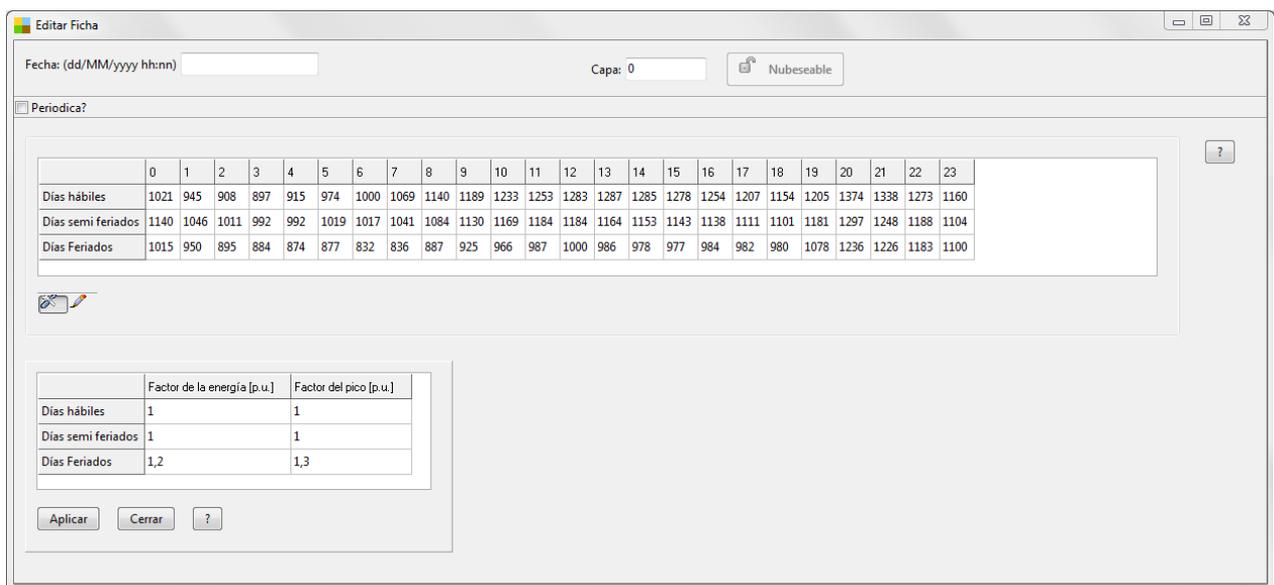
Se debe ingresar una curva para cada tipo de día. A modo de ejemplo, dada dos Fichas consecutivas A y B, al inicio de la Ficha A, la demanda será la especificada en la Ficha A. Internamente la demanda de las tres curvas va incrementándose (o decrementándose) hasta la fecha de inicio de la Ficha B. A partir de esa fecha de inicio la demanda es la especificada en la Ficha de B y así sucesivamente.

En la parte inferior izquierda la Ficha cuenta con el botón  que sirve para “aplicar factores de crecimiento” a alguna de las curvas horarias ya definidas y con el botón  que sirve para “Importar datos” y sobrescribir las curvas horarias ya definidas. Al presionar cualquiera de los dos botones se despliega un panel que deberá ser cerrado para poder volver al formulario en la condición original (se desactivan los botones “Guardar” 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.c.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 un panel donde es posible ingresar diferentes factores de crecimiento para el pico de energía (p.u.) en los 3 tipos de días definidos en esta demanda, como se muestra en la siguiente figura:



The screenshot shows a window titled "Editar Ficha" with a date input field, a "Capa: 0" label, and a "Nubeseable" button. Below these is a "Periodica?" checkbox. The main area contains a table with 24 columns (0-23) and 3 rows: "Días hábiles", "Días semi feriados", and "Días Feriados". Below the table is a smaller table for applying growth factors.

	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	1	1
Días semi feriados	1	1
Días Feriados	1,2	1,3

Buttons: Aplicar, Cerrar, ?

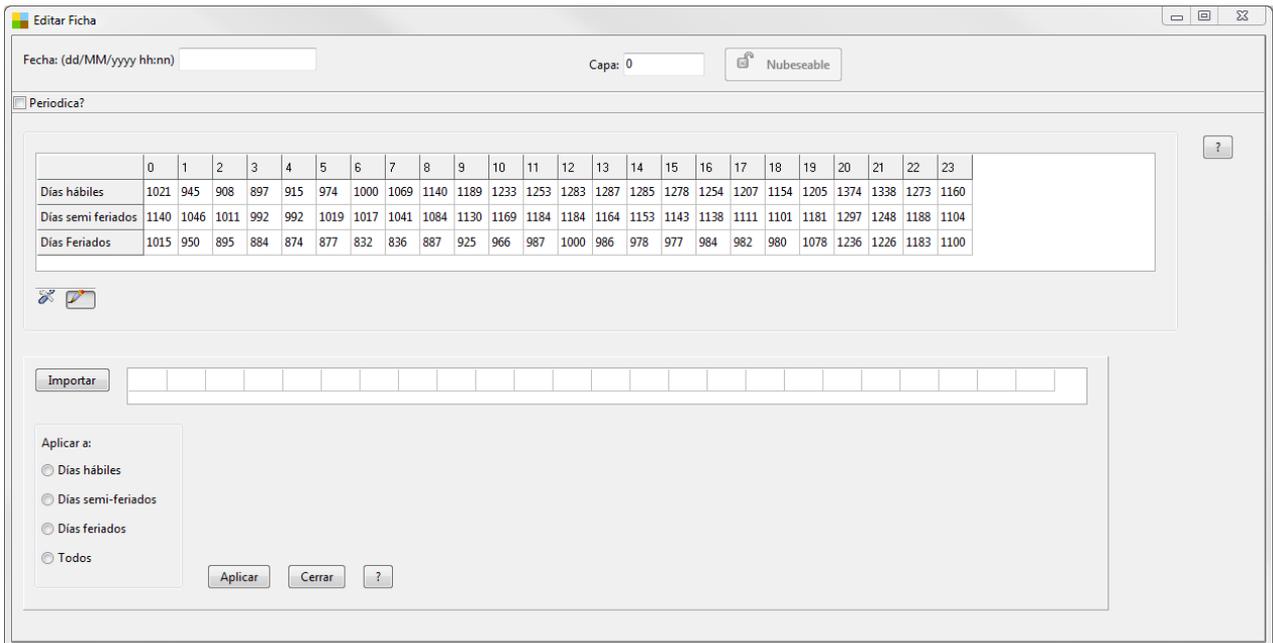
En el ejemplo, todos los factores están con el valor 1 (uno) salvo para los días feriados en que se ha especificado un crecimiento de 20% para la energía (factor = 1.2) y de 30% para el pico (factor = 1.3). Al presionar el botón “Aplicar” se aplicaran los factores sobre las curvas de carga (Si se aprieta 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 que no son 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.

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

3.2.c.ii **Importar Datos:**

Al hacer un click en el botón  “Importar Datos” se abre en la parte inferior de la Ficha el panel de importación de datos como se muestra en la siguiente figura:



The screenshot shows a window titled "Editar Ficha" with a date field, a "Capa: 0" field, and a "Nubeseable" button. Below these is a "Periodica?" checkbox and a table with 24 columns (0-23) and 3 rows: "Días hábiles", "Días semi feriados", and "Días Feriados". At the bottom, there is an "Importar" button, a text input field, and a section labeled "Aplicar a:" with radio buttons for "Días hábiles", "Días semi-feriados", "Días feriados", and "Todos". There are also "Aplicar", "Cerrar", and "?" buttons at the bottom.

	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

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 el ejemplo de la figura. 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 ventana de importación de valores, se puede especificar el “separador decimal” para poder leer datos de diferentes fuentes.

Al hacer click en “Importar” de la ventana de importación se interpretan los valores y se copian en la fila de casilleros a la derecha del botón importar (está vacía en el ejemplo). Luego de completada esa fila, se debe seleccionar a qué curva se aplica, eligiendo el tipo de día con los botones que aparecen bajo la etiqueta “Aplicar a:”, 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 los días correspondientes en el cuadro superior.

3.2.d) Variables publicadas para SimRes.

El Actor permite publicar las siguientes variables por poste de tiempo:

Nombre	Unidades	Poste de tiempo	SR3	Descripción
P	MW	Sí	Sí	Potencia inyectada en el Nodo en el poste de tiempo i . (como es una demanda son valores negativos).
PD	MW	Sí	Sí	Potencia de la Demanda $PD = -P$ (cuando no hay falla).
PF _j	MW	Sí	Sí	Potencia de Falla despachada en el escalón de falla j en el poste de tiempo i .
Costoj	USD	Sí	Sí	Costo de Falla del escalón de falla j en el poste de tiempo i .

3.2.e) Variables Estado, de Control y Restricciones.

El Actor no introduce Variables de Estado al problema de optimización.

El Actor introduce las siguientes Variables de Control:

Para cada Escalón de Falla f se introduce una Variable de Control P_{Falla}^i por Poste de tiempo i . Dicha variable es la Potencia de Falla a despachar y depende de la Profundidad de Falla en el Poste de tiempo que se esté considerando. Como ejemplo: para 4 Escalones de Falla y 5 Postes se totalizan 20 Variables de Control.

El Actor introduce las siguientes Restricciones sobre las Variables de Control:

Para cada Variable de Control P_{Falla}^i se impone una restricción que representa el máximo valor que puede tomar dicha variable para cada Escalón de Falla f en cada Poste de tiempo i como se muestra en la ec.1

$$P_{Falla}^i \leq P_D^i \cdot Profundidad_f^i$$

ec.1 Restricción de la Variable de Control en el poste de tiempo i .

Dónde:

P_{Falla}^i : Potencia de Falla despachada.

P_D^i : Potencia demandada.

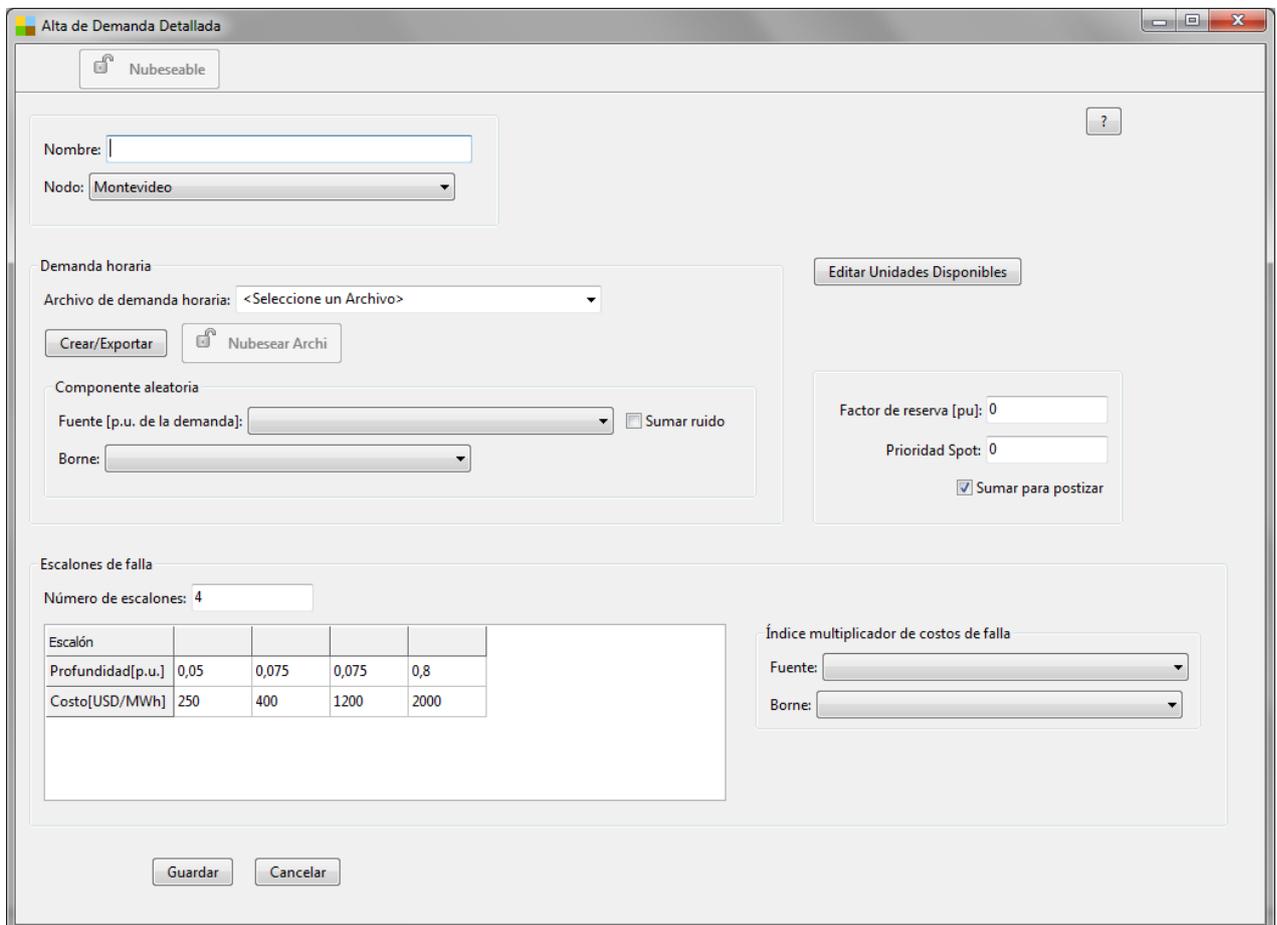
$Profundidad_f^i$: Profundidad del Escalón de Falla f .

3.3. Demanda Detallada.

La Demanda Detallada es un Actor perteneciente al grupo Demandas. La función del Actor es representar los consumos de energía eléctrica del sistema eléctrico (demanda de energía eléctrica) a partir de la definición de la información de la demanda detallada horaria para cada año del período de tiempo que se desee considerar. 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 más sencillo utilizar el modelo de demanda “Demanda Año Base y Vector de Energías Anuales”.

3.3.a) Descripción del funcionamiento.

Se presenta a continuación la ficha de alta de Demanda Detallada:



The screenshot shows the 'Alta de Demanda Detallada' window with the following fields and controls:

- Nombre:** Text input field.
- Nodo:** Dropdown menu with 'Montevideo' selected.
- Demanda horaria:** Section containing:
 - Archivo de demanda horaria:** Dropdown menu with '<Seleccione un Archivo>'.
 - Crear/Exportar:** Button.
 - Nubesear Archi:** Button.
- Componente aleatoria:** Section containing:
 - Fuente [p.u. de la demanda]:** Dropdown menu.
 - Borne:** Dropdown menu.
 - Sumar ruido:** Checkbox.
- Factor de reserva [pu]:** Input field with value 0.
- Prioridad Spot:** Input field with value 0.
- Sumar para postizar:** Checked checkbox.
- Escalones de falla:** Section containing:
 - Número de escalones:** Input field with value 4.
 - Table:**

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:** Section containing:
 - Fuente:** Dropdown menu.
 - Borne:** Dropdown menu.
- Buttons:** 'Guardar' and 'Cancelar' at the bottom.

El Actor tiene las características generales que se describen en el documento Características Generales de los Actores.

3.3.b) Parámetros estáticos.

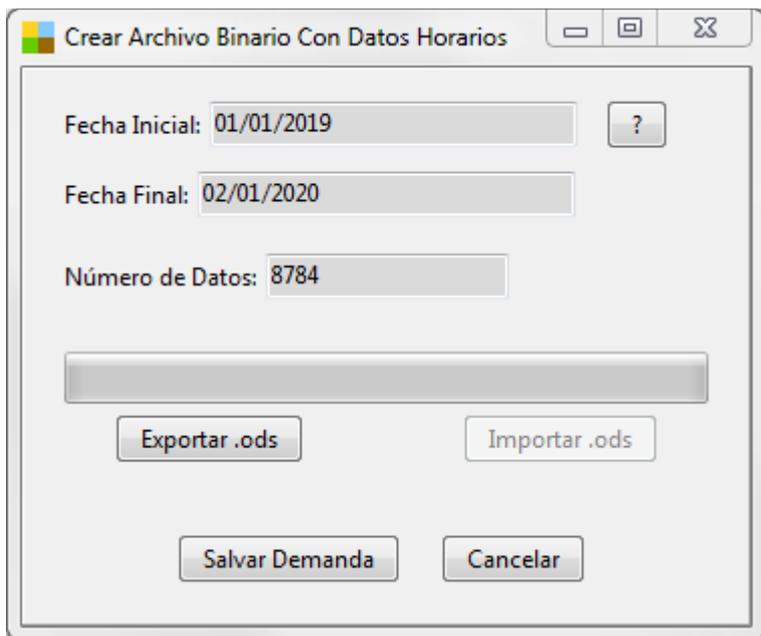
Dentro de los parámetros estáticos del Actor, se deben especificar el Nombre y Nodo de la Red Eléctrica a la cual se quiere asociar el Actor.

3.3.b.i *Demanda horaria:*

En el panel Demanda horaria se define las características de la Demanda Detallada.

En la etiqueta “Archivo demanda horaria” se debe ingresar un archivo binario con la información de la demanda detallada horaria de energía. Este archivo es utilizado para modelar la demanda de cada año del período de tiempo a considerar.

Se puede seleccionar un archivo previamente creado o presionar el botón “Crear” para crear un nuevo archivo. Al presionar el botón “Crear” se abre una ventana como la mostrada en la siguiente figura:



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 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 01 de enero de 2019. Al presionar el botón “Exportar .ods” se abrirá una planilla 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 siguiente figura:

	A	B	C	D	E	F	G
1		0	1	2	3	4	5
2	2019-01-01	0	0	0	0	0	0
3	2019-01-02	0	0	0	0	0	0
4	2019-01-03	0	0	0	0	0	0
5	2019-01-04	0	0	0	0	0	0
6	2019-01-05	0	0	0	0	0	0
7	2019-01-06	0	0	0	0	0	0
8	2019-01-07	0	0	0	0	0	0
9	2019-01-08	0	0	0	0	0	0
10	2019-01-09	0	0	0	0	0	0
11	2019-01-10	0	0	0	0	0	0
12	2019-01-11	0	0	0	0	0	0
13	2019-01-12	0	0	0	0	0	0

Una vez finalizada la edición de la planilla, debe salvar la misma presionando el botón guardar de la barra de herramientas del LibreOffice/OpenOffice y cerrar el archivo (no necesita nombrarlo ni guardarlo en una ubicación específica). A continuación debe presionar el botón “Importar .ods”. Una vez importados los datos, debe presionar “Salvar Demanda” para guardarla en un archivo. Este archivo quedará asociado al Actor que está creando, pero también podrá ser usado para crear otras demandas en otras Salas.

En los selectores Componente Aleatoria (p.u. de la Demanda) y Borne asociado, se puede asignar una fuente aleatoria que representa las variaciones de la demanda entorno a un valor preestablecido. La fuente aleatoria debe generar el ruido en p.u. de la demanda. El valor utilizado en cada paso de tiempo será el valor determinístico multiplicado por $(1+r)$ siendo r el valor leído de la fuente. En el caso en que no se desee utilizar fuentes aleatorias se debe especificar en el casillero la opción “Ninguna” y el multiplicador en este caso es 1.

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.

3.3.b.ii Escalones de Falla:

El casillero Número de Escalones, indica la cantidad 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 de falla y Costo de falla para permitir ingresar tantos valores correspondientes. Los escalones se consideran ordenados de izquierda a derecha. La Profundidad [p.u.] 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 de falla son 0.05; 0.075; 0.075 y 0,8 y los respectivos costos de falla son 250; 400; 1200 y 2000 USD/MWh respectivamente. 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) del panel de la derecha, 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 solo quedan recursos más caros 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.

3.3.c) Variables publicadas para SimRes.

El Actor permite publicar las siguientes variables por poste de tiempo:

<i>Nombre</i>	<i>Unidades</i>	<i>Poste de tiempo</i>	<i>SR3</i>	<i>Descripción</i>
P	MW	Sí	Sí	Potencia inyectada en el Nodo en el poste de tiempo i . (como es una demanda será normalmente negativa).
PD	MW	Sí	Sí	Potencia de la Demanda $PD = -P$ (cuando no hay falla).
PF _j	MW	Sí	Sí	Potencia de Falla despachada en el escalón de falla j en el poste de tiempo i .
Costo _j	USD	Sí	Sí	Costo de Falla del escalón de falla j en el poste de tiempo i .

3.3.d) Variables Estado, de Control y Restricciones.

El Actor no introduce Variables de Estado al problema de optimización.

El Actor introduce las siguientes Variables de Control:

Para cada Escalón de Falla f se introduce una Variable de Control P_{Falla}^i por Poste de tiempo i . Dicha variable es la potencia de falla necesaria a despachar y depende de la Profundidad de la falla en el Poste de tiempo que se esté considerando. Como ejemplo: para 4 escalones de falla y 5 Postes se totalizan 20 Variables de Control.

El Actor introduce las siguientes Restricciones sobre las Variables de Control:

Para cada Variable de Control P_{Falla}^i se impone una restricción que representa el máximo valor que puede tomar dicha variable para cada Escalón de Falla f en cada Poste de tiempo i como se muestra en la ec.1

$$P_{Falla}^i \leq P_D^i \cdot Profundidad_f^i$$

ec.1 Restricción de la Variable de Control en el poste de tiempo i .

Dónde:

P_{Falla}^i : Potencia de Falla despachada.

P_D^i : Potencia demandada.

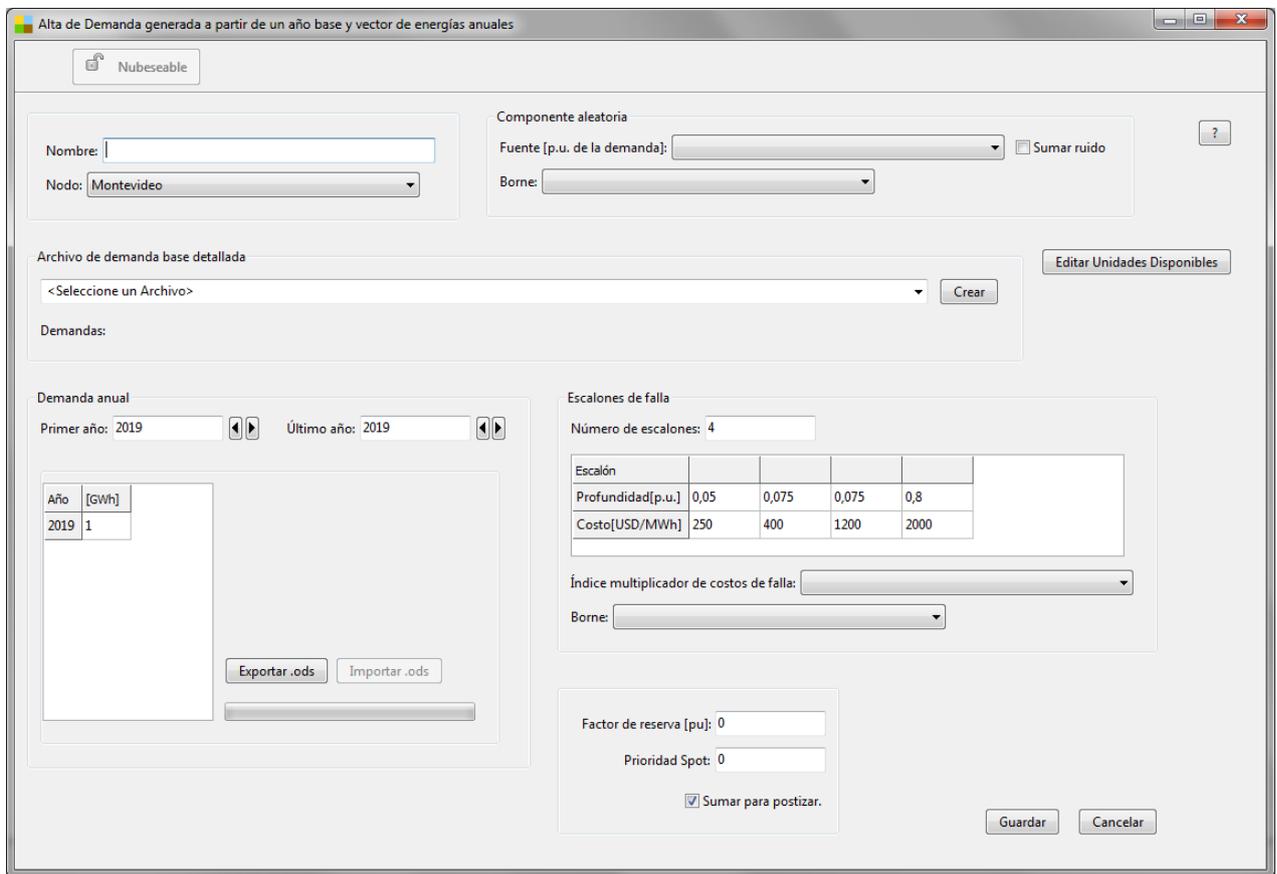
$Profundidad_f^i$: Profundidad del Escalón de Falla f .

3.4. Demanda Año Base y Vector de Energías Anuales.

La Demanda Año Base y Vector de Energías Anuales es un Actor perteneciente al grupo Demandas. La función del Actor es representar los consumos de energía eléctrica del sistema eléctrico (demanda de energía eléctrica) a partir de la definición de la información de la demanda detallada horaria del un año base y la especificación de la energía total anual para cada año del período de tiempo que se desee considerar.

3.4.a) Descripción del funcionamiento.

Se presenta a continuación la ficha de alta de Demanda Año Base y Vector de Energías Anuales:



Alta de Demanda generada a partir de un año base y vector de energías anuales

Nubeseable

Nombre:

Nodo:

Componente aleatoria

Fuente [p.u. de la demanda]:

Borne:

Sumar ruido

Archivo de demanda base detallada

<Seleccione un Archivo>

Editar Unidades Disponibles

Demanda anual

Primer año: 2019 Último año: 2019

Año	[GWh]
2019	1

Escalones de falla

Número 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:

Borne:

Factor de reserva [pu]:

Prioridad Spot:

Sumar para postizar.

El Actor tiene las características generales que se describen en el documento Características Generales de los Actores.

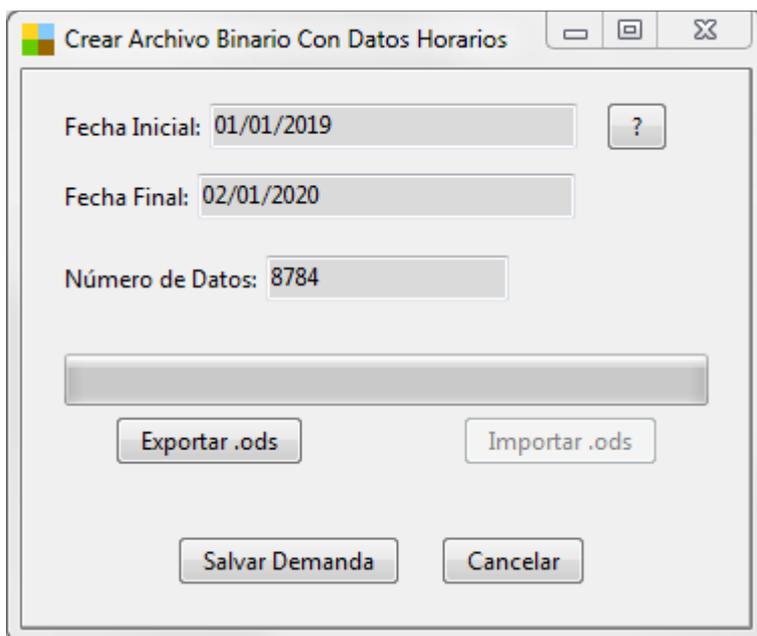
3.4.b) Parámetros estáticos.

Dentro de los parámetros estáticos del Actor, se deben especificar el Nombre y Nodo de la Red Eléctrica a la cual se quiere asociar el Actor.

3.4.b.i Archivo Demanda Base Detallada:

En el panel Archivo Demanda Base Detallada se ingresa un archivo binario con la información de la demanda detallada horaria de un año base. Este archivo es utilizado para modelar la demanda de cada año del período de tiempo a considerar, siendo escalado por las constantes necesarias para que su energía anual sea la especificada en el vector de energías anuales de cada año (definidas en el panel de Demanda Anual).

Se puede seleccionar un archivo previamente creado o presionar el botón “Crear” para crear un nuevo archivo. Al presionar el botón “Crear” se abre una ventana como la mostrada en la siguiente figura:



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 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 01 de enero de 2019. Al presionar el botón “Exportar .ods” se abrirá una planilla 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 siguiente figura:

	A	B	C	D	E	F	G
1		0	1	2	3	4	5
2	2019-01-01	0	0	0	0	0	0
3	2019-01-02	0	0	0	0	0	0
4	2019-01-03	0	0	0	0	0	0
5	2019-01-04	0	0	0	0	0	0
6	2019-01-05	0	0	0	0	0	0
7	2019-01-06	0	0	0	0	0	0
8	2019-01-07	0	0	0	0	0	0
9	2019-01-08	0	0	0	0	0	0
10	2019-01-09	0	0	0	0	0	0
11	2019-01-10	0	0	0	0	0	0
12	2019-01-11	0	0	0	0	0	0
13	2019-01-12	0	0	0	0	0	0

Una vez finalizada la edición de la planilla, debe salvar la misma presionando el botón guardar de la barra de herramientas del LibreOffice/OpenOffice y cerrar el archivo (no necesita nombrarlo ni guardarlo en una ubicación específica). A continuación debe presionar el botón “Importar .ods”. Una vez importados los datos, debe presionar “Salvar Demanda” para guardarla en un archivo. Este archivo quedará asociado al Actor que está creando, pero también podrá ser usado para crear otras demandas en otras Salas.

En los selectores Componente Aleatoria (p.u. de la Demanda) y Borne asociado, se puede asignar una fuente aleatoria que representa las variaciones de la demanda entorno a un valor preestablecido. La fuente aleatoria debe generar el ruido en p.u. de la demanda. El valor utilizado en cada paso de tiempo será el valor determinístico multiplicado por $(1+r)$ siendo r el valor leído de la fuente. En el caso en que no se desee utilizar fuentes aleatorias se debe especificar en el casillero la opción “Ninguna” y el multiplicador en este caso es 1. 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.

3.4.b.ii Demanda Anual:

En el panel Demanda Anual se especifican las energías anuales de las demandas del período de tiempo que se desee considerar.

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 función del período de tiempo indicado se actualiza la tabla que se encuentra en la parte inferior, donde se debe ingresar para cada año del período especificado la demanda anual en GWh. Para cada año del estudio, son escalados hora a hora los datos del Archivo Demanda Base Detallada de forma tal que la energía anual resultante 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 .ods" que abre una planilla donde exporta los valores de la tabla para su manipulación. De esta forma es posible modificar los datos y luego volver a cargarlos a la tabla con el botón "Importar .ods".

3.4.b.iii Escalones de Falla:

El casillero Número de Escalones, indica la cantidad 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 de falla y Costo de falla para permitir ingresar tantos valores correspondientes. Los escalones se consideran ordenados de izquierda a derecha. La Profundidad [p.u.] 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 de falla son 0.05; 0.075; 0.075 y 0,8 y los respectivos costos de falla son 250; 400; 1200 y 2000 USD/MWh respectivamente. 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) del panel de la derecha, 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 solo quedan recursos más caros 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.

3.4.c) Variables publicadas para SimRes.

El Actor permite publicar las siguientes variables por poste de tiempo:

<i>Nombre</i>	<i>Unidades</i>	<i>Poste de tiempo</i>	<i>SR3</i>	<i>Descripción</i>
P	MW	Sí	Sí	Potencia inyectada en el Nodo en el poste de tiempo i . (como es una demanda será normalmente negativa).
PD	MW	Sí	Sí	Potencia de la Demanda $PD = -P$ (cuando no hay falla).
PF _j	MW	Sí	Sí	Potencia de Falla despachada en el escalón de falla j en el poste de tiempo i .
Costoj	USD	Sí	Sí	Costo de Falla del escalón de falla j en el poste de tiempo i .

3.4.d) Variables Estado, de Control y Restricciones.

El Actor no introduce Variables de Estado al problema de optimización.

El Actor introduce las siguientes Variables de Control:

Para cada Escalón de Falla f se introduce una Variable de Control P_{Falla}^i por Poste de tiempo i . Dicha variable es la potencia de falla necesaria a despachar y depende de la Profundidad de la falla en el Poste de tiempo que se esté considerando. Como ejemplo: para 4 escalones de falla y 5 Postes se totalizan 20 Variables de Control.

El Actor introduce las siguientes Restricciones sobre las Variables de Control:

Para cada Variable de Control P_{Falla}^i se impone una restricción que representa el máximo valor que puede tomar dicha variable para cada Escalón de Falla f en cada Poste de tiempo i como se muestra en la ec.1

$$P_{Falla}^i \leq P_D^i \cdot Profundidad_f^i$$

ec.1 Restricción de la Variable de Control en el poste de tiempo i .

Dónde:

P_{Falla}^i : Potencia de Falla despachada.

P_D^i : Potencia demandada.

$Profundidad_f^i$: Profundidad del Escalón de Falla f .

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 pestaña “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 asignado 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.

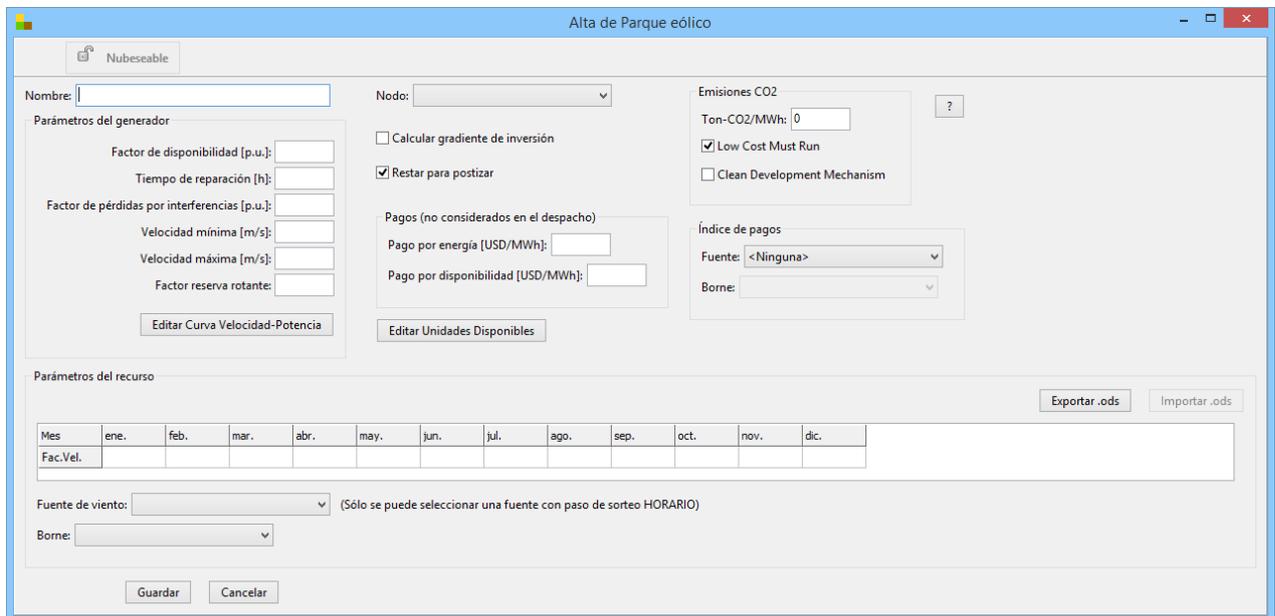
TParqueEolico TParqueEolico_vxy

5. Parque Eólico

El Parque Eólico es un Actor que pertenece al Grupo Eólicas. Este modelo de Parque Eólico admite la definición de una curva Potencia-Velocidad de una unidad típica del Parque Eólico. La curva Potencia-Velocidad también puede corresponderse con la potencia total del parque dividida por la cantidad de unidades aerogeneradoras.

5.1. Descripción del funcionamiento.

Se presenta a continuación la ficha de alta del Parque Eólico:



Las funcionalidades generales del Actor están descritas en el documento Características generales de los Actores.

5.2. Parámetros estáticos.

Los parámetros estáticos generales son el Nombre y Nodo de la Red Eléctrica a la cual se quiere asociar al Actor.

En el panel “Parámetros del generador” debe especificarse:

- Factor de disponibilidad: Es el factor de disponibilidad en p.u. y determina que porcentaje del tiempo dicho Actor se encuentra en servicio y operativo fuera de las ventanas de mantenimiento programado.
- Tiempo de reparación: Es el tiempo medio de reparación en horas que necesita el Actor para volver a estar en servicio luego de un evento de falla fortuita.

- Factor de pérdidas por interferencias: Se especifica la pérdida en por unidad 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”.
- Velocidad mínima/máxima: Es el rango en m/s sobre el que se quiere editar la curva “Velocidad-Potencia”. La cantidad de discretizaciones (puntos velocidad-potencia) a editar se especifica dentro de la ventana que se abre al presionar el botón “Editar curva Velocidad-Potencia” (Ver Fig. 3). 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 .ods” permite exportar la tabla a un libro de hojas de cálculo para editarla. Con el botón “Importar .ods” se importan los datos modificados.

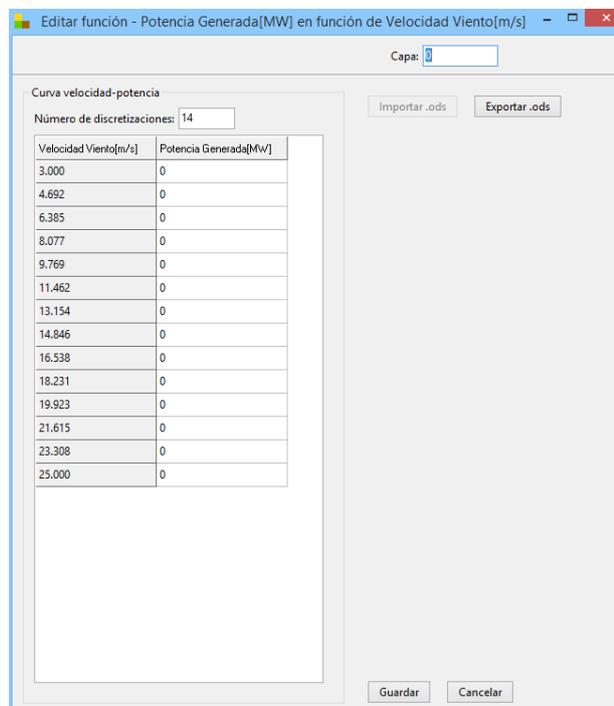


Fig. 3: Editor Curva Velocidad-Potencia.

- Factor reserva rotante: Factor en p.u que multiplica la potencia máxima generable por el Actor para cada poste de tiempo para determinar el aporte del Actor a la Reserva Rotante.

En el panel “Parámetros del recurso” debe especificarse:

- Tabla de valores “Fac.Vel.”: Factores mensuales de Velocidad que multiplican directamente los datos provenientes de la fuente de

velocidades de viento. 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 un libro de hojas de cálculo, editada y luego Importada usando los botones “Exportar .ods” e “Importar .ods”.

- Fuente de viento: Se debe seleccionar una Fuente Aleatoria (de paso horario) y un borne de vientos en m/s a partir de la cual se realiza una integración de la energía recibida en cada poste 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).

5.3. Parámetros dinámicos.

El actor no cuenta con parámetros dinámicos.

5.4. Variables publicadas para SimRes.

El Actor permite publicar las siguientes variables por poste o paso de tiempo:

Nombre	Unidades	Poste de tiempo	SR3	Descripción
cdp	USD	No	Si	Costos incurridos por la generación de energía.
IngresoPorDisponibilidad	USD	No	Si	Pagos recibidos por el actor por disponibilidad.
IngresoPorEnergía	USD	No	Si	Pagos adicionales recibidos por el actor por la energía despachada.
P	MW	Si	Si	Potencia inyectada al nodo.
ReservaRotante	MW	No	No	Reserva rotante.
cv_Spot	USD/MWh	No	No	Costo variable Spot.
Lambda_P	USD/MWh	No	No	Multiplicador de Lagrange de la restricción de caja.
ParticipacionSCS	USD	No	No	Participación en el Servicio de Confiabilidad del Sistema.
ForzamientoSCS	USD	No	No	Forzamiento en el Servicio de Confiabilidad del Sistema.
E*cmg	USD	No	Si	Energía valorizada al Costo Marginal de Generación (Si se selecciona gradiente de inversión).
GradInv	-	No	Si	Gradiente de inversión.
PotenciaGenerable	MW	Si	Si	Potencia máxima generable por el parque.
VVel	m/s	Si	Si	Velocidad de viento vista por los aerogeneradores.
NMaqsDisponibles	u	NO	Si	Cantidad de máquinas disponibles en el paso de tiempo.

5.5. Variables Estado, de Control y Restricciones.

El Actor no agrega Variables de Estado al sistema.

El Actor agrega dos Variables de Control para cada poste de tiempo i :

- P_i : Potencia inyectada al nodo.
- P_{RRi} : Potencia aportada a la Reserva Rotante.

El Actor agrega las siguientes restricciones al problema de optimización:

- Restricción de potencia del nodo.
- Restricción de balance de reserva del nodo (si se especifica un factor de reserva mayor a cero).

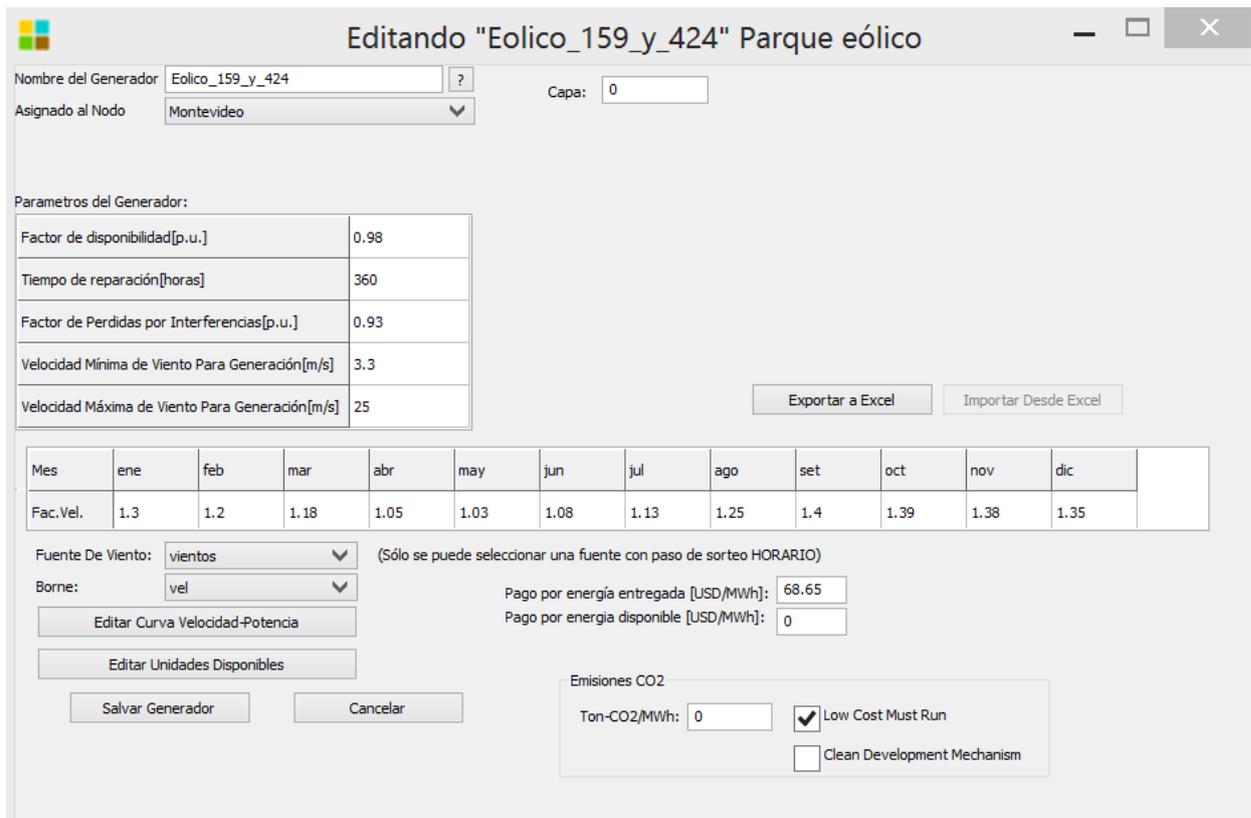
- Restricción límite potencia nominal (si se especifica un factor de reserva mayor a cero): $P_i + P_{RRi} \leq PMax_i$ para cada poste de tiempo i . Siendo $PMax_i$ la potencia máxima generable por poste de tiempo.
- Restricción de encendido para poder generar reserva rotante (si se especifica un factor de reserva mayor a cero): $P_i \geq 1/100 \cdot P_{RRi}$ para cada poste de tiempo i .

5.6. 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).

5.6.a) Parámetros estáticos.

La Fig.4 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.



Nombre del Generador: ?
 Asignado al Nodo:
 Capa:

Parametros 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]:

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

Fig. 4: 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.

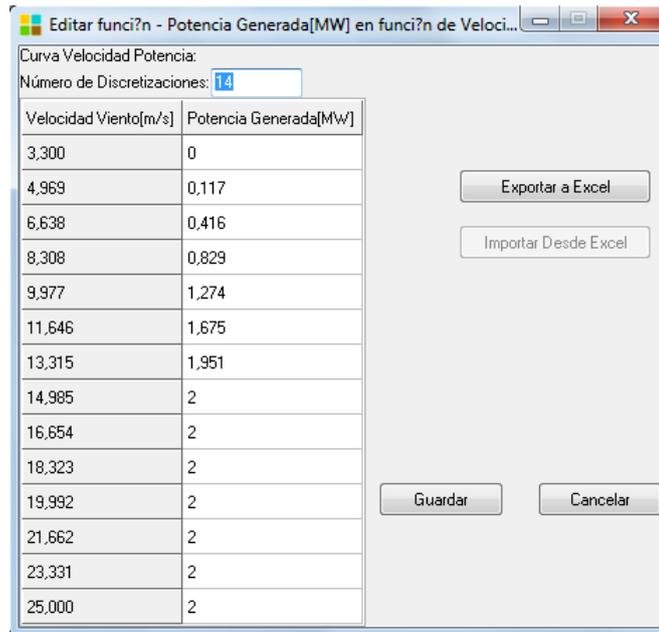
Los parámetros “Velocidad mínima del viento para generar” y “Velocidad máxima del viento para generar” indican el rango sobre el que se quiere editar la curva de Potencia-Velocidad. La cantidad de discretizaciones (puntos potencia-velocidad) a editar, se especifica dentro de la ventana que se abre al 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.4 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.5 que permite indicar el número de discretizaciones del rango de velocidades antes indicado (14 puntos de cálculo en el ejemplo de la Fig.5). 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.5 corresponde a la curva de velocidad – potencia del aerogenerador v90 de 2MW.

El Panel “Emisiones CO2” define el tratamiento del generador para los métodos de cálculo de emisiones. Ver Capítulo X de [SimSEE_ANII_2009_18] 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 centrales eólicas, la disponibilidad es la conjunción de la disponibilidad de las unidades generadoras con la velocidad de viento.



Velocidad Viento[m/s]	Potencia Generada[MW]
3,300	0
4,969	0,117
6,638	0,416
8,308	0,829
9,977	1,274
11,646	1,675
13,315	1,951
14,985	2
16,654	2
18,323	2
19,992	2
21,662	2
23,331	2
25,000	2

Fig. 5: Editor Curva Velocidad-Potencia.

5.6.b) Referencia en los fuentes de SimSEE.

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

Herencia: TActor>TActorNodal>TActorUniNodal>TGenerador>TParqueEolico

5.6.c) Variables publicadas.

Nombre	Unidades	_Pi	SR3	Descripción.
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.

5.7. Parque Eólico VXY.

El Parque Eólico VXY es un Actor que pertenece al Grupo Eólicas. Este modelo de central eólica permite incorporar la información de la dirección del viento (además de la velocidad del viento) para obtener una mejor representación del funcionamiento de la central generadora.

5.7.a) Descripción del funcionamiento.

Para poder describir el funcionamiento de la central para cada dirección de viento es necesario conectar 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. 6 muestra la Rosa de los Vientos con las 16 posiciones en que se discretiza la dirección de viento a los efectos del ingreso de información.

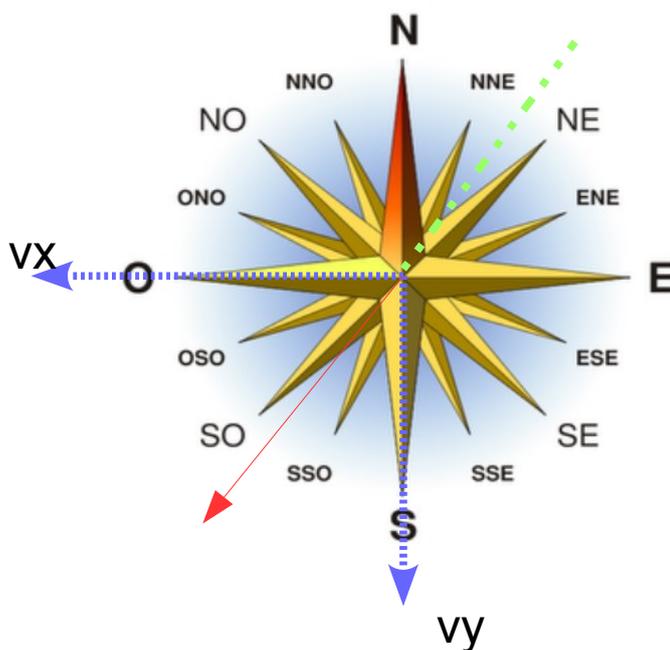


Fig. 6: Rosa de los vientos y convención de signos.

La dirección del viento es, por convención de uso, aquella desde donde incide 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 punteada en dirección opuesta al vector rojo) será entre NNE y NE.

El modelo permite representar con distinto nivel de detalle una central generadora según la información disponible. Si se cuenta con un diseño completo de la central, se puede ingresar curvas Velocidad-Potencia por dirección calculadas como las curvas características del parque (por simulación detallada o por medición directa) dividida la cantidad de unidades de la central. En ese caso se puede poner en 1 (uno) los factores de pérdidas por dirección y el multiplicador de velocidad.

Si no se cuenta con información específica acerca de la central 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 crear un diseño en función de la Rosa de Los Vientos de la ubicación geográfica de la central, de forma de lograr menores pérdidas a los rangos de dirección más energéticos.

Se presenta a continuación la ficha de alta del Parque Eólico VXY:

Archivo Herramientas 2 Idioma

Editando "E_Chemesky" Parque eólico_vxy

Nombre: E_Chemesky ?

Nodo: Caribe

Restar para postizar
 Calcular Gradiente de Inversión.

Latitud: 12 GoogleMaps

Longitud: -72

Potencia autorizada [MW]: 100

Aerogenerador

Factor de disponibilidad [p.u.]: 1

Tiempo medio de reparación [h]: 0 [Editar Curva Velocidad-Potencia](#)

Velocidad de arranque [m/s]: 3 [Editar Unidades Disponibles](#)

Velocidad máxima [m/s]: 25

Pagos al generador [USD/MWh]

Por energía entregada: 0

Por energía disponible: 0

Emisiones CO2

Ton-CO2/MWh: 0

Clean Development Mechanism
 Low Cost Must Run

Fuente de vientos

Fuente de viento: CEGHeolsol (Sólo fuentes con paso de sorteo HORARIO)

Borne_vx: e5_100u_Guajira_N01200W07200 Borne_vy: e5_100v_Guajira_N01200W07200

Escalado velocidad 3 tramos

Alfa0: 1 Alfa1: 1 Alfa2: 1

v1[m/s]: 1000 v2[m/s]: 1000

Factores direccionales de la velocidad del viento

[Exportar.ods](#) [Importar.ods](#)

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

Índice de precios

Fuente: <Ninguna>

Borne:

[Guardar](#) [Cancelar](#)

Las funcionalidades generales del Actor están descritas en el documento Características generales de los Actores.

5.7.b) Parámetros estáticos.

Los parámetros estáticos generales son el Nombre y Nodo de la Red Eléctrica a la cual se quiere asociar al Actor.

En el panel “Aerogenerador” debe especificarse:

- Factor de disponibilidad: Es el factor de disponibilidad en p.u. y determina que porcentaje del tiempo dicho Actor se encuentra en servicio y operativo fuera de las ventanas de mantenimiento programado.
- Tiempo medio de reparación: Es el tiempo medio de reparación en horas que necesita el Actor para volver a estar en servicio luego de un evento de falla fortuita.
- Velocidad de arranque y velocidad máxima: Rango de velocidades en que se discretizarán las curvas Velocidad-Potencia. La información se ingresa en el formulario que se abre al presionar el botón “Editar Curva Velocidad-Potencia” como se muestra en la Fig. 7. Dicho formulario permite editar las curvas Velocidad-Potencia típica de una unidad generadora del parque según la dirección de incidencia del viento. Cada columna contiene la curva característica de una unidad generadora según una dirección del viento.

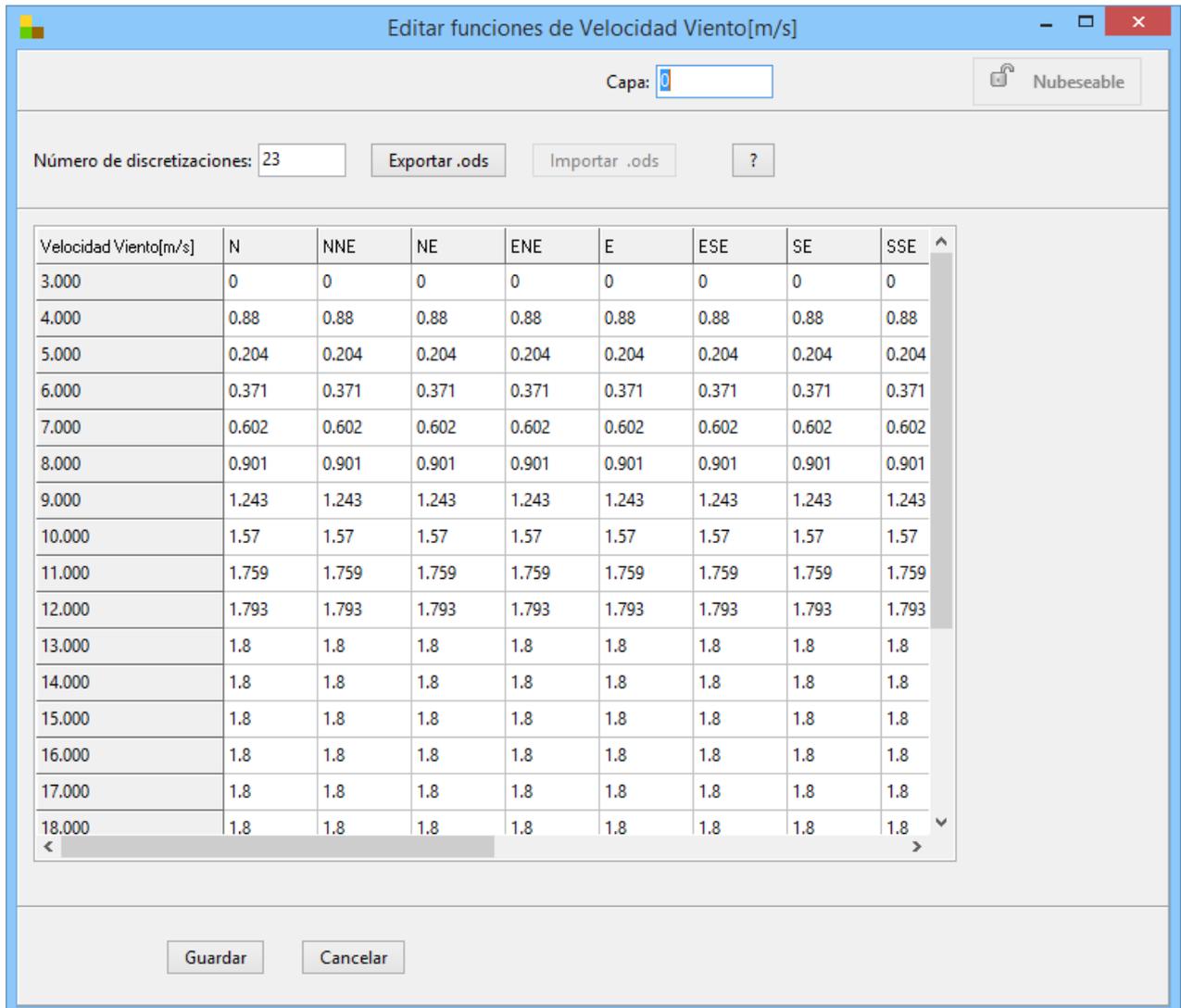


Fig. 7: Editor de Curva Velocidad Potencia según dirección.

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 .ods” permite exportar la tabla a una planilla de cálculo y el botón “Importar .ods” permite importar los datos una vez finalizada la edición en la planilla. Los botones “Guardar” y “Cancelar” deben ser usados para cerrar el formulario de edición guardando los cambios realizados o ignorando los mismos respectivamente.

En el panel “Fuente de vientos” debe especificarse:

- Fuente de Viento: Es la fuente de viento en m/s y debe ser de paso de sorteo horario (en combobox solo se muestran las fuentes de paso horario). Se debe seleccionar el Borne que genera la velocidad en la dirección vx (de Este a Oeste) y en la dirección vy (de Norte a Sur).

- Escalado velocidad 3 tramos: Describe una curva de afectación del módulo de la velocidad de la fuente por una curva lineal de tres tramos:

$$\begin{aligned}
 v_{Fuente} < v_1 &\rightarrow v_{Parque} = \alpha_0 v_{Fuente} \\
 v_{Fuente} \in (v_1, v_2) &\rightarrow v_{Parque} = \alpha_0 v_1 + \alpha_1 (v_{Fuente} - v_1) \\
 v_{Fuente} > v_2 &\rightarrow v_{Parque} = \alpha_0 v_1 + \alpha_1 (v_2 - v_1) + (\alpha_2 v_{Fuente} - v_2)
 \end{aligned}
 \quad , (4)$$

En el panel “Factores direccionales de la velocidad del viento” debe especificarse:

- Factores de pérdidas: Para cada dirección de viento se definen los factores de pérdidas en p.u a aplicar al módulo de la velocidad de viento. Los botones “Exportar .ods” y “Importar .ods” permiten exportar la tabla de factores de pérdidas a una planilla de cálculo, 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 pérdidas por estelas internas del parque.

5.7.c) **Parámetros dinámicos.**

El Actor no tiene parámetros dinámicos.

5.7.d) Variables publicadas para SimRes.

El Actor permite publicar las siguientes variables por poste o paso de tiempo:

Nombre	Unidades	Poste de tiempo	SR3	Descripción
cdp	USD	No	Si	Costos incurridos por la generación de energía.
IngresoPorDisponibilidad	USD	No	Si	Pagos recibidos por el actor por disponibilidad.
IngresoPorEnergía	USD	No	Si	Pagos adicionales recibidos por el actor por la energía despachada.
P	MW	Si	Si	Potencia inyectada al nodo.
ReservaRotante	MW	No	No	Reserva rotante.
cv_Spot	USD/MWh	No	No	Costo variable Spot.
Lambda_P	USD/MWh	No	No	Multiplicador de Lagrange de la restricción de caja.
ParticipacionSCS	USD	No	No	Participación en el Servicio de Confiabilidad del Sistema.
ForzamientoSCS	USD	No	No	Forzamiento en el Servicio de Confiabilidad del Sistema.
E*cmg	USD	No	Si	Energía valorizada al Costo Marginal de Generación (Si se selecciona gradiente de inversión).
GradInv	-	No	Si	Gradiente de inversión.
PotenciaGenerable	MW	Si	Si	Potencia máxima generable por el parque.
VVel_x	m/s	Si	Si	Velocidad de viento vista por los aerogeneradores en la dirección "x" (positiva con viento desde el Este).
VVel_y	m/s	Si	Si	Velocidad de viento vista por los aerogeneradores en la dirección "y" (positiva con viento desde el Norte).
NMaqsDisponibles	u	NO	Si	Cantidad de máquinas disponibles en el paso de tiempo.

5.7.e) Variables Estado, de Control y Restricciones.

El Actor no agrega Variables de Estado al sistema.

El Actor agrega una Variable de Control para cada poste de tiempo i :

- P_i : Potencia inyectada al nodo.

El Actor agrega las siguientes restricciones al problema de optimización:

- Restricción de potencia del nodo.

6. Grupo Solar.

Este grupo contiene los modelos de generador térmico solar y de generador solar fotovoltaico.
(TSolarTermico, TSolarPV)

7. Generador Solar Térmico.

El Generador Solar Térmico es un Actor que pertenece al Grupo Solar. 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 vapor 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 banda horaria (Poste).

7.1. Descripción del funcionamiento.

Se presenta a continuación la ficha de alta del Generador Solar Térmico:

Alta de Generador Solar Térmico
— □ ×

Nubeseable

Nombre del Generador: ?

Asignado al Nodo:

Parámetros dinámicos.

Ver Periodicidad Expandida
Agregar Nueva Ficha

Fecha de Inicio	Información adicional	Periodica?	Capa		

Potencias por Poste.

Poste	Fuente aleatoria	Borne	
Poste 1	<Ninguna>		
Poste 2	<Ninguna>		
Poste 3	<Ninguna>		

Calcular Gradiente de Inversión.

Emisiones CO2

Ton-CO2/MWh:

Low Cost Must Run

Clean Development Mechanism

Editar Unidades Disponibles
Editar Forzamientos

Guardar Cambios
Cancelar

En la misma debe especificarse el Nombre y Nodo de conexión de la Red Eléctrica, si se calcula el Gradiente de inversión, los parámetros para el cálculo de Emisiones de CO2, las Unidades disponibles, las Unidades con forzamiento de forma similar al resto de los Actores generadores. Adicionalmente, el Actor cuenta con el panel Potencias por Poste donde se debe especificar la potencia promedio recibida por el Actor para cada Poste del paso de tiempo.

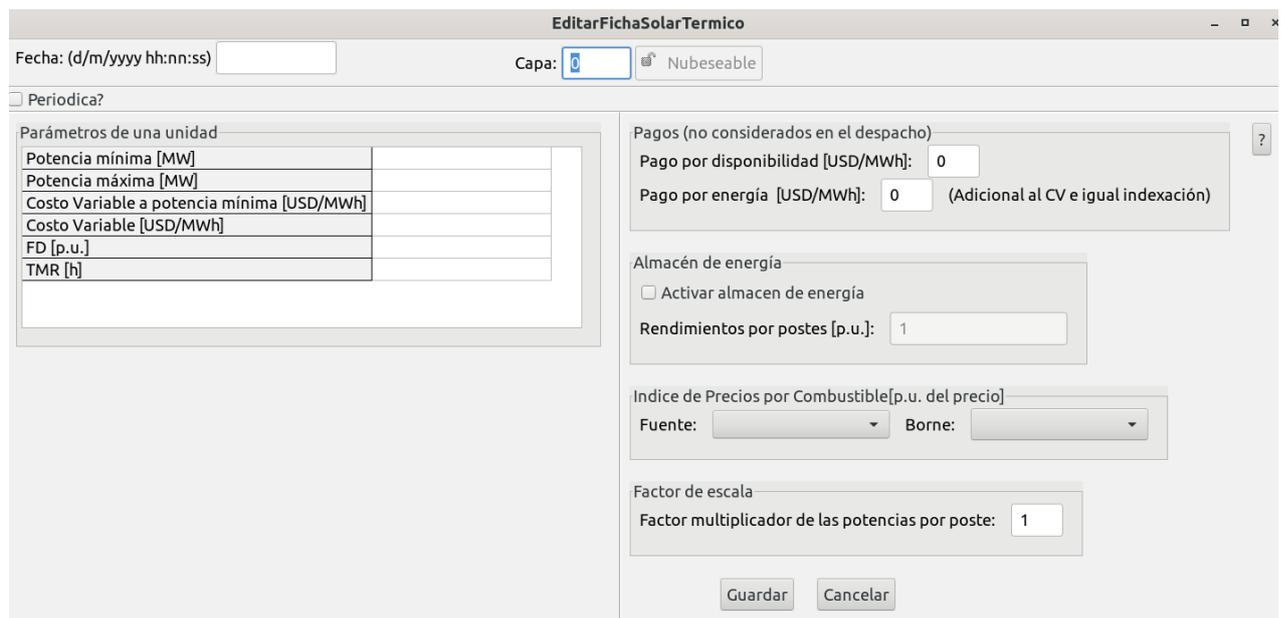
7.2. Parámetros estáticos.

Los parámetros estáticos son el Nombre y Nodo de la Red Eléctrica a la cual se quiere asociar al Actor.

La tabla “Potencia por postes” permite seleccionar las fuentes aleatorias que modelan directamente la potencia promedio en MW por la central desde los colectores solares para cada uno de los Postes.

7.3. Parámetros dinámicos.

El formulario que permite crear/editar los parámetros dinámicos se muestra a continuación:



Los parámetros dinámicos son:

- **Potencia Mínima:** Es el mínimo valor de potencia en MW al que se puede operar el generador en forma estable cuando es acoplado a la red eléctrica.
- **Potencia Máxima:** Potencia máxima en MW que puede generar el Actor y entregar en el Nodo de la Red Eléctrica.
- **Costo variable a potencia mínima:** Es el costo variable de producción en USD/MWh cuando la unidad opera en el mínimo técnico. Este costo puede indexarse al Índice de precio de combustible.
- **Costo variable:** Es el costo variable de producción en USD/MWh por la generación incremental por encima del mínimo técnico. Este costo puede indexarse al Índice de precio de combustible.
- **FD:** Es el factor de disponibilidad en p.u. y determina que porcentaje del tiempo dicho Actor se encuentra en servicio y operativo fuera de las ventanas de mantenimiento programado.

- TMR: Es el tiempo medio de reparación en horas que necesita el Actor para volver a estar en servicio luego de un evento de falla 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 estos costos, está prevista la fuente “Índice de precio de combustible [p.u. del precio]”.

Los parámetros asociados al almacén de energía a especificar son:

- Activar almacén de energía: Este casillero 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 “Rendimientos por poste [p.u.]”.
- Rendimientos por poste: Rendimientos en p.u. 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.

Los parámetros “Factor de Escala” a especificar son:

- Factor multiplicador de las potencias por poste: Factor en p.u. que multiplica la potencia media recibida por los colectores solares (“Potencia por postes”). Este factor permite considerar para un conjunto de fuentes dadas diferentes superficies de colector solar.

7.4. Variables publicadas para SimRes.

El Actor permite publicar las siguientes variables por poste o paso de tiempo:

Nombre	Unidades	Poste de tiempo	SR3	Descripción
cdp	USD	No	Si	Costos incurridos por la generación de energía.
IngresoPorDisponibilidad	USD	No	Si	Pagos recibidos por el actor por disponibilidad.
IngresoPorEnergía	USD	No	Si	Pagos adicionales recibidos por el actor por la energía despachada.
P	MW	Si	Si	Potencia inyectada al nodo.
ReservaRotante	MW	No	No	Reserva rotante.

cv_Spot	USD/MWh	No	No	Costo variable Spot.
Lambda_P	USD/MWh	No	No	Multiplicador de Lagrange de la restricción de caja.
ParticipacionSCS	USD	No	No	Participación en el Servicio de Confiabilidad del Sistema.
ForzamientoSCS	USD	No	No	Forzamiento en el Servicio de Confiabilidad del Sistema.
E*cmg	USD	No	Si	Energía valorizada al Costo Marginal de Generación (Si se selecciona gradiente de inversión).
GradInv	-	No	Si	Gradiente de inversión.
Costo	USD	Si	Si	Costo total asociado a los pagos por energía y disponibilidad, costos variables combustibles y no combustibles.
NMaqsDespachadas	u	Si	Si	Cantidad de máquinas despachadas.
c0	USD/h	No	Si	Costo por máquina por estar operando en el mínimo técnico.
cv	USD/MWh	No	Si	Costo variable incremental por encima del mínimo técnico (afectado por el índice de precios) mas el costo variable no combustible.
cve	USD/MWh	No	Si	Pago por la energía adicional al cv, afectado por el índice de precios.
PMax	MW	Si	Si	Potencia máxima disponible.
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.

7.5. Variables Estado, de Control y Restricciones.

El Actor no agrega Variables de Estado al sistema.

El Actor agrega dos Variables de Control para cada poste de tiempo i :

- A_i : Encendido de la central (ON/OFF = 1/0).
- p_i : Potencia despachada por encima del mínimo técnico en MW.

Además de participar de la restricción de balance de potencias impuesta por el Nodo al que se conecta, el Actor agrega las siguientes restricciones al problema de optimización:

- Restricción impuesta por la variable de acople para cada poste de tiempo i :
 - Si hay almacén de energía: $p_i \leq A.(P_{máx}-P_{mín})$.
 - Si no hay almacén de energía: $p_i \leq A.min[(P_{máx}-P_{mín}), (Pr_i-P_{mín})]$.
Siendo Pr_i la potencia recibida por el generador debido a la irradiación solar.
- Si existe almacén de energía se debe cumplir que la suma de la energía generada afectada por el rendimiento de cada poste (ren_i) debe ser inferior a la recibida por el colector en el paso de tiempo ($EMaxPaso$):

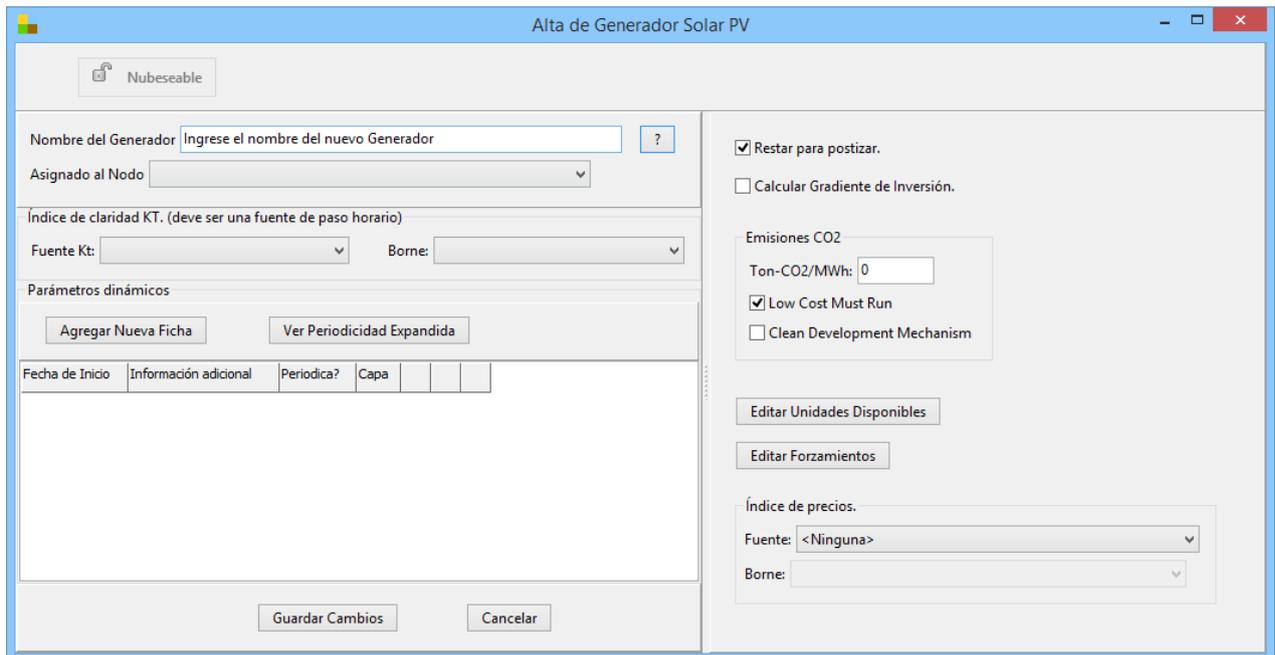
$$\sum_{k=1}^{NPostes} \frac{p_i + A_i \cdot P_{mín}}{ren_i} \cdot DurPoste_i = EmaxPaso$$

8. Generador Solar PV.

El Generador Solar PV es un Actor que pertenece al Grupo Solar. El generador Solar PV está pensado para modelar granjas de paneles fotovoltaicos.

8.1. Descripción del funcionamiento.

Se presenta a continuación la ficha de alta del Generador Solar PV:



En la misma debe especificarse el Nombre y Nodo de conexión de la Red Eléctrica, Índice de pagos, Gradiente de inversión, Emisiones de CO₂, Unidades disponibles, Unidades con forzamiento y Periodicidad Expandida de forma similar al resto de los Actores generadores. La Fuente Kt permite seleccionar la fuente que genera el índice de nubosidad Kt. La Fuente Kt seleccionada debe ser de paso horario.

El Actor cuenta con un panel de Fichas junto con el resto de funcionalidades generales de los Actores, las cuales están descritas en el documento Características generales de los Actores.

8.2. Parámetros estáticos.

Los parámetros estáticos son el Nombre y Nodo de la Red Eléctrica a la cual se quiere asociar al Actor, y el índice de claridad Kt.

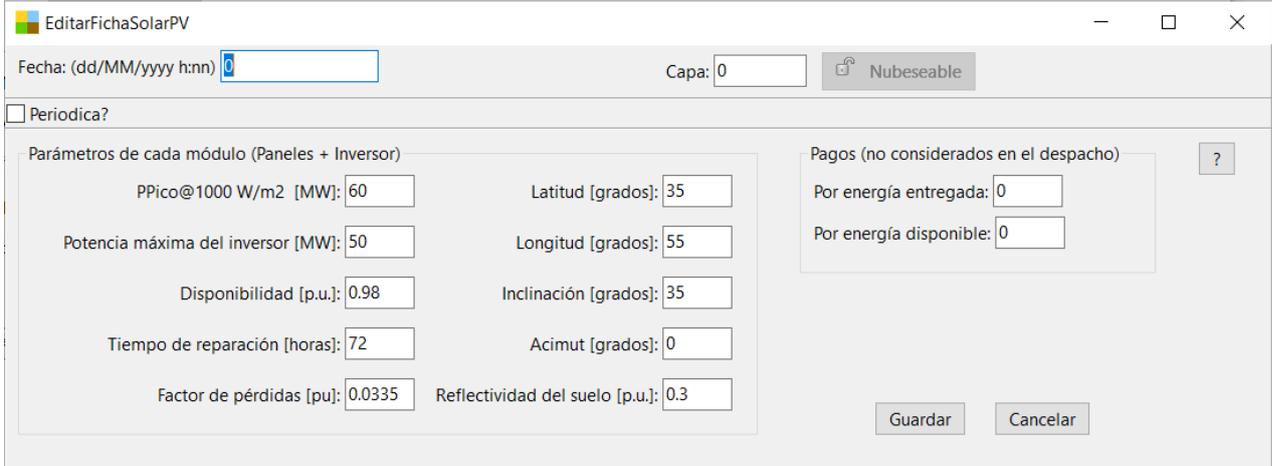
El índice claridad kt permite seleccionar la Fuente Kt que genera el índice de nubosidad Kt. Este valor de Kt es utilizado para calcular la radiación solar incidente según la ubicación del panel y el día del año y la hora del día teniendo

en cuenta la geometría estelar y el ángulo de colocación de los paneles solares. La fuente Kt seleccionada debe ser de paso horario.

8.3. Parámetros dinámicos.

Los parámetros dinámicos del Actor se definen dentro del panel de Fichas, al agregar una nueva Ficha. Al instanciar una nueva Ficha de parámetros dinámicos se debe definir la fecha de inicio de validez de dicha Ficha y su periodicidad. Adicionalmente se debe especificar una lista de parámetros técnicos que definen las características del Actor.

El panel de alta de una Ficha se muestra a continuación:



EditarFichaSolarPV

Fecha: (dd/MM/yyyy h:nn) Capa: Nubeseable

Periodica?

Parámetros de cada módulo (Paneles + Inversor)

PPico@1000 W/m ² [MW]: <input type="text" value="60"/>	Latitud [grados]: <input type="text" value="35"/>
Potencia máxima del inversor [MW]: <input type="text" value="50"/>	Longitud [grados]: <input type="text" value="55"/>
Disponibilidad [p.u.]: <input type="text" value="0.98"/>	Inclinación [grados]: <input type="text" value="35"/>
Tiempo de reparación [horas]: <input type="text" value="72"/>	Acimut [grados]: <input type="text" value="0"/>
Factor de pérdidas [pu]: <input type="text" value="0.0335"/>	Reflectividad del suelo [p.u.]: <input type="text" value="0.3"/>

Pagos (no considerados en el despacho)

Por energía entregada:

Por energía disponible:

Los parámetros de cada módulo (Paneles + Inversor) a especificar son:

- **PPico@1000 W/m²:** Es la Potencia máxima en MW que pueden generar los módulos bajo una irradiancia de 1000 W/m².
- **Potencia Máxima del inversor:** Es la Potencia Máxima en MW del inversor del módulo.
- **Disponibilidad:** Es el factor de disponibilidad en p.u. y determina que porcentaje del tiempo dicho Actor se encuentra en servicio y operativo fuera de las ventanas de mantenimiento programado.
- **Tiempo de reparación:** Es el tiempo medio de reparación en horas que necesita el Actor para volver a estar en servicio luego de un evento de falla fortuita.
- **Factor de pérdidas:** Es el factor de pérdidas complejivas del módulo en p.u. que permite calcular la energía disponible en función de la energía recibida por el panel. Incluye pérdidas óhmicas, pérdidas por el transformador e inversor del módulo.
- **Latitud, Longitud:** Sistema de coordenadas geográficas en grados utilizado para determinar la posición de los paneles.
- **Inclinación:** Corresponde al ángulo en grados de elevación que tiene el panel respecto de un plano horizontal.

- Acimut: Corresponde al ángulo en grados respecto del norte en que está rotado el panel.
- Reflectividad del suelo: Es el Factor en p.u. utilizado para estimar la componente difusa de la irradiación reflejada por el suelo.

8.4. Variables publicadas para SimRes.

Nombre	Unidades	Poste de tiempo	SR3	Descripción
cdp	USD	No	Si	Costos incurridos por la generación de energía.
IngresoPorDisponibilidad	USD	No	Si	Pagos recibidos por el actor por disponibilidad.
IngresoPorEnergía	USD	No	Si	Pagos adicionales recibidos por el actor por la energía despachada.
P	MW	Si	Si	Potencia inyectada al nodo.
ReservaRotante	MW	No	No	Reserva rotante.
cv_Spot	USD/MWh	No	No	Costo variable Spot.
Lambda_P	USD/MWh	No	No	Multiplicador de Lagrange de la restricción de caja.
ParticipacionSCS	USD	No	No	Participación en el Servicio de Confiabilidad del Sistema.
ForzamientoSCS	USD	No	No	Forzamiento en el Servicio de Confiabilidad del Sistema.
E*cmg	USD	No	Si	Energía valorizada al Costo Marginal de Generación (Si se selecciona gradiente de inversión).
GradInv	-	No	Si	Gradiente de inversión.
NMaquinasDisponibles	u	No	No	Cantidad de máquinas disponibles en el paso de tiempo.
PotenciaGenerable	MW	Si	No	Potencia máxima generable.
IndiceClaridad	p.u.	No	No	Indice de claridad o nubosidad.
Irradiancia_p_inclinado	kWh/m2	No	No	Irradiancia en plano inclinado.
Irradiancia_p_horizontal	kWh/m2	No	No	Irradiancia en plano horizontal.

8.5. Variables Estado, de Control y Restricciones.

El Actor no agrega Variables de Estado al sistema.

El Actor agrega una Variable de Control:

- Potencia inyectada P_i al nodo por poste de tiempo i .

9. 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.8 se presentan los diferentes tipos de generadores térmicos que pueden ser creados en SimSEE.

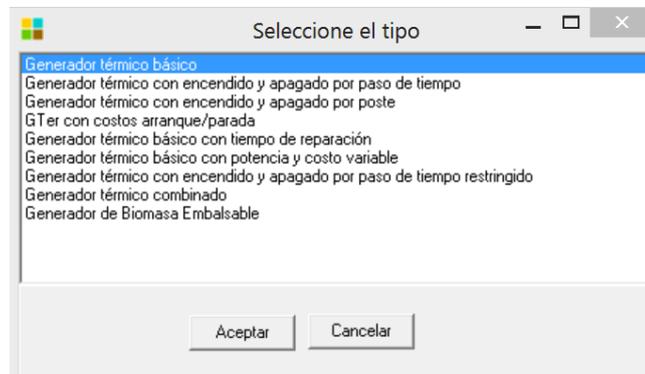


Fig. 8: Generadores térmicos.

(TGTer_Basico,
TGTer_OnOffPorPaso,
TGTer_OnOffPorPoste,
TGTer_ArranqueParada,
TGTer_Basico_TRep,
TGTer_Basico_PyCVariable,
TGTer_OnOffPorPaso_ConRestricciones,
TGTer_Combinado

Nuevos a documentar de CERO:

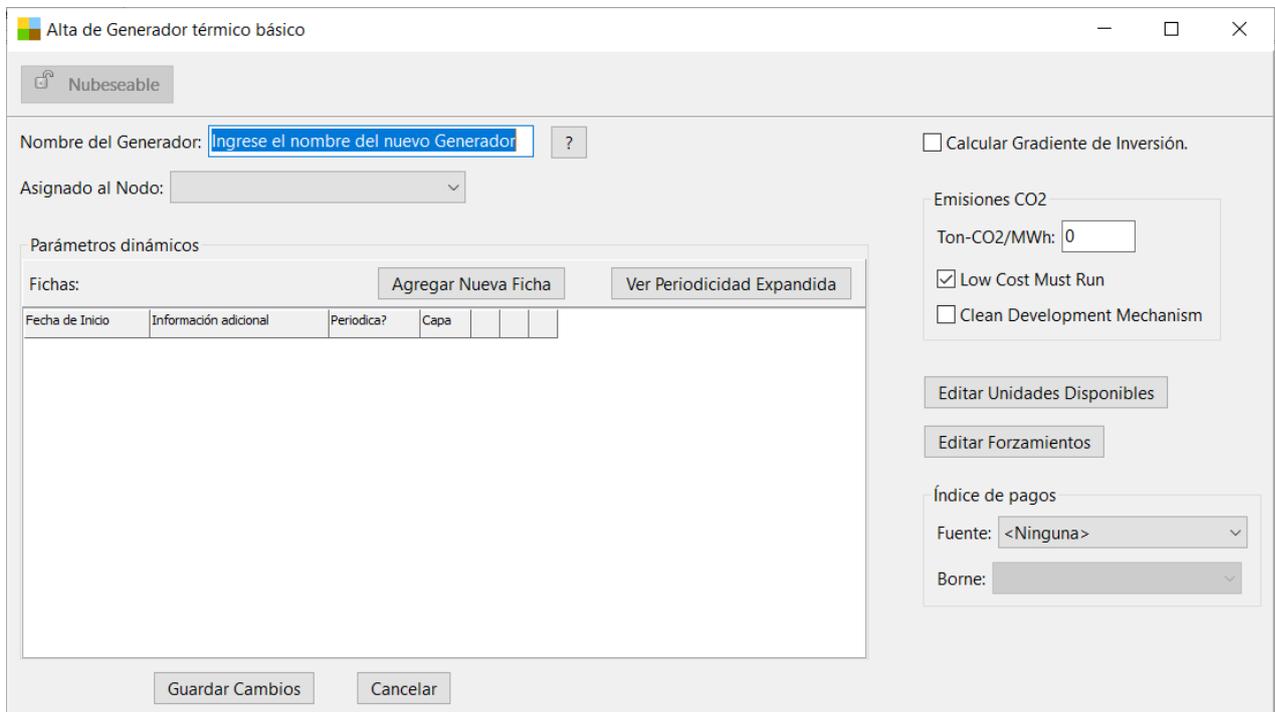
TBiomasaEmbalsable
TGTer_combinado_horario (Ver documento Vanina).
)

9.1. **Generador Térmico Básico.**

El Generador Térmico Básico es un Actor que pertenece al Grupo Térmicas. Es el Actor que requiere menor cantidad de parámetros y modela en forma más simple a los generadores térmicos. En este Actor no se consideran los mínimos técnicos y el costo del MWh asignado es independiente del punto de funcionamiento del generador.

9.1.a) **Descripción del funcionamiento.**

Se presenta a continuación la ficha de alta del Generador Térmico Básico:



Alta de Generador térmico básico

Nubeseable

Nombre del Generador: ?

Asignado al Nodo:

Parámetros dinámicos

Fichas:

Fecha de Inicio	Información adicional	Periodica?	Capa			

Calcular Gradiente de Inversión.

Emissiones CO2

Ton-CO2/MWh:

Low Cost Must Run

Clean Development Mechanism

Índice de pagos

Fuente:

Borne:

Las funcionalidades generales del Actor están descritas en el documento Características generales de los Actores.

9.1.b) **Parámetros estáticos.**

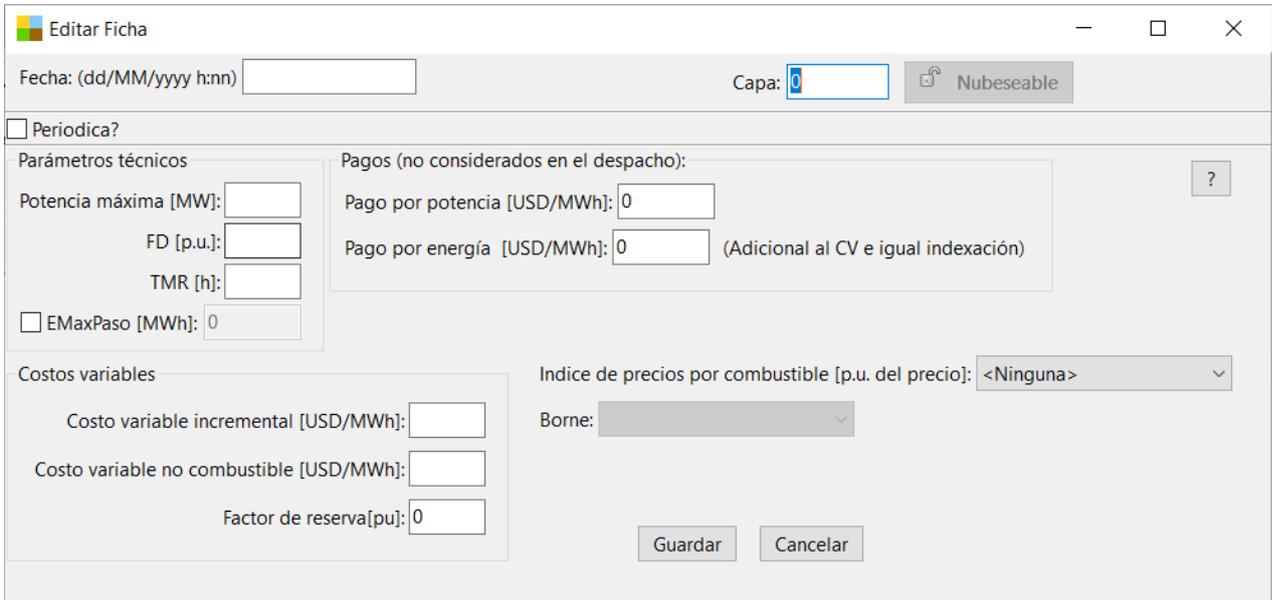
Los parámetros estáticos son el Nombre y Nodo de la Red Eléctrica a la cual se quiere asociar al Actor.

9.1.c) **Parámetros dinámicos.**

Los parámetros dinámicos del Actor se definen dentro del panel de Fichas, al agregar una nueva Ficha. Al instanciar una nueva Ficha de parámetros dinámicos se debe definir la fecha de inicio de validez de dicha Ficha y su

periodicidad. Adicionalmente se debe especificar una lista de parámetros técnicos que definen las características del Actor.

El panel de alta de una Ficha se muestra a continuación:



Los parámetros técnicos a especificar son:

P_{máx}: Potencia máxima en MW que puede generar el Actor y entregar en el Nodo de la Red Eléctrica.

FD: Es el factor de disponibilidad en p.u. y determina que porcentaje del tiempo dicho Actor se encuentra en servicio y operativo fuera de las ventanas de mantenimiento programado.

TMR: Es el tiempo medio de reparación en horas que necesita el Actor para volver a estar en servicio luego de un evento de falla fortuita.

EmáxPaso: Es la energía máxima en MWh que el Actor puede entregar en un nodo por paso de tiempo. Si se selecciona el casillero, el generador no podrá entregar al nodo más energía que el valor que se especifique.

Índice de precio de combustible [p.u. del precio]: En la barra desplegable Índice de Precios por Combustible se puede especificar una fuente aleatoria con su borne asociado cuyo cometido será multiplicar el costo variable incremental. Si no se especifica una fuente el multiplicador es 1.

Costo variable incremental: Es el costo variable de producción (cv_{inc}) en USD/MWh para todos los niveles de generación del Actor. Este costo puede indexarse al Índice de precio de combustible.

Costo variable no combustible: Es el costo variable de producción en USD/MWh que no depende del costo del combustible utilizado (p. ej.: costos de operación y mantenimiento). Este costo no puede indexarse a un índice de precios.

Pago por potencia [USD/MWh]: es un pago que puede recibir un Actor, cuando se encuentre disponible, por la potencia puesta a disposición. El Pago por potencia no se considera para la optimización del despacho del Actor. Tiene como utilidad representar las condiciones contractuales del Actor en el Mercado Eléctrico.

Pago por energía [USD/MWh]: es un pago adicional al costo variable que puede recibir un Actor 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. Tiene como utilidad representar las condiciones contractuales del Actor en el Mercado Eléctrico.

9.1.d) Variables publicadas para SimRes.

El Actor permite publicar las siguientes variables por poste o paso de tiempo:

Nombre	Unidades	Poste de tiempo	SR3	Descripción
cdp	USD	No	Si	Costos incurridos por la generación de energía.
IngresoPorDisponibilidad	USD	No	Si	Pagos recibidos por el actor por disponibilidad.
IngresoPorEnergía	USD	No	Si	Pagos adicionales recibidos por el actor por la energía despachada.
P	MW	Si	Si	Potencia inyectada al nodo.
ReservaRotante	MW	No	No	Reserva rotante.
cv_Spot	USD/MWh	No	No	Costo variable Spot.
Lambda_P	USD/MWh	No	No	Multiplicador de Lagrange de la restricción de caja.
ParticipacionSCS	USD	No	No	Participación en el Servicio de Confiabilidad del Sistema.
ForzamientoSCS	USD	No	No	Forzamiento en el Servicio de Confiabilidad del Sistema.
E*cmg	USD	No	Si	Energía valorizada al Costo Marginal de Generación (Si se selecciona gradiente de inversión).
GradInv	-	No	Si	Gradiente de inversión.
Costo	USD	Si	Si	Costo total asociado a los pagos por energía y disponibilidad, costos variables combustibles y no combustibles.
NMaqsDespachadas	u	Si	Si	Cantidad de máquinas despachadas.
cv	USD/MWh	No	Si	Costo variable incremental por encima del mínimo técnico (afectado por el índice de precios) mas el costo variable no combustible.
cve	USD/MWh	No	Si	Pago por la energía adicional al cv, afectado por el índice de precios.
MaxNMaqsDespachadasEnElPaso	u	No	No	Máxima cantidad de unidades despachadas en el paso de tiempo.
NMaquinasDisponibles	u	NO	Si	Cantidad de máquinas disponibles en el paso de tiempo.
PMaxDisponibile	MW	Si	Si	Potencia máxima disponible.
PMediaDespachada	MW	No	No	Potencia media despachada en el paso de tiempo.

9.1.e) Variables Estado, de Control y Restricciones.

El Actor no agrega Variables de Estado al sistema.

El Actor agrega una Variable de Control:

- Potencia inyectada P_i al nodo por poste de tiempo i .

En la Fig. 9 se grafica el costo $Costo_i$ en USD/h asociado al consumo de combustibles del Actor en el poste i en función de la potencia despachada P_i en el poste i . El costo queda definido por la ec.5.

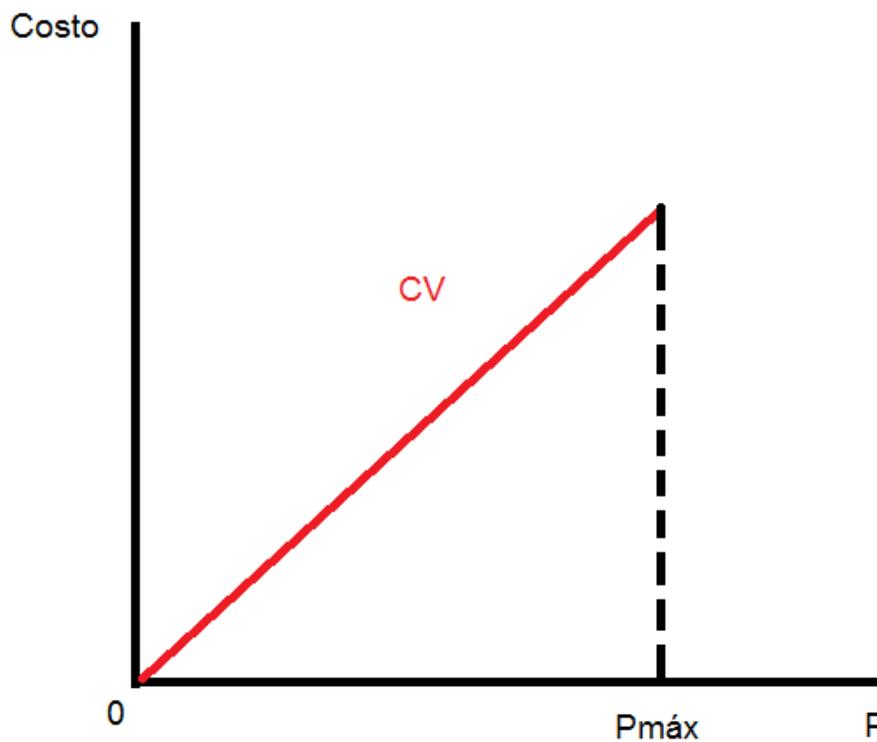


Fig. 9: Costo asociado al consumo de combustibles del Actor en función de la potencia despachada

$$Costo_i = P_i \cdot cv_{inc}$$

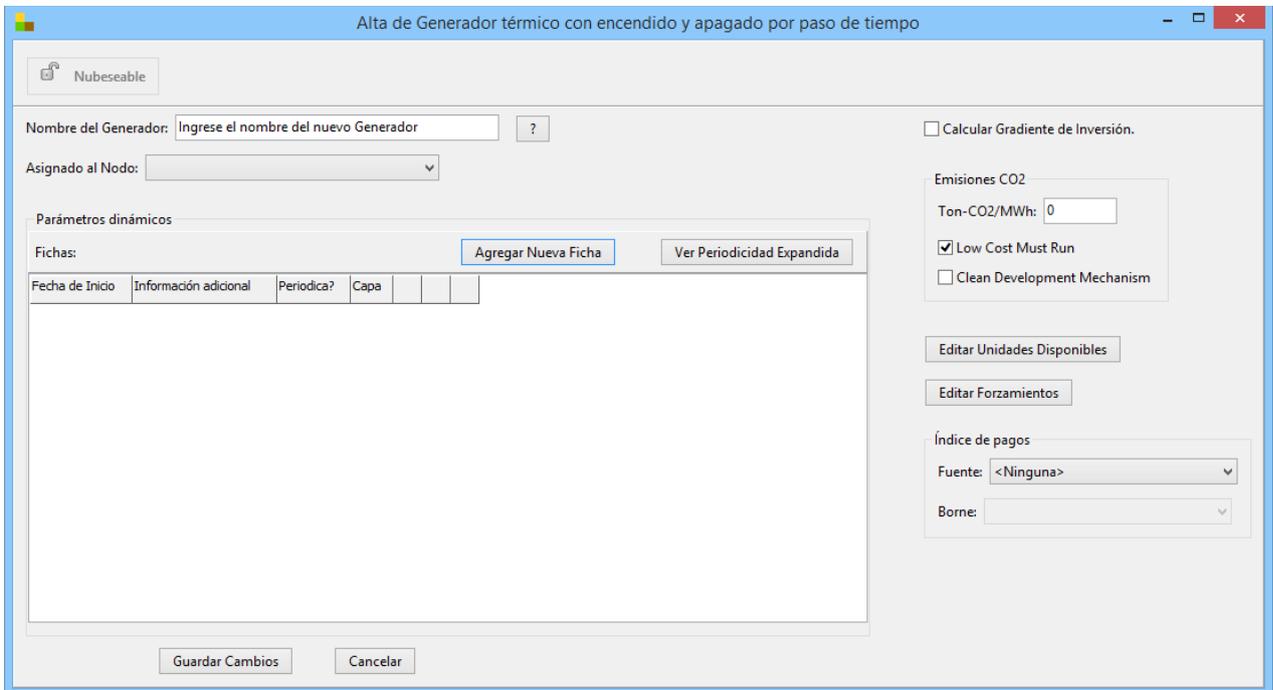
ec.5 Costo en USD/h asociado al consumo de combustible del Actor en el poste i .

9.2. **Generador Térmico con Encendido y Apagado por Paso de Tiempo.**

El Generador Térmico con Encendido y Apagado por Paso de Tiempo es un Actor que pertenece al Grupo Térmicas. 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.

9.2.a) **Descripción del funcionamiento.**

Se presenta a continuación la ficha de alta del Generador Térmico con Encendido y Apagado por Paso de Tiempo:



Alta de Generador térmico con encendido y apagado por paso de tiempo

Nubeseable

Nombre del Generador: ?

Asignado al Nodo:

Parámetros dinámicos

Fichas:

Fecha de Inicio	Información adicional	Periodica?	Capa			

Calcular Gradiente de Inversión.

Emisiones CO2

Ton-CO2/MWh:

Low Cost Must Run

Clean Development Mechanism

Índice de pagos

Fuente:

Borne:

Las funcionalidades generales del Actor están descritas en el documento Características generales de los Actores.

9.2.b) **Parámetros estáticos.**

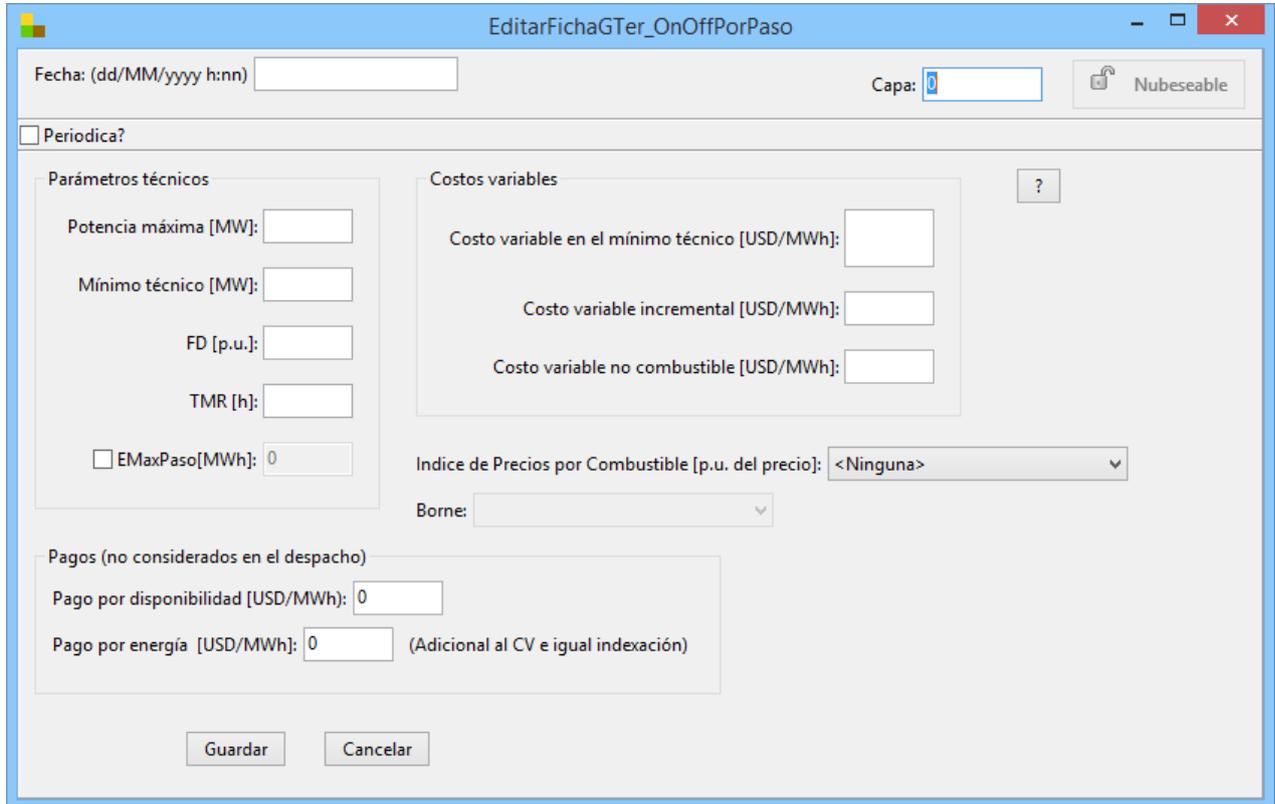
Los parámetros estáticos son el Nombre y Nodo de la Red Eléctrica a la cual se quiere asociar al Actor.

9.2.c) **Parámetros dinámicos.**

Los parámetros dinámicos del Actor se definen dentro del panel de Fichas, al agregar una nueva Ficha. Al instanciar una nueva Ficha de parámetros

dinámicos se debe definir la fecha de inicio de validez de dicha Ficha y su periodicidad. Adicionalmente se debe especificar una lista de parámetros técnicos que definen las características del Actor.

El panel de alta de una Ficha se muestra a continuación:



The screenshot shows a software window titled "EditarFichaGTer_OnOffPorPaso". At the top, there is a date field "Fecha: (dd/MM/yyyy h:nn)" and a "Capa:" field with a value of "0". A "Nubeseable" button is also present. Below this, there is a checkbox for "Periodica?". The main area is divided into two panels: "Parámetros técnicos" and "Costos variables".

Parámetros técnicos:

- Potencia máxima [MW]: [input field]
- Mínimo técnico [MW]: [input field]
- FD [p.u.]: [input field]
- TMR [h]: [input field]
- EMaxPaso[MWh]: 0

Costos variables:

- Costo variable en el mínimo técnico [USD/MWh]: [input field]
- Costo variable incremental [USD/MWh]: [input field]
- Costo variable no combustible [USD/MWh]: [input field]
- Indice de Precios por Combustible [p.u. del precio]: <Ninguna>
- Borne: [dropdown menu]

Pagos (no considerados en el despacho):

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

At the bottom, there are "Guardar" and "Cancelar" buttons.

En el panel “Parámetros técnicos” se debe especificar:

- **Potencia máxima:** Potencia máxima en MW que puede generar el Actor y entregar en el Nodo de la Red Eléctrica.
- **Mínimo Técnico:** Es el mínimo valor de potencia en MW al que se puede operar el generador en forma estable cuando es acoplado a la red eléctrica.
- **FD:** Es el factor de disponibilidad en p.u. y determina que porcentaje del tiempo dicho Actor se encuentra en servicio y operativo fuera de las ventanas de mantenimiento programado.
- **TMR:** Es el tiempo medio de reparación en horas que necesita el Actor para volver a estar en servicio luego de un evento de falla fortuita.
- **EmaxPaso:** Es la energía máxima en MWh que el Actor puede entregar en un nodo por paso de tiempo. Si se selecciona el casillero, el generador no podrá entregar más energía que el valor que se especifique.

En el panel “Costos Variables” se debe especificar:

- **Costo variable en el mínimo técnico:** Es el costo variable de producción en USD/MWh cuando la unidad opera en el mínimo técnico. Este costo puede indexarse al Índice de precio de combustible.

- Costo variable incremental: Es el costo variable de producción en USD/MWh por la generación por encima del mínimo técnico. Este costo puede indexarse al Índice de precio de combustible.
- Costo variable no combustible: Es el costo variable de producción en USD/MWh que no depende del costo del combustible utilizado (p. ej.: costos de operación y mantenimiento). Este costo no puede indexarse a un índice de precios.

9.2.d) Variables publicadas para SimRes.

El Actor permite publicar las siguientes variables por poste o paso de tiempo:

Nombre	Unidades	Poste de tiempo	SR3	Descripción
cdp	USD	No	Si	Costos incurridos por la generación de energía.
IngresoPorDisponibilidad	USD	No	Si	Pagos recibidos por el actor por disponibilidad.
IngresoPorEnergia	USD	No	Si	Pagos adicionales recibidos por el actor por la energía despachada.
P	MW	Si	Si	Potencia inyectada al nodo.
ReservaRotante	MW	No	No	Reserva rotante.
cv_Spot	USD/MWh	No	No	Costo variable Spot.
Lambda_P	USD/MWh	No	No	Multiplicador de Lagrange de la restricción de caja.
ParticipacionSCS	USD	No	No	Participación en el Servicio de Confiabilidad del Sistema.
ForzamientoSCS	USD	No	No	Forzamiento en el Servicio de Confiabilidad del Sistema.
E*cmg	USD	No	Si	Energía valorizada al Costo Marginal de Generación (Si se selecciona gradiente de inversión).
GradInv	-	No	Si	Gradiente de inversión.
NMaqsDespachadas	u	No	Si	Cantidad de máquinas despachadas por paso de tiempo.
c0	USD/h	No	No	Costo en USD/h por máquina por estar operando en el mínimo técnico
NMaqsDisponibles	u	No	No	Cantidad de máquinas disponibles en el paso de tiempo.
PMaxDisponible	MW	No	No	Potencia máxima disponible.
PMediaDespachada	MW	No	No	Potencia media despachada en el paso de tiempo.

9.2.e) Variables Estado, de Control y Restricciones.

El Actor no agrega una Variables de Estado al sistema.

El Actor agrega dos Variables de Control:

- A : Encendido de la central por paso de tiempo (ON/OFF = 1/0).

- p_i : Potencia despachada por encima del mínimo técnico en MW para cada poste de tiempo i .

El Actor agrega las siguientes restricciones al problema de optimización:

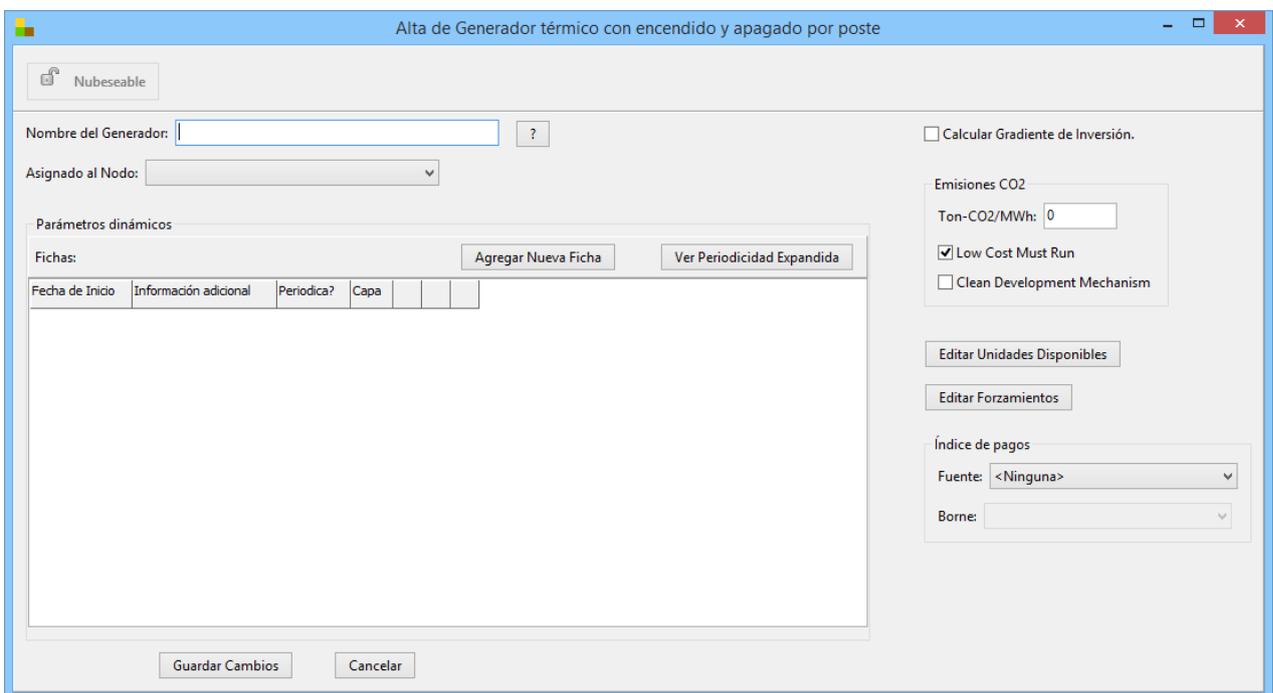
- Restricción de potencia del nodo.
- Restricción impuesta por la variable de acople para cada poste de tiempo i : $p_i \leq A.(P_{m\acute{a}x} - P_{m\acute{i}n})$.

9.3. Generador Térmico con Encendido y Apagado por Poste.

El Generador Térmico con Encendido y Apagado por Poste es un Actor que pertenece al Grupo Térmicas. Por ser un generador térmico definido con encendido y apagado por poste de tiempo, puede ser despachado en un poste sin necesidad de ser despachado en todo el paso de tiempo.

9.3.a) Descripción del funcionamiento.

Se presenta a continuación la ficha de alta del Generador Térmico con Encendido y Apagado por Poste:



Alta de Generador térmico con encendido y apagado por poste

Nubeseable

Nombre del Generador: ?

Asignado al Nodo:

Parámetros dinámicos

Fichas:

Fecha de Inicio	Información adicional	Periodica?	Capa		

Calcular Gradiente de Inversión.

Emisiones CO2

Ton-CO2/MWh:

Low Cost Must Run

Clean Development Mechanism

Índice de pagos

Fuente:

Borne:

Las funcionalidades generales del Actor están descritas en el documento Características generales de los Actores.

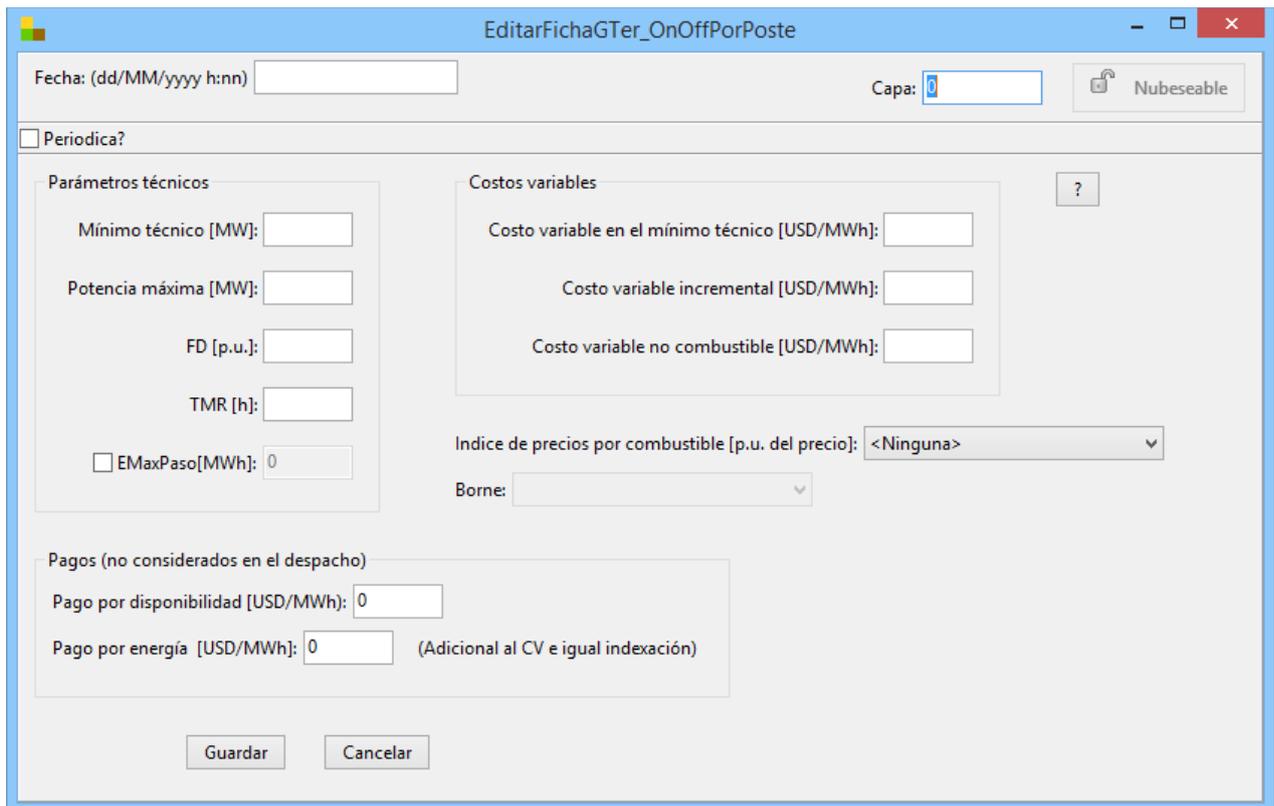
9.3.b) Parámetros estáticos.

Los parámetros estáticos son el Nombre y Nodo de la Red Eléctrica a la cual se quiere asociar al Actor.

9.3.c) Parámetros dinámicos.

Los parámetros dinámicos del Actor se definen dentro del panel de Fichas, al agregar una nueva Ficha. Al instanciar una nueva Ficha de parámetros dinámicos se debe definir la fecha de inicio de validez de dicha Ficha y su periodicidad. Adicionalmente se debe especificar una lista de parámetros técnicos que definen las características del Actor.

El panel de alta de una Ficha se muestra a continuación:



The screenshot shows a software window titled "EditarFichaGTer_OnOffPorPoste". At the top, there is a date field "Fecha: (dd/MM/yyyy h:nn)", a "Capa:" field with the value "0", and a "Nubeseable" button. Below this is a "Periodica?" checkbox. The main area is divided into two panels: "Parámetros técnicos" and "Costos variables".

Parámetros técnicos:

- Mínimo técnico [MW]: [input field]
- Potencia máxima [MW]: [input field]
- FD [p.u.]: [input field]
- TMR [h]: [input field]
- EMaxPaso[MWh]: 0

Costos variables:

- Costo variable en el mínimo técnico [USD/MWh]: [input field]
- Costo variable incremental [USD/MWh]: [input field]
- Costo variable no combustible [USD/MWh]: [input field]
- Indice de precios por combustible [p.u. del precio]: <Ninguna> (dropdown)
- Borne: [dropdown]

Pagos (no considerados en el despacho):

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

At the bottom, there are "Guardar" and "Cancelar" buttons.

En el panel “Parámetros técnicos” se debe especificar:

- **Mínimo Técnico:** Es el mínimo valor de potencia en MW al que se puede operar el generador en forma estable cuando es acoplado a la red eléctrica.
- **Potencia máxima:** Potencia máxima en MW que puede generar el Actor y entregar en el Nodo de la Red Eléctrica.
- **FD:** Es el factor de disponibilidad en p.u. y determina que porcentaje del tiempo dicho Actor se encuentra en servicio y operativo fuera de las ventanas de mantenimiento programado.
- **TMR:** Es el tiempo medio de reparación en horas que necesita el Actor para volver a estar en servicio luego de un evento de falla fortuita.
- **EmaxPaso:** Es la energía máxima en MWh que el Actor puede entregar en un nodo por paso de tiempo. Si se selecciona el casillero, el generador no podrá entregar más energía que el valor que se especifique.

En el panel “Costos Variables” se debe especificar:

- **Costo variable en el mínimo técnico:** Es el costo variable de producción en USD/MWh cuando la unidad opera en el mínimo técnico. Este costo puede indexarse al Índice de precio de combustible.
- **Costo variable incremental:** Es el costo variable de producción en USD/MWh por la generación por encima del mínimo técnico. Este costo puede indexarse al Índice de precio de combustible.

- Costo variable no combustible: Es el costo variable de producción en USD/MWh que no depende del costo del combustible utilizado (p. ej.: costos de operación y mantenimiento). Este costo no puede indexarse a un índice de precios.

9.3.d) Variables publicadas para SimRes.

El Actor permite publicar las siguientes variables por poste o paso de tiempo:

Nombre	Unidades	Poste de tiempo	SR3	Descripción
cdp	USD	No	Si	Costos incurridos por la generación de energía.
IngresoPorDisponibilidad	USD	No	Si	Pagos recibidos por el actor por disponibilidad.
IngresoPorEnergía	USD	No	Si	Pagos adicionales recibidos por el actor por la energía despachada.
P	MW	Si	Si	Potencia inyectada al nodo.
ReservaRotante	MW	No	No	Reserva rotante.
cv_Spot	USD/MWh	No	No	Costo variable Spot.
Lambda_P	USD/MWh	No	No	Multiplicador de Lagrange de la restricción de caja.
ParticipacionSCS	USD	No	No	Participación en el Servicio de Confiabilidad del Sistema.
ForzamientoSCS	USD	No	No	Forzamiento en el Servicio de Confiabilidad del Sistema.
E*cmg	USD	No	Si	Energía valorizada al Costo Marginal de Generación (Si se selecciona gradiente de inversión).
GradInv	-	No	Si	Gradiente de inversión.
Costo	USD	Si	Si	Costo total asociado a los pagos por energía y disponibilidad, costos variables combustibles y no combustibles.
NMaqsDespachadas	u	No	Si	Cantidad de máquinas despachadas por paso de tiempo.
c0	USD/h	No	No	Costo en USD/h por máquina por estar operando en el mínimo técnico
cv	USD/MWh	No	Si	Costo variable incremental por encima del mínimo técnico (afectado por el índice de precios) mas el costo variable no combustible.
cve	USD/MWh	No	Si	Pago por la energía adicional al cv, afectado por el índice de precios.
NMaqsDisponibles	u	No	No	Cantidad de máquinas disponibles en el paso de tiempo.
PMaxDisponible	MW	No	No	Potencia máxima disponible.
PMediaDespachada	MW	No	No	Potencia media despachada en el paso de tiempo.

9.3.e) Variables Estado, de Control y Restricciones.

El Actor no agrega una Variables de Estado al sistema.

El Actor agrega dos Variables de Control:

- A_i : Encendido de la central por paso de tiempo (ON/OFF = 1/0) para cada poste de tiempo i .
- p_i : Potencia despachada por encima del mínimo técnico en MW para cada poste de tiempo i .

El Actor agrega las siguientes restricciones al problema de optimización:

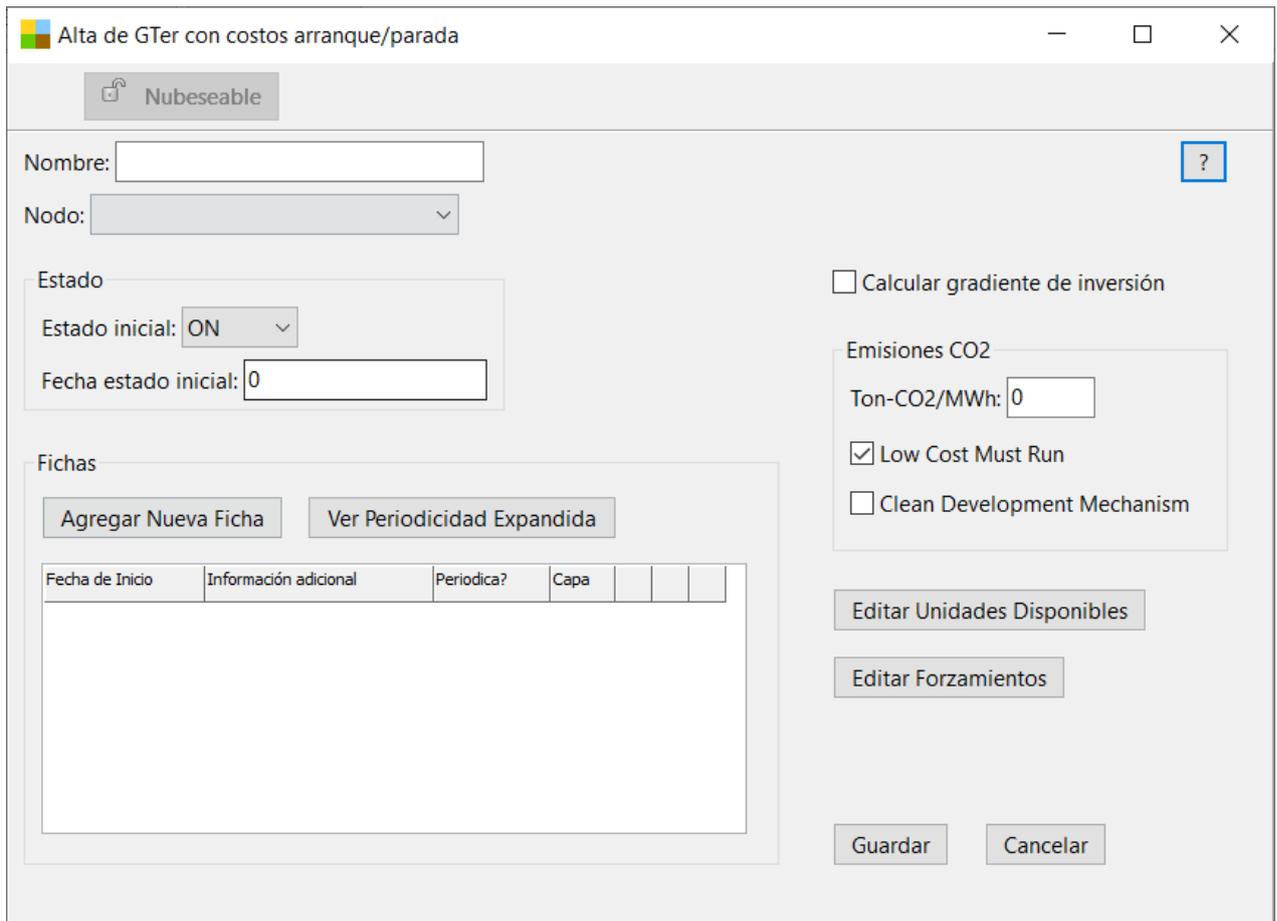
- Restricción de potencia del nodo.
- Restricción impuesta por la variable de acople para cada poste de tiempo i : $p_i \leq A_i \cdot (P_{\text{máx}} - P_{\text{mín}})$.

9.4. **Generador Térmico con Costos de Arranque y Parada.**

El Generador Térmico con Costos de Arranque y Parada es un Actor que pertenece al Grupo Térmicas. El Actor permite especificar un costo de arranque y/o parada y restricciones temporales para dichos estados.

9.4.a) **Descripción del funcionamiento.**

Se presenta a continuación la ficha de alta del Generador Térmico con Costos de Arranque y Parada:



Alta de GTer con costos arranque/parada

Nubeseable

Nombre:

Nodo:

Estado

Estado inicial: ON

Fecha estado inicial: 0

Calcular gradiente de inversión

Emisiones CO2

Ton-CO2/MWh: 0

Low Cost Must Run

Clean Development Mechanism

Editar Unidades Disponibles

Editar Forzamientos

Guardar Cancelar

Fichas

Agregar Nueva Ficha Ver Periodicidad Expandida

Fecha de Inicio	Información adicional	Periodica?	Capa			

Las funcionalidades generales del Actor están descritas en el documento Características generales de los Actores.

9.4.b) **Parámetros estáticos.**

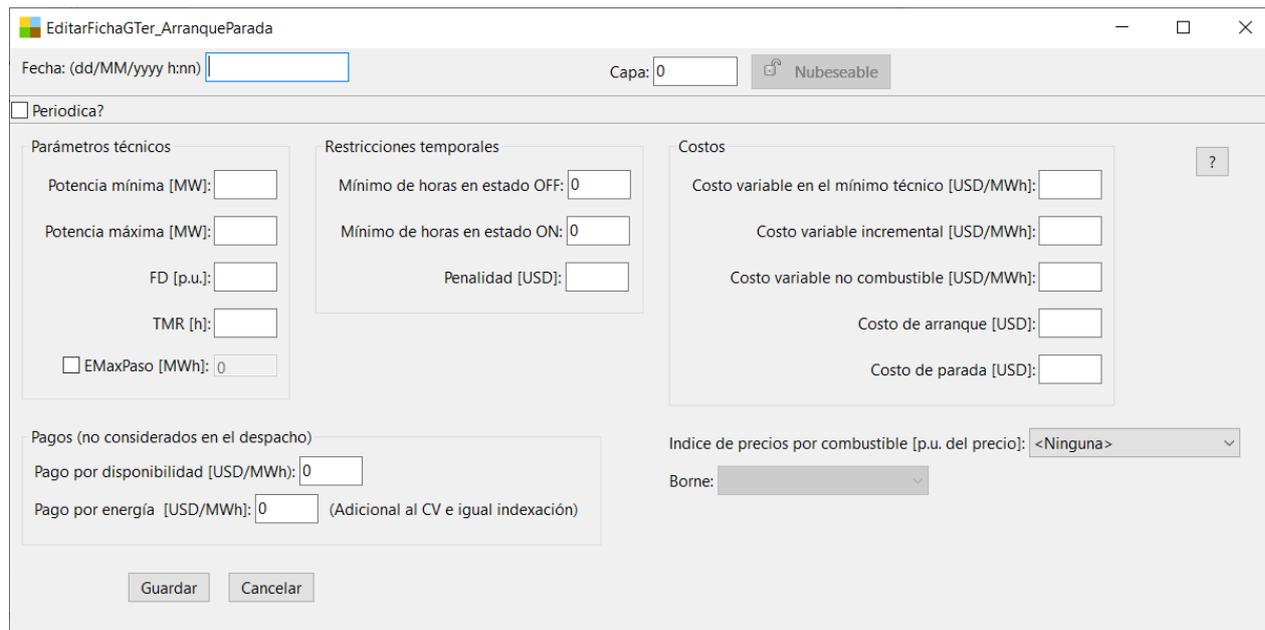
Los parámetros estáticos son el Nombre y Nodo de la Red Eléctrica a la cual se quiere asociar al Actor, y el Estado inicial al inicio de la simulación.

En el campo Estado inicial se debe especificar el estado inicial del generador (On/Off) y la fecha a partir de la cual se encuentra en dicho estado.

9.4.c) Parámetros dinámicos.

Los parámetros dinámicos del Actor se definen dentro del panel de Fichas, al agregar una nueva Ficha. Al instanciar una nueva Ficha de parámetros dinámicos se debe definir la fecha de inicio de validez de dicha Ficha y su periodicidad. Adicionalmente se debe especificar una lista de parámetros técnicos que definen las características del Actor.

El panel de alta de una Ficha se muestra a continuación:



Los parámetros técnicos a especificar son:

En el panel “Parámetros técnicos”

- **Potencia Mínima:** Es el mínimo valor de potencia en MW al que se puede operar el generador en forma estable cuando es acoplado a la red eléctrica.
- **Potencia Máxima:** Potencia máxima en MW que puede generar el Actor y entregar en el Nodo de la Red Eléctrica.
- **FD:** Es el factor de disponibilidad en p.u. y determina que porcentaje del tiempo dicho Actor se encuentra en servicio y operativo fuera de las ventanas de mantenimiento programado.
- **TMR:** Es el tiempo medio de reparación en horas que necesita el Actor para volver a estar en servicio luego de un evento de falla fortuita.
- **EmáxPaso:** Es la energía máxima en MWh que el Actor puede entregar en un nodo por paso de tiempo. Si se selecciona el casillero, el generador no podrá entregar más energía que el valor que se especifique.

En el panel “Restricciones temporales”

- Mínimo de horas en estado OFF: Cantidad de horas que debe permanecer el Actor en estado OFF cuando sale de servicio.
- Mínimo de horas en estado ON: Cantidad de horas que debe permanecer el Actor en estado ON cuando resulta despachado.
- Penalidad: Penalidad por interrumpir cualquiera de estos dos estados antes del tiempo especificado.

En el panel “Costos”

- Costo variable en el mínimo técnico: Es el costo variable de producción en USD/MWh cuando la unidad opera en el mínimo técnico. Este costo puede indexarse al Índice de precio de combustible.
- Costo variable incremental: Es el costo variable de producción en USD/MWh por la generación por encima del mínimo técnico. Este costo puede indexarse al Índice de precio de combustible.
- Costo variable no combustible: Es el costo variable de producción en USD/MWh que no depende del costo del combustible utilizado (p. ej.: costos de operación y mantenimiento). Este costo puede no puede indexarse a un índice de precios.
- Costo de arranque: Es el costo en USD que se incurre cuando se pone en operación el generador (p.ej. al encender y calentar una caldera de vapor)
- Costo de parada: Es el costo en USD que se incurre cuando se apaga la central.

9.4.d) Variables publicadas para SimRes.

Nombre	Unidades	Poste de tiempo	SR3	Descripción
cdp	USD	No	Si	Costos incurridos por la generación de energía.
IngresoPorDisponibilidad	USD	No	Si	Pagos recibidos por el actor por disponibilidad.
IngresoPorEnergia	USD	No	Si	Pagos adicionales recibidos por el actor por la energía despachada.
P	MW	Si	Si	Potencia inyectada al nodo.
ReservaRotante	MW	No	No	Reserva rotante.
cv_Spot	USD/MWh	No	No	Costo variable Spot.
Lambda_P	USD/MWh	No	No	Multiplicador de Lagrange de la restricción de caja.
ParticipacionSCS	USD	No	No	Participación en el Servicio de Confiabilidad del Sistema.
ForzamientoSCS	USD	No	No	Forzamiento en el Servicio de Confiabilidad del Sistema.
E*cmg	USD	No	Si	Energía valorizada al Costo Marginal de Generación (Si se selecciona gradiente de inversión).

GradInv	-	No	Si	Gradiente de inversión.
Costo	USD	Si	Si	Costo total asociado a los pagos por energía y disponibilidad, costos variables combustibles y no combustibles.
NmaqsDespachadas	u	Si	Si	Cantidad de máquinas despachadas.
Cv	USD/MWh	No	Si	Costo variable incremental por encima del mínimo técnico (afectado por el índice de precios) mas el costo variable no combustible.
Cve	USD/MWh	No	Si	Pago por la energía adicional al cv, afectado por el índice de precios.
MaxNMaqsDespachadasEnElPaso	u	No	No	Máxima cantidad de unidades despachadas en el paso de tiempo.
NMaquinasDisponibles	u	NO	Si	Cantidad de máquinas disponibles en el paso de tiempo.
PMaxDisponible	MW	Si	Si	Potencia máxima disponible.
PMediaDespachada	MW	No	No	Potencia media despachada en el paso de tiempo.
dCF	USD	No	Si	Variación de costo futuro por transición de estado .
c0	USD/h	No	No	Costo en USD/h por máquina por estar operando en el mínimo técnico

9.4.e) Variables Estado, de Control y Restricciones.

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 se encuentra en dicho estado.

El Actor agrega una Variable de Estado al sistema:

- Estado del generador al inicio del paso ($A = \text{ON/OFF} = 1/0$)

El Actor agrega dos Variables de Control:

- A : Encendido de la central por paso de tiempo ($\text{ON/OFF} = 1/0$)
- p_i : Potencia despachada por encima del mínimo técnico en MW para cada poste de tiempo i .

Restricciones

- $p_i \leq A \cdot (P_{\text{máx}} - P_{\text{mín}})$: Restricción impuesta por la variable de acople para cada poste de tiempo i .

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 permanecer 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.

Costo

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 se encuentra 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 asociado al consumo de combustible de la central cuando al inicio del paso de tiempo la misma se encuentra apagada se calcula de acuerdo a la ec.6.

$$\text{costo} = \left(\sum_{i=1}^{N\text{Postes}} cv \cdot p_i \cdot \text{DurPoste}_i \right) + cv_{PMin} \cdot PMin \cdot A \cdot \text{DurPaso} + c\text{Arranque} \cdot A + (CF(\{x,1\}, k) - CF(\{x,0\}, k)) \cdot A$$

ec.6 Costo en USD asociado al consumo de combustible por paso de tiempo cuando la central se encuentra APAGADA.

Dónde:

p_i : Potencia despachada por encima del mínimo técnico en MW para cada poste de tiempo i .

cv : costo variable combustible por encima del mínimo técnico.

cv_{PMin} : costo variable en el mínimo técnico.

$c\text{Arranque}$: Costo de arranque.

$c\text{Parada}$: Costo de parada.

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

El término $(CF(\{x,1\}, k) - CF(\{x,0\}, k)) \cdot A$ 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 asociado al consumo de combustible se calcula de acuerdo a la ec.7.

$$\begin{aligned}
 \text{costo} = & \left(\sum_{i=1}^{NPostes} cv \cdot p_i \cdot DurPoste_i \right) + cv_{PMin} \cdot PMin \cdot A \cdot DurPaso \\
 & + cParada \cdot (1-A) + (CF(\{x,0\},k) - CF(\{x,1\},k)) \cdot (1-A)
 \end{aligned}$$

ec.7 Costo en USD asociado al consumo de combustible por paso de tiempo cuando la central se encuentra ENCENDIDA.

Si la central está encendida y continúa encendida, $(1-A)$ vale cero y el costo del paso se reduce a la ec.8.

$$\text{costo} = \left(\sum_{i=1}^{NPostes} cv \cdot p_i \cdot DurPoste_i \right) + cv_{PMin} \cdot PMin \cdot A \cdot DurPaso$$

ec.8 Costo en USD asociado al consumo de combustible por paso de tiempo cuando la central se encuentra y permanece ENCENDIDA.

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

El término $(CF(\{x,0\},k) - CF(\{x,1\},k)) \cdot (1-A)$ 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 $A=0$.

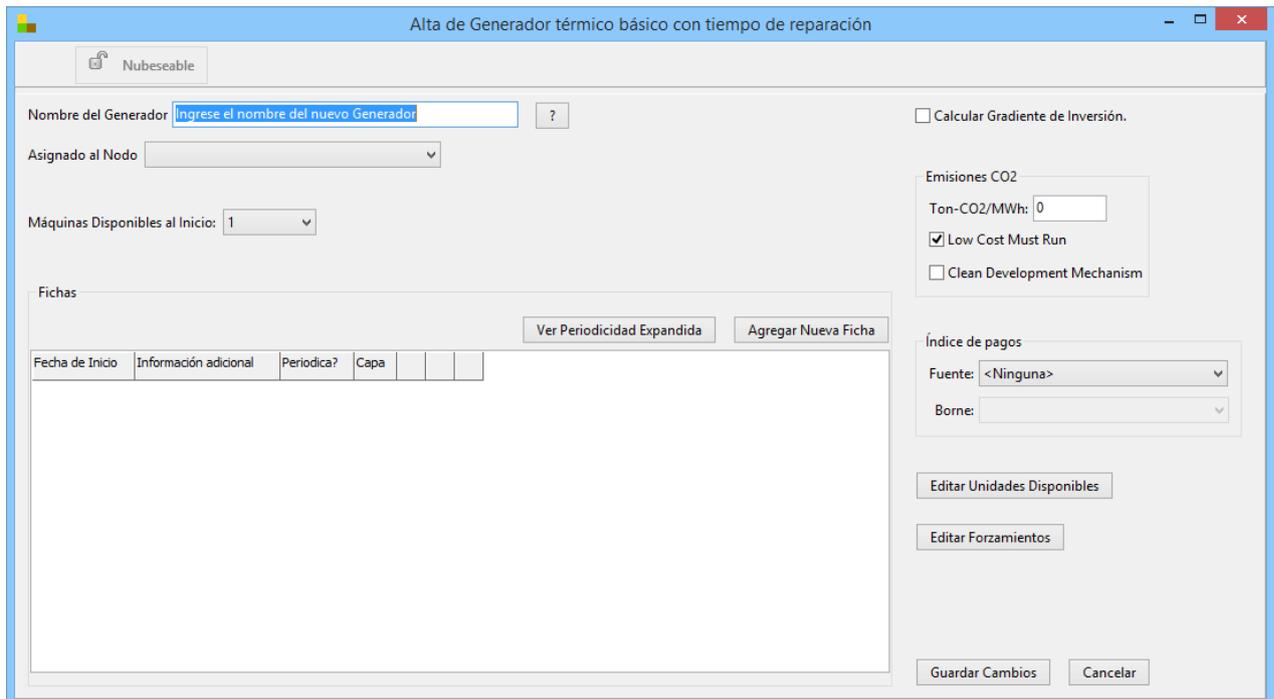
Dependiendo de la dimensión de la central respecto del sistema en su conjunto y del costo de arranque y de parada en comparación con el costo de suministro de la demanda en un paso de tiempo, los términos que involucran la diferencia de la función de Costo Futuro serán más o menos relevantes y en algunas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

9.5. **Generador Térmico Básico con Tiempo de Reparación.**

El Generador Térmico Básico con Tiempo de Reparación es un Actor que pertenece al Grupo Térmicas. La única diferencia que presenta este tipo de generador respecto del generador térmico básico, es que en este caso se debe especificar si el generador se encuentra disponible al inicio de la simulación.

9.5.a) **Descripción del funcionamiento.**

Se presenta a continuación la ficha de alta del Generador Térmico Básico con Tiempo de Reparación:



The screenshot shows a software window titled "Alta de Generador térmico básico con tiempo de reparación". The interface includes 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.
- Máquinas Disponibles al Inicio:** A dropdown menu with the value "1".
- Fichas:** A table with columns: Fecha de Inicio, Información adicional, Periodica?, and Capa. Below the table are buttons for "Ver Periodicidad Expandida" and "Agregar Nueva Ficha".
- Emisiones CO2:** A section containing:
 - Ton-CO2/MWh: 0 (input field)
 - Low Cost Must Run
 - Clean Development Mechanism
- Índice de pagos:** A section containing:
 - Fuente: <Ninguna> (dropdown menu)
 - Borne: (dropdown menu)
 - Editar Unidades Disponibles (button)
 - Editar Forzamientos (button)
- Buttons:** "Guardar Cambios" and "Cancelar" at the bottom right.
- Other:** A checkbox "Calcular Gradiente de Inversión." and a "Nubeseable" icon at the top left.

Las funcionalidades generales del Actor están descritas en el documento Características generales de los Actores.

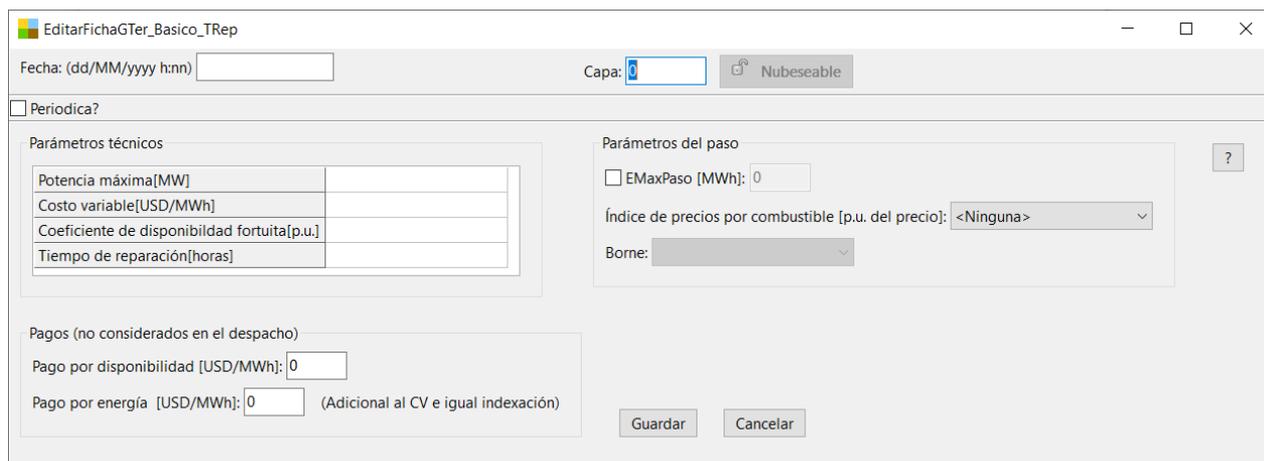
9.5.b) **Parámetros estáticos.**

Los parámetros estáticos son el Nombre y Nodo de la Red Eléctrica a la cual se quiere asociar al Actor.

9.5.c) Parámetros dinámicos.

Los parámetros dinámicos del Actor se definen dentro del panel de Fichas, al agregar una nueva Ficha. Al instanciar una nueva Ficha de parámetros dinámicos se debe definir la fecha de inicio de validez de dicha Ficha y su periodicidad. Adicionalmente se debe especificar una lista de parámetros técnicos que definen las características del Actor.

El panel de alta de una Ficha se muestra a continuación:



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

- Fecha:** (dd/MM/yyyy h:nn) [input field]
- Capa:** [input field]
- Nubeseable:** [checkbox]
- Periodica?:** [checkbox]
- Parámetros técnicos:**

Potencia máxima[MW]	[input field]
Costo variable[USD/MWh]	[input field]
Coefficiente de disponibilidad fortuita[p.u.]	[input field]
Tiempo de reparación[horas]	[input field]
- Parámetros del paso:**
 - EMaxPaso [MWh]: [input field]
 - Índice de precios por combustible [p.u. del precio]: [<Ninguna> dropdown]
 - Borne: [dropdown]
- Pagos (no considerados en el despacho):**
 - Pago por disponibilidad [USD/MWh]: [input field]
 - Pago por energía [USD/MWh]: [input field] (Adicional al CV e igual indexación)
- Buttons:** Guardar, Cancelar

Los parámetros técnicos a especificar son:

- **Potencia máxima:** Potencia máxima en MW que puede generar el Actor y entregar en el Nodo de la Red Eléctrica.
- **Costo variable:** Es el costo variable de producción (cv) en USD/MWh para todos los niveles de generación del Actor. Este costo puede indexarse al Índice de precio de combustible.
- **Coefficiente de disponibilidad fortuita:** Es el factor de disponibilidad en p.u. y determina que porcentaje del tiempo dicho Actor se encuentra en servicio y operativo fuera de las ventanas de mantenimiento programado.
- **Tiempo de reparación:** Es el tiempo medio de reparación en horas que necesita el Actor para volver a estar en servicio luego de un evento de falla fortuita.

Los parámetros del paso son:

- **EmaxPaso:** Es la energía máxima en MWh que el Actor puede entregar en un nodo por paso de tiempo. Si se selecciona el casillero, el generador no podrá entregar al nodo más energía que el valor que se especifique.
- **Índice de precio de combustible [p.u. del precio]:** En la barra desplegable Índice de Precios por Combustible se puede especificar una fuente aleatoria con su borne asociado cuyo cometido será multiplicar el costo variable incremental. Si no se especifica una fuente el multiplicador es 1.

9.5.d) Variables publicadas para SimRes.

Nombre	Unidades	Poste de tiempo	SR3	Descripción
cdp	USD	No	Si	Costos incurridos por la generación de energía.
IngresoPorDisponibilidad	USD	No	Si	Pagos recibidos por el actor por disponibilidad.
IngresoPorEnergia	USD	No	Si	Pagos adicionales recibidos por el actor por la energía despachada.
P	MW	Si	Si	Potencia inyectada al nodo.
ReservaRotante	MW	No	No	Reserva rotante.
cv_Spot	USD/MWh	No	No	Costo variable Spot.
Lambda_P	USD/MWh	No	No	Multiplicador de Lagrange de la restricción de caja.
ParticipacionSCS	USD	No	No	Participación en el Servicio de Confiabilidad del Sistema.
ForzamientoSCS	USD	No	No	Forzamiento en el Servicio de Confiabilidad del Sistema.
E*cmg	USD	No	Si	Energía valorizada al Costo Marginal de Generación (Si se selecciona gradiente de inversión).
GradInv	-	No	Si	Gradiente de inversión.
Costo	USD	Si	Si	Costo total asociado a los pagos por energía y disponibilidad, costos variables combustibles y no combustibles.
NMaqsDespachadas	u	Si	Si	Cantidad de máquinas despachadas.
cv	USD/MWh	No	Si	Costo variable incremental por encima del mínimo técnico (afectado por el índice de precios) mas el costo variable no combustible.
MaxNMaqsDespachadasEnElPaso	u	No	No	Máxima cantidad de unidades despachadas en el paso de tiempo.
NMaquinasDisponibles	u	NO	Si	Cantidad de máquinas disponibles en el paso de tiempo.
PMaxDisponibile	MW	Si	Si	Potencia máxima disponible.
PMediaDespachada	MW	No	No	Potencia media despachada en el paso de tiempo.

9.5.e) Variables Estado, de Control y Restricciones.

El Actor agrega una Variable de Estado al sistema:

- Número de máquinas disponibles al inicio del paso. El Actor soporta solamente centrales de una sola máquina

El Actor agrega una Variable de Control:

- Potencia inyectada P_i al nodo por poste de tiempo i .

En la Fig. 10 se grafica el costo $Costo_i$ en USD/h asociado al consumo de combustibles del Actor en el poste i en función de la potencia despachada P_i en el poste i . El costo queda definido por la ec.9.

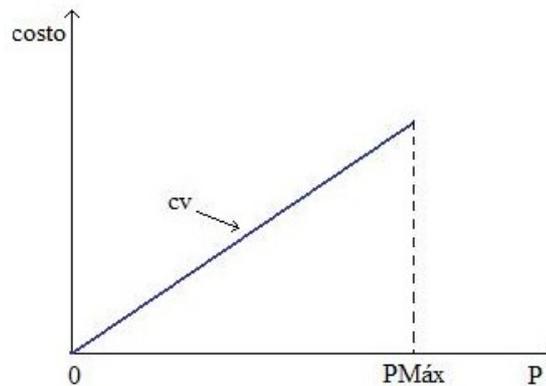


Fig. 10: Costo asociado al consumo de combustibles del Actor en función de la potencia despachada

$$Costo_i = P_i \cdot cv$$

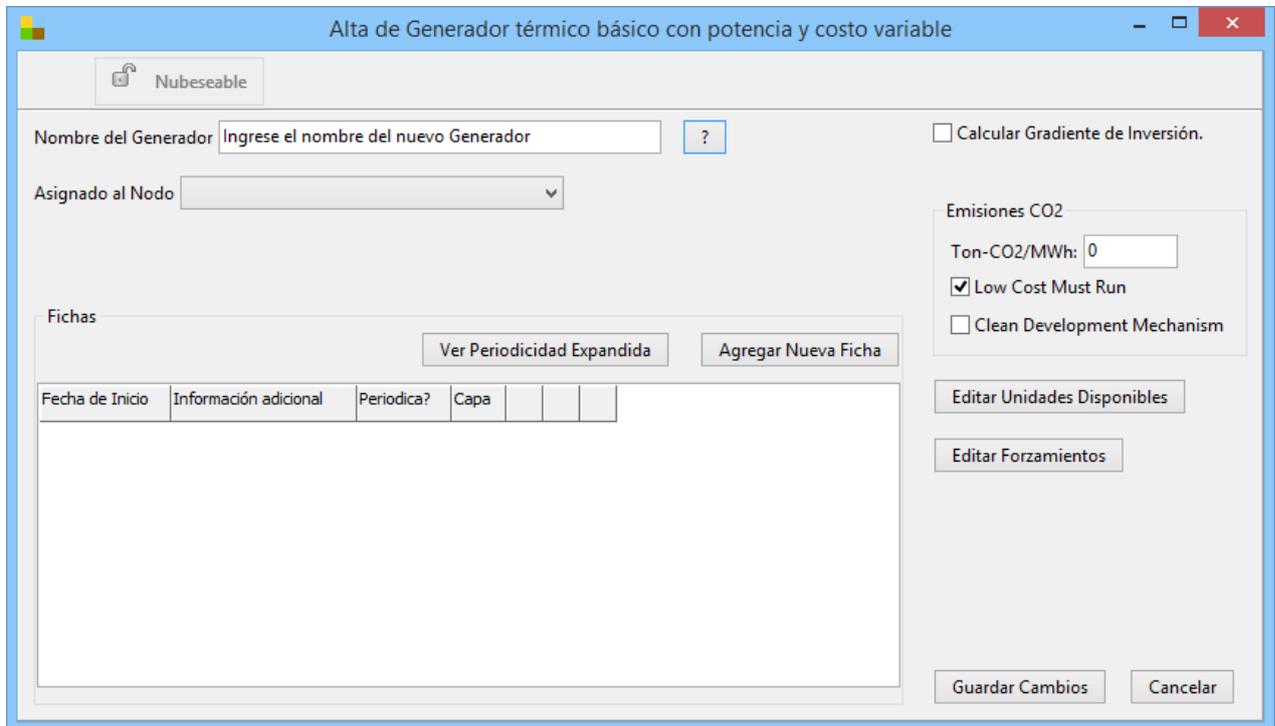
ec.9 Costo en USD/h asociado al consumo de combustible del Actor en el poste i .

9.6. **Generador Térmico Básico con Potencia y Costo Variable.**

El Generador Térmico Básico con Potencia y Costo Variable es un Actor que pertenece al Grupo Térmicas. Este tipo de generador es un generador simple, que puede ofertar en cada uno de los postes de tiempo definidos en la Sala una potencia entre 0 y el valor que obtiene de fuentes aleatorias y a un precio que obtiene de otras fuentes aleatorias.

9.6.a) **Descripción del funcionamiento.**

Se presenta a continuación la ficha de alta del Generador Térmico Básico con Potencia y Costo Variable:



Las funcionalidades generales del Actor están descritas en el documento Características generales de los Actores.

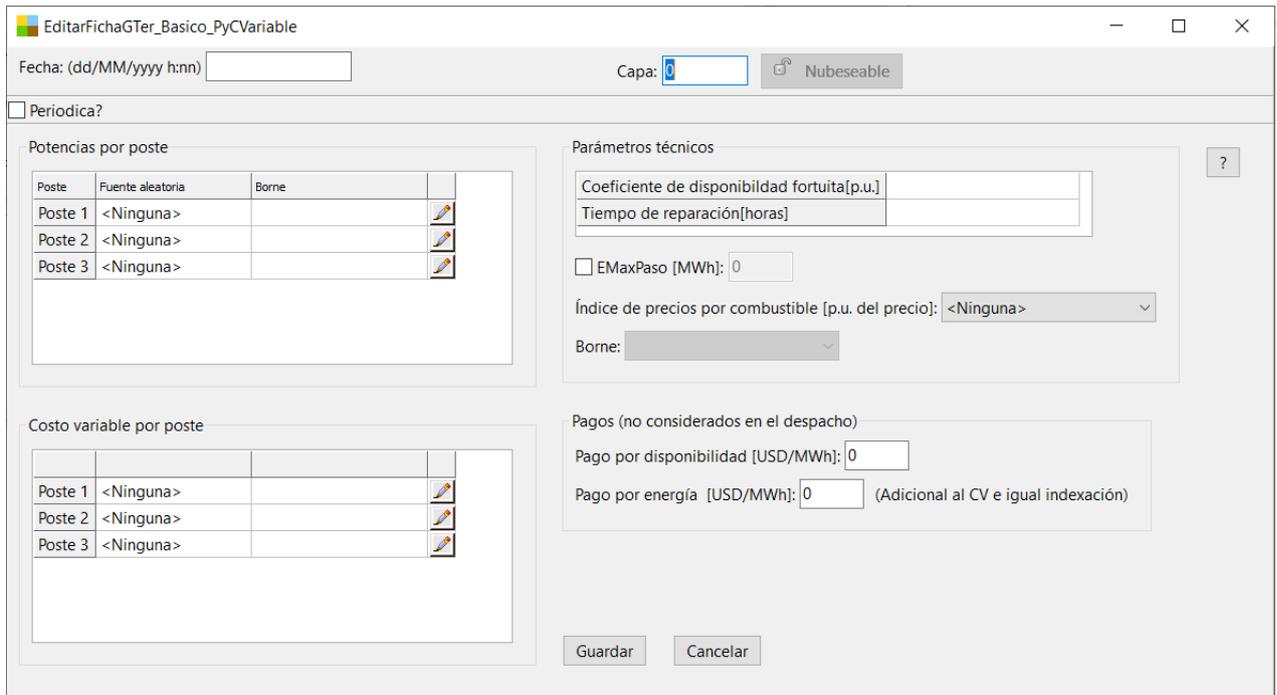
9.6.b) **Parámetros estáticos.**

Los parámetros estáticos son el Nombre y Nodo de la Red Eléctrica a la cual se quiere asociar al Actor.

9.6.c) Parámetros dinámicos.

Los parámetros dinámicos del Actor se definen dentro del panel de Fichas, al agregar una nueva Ficha. Al instanciar una nueva Ficha de parámetros dinámicos se debe definir la fecha de inicio de validez de dicha Ficha y su periodicidad. Adicionalmente se debe especificar una lista de parámetros técnicos que definen las características del Actor.

El panel de alta de una Ficha se muestra a continuación:



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

- Fecha:** (dd/MM/yyyy h:nn) [input field]
- Capa:** [input field]
- Nubeseable:** [checkbox]
- Periodica?:** [checkbox]
- Potencias por poste:**

Poste	Fuente aleatoria	Borne
Poste 1	<Ninguna>	
Poste 2	<Ninguna>	
Poste 3	<Ninguna>	
- Parámetros técnicos:**
 - Coefficiente de disponibilidad fortuita [p.u.] [input field]
 - Tiempo de reparación [horas] [input field]
 - EMaxPaso [MWh]: 0 [input field]
 - Índice de precios por combustible [p.u. del precio]: <Ninguna> [dropdown]
 - Borne: [dropdown]
- Costo variable por poste:**

Poste	Fuente aleatoria	Borne
Poste 1	<Ninguna>	
Poste 2	<Ninguna>	
Poste 3	<Ninguna>	
- Pagos (no considerados en el despacho):**
 - Pago por disponibilidad [USD/MWh]: 0 [input field]
 - Pago por energía [USD/MWh]: 0 [input field] (Adicional al CV e igual indexación)
- Buttons:** Guardar, Cancelar

Los parámetros técnicos a especificar son:

En el panel “Potencias por poste”

- Potencias por poste: Potencia máxima en MW por poste de tiempo que puede generar el Actor y entregar en el Nodo de la Red Eléctrica. Para cada poste la potencia que puede ofertar será entre 0 y el valor de la fuente aleatoria seleccionada en dicho poste.
- Para cada poste de tiempo se debe especificar una fuente aleatoria con su borne asociado.

En el panel “Costo variable por poste”

- Costo variable: Es el costo variable de producción (cv_{inc}) en USD/MWh para todos los niveles de generación del Actor. Este costo puede indexarse al Índice de precio de combustible.

Los otros parámetros técnicos a especificar son:

- **P_{máx}**: Potencia máxima en MW que puede generar el Actor y entregar en el Nodo de la Red Eléctrica.
- **FD**: Es el factor de disponibilidad en p.u. y determina que porcentaje del tiempo dicho Actor se encuentra en servicio y operativo fuera de las ventanas de mantenimiento programado.
- **TMR**: Es el tiempo medio de reparación en horas que necesita el Actor para volver a estar en servicio luego de un evento de falla fortuita.
- **EmáxPaso**: Es la energía máxima en MWh que el Actor puede entregar en un nodo por paso de tiempo. Si se selecciona el casillero, el generador no podrá entregar al nodo más energía que el valor que se especifique.

9.6.d) Variables publicadas para SimRes.

El Actor permite publicar las siguientes variables por poste o paso de tiempo:

Nombre	Unidades	Poste de tiempo	SR3	Descripción
cdp	USD	No	Si	Costos incurridos por la generación de energía.
IngresoPorDisponibilidad	USD	No	Si	Pagos recibidos por el actor por disponibilidad.
IngresoPorEnergía	USD	No	Si	Pagos adicionales recibidos por el actor por la energía despachada.
P	MW	Si	Si	Potencia inyectada al nodo.
ReservaRotante	MW	No	No	Reserva rotante.
cv_Spot	USD/MWh	No	No	Costo variable Spot.
Lambda_P	USD/MWh	No	No	Multiplicador de Lagrange de la restricción de caja.
ParticipacionSCS	USD	No	No	Participación en el Servicio de Confiabilidad del Sistema.
ForzamientoSCS	USD	No	No	Forzamiento en el Servicio de Confiabilidad del Sistema.
E*cmg	USD	No	Si	Energía valorizada al Costo Marginal de Generación (Si se selecciona gradiente de inversión).
GradInv	-	No	Si	Gradiente de inversión.
Costo	USD	Si	Si	Costo total asociado a los pagos por energía y disponibilidad, costos variables combustibles y no combustibles.
NMaqsDespachadas	u	Si	Si	Cantidad de máquinas despachadas.
cv	USD/MWh	No	Si	Costo variable incremental por encima del mínimo técnico (afectado por el índice de precios) mas el costo variable no combustible.
cve	USD/MWh	No	Si	Pago por la energía adicional al cv, afectado por el índice de precios.
MaxNMaqsDespachadasEnElPaso	u	No	No	Máxima cantidad de unidades despachadas en el paso de tiempo.
NMaquinasDisponibles	u	NO	Si	Cantidad de máquinas disponibles en el paso de tiempo.
Pmax	MW	Si	Si	Potencia máxima disponible.
PMediaDespachada	MW	No	No	Potencia media despachada en el paso de tiempo.

9.6.e) Variables Estado, de Control y Restricciones.

El Actor no agrega Variables de Estado al sistema.

El Actor agrega una Variable de Control:

- Potencia inyectada P_i al nodo por poste de tiempo i .

En la Fig. 11 se grafica el costo $Costo_i$ en USD/h asociado al consumo de combustibles del Actor en el poste i en función de la potencia despachada P_i en el poste i . El costo queda definido por la ec.10.

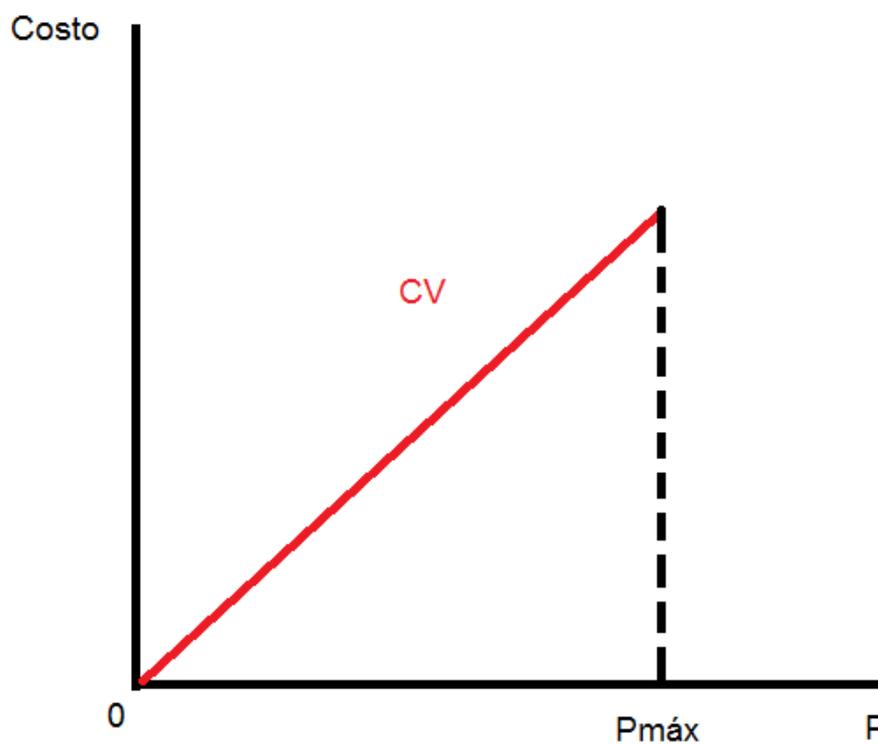


Fig. 11: Costo asociado al consumo de combustibles del Actor en función de la potencia despachada

$$Costo_i = P_i \cdot cv_i$$

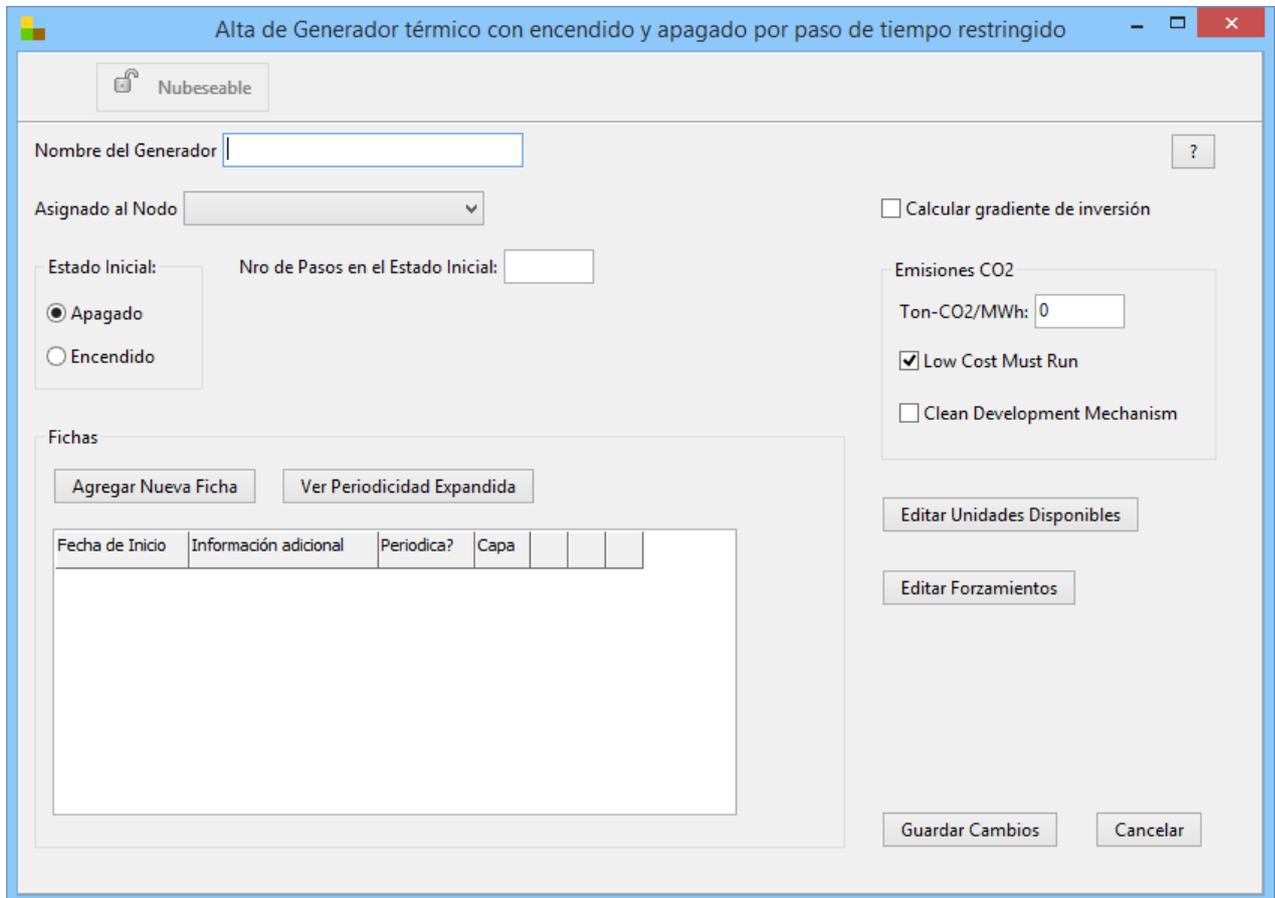
ec.10 Costo en USD/h asociado al consumo de combustible del Actor en el poste i .

9.7. **Generador Térmico con Encendido y Apagado por Paso de Tiempo Restringido.**

El Generador Térmico con Encendido y Apagado por Paso de Tiempo Restringido es un Actor que pertenece al Grupo Térmicas. Este Actor permite definir períodos de tiempo mínimos que se deben respetar para el encendido y apagado de las unidades.

9.7.a) **Descripción del funcionamiento.**

Se presenta a continuación la ficha de alta del Generador Térmico con Encendido y Apagado por Paso de Tiempo Restringido:



The screenshot shows a software window titled "Alta de Generador térmico con encendido y apagado por paso de tiempo restringido". The interface includes the following elements:

- A "Nubeseable" (lock) icon in the top left.
- A text input field for "Nombre del Generador" with a help icon (?) on the right.
- A dropdown menu for "Asignado al Nodo".
- Radio buttons for "Estado Inicial": "Apagado" (selected) and "Encendido".
- A text input field for "Nro de Pasos en el Estado Inicial".
- A section titled "Emisiones CO2" containing:
 - A text input field for "Ton-CO2/MWh" with the value "0".
 - A checked checkbox for "Low Cost Must Run".
 - An unchecked checkbox for "Clean Development Mechanism".
- A "Fichas" section with two buttons: "Agregar Nueva Ficha" and "Ver Periodicidad Expandida".
- A table with the following headers: "Fecha de Inicio", "Información adicional", "Periodica?", "Capa", and two empty columns. The table body is currently empty.
- Buttons for "Editar Unidades Disponibles" and "Editar Forzamientos".
- Buttons for "Guardar Cambios" and "Cancelar" at the bottom right.

Las funcionalidades generales del Actor están descritas en el documento Características generales de los Actores.

9.7.b) Parámetros estáticos.

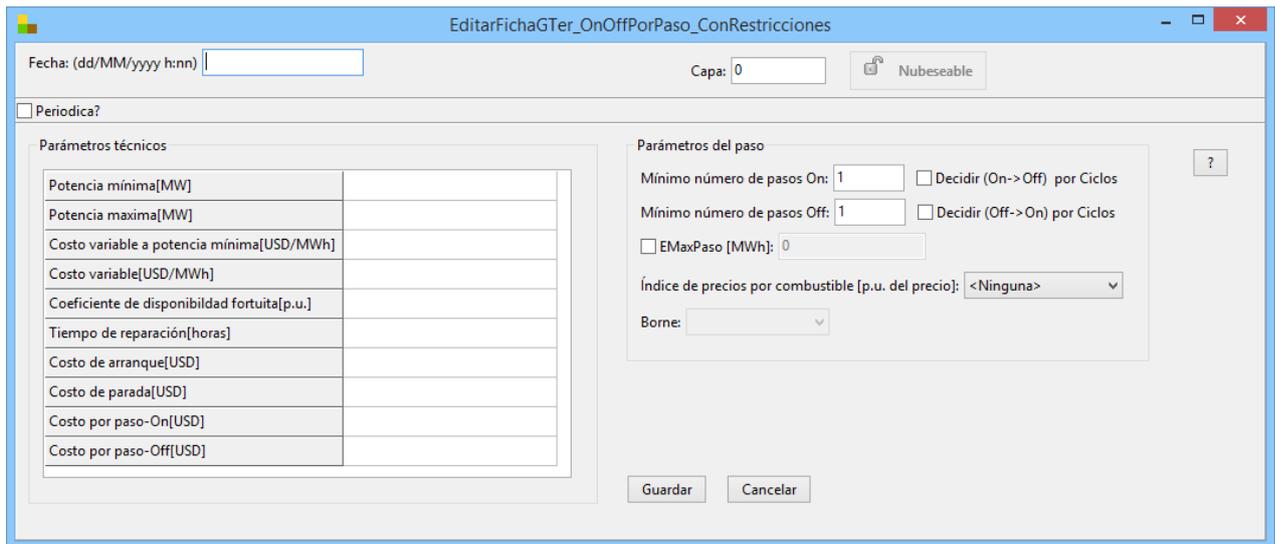
Los parámetros estáticos son el Nombre y Nodo de la Red Eléctrica a la cual se quiere asociar al Actor, y el Estado Inicial del generador al inicio de la simulación.

En el campo Estado Inicial se debe especificar el estado en el que se encuentra el generador al inicio de la simulación. Adicionalmente se debe especificar el mínimo número de pasos de tiempo que el generador debe permanecer en cada estado y los costos que se incurren cuando el generador se encuentra en cada estado. El Generador soporta una única unidad o máquina.

9.7.c) Parámetros dinámicos.

Los parámetros dinámicos del Actor se definen dentro del panel de Fichas, al agregar una nueva Ficha. Al instanciar una nueva Ficha de parámetros dinámicos se debe definir la fecha de inicio de validez de dicha Ficha y su periodicidad. Adicionalmente se debe especificar una lista de parámetros técnicos que definen las características del Actor.

El panel de alta de una Ficha se muestra a continuación:



Fecha: (dd/MM/yyyy h:nn) Capa: 0

Periodica?

Parámetros técnicos	
Potencia mínima[MW]	
Potencia máxima[MW]	
Costo variable a potencia mínima[USD/MWh]	
Costo variable[USD/MWh]	
Coefficiente de disponibilidad fortuita[p.u.]	
Tiempo de reparación[horas]	
Costo de arranque[USD]	
Costo de parada[USD]	
Costo por paso-On[USD]	
Costo por paso-Off[USD]	

Parámetros del paso

Mínimo número de pasos On: Decidir (On->Off) por Ciclos

Mínimo número de pasos Off: Decidir (Off->On) por Ciclos

EMaxPaso [MWh]:

Índice de precios por combustible [p.u. del precio]:

Borne:

En el panel “Parámetros técnicos” se debe especificar:

- **Potencia Mínima:** Es el mínimo valor de potencia en MW al que se puede operar el generador en forma estable cuando es acoplado a la red eléctrica.
- **Potencia máxima:** Potencia máxima en MW que puede generar el Actor y entregar en el Nodo de la Red Eléctrica.
- **Costo Variable a Potencia Mínima:** Es el costo variable de producción en USD/MWh cuando la unidad opera en el mínimo técnico. Este costo puede indexarse al Índice de precio de combustible.

- Costo variable: Es el costo variable de producción en USD/MWh por la generación por encima del mínimo técnico. Este costo puede indexarse al Índice de precio de combustible.
- Coeficiente de disponibilidad: Es el factor de disponibilidad en p.u. y determina que porcentaje del tiempo dicho Actor se encuentra en servicio y operativo fuera de las ventanas de mantenimiento programado.
- Tiempo de reparación: Es el tiempo medio de reparación en horas que necesita el Actor para volver a estar en servicio luego de un evento de falla fortuita.
- Costo de arranque: Es el costo en USD que se incurre cuando se pone en operación el generador (p.ej. al encender y calentar una caldera de vapor)
- Costo de parada: Es el costo en USD que se incurre cuando se apaga la central.
- Costo Por Paso ON/OFF: Es el costo en USD por cada paso en que el generador se encuentre encendido o apagado respectivamente, independientemente de la potencia que pueda estar entregando.

En el panel “Parámetros del paso” se debe especificar:

- Mínimo Número de Pasos On/Off: Es la 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 nuevamente.
- Decidir (On->Off) por Ciclos: Si el casillero está marcado, sólo se podrá decidir apagar la central cuando se hayan cumplido exactamente el "Mínimo Número de Pasos On" o multiples de esa cantidad. Si no se marca este casillero las decisiones de apagado de la central se pueden tomar en cualquier paso de tiempo una vez superado el "Mínimo Número de Pasos On".
- Decidir (Off->On) por Ciclos: Si el casillero está marcado, sólo se podrá tomar la decisión de encender la central cuando se hayan cumplido exactamente el "Mínimo Número de Pasos Off" o multiples de esa cantidad. Si no se marca este casillero las decisiones de encendido de la central se pueden tomar en cualquier paso de tiempo una vez superado el "Mínimo Número de Pasos Off".
- EmáxPaso: Es la energía máxima en MWh que el Actor puede entregar en un nodo por paso de tiempo. Si se selecciona el casillero, el generador no podrá entregar al nodo más energía que el valor que se especifique.

9.7.d) Variables publicadas para SimRes.

Nombre	Unidades	Poste de tiempo	SR3	Descripción
cdp	USD	No	Si	Costos incurridos por la generación de energía.
IngresoPorDisponibilidad	USD	No	Si	Pagos recibidos por el actor por disponibilidad.
IngresoPorEnergía	USD	No	Si	Pagos adicionales recibidos por el actor por la energía despachada.
P	MW	Si	Si	Potencia inyectada al nodo.
ReservaRotante	MW	No	No	Reserva rotante.
cv_Spot	USD/MWh	No	No	Costo variable Spot.
Lambda_P	USD/MWh	No	No	Multiplicador de Lagrange de la restricción de caja.
ParticipacionSCS	USD	No	No	Participación en el Servicio de Confiabilidad del Sistema.
ForzamientoSCS	USD	No	No	Forzamiento en el Servicio de Confiabilidad del Sistema.
E*cmg	USD	No	Si	Energía valorizada al Costo Marginal de Generación (Si se selecciona gradiente de inversión).
GradInv	-	No	Si	Gradiente de inversión.
CostoVariable	USD	No	Si	Costo variable del paso asociado a consumos de combustibles.
CostoAPP	USD	No	Si	Costo fijo del paso asociado a gastos por arranque y parada, y a costos por paso ON/OFF.
NMaqsDespachadas_EstePaso	u	No	Si	Cantidad de máquinas despachadas por paso de tiempo.
NMaqsDespachadas_PasoAnterior	u	No	No	Cantidad de máquinas despachadas en el paso de tiempo anterior.
c0	USD/h	No	No	Costo en USD/h por máquina por estar operando en el mínimo técnico
NMaqsDisponibles	u	No	No	Cantidad de máquinas disponibles en el paso de tiempo.
PMaxDisponible	MW	No	No	Potencia máxima disponible.
PMediaDespachada	MW	No	No	Potencia media despachada en el paso de tiempo.

9.7.e) Variables Estado, de Control y Restricciones.

El Actor agrega una Variable de Estado al sistema:

- x_{OnOff} : Cantidad de pasos de tiempo que lleva apagada/prendida la máquina . Si $x_{OnOff} \leq 0$, $-x_{OnOff} + 1$ es la cantidad de pasos de tiempo que lleva apagada la máquina. Si $x_{OnOff} > 0$, x_{OnOff} es la cantidad de pasos de tiempo que lleva prendida la máquina.

El Actor agrega dos Variables de Control:

- A : Encendido de la central por paso de tiempo (ON/OFF = 1/0).
- p_i : Potencia despachada por encima del mínimo técnico en MW para cada poste de tiempo i .

Restricciones

- $p_i \leq A.(P_{\text{máx}} - P_{\text{mín}})$: Restricción impuesta por la variable de acople para cada poste de tiempo i .

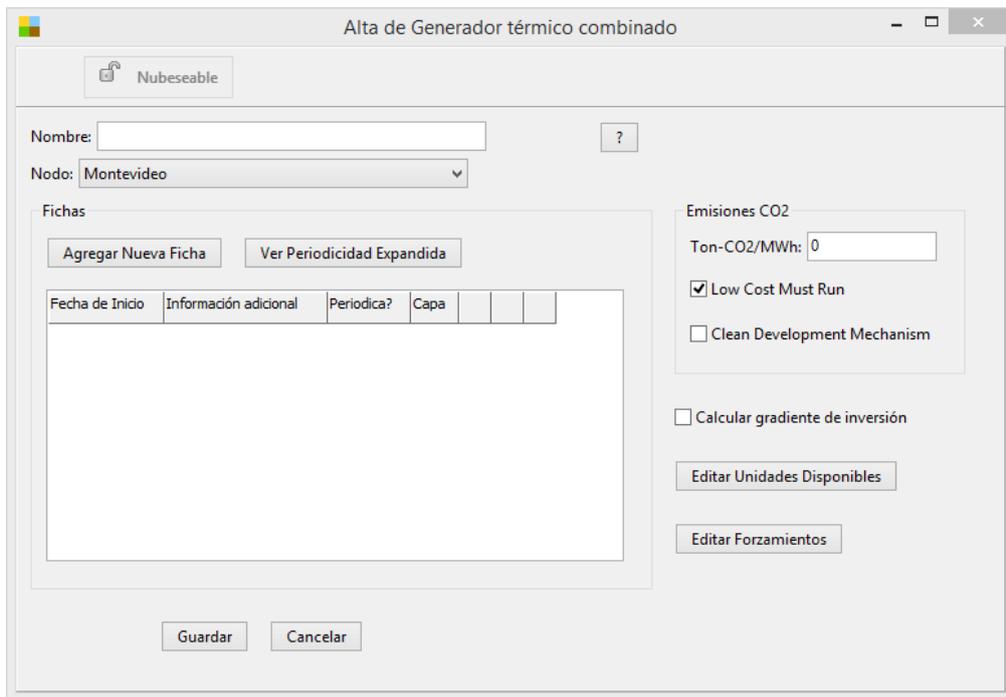
9.8. **Generador Térmico Combinado.**

El Generador Térmico Combinado es un Actor que pertenece al Grupo Térmicas. Este Actor representa una central que tiene más de una turbina capaz de generar energía eléctrica utilizando diferentes tipos de combustibles, como puede ser gasoil o gas natural. Esta característica les da una importante flexibilidad de operación ya que pueden funcionar en distintas configuraciones o modos de operación.

9.8.a) **Descripción del funcionamiento.**

Una central de ciclo combinado puede funcionar solo con las turbinas a gas, sin operar la turbina a vapor, en cuyo caso se habla de operación en ciclo abierto. Si la central está operando con las turbinas de gas junto con la turbina de vapor, se dice que está operando en ciclo cerrado. Se considera operación normal cuando la central opera con el ciclo cerrado, estando todas las turbinas por encima de su mínimo técnico.

Se presenta a continuación la ficha de alta del Generador Térmico Combinado:



Alta de Generador térmico combinado

Nubeseable

Nombre:

Nodo: Montevideo

Fichas

Agregar Nueva Ficha Ver Periodicidad Expandida

Fecha de Inicio	Información adicional	Periodica?	Capa			

Emisiones CO2

Ton-CO2/MWh:

Low Cost Must Run

Clean Development Mechanism

Calcular gradiente de inversión

Editar Unidades Disponibles

Editar Forzamientos

Guardar Cancelar

Las funcionalidades generales del Actor están descritas en el documento Características generales de los Actores.

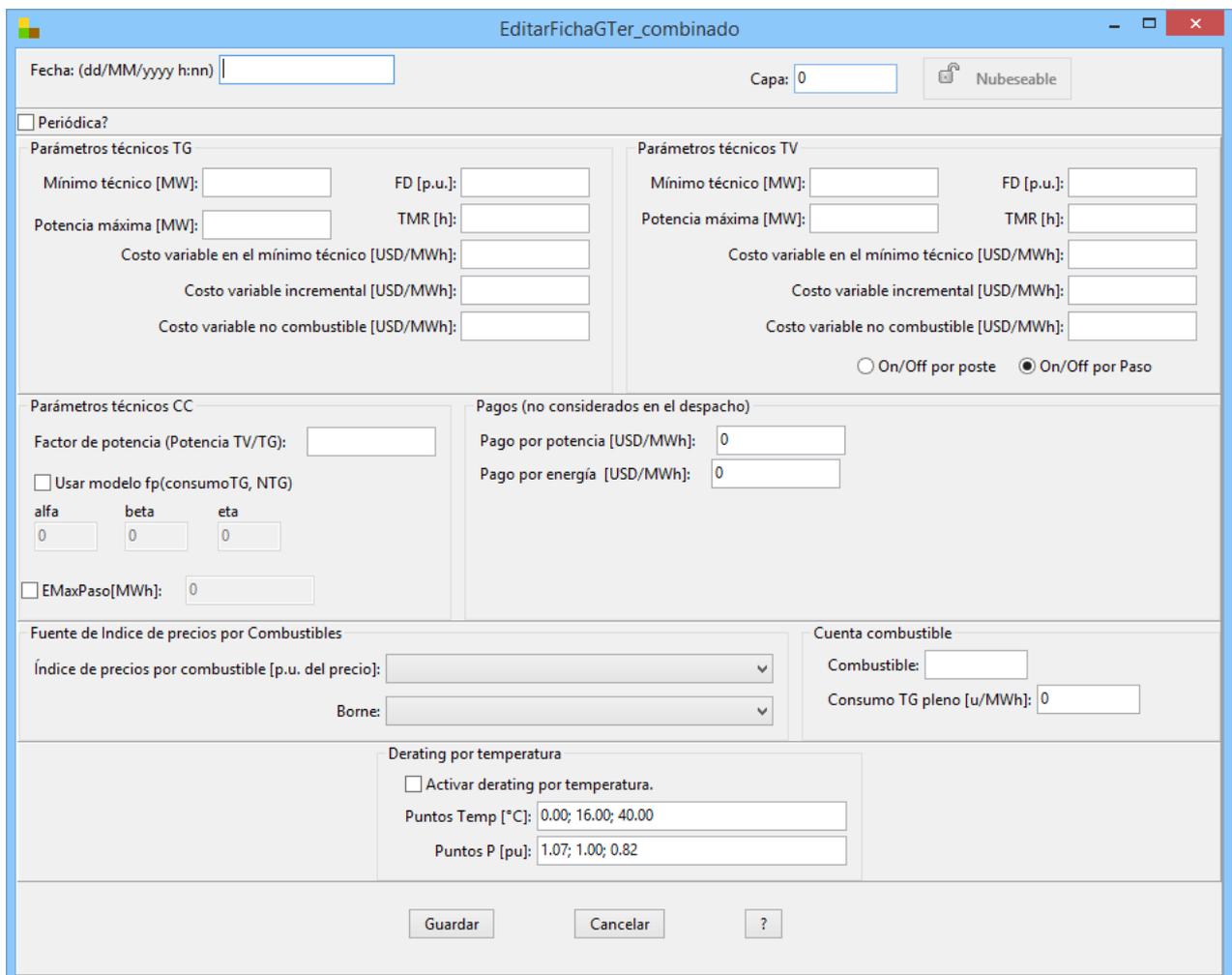
9.8.b) Parámetros estáticos.

Los parámetros estáticos son el Nombre y Nodo de la Red Eléctrica a la cual se quiere asociar al Actor

9.8.c) Parámetros dinámicos.

Los parámetros dinámicos del Actor se definen dentro del panel de Fichas, al agregar una nueva Ficha. Al instanciar una nueva Ficha de parámetros dinámicos se debe definir la fecha de inicio de validez de dicha Ficha y su periodicidad. Adicionalmente se debe especificar una lista de parámetros técnicos que definen las características del Actor.

El panel de alta de una Ficha se muestra a continuación:



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

- Header:** "Fecha: (dd/MM/yyyy h:nn)" with a text input field, "Capa: 0" with a text input field, and a "Nubeseable" button.
- Periódica?:** A checkbox.
- Parámetros técnicos TG:**
 - Mínimo técnico [MW]: [input field]
 - FD [p.u.]: [input field]
 - Potencia máxima [MW]: [input field]
 - TMR [h]: [input field]
 - Costo variable en el mínimo técnico [USD/MWh]: [input field]
 - Costo variable incremental [USD/MWh]: [input field]
 - Costo variable no combustible [USD/MWh]: [input field]
- Parámetros técnicos TV:**
 - Mínimo técnico [MW]: [input field]
 - FD [p.u.]: [input field]
 - Potencia máxima [MW]: [input field]
 - TMR [h]: [input field]
 - Costo variable en el mínimo técnico [USD/MWh]: [input field]
 - Costo variable incremental [USD/MWh]: [input field]
 - Costo variable no combustible [USD/MWh]: [input field]
- Radio buttons:** On/Off por poste, On/Off por Paso
- Parámetros técnicos CC:**
 - Factor de potencia (Potencia TV/TG): [input field]
 - Usar modelo fp(consumoTG, NTG)
 - alfa: [input field]
 - beta: [input field]
 - eta: [input field]
 - EMaxPaso[MWh]: [input field]
- Pagos (no considerados en el despacho):**
 - Pago por potencia [USD/MWh]: [input field]
 - Pago por energía [USD/MWh]: [input field]
- Fuente de Índice de precios por Combustibles:**
 - Índice de precios por combustible [p.u. del precio]: [dropdown menu]
 - Borne: [dropdown menu]
- Cuenta combustible:**
 - Combustible: [input field]
 - Consumo TG pleno [u/MWh]: [input field]
- Derating por temperatura:**
 - Activar derating por temperatura.
 - Puntos Temp [°C]: [input field]
 - Puntos P [pu]: [input field]
- Buttons:** "Guardar", "Cancelar", and "?".

En los paneles “Parámetros técnicos TG” y “ Parámetros técnicos TV” se debe especificar:

- **Mínimo técnico:** Es el mínimo valor de potencia en MW al que se pueden operar las turbinas TG/TV del generador en forma estable cuando es acoplado a la red eléctrica.

- **Potencia Máxima:** Potencia máxima en MW que pueden generar las turbinas TG/TV del generador y entregar en el Nodo de la Red Eléctrica.
- **Costo variable en el mínimo técnico:** Es el costo variable de producción en USD/MWh cuando las TG/TV del generador operan en el mínimo técnico. Solo se pueden indexar al Índice de precio de combustible los costos de las TG.
- **Costo variable incremental:** Es el costo variable de producción en USD/MWh por la generación de las TG/TV por encima del mínimo técnico. Solo se pueden indexar al Índice de precio de combustible los costos de las TG.
- **Costo variable no combustible:** Es el costo variable de producción de las TG y TV en USD/MWh que no depende del costo del combustible utilizado (p. ej.: costos de operación y mantenimiento). Este costo no puede indexarse a un índice de precios.
- **On/Off por poste o On/Off por paso:** Si se selecciona “On/Off por paso” la combinación del ciclo se realiza por paso de tiempo; la central genera por igual o por encima del mínimo técnico durante todas las horas del paso de tiempo. Si se selecciona “On/Off por poste” la combinación del ciclo se realiza de manera independiente por cada poste de tiempo.
- **FD:** Es el factor de disponibilidad en p.u. y determina que porcentaje del tiempo que cada TG/TV se encuentra en servicio y operativo fuera de las ventanas de mantenimiento programado.
- **TMR:** Es el tiempo medio de reparación en horas que necesita cada TG/TV para volver a estar en servicio luego de un evento de falla fortuita.

En el panel “Parámetros técnicos CC” se debe especificar:

- **Factor de Potencia:** Si se activa el checkbox “Usar modelo fp(consumoTG, NTG)” se habilitan para editar los parámetros alfa, beta y eta que permiten modelar el acople termodinámico entre las TG y TV en función del consumo de combustible y cantidad de TGs despachadas.

$$P_{TV} = [(\alpha c - P_{TG}) - \beta] \eta$$

ec.11 Acople termodinámico entre la TV y TG con parámetros alfa, beta y gama.

Siendo:

- P_{TG}, P_{TV} : Potencia generada por las unidades TG y TV respectivamente.
- c : Consumo de combustible de las unidades TGs en por unidad del consumo de 1 TG a P_{maxTG} .
- α : Potencia química total generada por la combustión de 1 unidad TG.

- β y η : Parámetros que modelan la disipación térmica del circuito, fricción en las calderas y tubos, bombas, condensador, etc.

En caso de no activarse el checkbox “Usar modelo fp(consumoTG, NTG)” se habilita para editar el parámetro “Factor de Potencia” que modela un acople simple donde la potencia generada por las TV no puede superar el producto entre el Factor de potencia CC y la Potencia generada por las TG.

$$P_{TV} = \text{FactorDePotencia} \cdot P_{TG}$$

ec.12 Acople termodinámico
entre la TV y TG simple.

En ambos casos la potencia generable por la TV, a partir del acople con las unidades TG, es topeada por la potencia máxima generable por las unidades TV.

- **EmáxPaso:** Es la energía máxima en MWh que el Actor puede entregar en un Nodo por paso de tiempo. Si se selecciona el casillero, el generador no podrá entregar más energía que el valor que se especifique.

9.8.d) Variables publicadas para SimRes.

El Actor permite publicar las siguientes variables por poste o paso de tiempo:

Nombre	Unidades	Poste de tiempo	SR3	Descripción
cdp	USD	No	Si	Costos incurridos por la generación de energía.
IngresoPorDisponibilidad	USD	No	Si	Pagos recibidos por el actor por disponibilidad.
IngresoPorEnergia	USD	No	Si	Pagos adicionales recibidos por el actor por la energía despachada.
P	MW	Si	Si	Potencia inyectada al Nodo.
ReservaRotante	MW	No	No	Reserva rotante.
cv_Spot	USD/MWh	No	No	Costo variable Spot.
Lambda_P	USD/MWh	No	No	Multiplicador de Lagrange de la restricción de caja.
ParticipacionSCS	USD	No	No	Participación en el Servicio de Confiabilidad del Sistema.
ForzamientoSCS	USD	No	No	Forzamiento en el Servicio de Confiabilidad del Sistema.
E*cmg	USD	No	Si	Energía valorizada al Costo Marginal de Generación (Si se selecciona gradiente de inversión).
GradInv	-	No	Si	Gradiente de inversión.
Costo	USD	Si	Si	Costo total asociado a los pagos por energía y disponibilidad, costos variables combustibles y no combustibles.
NDespachadasTGs/TVs	u	Si	Si	Cantidad de máquinas TG/TV despachadas.
cOTG	USD/h	No	Si	Costo por máquina TG por estar operando en el mínimo técnico
NMaqsDisponiblesTG/TV	u	No	Si	Cantidad de máquinas TG/TV despachadas.
PMaxDisponible_Central	MW	No	Si	Potencia máxima disponible.
PMediaDespachada	MW	No	Si	Potencia media despachada en el paso de tiempo.

9.8.e) Variables Estado, de Control y Restricciones.

El Actor no agrega Variables de Estado al sistema.

El Actor agrega 4 Variables de Control:

- A_{TG_i} : Encendido de las TG (ON/OFF = 1/0) por poste de tiempo i .
- A_{TV_i} : Encendido de las TV (ON/OFF = 1/0). Puede ser una variable por poste o por paso de tiempo según se especifique en los parámetros dinámicos.
- β_{TG_i} : Potencia despachada por las TG por encima del mínimo técnico en MW para cada poste de tiempo i .
- β_{TV_i} : Potencia despachada por las TV por encima del mínimo técnico en MW para cada poste de tiempo i .

Costo:

En la Fig. 12 se grafica el costo $Costo_i$ en USD/h asociado al consumo de combustibles del Actor en el poste i en función de la potencia despachada P_i en el poste i . El costo queda definido por la ec.13.

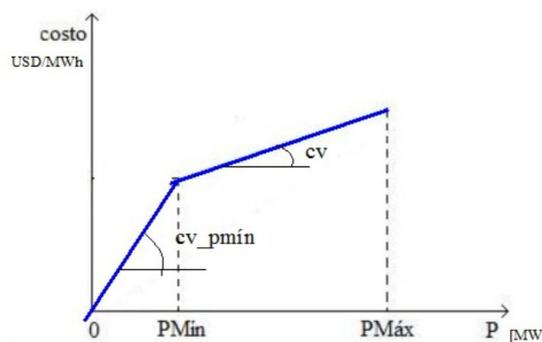


Fig. 12: Costo asociado al consumo de combustibles del Actor en función de la potencia despachada

$$Costo_i = cv_{PMin} \cdot PMin + cv \cdot (P_i - Pmin)$$

ec.13 Costo en USD/h asociado al consumo de combustible del Actor en el poste i .

Restricciones:

Acoplamiento entre las unidades TG y TV:

La potencia despachada por las unidades TV no puede superar al producto entre la potencia despachada por las unidades TG y el Factor de potencia CC según la ec.14.

$$P_{TVi} \leq fp_{ATG} P_{Min_{TG}} A_{TG_i} + fp_{BTG} B_{TG_i} + A_{TVi} ti_{AcopleTVTG} \quad \text{ec.14 Restricción de acoplamiento.}$$

En caso que se active el checkbox “Usar modelo fp(consumoTG, NTG)”:

- $fp_{ATG} = \eta \left(\frac{\alpha cvMin_{TG}}{C1TG_{max}} - 1 \right)$
- $fp_{ATG} = \eta \left(\frac{\alpha cvInc_{TG}}{C1TG_{max}} - 1 \right)$
- $ti_{AcopleTVTG} = -\eta \beta$
- $C1TG_{max} = (cvMin_{TG} P_{minTG} + cvInc_{TG} (P_{MaxTG} - P_{minTG}))$

En caso contrario:

- $fp_{ATG} = fp_{BTG} = FactorDePotencia$
- $ti_{AcopleTVTG} = 0$

10. Biomasa Embalsable.

El Generador Biomasa Embalsable es un Actor que pertenece al Grupo Térmicas. Mediante este Actor se modela un contrato de venta de energía que intenta adaptar el manejo de la biomasa en base a forestación energética a la flexibilidad requerida por ciertos Mercados de Energía. El Actor permite implementar contratos Take Or Pay (TOP) en el cual el mercado se compromete a comprar un volumen de energía anual o a pagar por dicha energía aunque no haya tomado la misma. Como contraparte, el Generador se compromete a entregar al Mercado la energía almacenada cuando la misma sea requerida, a un precio establecido de antemano.

10.1. Descripción del funcionamiento.

El despacho de la central será del tipo TODO o NADA (no se prevén despachos parciales) .

El funcionamiento de TOP se supondrá un poco diferente a lo común y sera mediante un símil con un Embalse de Energía.

Si se denomina ECA al volumen de Energía Comprometida Anual, se supone un embalse de energía capaz de almacenar ECA al que todos las horas “llueven” $eca = ECA / (365*24)$.

El volumen de energía almacenado será en cada hora incrementado en eca y decrementado en la generación de energía que sea convocada de la central por el despacho centralizado y por los Vertimientos de energía que se produzcan por alcanzar el tope del embalse.

El precio por la energía se supone repartido en dos tramos: un precio por la energía comprometida PEC y otro precio por la energía entregada PEE. El PEC será pagado por la cuota parte de energía comprometida eca. Por la volumen de energía que sea retirado el embalse (ya sea por convocatoria o por vertimiento) se pagará el precio PEE.

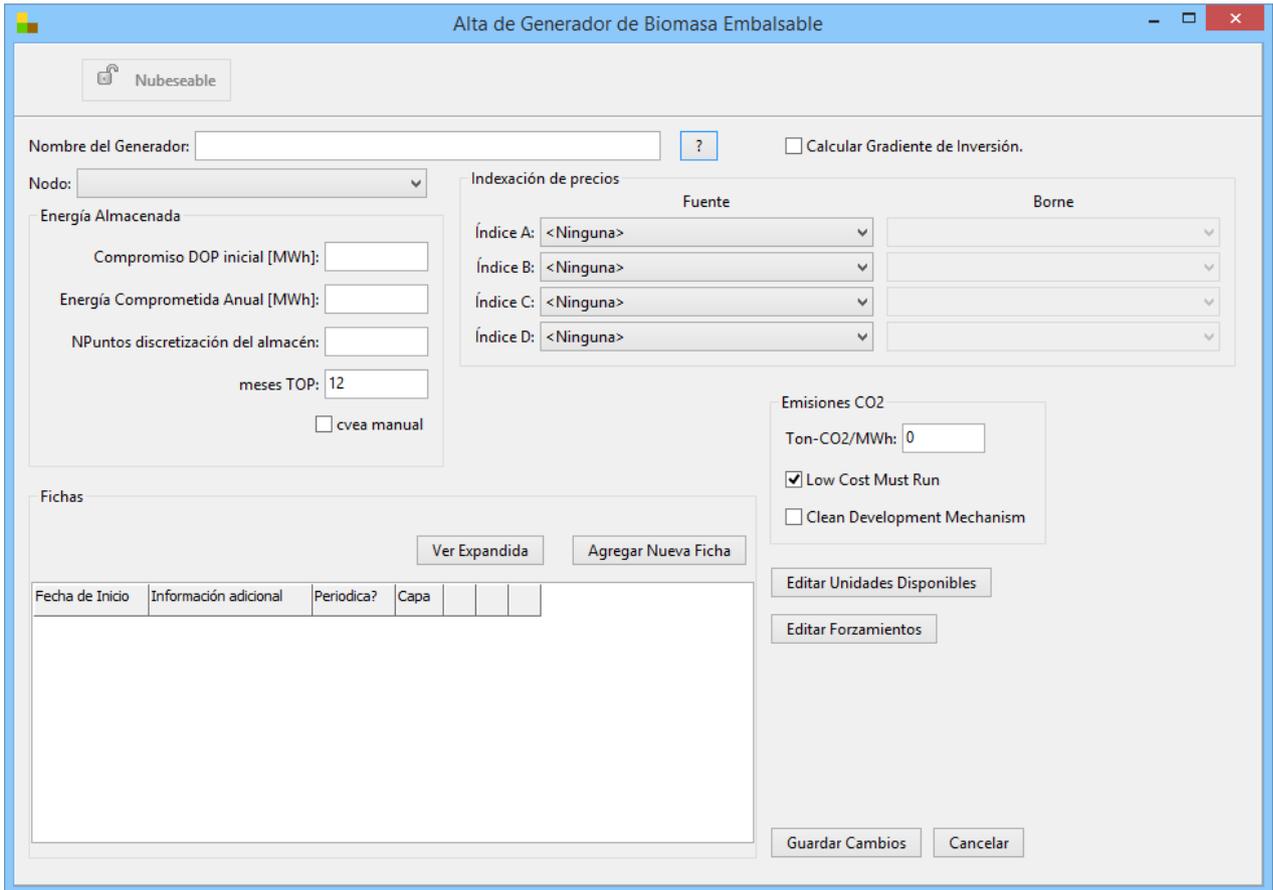
Se supondrá que si PN es la Potencia Nominal (que la central es capaz de inyectar el sistema en régimen estable) se deberá cumplir:

$$ECA \leq PN * 365 * 24 * fd$$

ec.
(15)

Esta restricción indica que el compromiso anual de energía debe ser inferior a aquella que la central es capaz de entregar con una disponibilidad de fd (complexiva considerando mantenimientos programados y no programados).

Se presenta a continuación la ficha de alta del Generador Biomasa Embalsable:



Las funcionalidades generales del Actor están descritas en el documento Características generales de los Actores.

10.2. **Parámetros estáticos.**

Los parámetros estáticos generales son el Nombre y Nodo de la Red Eléctrica a la cual se quiere asociar al Actor.

En el panel “Energía Almacenada” se debe especificar:

- **Compromiso DOP inicial:** Volumen inicial de energía en MWh comprometida. Puede ser utilizado para simular un CarryForward del compromiso o simplemente para reflejar que la simulación corresponde a una ventana de tiempo en el que el contrato ya se encuentra en funcionamiento.
- **Energía Comprometida Anual:** Compromiso anual de toma de energía en MWh. Para que el compromiso sea cumplible tiene que ser inferior a la potencia nominal por las horas del año y por el factor de disponibilidad de la central.
- **NPuntos discretización del almacén:** Cantidad de puntos en que se divide el volumen del almacén a los efectos de la optimización de su política de operación. El valor mínimo es de 2 puntos y se correspondería con los

valores de CERO energía almacenada y el máximo de energía almacenable que se calcula como $(Energia_Comprometida_Anual / 12 * Meses_TOP)$.

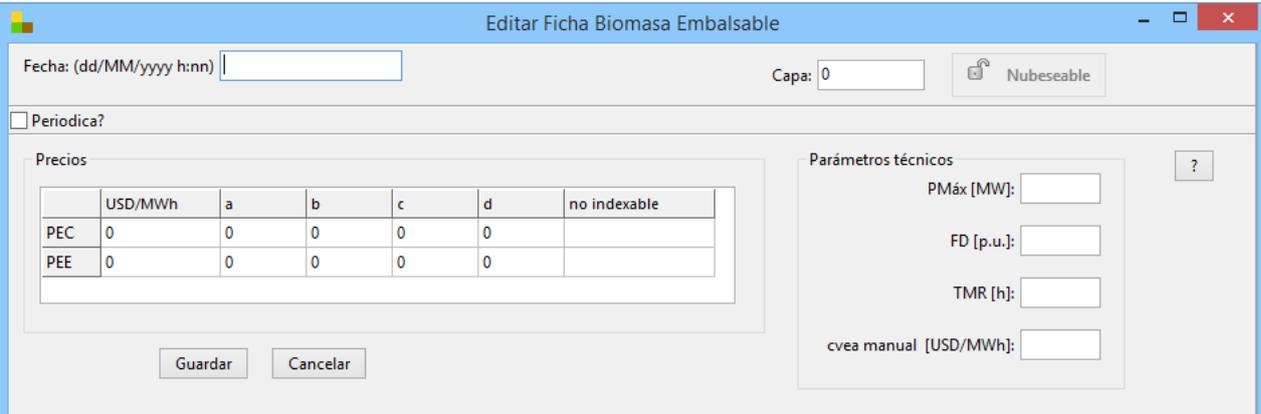
- meses TOP: Cantidad de meses durante los cuales se puede requerir la energía comprometida. Si se imagina que cada compromiso de energía es almacenado con fecha de vencimiento, la misma sería calculada como la fecha en la que empieza a ser exigible el compromiso más los "meses TOP"
- Imponer cvea: Especifica si se realizará la optimización o se fijará un valor manualmente para el valor de la energía almacenada.

En el Panel de "Indexación de precios" se deben seleccionar las fuentes que indexaran el PEC (Precio de Energía Comprometida) y el PEE (Precio por la Energía Entregada) .

10.3. Parámetros dinámicos.

Los parámetros dinámicos del Actor se definen dentro del panel de Fichas, al agregar una nueva Ficha. Al instanciar una nueva Ficha de parámetros dinámicos se debe definir la fecha de inicio de validez de dicha Ficha y su periodicidad. Adicionalmente se debe especificar una lista de parámetros técnicos que definen las características del Actor.

El panel de alta de una Ficha se muestra a continuación:



Fecha: (dd/MM/yyyy h:nn) Capa: Nubeseable

Periodica?

	USD/MWh	a	b	c	d	no indexable
PEC	0	0	0	0	0	
PEE	0	0	0	0	0	

Parámetros técnicos

PMáx [MW]:

FD [p.u.]:

TMR [h]:

cvea manual [USD/MWh]:

En el panel "Precios" se debe especificar:

- PEC: Precio por la Energía Comprometida en USD/MWh. El generador recibe este precio por la energía a partir de que la misma es exigible (está comprometida) sin importar si la misma es requerida por el Mercado o no.
- PEE: Precio por le Energía Entregada en USD/MWh. El generador recibe este precio por la energía que es liberada del compromiso, bien porque sea requerida y entregada al sistema o porque pasados los "meses_TOP" desde que fue comprometida fue "perdida" (o vertida) quedando liberada del compromiso.
- Factores "a", "b", "c", "d": En cada una de estas columnas de la tabla se deben especificar los factores en p.u. que serán multiplicados por las

valores de las fuentes especificadas en el panel “Indexación de precios” para la indexación de los precios PEC y PEE. La indexación del precio “P” se realiza a partir del índice calculado en la siguiente ecuación:

$$idx_p = a_p \cdot idx_a + b_p \cdot idx_b + c_p \cdot idx_c + (1 - a_p - b_p - c_p)$$

En el panel “Parámetros técnicos” se debe especificar:

- PMáx: Potencia máxima en MW que puede generar el Actor y entregar en el Nodo de la Red Eléctrica.
- FD: Es el factor de disponibilidad en p.u. y determina que porcentaje del tiempo dicho Actor se encuentra en servicio y operativo fuera de las ventanas de mantenimiento programado.
- TMR: Es el tiempo medio de reparación en horas que necesita el Actor para volver a estar en servicio luego de un evento de falla fortuita.
- cvea impuesto: Valor de la energía almacenada en USD/MWh si fue seleccionada la valorización manual en el panel “Energía Almacenada”.

10.4. Variables publicadas para SimRes.

El Actor permite publicar las siguientes variables por poste o paso de tiempo:

Nombre	Unidades	Poste de tiempo	SR3	Descripción
cdp	USD	No	Si	Costos incurridos por la generación de energía.
IngresoPorDisponibilidad	USD	No	Si	Pagos recibidos por el actor por disponibilidad.
IngresoPorEnergia	USD	No	Si	Pagos adicionales recibidos por el actor por la energía despachada.
P	MW	Si	Si	Potencia inyectada al nodo.
ReservaRotante	MW	No	No	Reserva rotante.
cv_Spot	USD/MWh	No	No	Costo variable Spot.
Lambda_P	USD/MWh	No	No	Multiplicador de Lagrange de la restricción de caja.
ParticipacionSCS	USD	No	No	Participación en el Servicio de Confiabilidad del Sistema.
ForzamientoSCS	USD	No	No	Forzamiento en el Servicio de Confiabilidad del Sistema.
E*cmg	USD	No	Si	Energía valorizada al Costo Marginal de Generación (Si se selecciona gradiente de inversión).
GradInv	-	No	Si	Gradiente de inversión.
X_EA	MWh	No	No	Energía almacenada.
NMaqsDespachadas	u	No	Si	Cantidad de máquinas despachadas.
EnergiaVertida_TOP	MWh	No	No	Energía vertida.
EnergiaDespachada_DOP	MWh	No	No	Energía despachada.
cvea	USD/MWh	No	No	Valor de la energía almacenada.
Pagos_TOP	USD	No	No	Ingresos del Generador por la energía

				comprometida.
--	--	--	--	---------------

10.5. Variables Estado, de Control y Restricciones.

El Actor agrega una Variable de Estado al sistema:

- X_{EA} : Volumen de energía almacenada al inicio del paso de tiempo.

El Actor agrega dos Variables de Control:

- A : Encendido de la central por paso de tiempo (ON/OFF = 1/0)
- VE : Vertimiento de energía en el paso de tiempo.

El Actor agrega las siguientes Restricciones al problema de optimización:

- Restricción de potencia del nodo.
- Restricción dinámica del paso: $XEA_s = XEA + ecp - A \cdot edp - VE$. Siendo ecp y edp la energía comprometida y despachada en el paso de tiempo respectivamente, y XEA_s la energía almacenada en el paso siguiente.

El costo directo del paso incurrido por el Actor se calcula de acuerdo a la siguiente expresión:

$$CostoDirecto = ecp \cdot PEC + A \cdot edp \cdot PEE$$

El Costo Futuro incurrido por el Actor es calculado como la variación del Costo Futuro Global $CF(\dots, X_{EA}, \dots)$ debido a la variación de la Variable de Estado en el paso de tiempo:

$$CostoFuturo = dCF/dXEA \cdot (XEA_s - XEA)$$

10.6. Modelo de Central de Ciclo Combinado Horario

Proyecto: SimSEE

Archivo: Modelo de Central de Ciclo Combinado horario en la plataforma SimSEE

Autor: Vanina Camacho

Fecha: 27/12/2019

Introducción

Este modelo de central de ciclo combinado, permite tener en consideración los tiempos necesarios para cerrar el ciclo, considerando tiempos de purga de las calderas y el tiempo de toma de carga de la turbina de vapor.

En este documento nos referiremos a las turbinas aeroderivativas que pueden quemar gasoil o gas natural como TG y a las turbinas de vapor como TV. Combinar el ciclo, significa utilizar los gases calientes, salida de la combustión en las TGs, para calentar vapor que luego es expandido en las TVs. A la central completa nos referiremos como CC (Ciclo Combinado).

En este modelo, se supone que cada TG, tiene asociada una caldera, que puede acoplarse o no para generar vapor. El conjunto de calderas acopladas, generan vapor a igual presión que alimenta el conjunto de TVs.

Modos de operación.

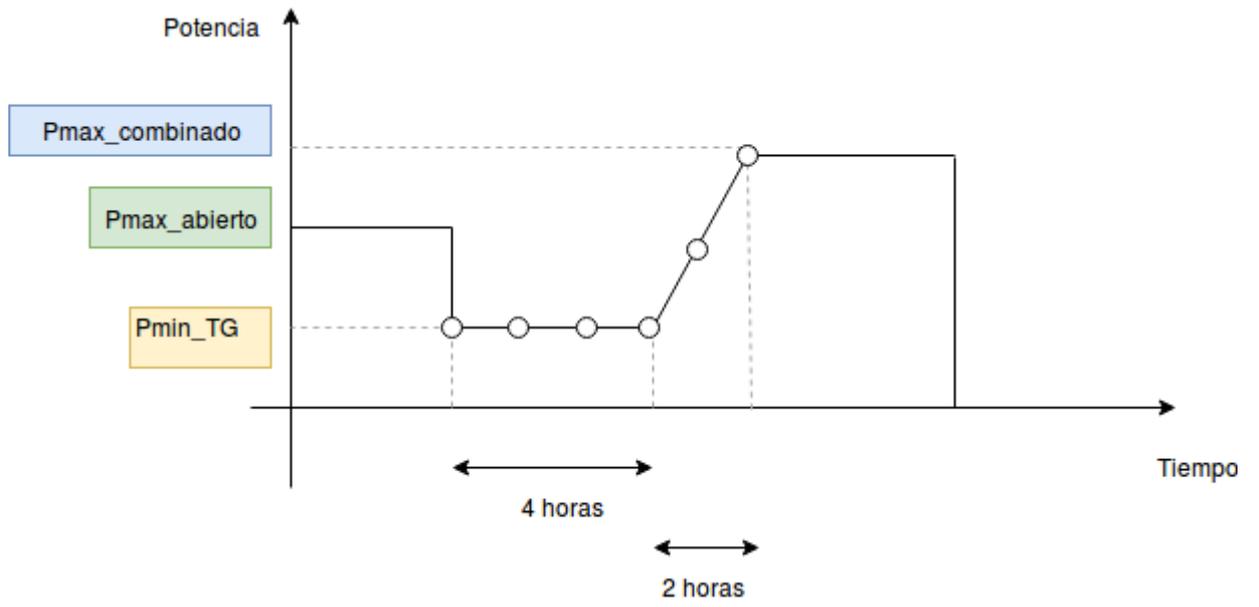
Cada grupo TG+Caldera puede estar en uno de los siguientes modos de operación:

1. Ninguna turbina funcionando.
2. TG(s) funcionando sola(s) (ciclo abierto).
3. TG(s) + Caldera (ciclo combinado).

Ejemplo, si combinar el ciclo lleva 6hs (4 horas de purga y 2 para que la TV llegue a pleno):

Para pasar del modo 2 al 3, es necesario bajar la potencia de las TG al mínimo y esperar **4 horas** (tiempo de purga), luego de este tiempo hay que aumentar lentamente la potencia despachada de las TG, y por lo tanto la potencia de la TV, para llegar a pleno se necesitan unas **2 horas** mas (tiempo de llegar a pleno). Esto es un total de **6 horas** para pasar del 2 al 3. Lleva lo mismo pasar del 1 al 3, con la salvedad de que se prenden las TG en el mínimo y no es necesario bajarlas.

Una gráfica del funcionamiento del modelo pasando del modo 2 al 3 y luego al 1 se muestra en la siguiente figura:



Cada unidad TG o TV es modelado por separado considerando para cada unidad sus propios parámetros.

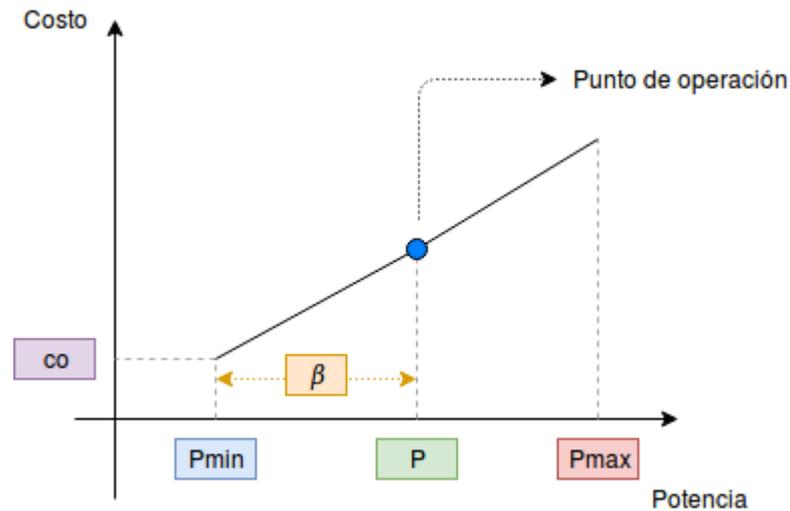
Pmin	Potencia Mínima	(MW)
Pmax	Potencia Máxima	(MW)
co	Costo variable a potencia Mínima	(U\$S/MWh)
cv	Costo variable incremental	(U\$S/MWh)
Disp	Coeficiente de disponibilidad fortuita	(pu)
TMR	Tiempo Medio de Reparación	(horas)

Los parámetros del ciclo combinado son:

horasPurga	Tiempo en el que las TG estan al mínimo para poder combinar.	(horas)
horasTVPleno	Tiempo que hay que emplear para llegar a que el CC este a pleno.	(horas)
N° Discretizaciones del timer	Cantidad de discretizaciones de la variable de estado para la optimizacion. Debe ser la suma de las dos anteriores.	-
horasEnfriarCaldera	Cantidad de horas remanente para que se enfrie la caldera, con este parámetro se determinan los tipos de arranque.	(horas)
N° Discretizaciones de la caldera	Cantidad de discretizaciones de la variable de estado para la optimizacion.	
k	Relación de potencias TV/TG	(pu)
Costo por combinar	Costo por mantener combinado el ciclo	USD

Como acoplamiento termodinámico entre las TVs y las TGs, se considera la relación de potencias definida como: $k = \frac{\text{Potencia TV}}{\text{Potencia TG}}$

Para cada tipo de unidad (TG o TV) se considera el siguiente modelo:



Para considerar la no convexidad del modelo se utiliza una variable entera A que indica si la central esta encendida o apagada. En caso de estar encendida la misma genera una potencia mayor o igual a P_{min} .

Si $A=0$ entonces $P=0$ y el costo es cero (Fuera de servicio).

Si $A=1$ entonces: $P=P_{min}+\beta$ (En servicio).

Con estas definiciones, la potencia inyectada por la Unidad en el nodo será:

$$P=(P_{min} \times A)+\beta$$

Debiéndose cumplir: $P \leq P_{max} \times A$

Restricción que se puede expresar como: $0 \leq (P_{max} - P_{min}) \times A - \beta$

Se considera una variable de estado **Timer por cada TG** para representar el tiempo transcurrido luego de que se decide combinar el ciclo. La misma puede tomar valores entre 0 y $(horasPurga+horasTVPleno-1)$.

Según los valores que tome el Timer, se sabe en que estado del arranque del ciclo está. Valiendo la siguiente interpretación:

- **Timer = 0**, el ciclo esta abierto
- **Timer en [1, horasPurga)**, el ciclo esta combinado, con la TG al mínimo, TV apagada. (Purga)
- **Timer en [horasPurga, (horasPurga + horasTVPleno))**, se empieza a prender la TV con la relacion $P_{TV}=k P_{TG}$
- **Timer = (horasPurga + horasTVPleno)** ciclo combinado a pleno.

La restricción dinámica asociada a la variable de estado Timer es:

$$-Xs_{i_{timer}} + A_{i_{acople}} [X_{i_{timer}} + \Delta t] \geq 0$$

donde $A_{i_{acople}}$ es una variable de control entera que indica si se decidió cerrar el ciclo con la TG i (vale 0 o 1) y Δt es la duración del paso de tiempo considerado.

Se utilizan las variables de control $A_{i_{TGSC}}$ y $\beta_{i_{TGSC}}$ para representar la potencia de la TG i cuando el ciclo está abierto. Las variables $A_{i_{TGCC}}$ y $\beta_{i_{TGCC}}$ representan la potencia de la TG i cuando el ciclo está cerrado.

Como estas variables representan las mismas TG pero en distintos momentos, las SC y las CC no pueden ser distintas de 0 al mismo tiempo, para eso se consideran las restricciones:

$$-A_{i_{TGSC}} + A_{i_{acople}} - 1 \geq 0$$

$$-A_{i_{TGCC}} + A_{i_{acople}} = 0$$

De esta forma, cuando se decide cerrar el ciclo con la TG i $A_{i_{acople}} = 1$ y $A_{i_{TGSC}} = 0$ (y por lo tanto $\beta_{i_{TGSC}} = 0$). Además se obliga a que $A_{i_{TGCC}} = 1$

Con el ciclo abierto $A_{i_{acople}} = 0$ y $A_{i_{TGCC}} = 0$

En cuanto a la potencia de las TV. La restricción varía según en que parte del ciclo se encuentre.

- Mientras el timer es menor a **horasPurga**, la TV permanece apagada.
- Cuando timer esta entre **horasPurga** y **(horasPurga + horasTVPleno)** la potencia de TGCC:

$$P_{i_{TGCC}} = A_{i_{TGCC}} P_{min_{TG}} + (pend_{TV} (X_{i_{timer}} - horasPurga) + P_{min_{TG}})$$

$$P_{TV} = k \sum P_{i_{TGCC}}$$

donde $pend_{TV} = (P_{Max_{TG}} - P_{Min_{TG}}) / (horasTVPleno)$ (se demora horasTVPleno en pasar de PminTG a PmaxTG)

La relación de potencias $k = TV/TG$ se impone con la siguiente restricción:

$$0 = k \times \left[(P_{min_{TG}} \times \sum_i A_{i_{TGCC}}) + \sum_i \beta_{i_{TGCC}} \right] - (P_{min_{TV}} \times A_{TV}) + \beta_{TV}$$

y se regula $\beta_{i_{TGCC}}$ poniéndole como máximo:

$$(pend_{TV} (X_{i_{timer}} - horasPurga) + P_{min_{TG}})$$

- Cuando timer i es **(horasPurga + horasTVPleno)**

$$P_{i_{TGCC}} = A_{i_{TGCC}} P_{min_{TG}} + \beta_{i_{TGCC}}$$

Para incorporar los tipos de arranque frío tibio o caliente se agrega otra variable de estado por caldera, llamada **estadoCaldera** que indica la cantidad de horas que faltan para que se enfríe totalmente la caldera.

La restricción dinámica asociada a esta variable es:

$$-X_{si_{caldera}} + A_{i_{acople}} [pendSubidaCal \Delta t] + X_{i_{caldera}} - \Delta t \geq 0$$

donde $pendSubidaCal \Delta t$ indica las horas que demora en calentarse la caldera una vez que se decide calentarla (cerrar el ciclo).

La función de costos asociada a este tipo de central es:

$$FC = \sum_{i \in TGs} [co_{TG} \times (Pmin_{TG} \times A_{TGSC}) + cv_{TG} \times \beta_{TGSC}] \times \Delta t + \sum_{i \in TGs} [co_{TG} \times (Pmin_{TG} \times A_{TGCC}) + cv_{TG} \times \beta_{TGCC}] \times \Delta t + \sum_{i \in TVs} [co_{TV} \times (Pmin_{TV} \times A_{TV}) + cv_{TV} \times \beta_{TV}] \times \Delta t$$

En resumen el modelo del SimSEE queda:

	$A_{i_{TGSC}}$	$\beta_{i_{TGSC}}$	$A_{i_{TGCC}}$	$\beta_{i_{TGCC}}$	A_{TV}	β_{TV}	$A_{i_{acople}}$	$X_{si_{Tim}}$	X_{si_c}	ti
nodo	$Pmin_{TG}$	1	$Pmin_{TG}$	1	$Pmin_{TV}$	1				
Dinamica-timeri							$X_{timer} + \Delta t$	-1		
Extincion TG SCI	$Pmax_{TG} - Pmin_{TG}$	-1								
Extincion TG CCI			$Pmax_{TG} - Pmin_{TG}$	-1						
Extincion TV					$Pmax_{TV} - Pmin_{TV}$	-1				
TvxTG			$k Pmin_{TG}$	k	$-Pmin_{TV}$	-1				
AcoplexTGSCI	-1						-1			1
AcoplexTGCCI			-1				1			
Dinamica-calderai							$pendSubida$		-1	$X_{caldera} -$
costo	$-co_{TG} \times \Delta t$	$-cv_{TG} \times \Delta t$	$-co_{TG} \times \Delta t$	$-cv_{TG} \times \Delta t$	$-co_{TV} \times \Delta t$	$-cv_{TV} \times$				

Restricciones de caja:

timer		A_{TGSC}	β_{TGSC}	A_{TGCC}	β_{TGCC}	A_{TV}	β_{TV}	A_{acople}	Xs_{Timer}
0-hPurga	min	0	0	0	0	0	0	0	0
	max	NTG	BMaxTG*NTG	NTG	0	0	0	1	5
Hpurga-hPurga + hPlenoTV	min	0	0	0	0	0	0	0	0
	max	NTG	BMaxTG*NTG	NTG	$(pend_{TV}(X_{timer} - horas)$	NTV	BMaxTV*NTV	1	5
>=hPurga + hPlenoTV	min	0	0	0	0	0	0	0	0
	max	NTG	BMaxTG*NTG	NTG	BMaxTG*NTG	NTV	BMaxTV*NTV	1	5

Observaciones

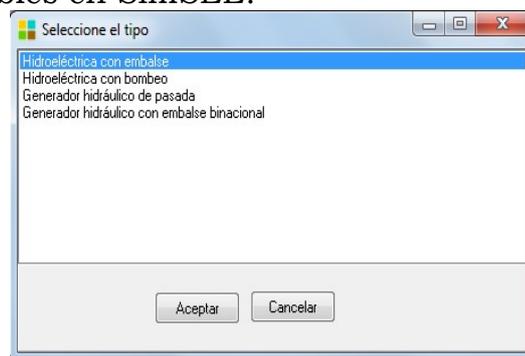
El modelo:

- Considera que el minimo técnico al estar combinado es el mismo que en ciclo abierto
- No considera un costo por acoplar

11. Grupo Hidráulicas

Con el grupo de actores de la pestaña 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.



(THidroConEmbalse, THidroConBombeo, THidroDePasada, THidroConEmbalseBinacional).

11.1. **Generador Hidroeléctrico con Embalse.**

El Generador Hidroeléctrico con Embalse es un Actor perteneciente al Grupo de Generadores Hidroeléctricos. La función del Actor es modelar centrales hidroeléctricas con embalse para el almacenamiento de energía.

11.1.a) **Descripción del funcionamiento.**

Para definir el Actor es necesario especificar los parámetros del embalse y sus respectivas restricciones en los límites del volumen de agua almacenada. En la Fig. 1. se presenta una representación esquemática de la central.

Donde:

1. V Es el volumen del agua que se encuentra en el embalse.
2. h Es la diferencia de altura entre la superficie del lago del embalse y el desagüe de la turbina.
3. dV Es el volumen turbinado.
4. dE Es la energía generada por las turbinas.

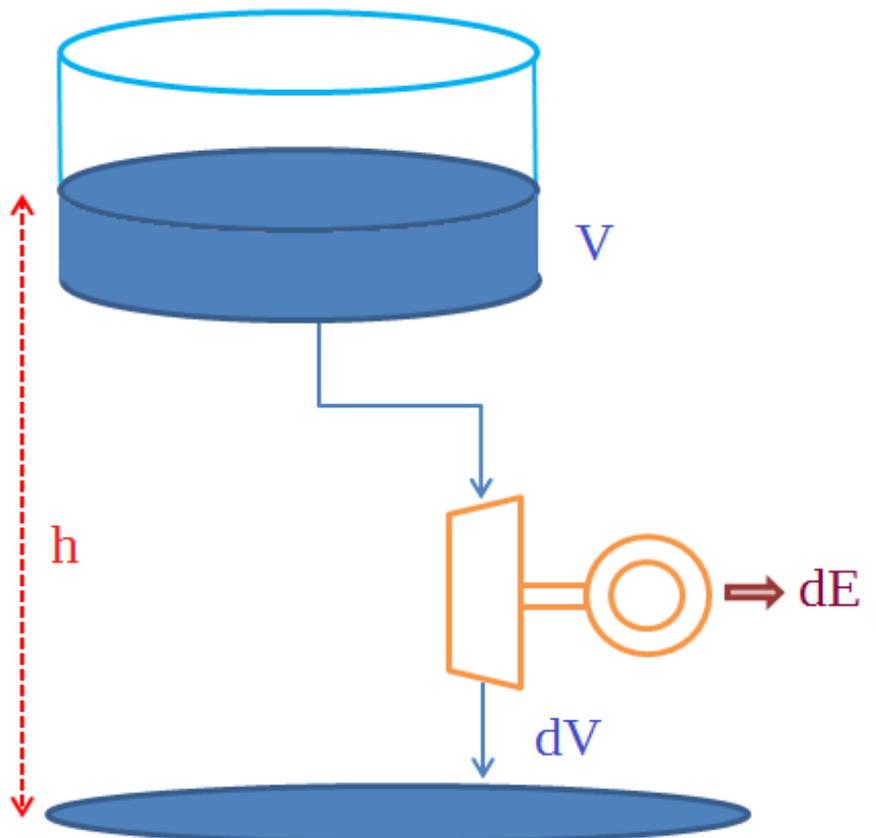


Fig. 13: Esquema de una central hidroeléctrica con embalse.

El volumen V_{fin} al final del paso de tiempo se calcula como el volumen al inicio V_{ini} , más el volumen que ingresa al lago por el escurrimiento propio de su

cuenca o por caudales liberados en centrales aguas arriba A , menos los volúmenes turbinados en cada poste de tiempo, menos el volumen que sea necesario verter sin turbinar Z y menos las pérdidas por evaporación y por filtración del embalse R .

El volumen final se calcula con la ec.1:

$$V_{fin} = V_{ini} + A - \sum_{j=1}^{j=NPostes} \frac{P_j \cdot durpos_j}{ce} - Z - R \quad \text{ec.1 Volumen final del embalse.}$$

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

El coeficiente energético queda determinado por la función $dE = ce \cdot dV$, donde se observa que es el factor de conversión entre un volumen turbinado dV y la energía generada y entregada por la central a la red eléctrica dE .

Considerando la altura de salto efectivo h_{se} , medida desde la superficie del lago hasta la superficie del río aguas abajo, podemos escribir el coeficiente energético como:

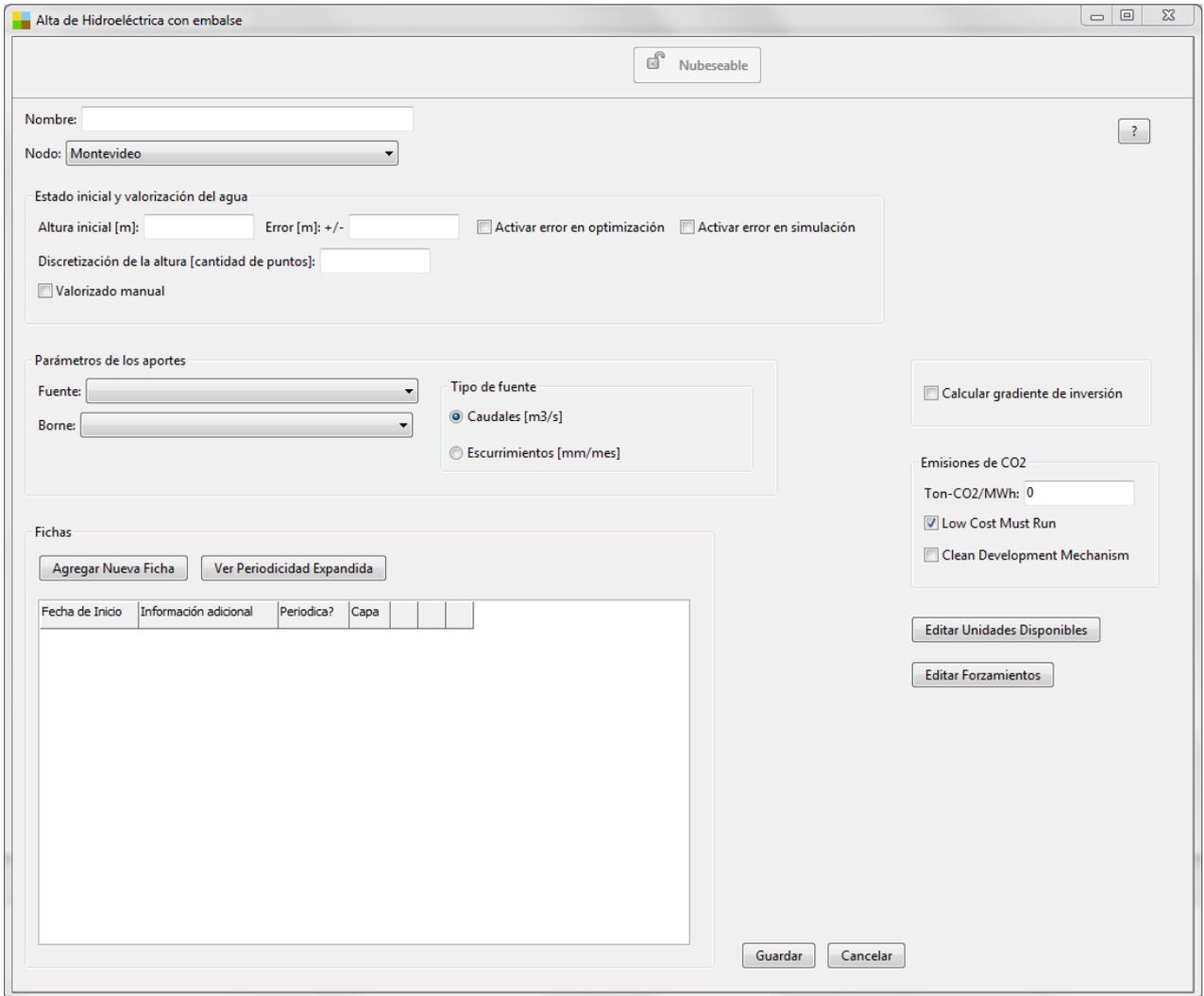
$$ce = \frac{h_{se} \cdot \rho \cdot g \cdot \eta}{3600} [MWh/Hm^3]$$

Dónde:

- ρ Es la densidad del agua. (1000kg/m³)
- g Es la constante gravitatoria. (9.8m/s²)
- η Es el rendimiento complejo de la turbina y del generador eléctrico. (p.u.)

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 efectivo h_{se} . El salto efectivo puede variar en función del nivel del lago (se cumple siempre que $h_{se} \leq h$) y por la variación de la cota aguas abajo, y la cota aguas abajo debido al propio turbinado. El coeficiente energético también cambia al variar el rendimiento de la turbina, el cual no es constante para todo caudal.

Se presenta a continuación la ficha de alta del Generador Hidroeléctrico con Embalse:



Alta de Hidroeléctrica con embalse

Nubeseable

Nombre:

Nodo:

Estado inicial y valorización del agua

Altura inicial [m]: Error [m]: +/- Activar error en optimización Activar error en simulación

Discretización de la altura [cantidad de puntos]:

Valorizado manual

Parámetros de los aportes

Fuente:

Borne:

Tipo de fuente

Caudales [m3/s]

Escurrimientos [mm/mes]

Calcular gradiente de inversión

Emisiones de CO2

Ton-CO2/MWh:

Low Cost Must Run

Clean Development Mechanism

Fichas

Fecha de Inicio	Información adicional	Periodica?	Capa			

Las funcionalidades generales del Actor están descritas en el documento Características generales de los Actores.

11.1.b) Parámetros estáticos.

Los parámetros estáticos son el Nombre y Nodo de la Red Eléctrica a la cual se quiere asociar al Actor y el estado inicial del sistema, el cual queda definido a partir de la especificación de los parámetros que se encuentran dentro del panel “Estado inicial y valorización del agua”.

Dentro de dicho panel se deben especificar los siguientes parámetros:

- **Altura Inicial:** Es la altura inicial del lago.
- **Error:** Es el error que se desea sumar a la Altura Inicial. Si se desea que dicho error sea considerado en tiempo de simulación y/o en tiempo de optimización se debe marcar el casillero correspondiente.

- Discretización de la altura: Es la cantidad de puntos en que se desea discretizar el embalse de la represa.
- Valorizado manual: Si se desea realizar manualmente el valorizado del agua se debe marcar el casillero. Una vez seleccionado se debe definir el valor del agua deseado en cada Ficha dentro del panel “Valorizado manual” dentro de la pestaña de parámetros “Parámetros 2”.

Dentro del panel “Parámetros de los aportes” se puede especificar una Fuente y Borne de conexión, para que el Actor reciba la información del caudal de aportes a la cuenca de la central. Se debe especificar si la fuente corresponde a datos de aportes o de escurrimientos dentro de la cuenca.

11.1.c) Parámetros dinámicos.

Los parámetros dinámicos del Actor se definen dentro del panel de Fichas, al agregar una nueva Ficha. En la nueva Ficha de parámetros dinámicos se debe definir la fecha de inicio de validez de dicha Ficha y su periodicidad. Adicionalmente se debe especificar una lista de parámetros que definen las características del Actor.

Para mayor claridad el panel de alta de una Ficha está dividido en dos pestañas llamadas Parámetros 1 y Parámetros 2. Se muestra a continuación cada pestaña del panel de alta de la Ficha:

11.1.c.i Parámetros 1

Editar ficha de "SG" Hidroeléctrica con embalse
 _ □ ×

Fecha: (d/m/yyyy hh:nn:ss)
Capa:

Periodica?

Parámetros 1 | Parámetros 2 | Parametros 3

Cota mínima operación[m]	30
Cota máxima operación[m]	35.5
Puntos cota-volumen h[m]	30.00; 32.50; 35.50
Puntos cota-volumen V[Hm3]	0.00; 574.50; 1529.25
Área de la cuenca[ha]	0
Cota de la descarga para cálculo del salto[m]	5.05
Coefficientes de afectación del salto por caudal erogado(caQE)	0.00142
Coefficientes de afectación del salto por caudal erogado(cbQE)	-1.749E-8
Rendimiento[p.u.]	0.9
Potencia máxima generable[MW]	67.5
Caudal máximo turbinable[m3/s]	315
Factor de disponibilidad[p.u.]	0.99
Tiempo de reparación[horas]	48
Ca filtración[m3/s]	0
Cb filtración[m2/s]	0
Qa muy seco[m3/s]	0
Cota mínima para vertimiento[m]	30
Cota máxima para vertimiento[m]	36.5
Caudal vertido con la cota máxima[m3/s]	23500

Editar Centrales Encadenadas
Guardar
Cancelar
?

Los parámetros a especificar son:

- Cota mínima operación: Es la cota mínima en m de operación del Embalse.
- Cota máxima operación: Es la cota máxima en m de operación del Embalse.
- Puntos cota-volumen h: Son los puntos de cota-volumen en m para determinar la curva del volumen del embalse.
- Puntos cota-volumen V: Son los puntos de cota-volumen en hm³ para determinar la curva del volumen del embalse.
- Área de la cuenca: Es la superficie en ha. que ocupa la cuenca del embalse.
- Cota de la descarga para cálculo del salto: Es la cota en m aguas abajo de descarga de la central.
- Coeficientes de afectación del salto (caQ_E , cbQ_E): Son coeficientes utilizados para modelar la reducción del salto efectivo producido por el caudal erogado. Esta reducción de salto efectivo afecta el cálculo del coeficiente energético (Ce). El salto efectivo se calcula con la ec.2.

$$dh(Q_{erogado}) = caQ_E \cdot Q + cbQ_E \cdot Q^2 \quad \text{ec.2 Pérdida de salto efectivo por caudal erogado.}$$

Dónde:

- $dh(Q_{erogado})$ es variación del salto efectivo en función del caudal erogado.
- $Q = \min(Q_{erogado}, Q_{dh_{Max}})$ es el mínimo entre el caudal erogado y el valor para el que se da el máximo de la parábola
- $Q_{erogado}$ Caudal erogado
- Si $caQ_E \geq 0$ y $cbQ_E < 0$ la ecuación pérdida de salto efectivo por caudal erogado es una parábola verificándose su máximo para el caudal $Q_{dh_{Max}} = -\frac{1}{2} \frac{caQ_E}{cbQ_E}$ y siendo el máximo: $dh_{Max} = caQ_E \cdot Q_{dh_{Max}} + cbQ_E \cdot Q_{dh_{Max}}^2$
- Si $caQ_E < 0$ o $cbQ_E > 0$ (lo que no debiera suceder) aplica la ecuación sin considerar los límites del punto máximo (o mínimo) de la parábola. Es equivalente a considerar $Q_{dh_{Max}} = +\infty$.
- Rendimiento: Es el rendimiento en p.u. de las turbinas de la central hidroeléctrica.
- Potencia máxima generable: Potencia máxima en MW que puede generar el Actor y entregar en el Nodo de la Red Eléctrica.

- Caudal máximo turbinable: Es el caudal máximo en m³/s que se puede turbinar.
- Factor de disponibilidad: Es el factor de disponibilidad en p.u. y determina que porcentaje del tiempo dicho Actor se encuentra en servicio y operativo fuera de las ventanas de mantenimiento programado.
- Tiempo de reparación: Es el tiempo medio de reparación en horas que necesita el Actor para volver a estar en servicio luego de un evento de falla fortuita.
- Ca y Cb filtración: Son los coeficientes en m³/s y m²/s de filtración del embalse. El caudal de filtración se calcula con la ec.3.

$$Q_{\text{Filtración}} = Ca_{\text{Filtración}} + Cb_{\text{Filtración}} \cdot (h - h_{\text{min}}) \quad \text{ec.3 Caudal de filtración.}$$

- Qa muy seco: Es el caudal mínimo en m³/s requerido para generar energía.
- Cota mínima para vertimiento: Es la cota en m en que la central puede empezar a verter.
- Cota para vertimiento máximo: Es la cota en m en que la central puede verter el caudal máximo.
- Máximo caudal de vertimiento controlable: Es el caudal máximo en m³/s que puede ser vertido bajo control, a la cota para vertimiento máximo (definida anteriormente).

11.1.c.ii Parámetros 2

Editar ficha de "SG" Hidroeléctrica con embalse

Fecha: (d/m/yyyy hh:nn:ss) 9/5/2020 Capa: 0

Periodica?

Parámetros 1 Parámetros 2 Parametros 3

Control de cota objetivo

Activar si(h < hObjetivo)(Sim) Activar si: (h < hObjetivo) (Opt)

Activar si (h > hObjetivo) (Sim) Activar si:(h > hObjetivo) (Opt)

Cota objetivo [m]: 32.50 Valor del agua exacto

Delta valor del agua: [USD/Hr] 9449.40 Control condicional

Índice: <Ninguna> Borne:

Parámetros del erogado

Imponer QErogadoMín por Poste

QErogado mínimo[m³/s]: 300

QErogado mínimo con falla [m³/s]: 300

Costo de falla [MUSD/hm3]: 0

Índice: <Ninguna> Borne:

Control de crecida por cota vs aportes

Activar control.

Cotas [m]: 10000.00; 10000.00; 10000.00

Aportes [m3/s]: 1000000.00; 1000001.00; 1000002.00

Control de crecida

Activar

	Cota [m]	Erogado [m3/s]
Inicio:	35	7000
Medio:	37.73	12000
Fin:	38	13000

Manejo de cota real

Tomar de la fuente

Fuente: <Agregar nueva...>

Borne:

Pérdidas en el lago

Calcular evaporación del Lago.

Calcular filtración del lago.

Porcentaje de Filtrado 0

Parámetros generales

Salto mínimo operativo: [m]: 15

Factor reserva rotante: 0

EMaxPaso[MWh]: 1.7E308

Sanción del precio Spot

cvSpotacordado [USD/MWh]: 118.3

Potencia mínima forzada [MW]: 70

Valorización manual

Valor del agua [USD/Hm3]: 0

Pagos (no considerados en el despacho)

Pago por disponibilidad [USD/MWh]: 0

Pago por energía [USD/MWh]: 0

Editar Centrales Encadenadas Guardar Cancelar ?

Control de cota objetivo

Control de cota objetivo

Activar si (h < h_Objetivo) (Sim)
 Activar si: (h < h_Objetivo) (Opt)

Activar si (h > h_Objetivo) (Sim)
 Activar si: (h > h_Objetivo) (Opt)

Cota objetivo [m]:
 Valor del agua exacto

Delta valor del agua:

 Control condicional

Índice:
 Borne:

El “Control de cota objetivo” 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 como un “Delta valor del agua”, eligiendo la unidad (USD/hm³ o USD/MWh) y definiendo la magnitud de la penalización. Este valor se adiciona al valor del agua que es obtenido de la optimización. Si se selecciona “Valor del agua exacto” el valor del agua se reemplaza directamente por el valor del Delta. Si se selecciona “Control Condicional” se asigna al valor del agua el mayor valor entre el valor del agua obtenido de la optimización y el definido en el Delta. El Índice y Borne sirven para asignar una Fuente para indexar el valor definido en el Delta.

Control de crecida por cota vs aportes y Control de crecida

Control de crecida por cota vs aportes		Control de crecida	
<input type="checkbox"/> Activar control.		<input checked="" type="checkbox"/> Activar	
Cotas [m]:	<input type="text" value="10000.00; 10000.00; 10000.00"/>	Cota [m]	<input type="text" value="0"/>
Aportes [m3/s]:	<input type="text" value="1000000.00; 1000001.00; 1000002.00"/>	Inicio:	<input type="text" value="35.5"/>
		Medio:	<input type="text" value="35.75268331"/>
		Fin:	<input type="text" value="36"/>
		Erogado [m3/s]	<input type="text" value="13455"/>
			<input type="text" value="26910"/>

El “Control de crecida por cota vs aportes” permite especificar una función, que relaciona la cota del lago y los valores de caudal de aportes. Dicha función se define a partir de 3 pares de valores (cota, aportes) y es utilizada para determinar el erogado que debe realizar la central según el aporte recibido, para cumplir con la cota correspondiente según la función.

El “Control de crecida” permite especificar directamente el erogado según la cota del lago, sin importar los aportes que la misma este recibiendo. Para esto, se define en cada casillero un par de valores (cota, erogado), donde el primero corresponde al inicio del control (cota de comienzo del erogado especificado), el segundo es un punto medio de operación y el tercero es una cota de erogado a pleno.

Parámetros del erogado

Parámetros del erogado

Imponer QErogadoMín por Poste

QErogado mínimo[m³/s]:

QErogado mínimo con falla [m³/s]:

Costo de falla [MUSD/hm³]:

Índice: Borne:

En “Parámetros del erogado” se puede especificar un caudal erogado mínimo por Poste o por paso de tiempo (a efectos de posibilitar la navegación aguas abajo), un caudal de erogado con falla y un costo de falla (el cual se puede indexar mediante una Fuente, seleccionando la misma en Índice y Borne).

Manejo de cota real

Manejo de cota real

Tomar de la fuente

Fuente:

Borne:

En “Manejo de cota real” se puede definir la cota real h_{real} del lago a partir de una Fuente (especificada en Fuente y Borne).

Pérdidas en el lago

Pérdidas en el lago

Calcular evaporación del Lago.

Calcular filtración del lago.

Porcentaje de Filtrado

En “Pérdidas en el lago” se selecciona si se desea calcular la evaporación y filtración de agua en el embalse de la central, seleccionando el casillero correspondiente. Si se selecciona “Calcular filtración del lago” se debe especificar el porcentaje de filtrado a aplicar al resultado de la ec.3.

Parámetros generales

Parámetros generales

Salto mínimo operativo: [m]:

Factor reserva rotante:

EMaxPaso[MWh]:

En “Parámetros generales se debe definir el salto mínimo operativo que debe tener la central para operar junto con el factor de reserva rotante a considerar en el despacho. Es posible también imponer una máxima energía generada por paso (MWh).

Sanción del precio Spot

Sanción del precio Spot

cv_Spot_acordado [USD/MWh]:

Potencia mínima forzada [MW]:

En “Sanción del precio Spot” se puede definir el precio Spot del Nodo, independiente del valor del agua de la central asignado en la optimización, si es que la central está marginando en la asignación de recursos para el despacho. Dicho de otro modo, si la central está siendo despachada para alimentar el último MW de energía requerida en el despacho, el precio Spot del sistema es el valor definido en el casillero en lugar de ser el valor del agua calculado. Esta condición se activa únicamente si la potencia despachada por la central es superior a la especificada en el casillero de “Potencia mínima forzada”.

Valorización manual

Valorización manual

Valor del agua [USD/Hm³]:

En “Valorización manual” es posible introducir manualmente una valorización del agua de la central en USD/hm³ al efecto de regular manualmente el despacho.

Atención, el valor introducido en USD/MWh es multiplicado por 10 si la cota es inferior a la de inicio de la simulación y dividido por 10 si es mayor. Esto se traduce en que si en el sistema hay recursos en ese rango de valores, el lago será operado intentando mantener la cota inicial.

11.1.c.iii Parámetros 3

La siguiente figura muestra el formulario de Parámetros 3.



Este formulario permite especificar los controles de Cota en base a una penalidad expresada en MUSD/(m.día), es decir Millones de dólares por metro y por día en que es violado el límite de control. En el panel de Parámetros 2 se describieron controles de cota en base a modificar el valor del agua y se aconseja no mezclar sus controles con los del panel Parámetros 3.

Los controles del panel Parámetros 3, se representan en la resolución del despacho óptimo del paso como una restricción con penalidad por incumplimiento y valen tanto para la Optimización como para la Simulación.

11.1.d) Variables publicadas para SimRes.

El Actor permite publicar las siguientes variables por poste o paso de tiempo:

Nombre	Unidades	Poste de tiempo	SR3	Descripción
cdp	USD	No	Si	Costos incurridos por la generación de energía.
IngresoPorDisponibilidad	USD	No	Si	Pagos recibidos por el actor por disponibilidad.
IngresoPorEnergía	USD	No	Si	Pagos adicionales recibidos por el actor por la energía despachada.
P	MW	Si	Si	Potencia inyectada al Nodo.
ReservaRotante	MW	No	No	Reserva rotante.
cv_Spot	USD/MWh	No	No	Costo variable Spot.

Lambda_P	USD/MWh	No	No	Multiplicador de Lagrange de la restricción de caja.
ParticipacionSCS	USD	No	No	Participación en el Servicio de Confiabilidad del Sistema.
ForzamientoSCS	USD	No	No	Forzamiento en el Servicio de Confiabilidad del Sistema.
E*cmg	USD	No	Si	Energía valorizada al Costo Marginal de Generación (Si se selecciona gradiente de inversión).
GradInv	-	No	Si	Gradiente de inversión.
QAportesP	m3/s	No	Si	Caudal de aporte propio de la central.
QTurbinado	m3/s	No	Si	Caudal turbinado.
QVertido	m3/s	No	Si	Caudal vertido.
h_real	m	No	Si	Cota de toma para el cálculo de rendimiento de la central. Si no se activa "Manejo de cota real" entonces h_real = h.
h	m	No	Si	Cota de toma (variable de estado del Actor).
ce	MWh/m3	No	Si	Coefficiente energético de la central.
dh_RedQE	m	No	Si	Pérdida de salto por caudal erogado.
CV_aguaDec	USD/hm3	No	Si	Valor del Agua calculado con la derivada decremental.
CV_aguaInc	USD/hm3	No	Si	Valor del Agua calculado con la derivada incremental.
Dual_QErogadoMin	USD/hm3	Si	Si	Dual de las restricciones de erogando mínimo.
hs_SinErogado	m	No	Si	Cota proyectada sin erogado.
Vs_SinErogado	hm3	No	Si	Volumen proyectado sin erogado.
Dual_RestriccionDinamica_USDxhm3	USD/hm3	No	Si	Dual de la restricciones dinámicas del Actor.
CV_USD_MWh	USD/MWh	No	Si	Costo variable de generación.
Vertimiento	hm3	No	Si	Volumen vertido.
Cota	m	No	No	Cota de toma (variable de estado del Actor).
Vol	hm3	No	Si	Volumen Embalsado al inicio del paso.
NMaqsDisponibles	u	No	Si	Cantidad de máquinas disponibles del paso.
QErogado	m3/s	No	No	Caudal erogado.
QEvaporación	m3/s	No	No	Caudal perdido por evaporacion .
QFiltración	m3/s	No	No	Caudal perdido por filtración.
QErogadoFalla	m3/s	Si	No	Erogado ficticio para cuantificar costo de no erogar lo mínimo requerido.
QTrubinadoPorPoste	m3/s	Si	No	Caudal turbinado por poste.
QVertidoPorPoste	m3/s	Si	No	Caudal vertido por poste.
PMaxPorPoste	MW	Si	No	Potencia máxima despachada en el poste.

11.1.e) Variables de Estado, de Control y Restricciones.

El Actor agrega 1 Variable de Estado al sistema:

- V : Volumen de agua embalsada en hm3.

El Actor agrega 4 Variables de Control para cada poste de tiempo i :

- P_i : Potencia inyectada.
- $Q_i^{Vertimiento}$: Caudal de Vertimiento.

- $Q_i^{Erogado\ Falla}$: Caudal Erogado Falla.
- $P_i^{Reserva\ R}$: Potencia para la Reserva Rotante.

El Actor agrega las siguientes restricciones al problema de optimización:

En el planteo del problema de despacho, se deben imponer las restricciones de máximo y mínimo volumen embalsado en el lago.

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

También se agregan restricciones en función de las condiciones definidas en la ficha de parámetros dinámicos del Actor.

- Erogado mínimo por navegabilidad y seguridad de la presa.
- Erogado mínimo con posibilidad de Falla.
- Energía máxima por paso de tiempo.

11.2. **Generador Hidroeléctrico con Bombeo.**

El Generador Hidroeléctrico con Bombeo es un Actor perteneciente al Grupo de Generadores Hidroeléctricos. Este Actor es un tipo particular de Generador Hidroeléctrico con Embalse que tiene la posibilidad de realizar bombeo de agua desde el río aguas abajo hacia el lago de su embalse.

11.2.a) **Descripción del funcionamiento.**

La operación del Generador Hidroeléctrico con Bombeo como central generadora de energía es idéntica al de un Generador Hidroeléctrico con Embalse, pero con la posibilidad de determinar el momento conveniente para poder bombear agua del río aguas abajo y aumentar el nivel de su embalse. En la representación del modelo, el bombeo de agua 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.

Para definir el Actor es necesario especificar los parámetros del embalse y sus respectivas restricciones en los límites del volumen de agua almacenada. En la Fig. 1. se presenta una representación esquemática de la central.

Donde:

5. V Es el volumen del agua que se encuentra en el embalse.
6. h Es la diferencia de altura entre el desagüe de la turbina y la superficie del río aguas abajo.
7. dV es el volumen turbinado.
8. dE es la energía generada por las turbinas.

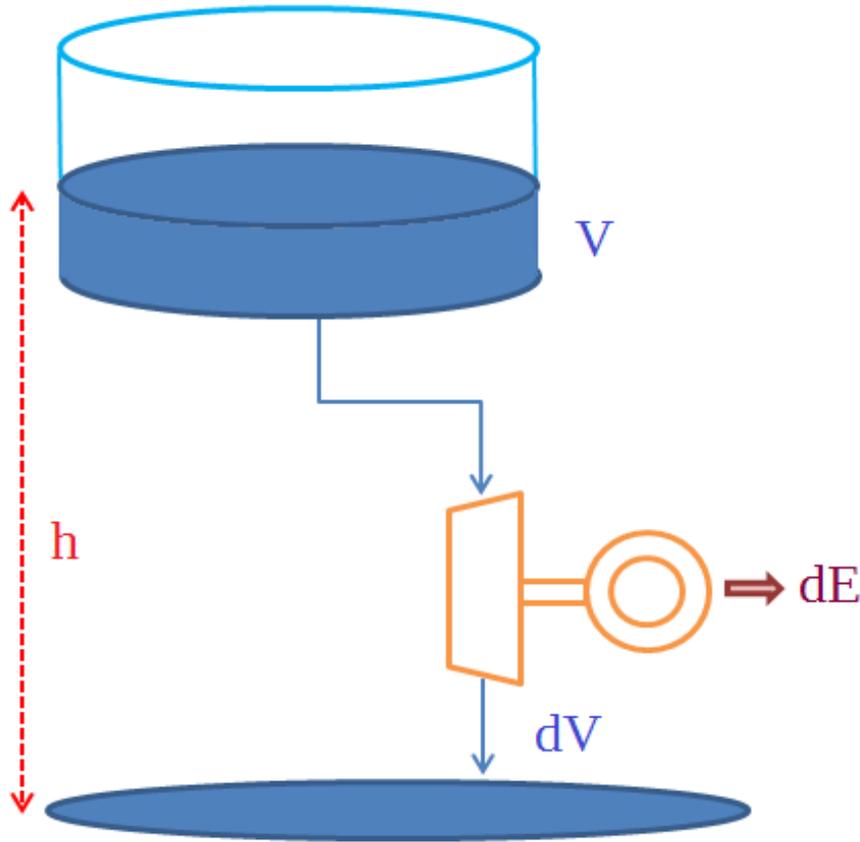


Fig. 14: Esquema de una central hidroeléctrica con embalse.

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

El volumen final se calcula con la ec.1:

$$V_{fin} = V_{ini} + A - \sum_{j=1}^{j=NPostes} \frac{P_j \text{durpos}_j}{ce} - Z - R \quad \text{ec.1 Volumen final del embalse.}$$

Donde el volumen turbinado en el poste j es: $\frac{P_j \text{durpos}_j}{ce}$, siendo ce el coeficiente energético y $P_j \text{durpos}_j$ es la potencia entregada en el poste j multiplicada por la duración del poste j .

El coeficiente energético queda determinado por la función $dE = ce \cdot dV$, donde se observa que es el factor de conversión entre un volumen turbinado dV y la energía generada y entregada por la central a la red eléctrica dE .

Considerando la altura h , medida desde la superficie del lago hasta la salida de las turbinas, podemos escribir el coeficiente energético como:

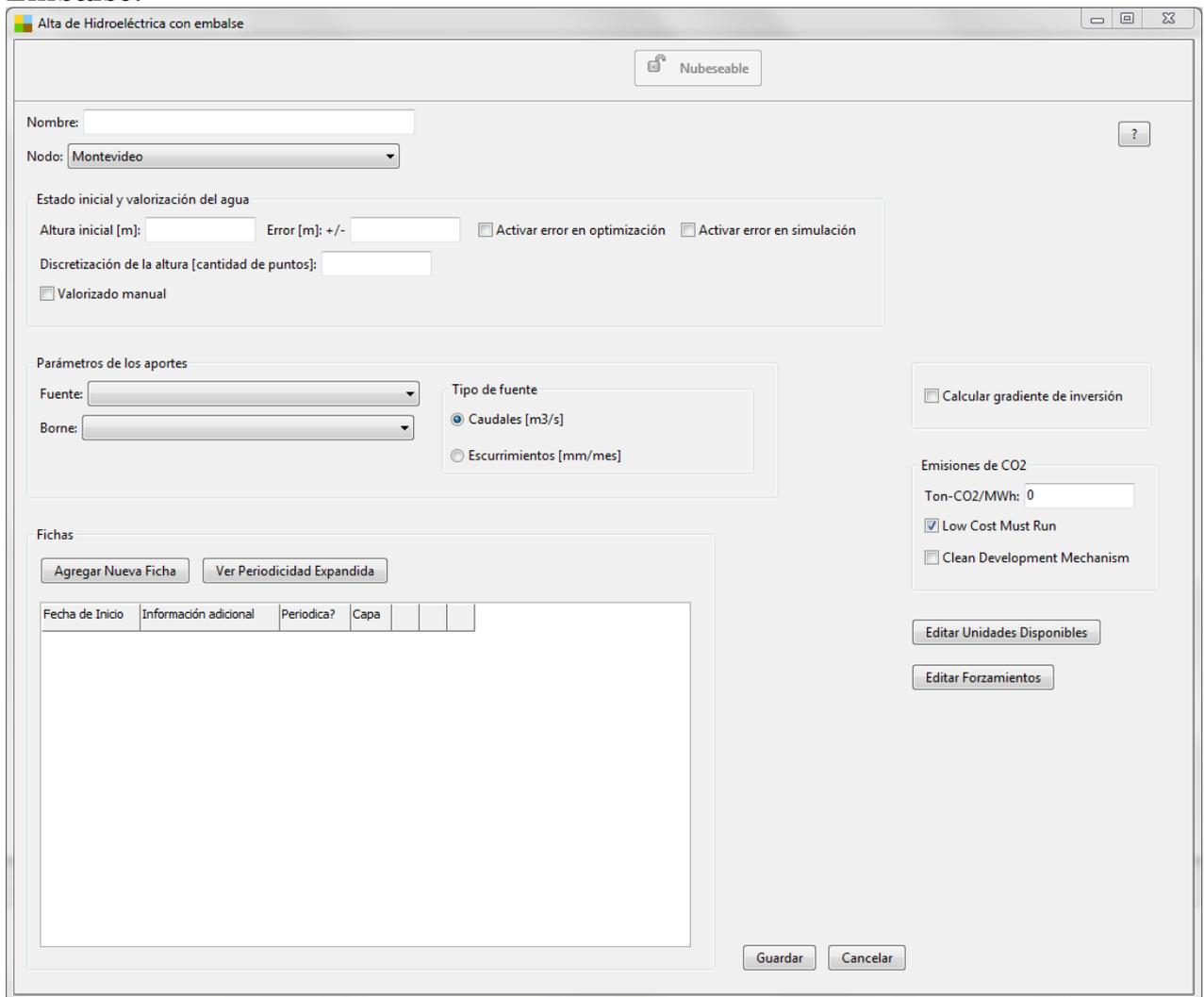
$$ce = h \cdot \rho \cdot g \cdot \eta$$

Dónde:

- ρ Es la densidad del agua. (1000kg/m³)
- g Es la constante gravitatoria. (9.8m/s²)
- η 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, y la cota aguas abajo debido al propio turbinado. El coeficiente energético también cambia al variar el rendimiento de la turbina, el cual no es constante para todo caudal.

Se presenta a continuación la ficha de alta del Generador Hidroeléctrico con Embalse:



Alta de Hidroeléctrica con embalse

Nubeseable

Nombre:

Nodo:

Estado inicial y valorización del agua

Altura inicial [m]: Error [m]: +/- Activar error en optimización Activar error en simulación

Discretización de la altura [cantidad de puntos]:

Valorizado manual

Parámetros de los aportes

Fuente:

Borne:

Tipo de fuente

Caudales [m3/s]

Escurremientos [mm/mes]

Calcular gradiente de inversión

Emisiones de CO2

Ton-CO2/MWh:

Low Cost Must Run

Clean Development Mechanism

Fichas

Fecha de Inicio	Información adicional	Periodica?	Capa		

Las funcionalidades generales del Actor están descritas en el documento Características generales de los Actores.

11.2.b) Parámetros estáticos.

Los parámetros estáticos son el Nombre y Nodo de la Red Eléctrica a la cual se quiere asociar al Actor y el estado inicial del sistema, el cual queda definido a partir de la especificación de los parámetros que se encuentran dentro del panel “Estado inicial y valorización del agua”.

Dentro de dicho panel se deben especificar los siguientes parámetros:

- **Altura Inicial:** Es la altura inicial del lago.
- **Error:** Es el error que se desea sumar a la Altura Inicial. Si se desea que dicho error sea considerado en tiempo de simulación y/o en tiempo de optimización se debe marcar el casillero correspondiente.
- **Discretización de la altura:** Es la cantidad de puntos en que se desea discretizar el embalse de la represa.
- **Valorizado manual:** Si se desea realizar manualmente el valorizado del agua se debe marcar el casillero. Una vez seleccionado se debe definir el valor del agua deseado en cada Ficha dentro del panel “Valorizado manual” dentro de la pestaña de parámetros “Parámetros 2”.

Dentro del panel “Parámetros de los aportes” se puede especificar una Fuente y Borne de conexión, para que el Actor reciba la información del caudal de aportes a la cuenca de la central. Se debe especificar si la fuente corresponde a datos de aportes o de escurrimientos dentro de la cuenca.

11.2.c) Parámetros dinámicos.

Los parámetros dinámicos del Actor se definen dentro del panel de Fichas, al agregar una nueva Ficha. En la nueva Ficha de parámetros dinámicos se debe definir la fecha de inicio de validez de dicha Ficha y su periodicidad. Adicionalmente se debe especificar una lista de parámetros que definen las características del Actor.

Para mayor claridad el panel de alta de una Ficha está dividido en dos pestañas llamadas Parámetros 1 y Parámetros 2. Se muestra a continuación cada pestaña del panel de alta de la Ficha:

11.2.c.i Parámetros 1

Fecha: (dd/MM/yyyy hh:nn)
Capa:

 Nubeseable

Periodica?

Parámetros 1
Parámetros 2

Cota mínima operación[m]	
Cota máxima operación[m]	
Puntos cota-volumen h[m]	
Puntos cota-volumen V[Hm3]	
Área de la cuenca[ha]	
Cota de la descarga para cálculo del salto[m]	
Coefficientes de afectación del salto por caudal erogado(caQE)	
Coefficientes de afectación del salto por caudal erogado(cbQE)	
Rendimiento[p.u.]	
Potencia máxima generable[MW]	
Caudal máximo turbinable[m3/s]	
Factor de disponibilidad[p.u.]	
Tiempo de reparación[horas]	
Ca filtración[m3/s]	
Cb filtración[m2/s]	
Qa muy seco[m3/s]	
Cota mínima para vertimiento[m]	
Cota máxima para vertimiento[m]	
Caudal vertido con la cota máxima[m3/s]	

Editar Centrales Encadenadas
Guardar
Cancelar
?

Los parámetros a especificar son:

- Cota mínima operación: Es la cota mínima en m de operación del Embalse.
- Cota máxima operación: Es la cota máxima en m de operación del Embalse.
- Puntos cota-volumen h: Son los puntos de cota-volumen en m para determinar la curva del volumen del embalse.
- Puntos cota-volumen V: Son los puntos de cota-volumen en Hm³ para determinar la curva del volumen del embalse.
- Área de la cuenca: Es la superficie en ha. que ocupa la cuenca del embalse.
- Cota de la descarga para cálculo del salto: Es la cota en m aguas abajo de descarga de la central.
- Coeficientes de afectación del salto (caQ_E , cbQ_E): Son coeficientes utilizados para modelar la reducción del salto efectivo producido por el caudal erogado. Esta reducción de salto efectivo afecta el cálculo del coeficiente energético (Ce). El salto efectivo se calcula con la ec.2.

$$dh(Q_{erogado}) = caQ_E \cdot Q_{erogado} + cbQ_E \cdot (Q_{erogado})^2 \quad \text{ec.2 Salto efectivo por caudal erogado.}$$

Dónde:

- $dh(Q_{erogado})$: variación del salto efectivo en función del caudal erogado.
 - $Q_{erogado}$: Caudal erogado
- Rendimiento: Es el rendimiento en p.u. de las turbinas de la central hidroeléctrica.
 - Potencia máxima generable: Potencia máxima en MW que puede generar el Actor y entregar en el Nodo de la Red Eléctrica.
 - Caudal máximo turbinable: Es el caudal máximo en m³/s que se puede turbinar.
 - Factor de disponibilidad: Es el factor de disponibilidad en p.u. y determina que porcentaje del tiempo dicho Actor se encuentra en servicio y operativo fuera de las ventanas de mantenimiento programado.
 - Tiempo de reparación: Es el tiempo medio de reparación en horas que necesita el Actor para volver a estar en servicio luego de un evento de falla fortuita.
 - Ca y Cb filtración: Son los coeficientes en m³/s y m²/s de filtración del embalse. El caudal de filtración se calcula con la ec.3.

$$Q_{Filtración} = Ca_{Filtración} + Cb_{Filtración} \cdot (h - h_{min}) \quad \text{ec.3 Caudal de filtración.}$$

- Qa muy seco: Es el caudal mínimo en m^3/s requerido para generar energía.
- Cota mínima para vertimiento: Es la cota en m en que la central puede empezar a verter.
- Cota para vertimiento máximo: Es la cota en m en que la central puede verter el caudal máximo.
- Máximo caudal de vertimiento controlable: Es el caudal máximo en m^3/s que puede ser vertido bajo control, a la cota para vertimiento máximo (definida anteriormente).

11.2.c.ii Parámetros 2

Editar Ficha de Generador Hidráulico Con Bombeo

Fecha: (dd/MM/yyyy hh:nn) Capa: Nubeseable

Periodica?

Parámetros 1 Parámetros 2

Control de cota objetivo

Activar si($h < h_{\text{Objetivo}}$)(Sim) Activar si: ($h < h_{\text{Objetivo}}$) (Opt)

Activar si ($h > h_{\text{Objetivo}}$) (Sim) Activar si: ($h > h_{\text{Objetivo}}$) (Opt)

Cota objetivo [m]: Valor del agua exacto

Delta valor del agua: [USD/Hm3] Control condicional

Índice: Borne:

Parámetros del erogado

Imponer erogado mínimo por poste Recorte rectangular

Erogado mínimo

QErogado mínimo[m3/s]:

Erogado con Falla

QErogado mínimo con falla [m3/s]:

Costo de falla [MUSD/Hm3]:

Índice: Borne:

Control de crecida por cota vs aportes

Cotas [m]: Activar control.

Aportes [m3/s]:

Control de crecida

Activar

Cota [m]	Erogado [m3/s]
Inicio: <input type="text"/>	<input type="text"/>
Medio: <input type="text"/>	<input type="text"/>
Fin: <input type="text"/>	<input type="text"/>

Manejo de cota real

Tomar de la fuente

Fuente:

Borne:

Pérdidas en el lago

Calcular evaporación del lago

Calcular filtración del lago

Porcentaje de filtrado

Parámetros del bombeo

PMáx [MW]:

QMáx [m3/s]:

Rendimiento [p.u.]:

Parámetros generales

Salto mínimo operativo: [m]:

EMax. Paso. [MWh]:

Sanción del precio Spot

Spot acordado [USD/MWh]:

Valorización manual

Valor del agua [USD/Hm3]:

Pagos (no considerados en el despacho)

Pago por disponibilidad [USD/MWh]:

Pago por energía [USD/MWh]:

Guardar Cambios Cancelar Editar Centrales Encadenadas ?

Parámetros del bombeo

Parámetros del bombeo

PMáx [MW]:

QMáx [m3/s]:

Rendimiento [p.u.]:

En “Parámetros del bombeo” se permite especificar la potencia máxima (Pmáx) que puede bombear la central, el caudal máximo de la bomba (QMáx) y el rendimiento total del sistema de bombeo (Rendimiento).

Control de cota objetivo

Control de cota objetivo

Activar si (h < h_Objetivo) (Sim) Activar si: (h < h_Objetivo) (Opt)

Activar si (h > h_Objetivo) (Sim) Activar si: (h > h_Objetivo) (Opt)

Cota objetivo [m]: Valor del agua exacto

Delta valor del agua: Control condicional

Índice: Borne:

El “Control de cota objetivo” 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 como un “Delta valor del agua”, eligiendo la unidad (USD/hm³ o USD/MWh) y definiendo la magnitud de la penalización. Este valor se adiciona al valor del agua que es obtenido de la optimización. Si se selecciona “Valor del agua exacto” el valor del agua se reemplaza directamente por el valor del Delta. Si se selecciona “Control Condicional” se asigna al valor del agua el mayor valor entre el valor del agua obtenido de la optimización y el definido en el Delta. El Índice y Borne sirven para asignar una Fuente para indexar el valor definido en el Delta.

Control de crecida por cota vs aportes y Control de crecida

Control de crecida por cota vs aportes

Activar control.

Cotas [m]:

Aportes [m3/s]:

Control de crecida

Activar

	Cota [m]	Erogado [m3/s]
Inicio:	<input type="text" value="35.5"/>	<input type="text" value="0"/>
Medio:	<input type="text" value="35.75268331"/>	<input type="text" value="13455"/>
Fin:	<input type="text" value="36"/>	<input type="text" value="26910"/>

El “Control de crecida por cota vs aportes” permite especificar una función, que relaciona la cota del lago y los valores de caudal de aportes. Dicha función se define a partir de 3 pares de valores (cota, aportes) y es utilizada para determinar el erogado que debe realizar la central según el aporte recibido, para cumplir con la cota correspondiente según la función.

El “Control de crecida” permite especificar directamente el erogado según la cota del lago, sin importar los aportes que la misma este recibiendo. Para esto, se define en cada casillero un par de valores (cota, erogado), donde el primero corresponde al inicio del control (cota de comienzo del erogado especificado), el segundo es un punto medio de operación y el tercero es una cota de erogado a pleno.

Parámetros del erogado

Parámetros del erogado

Imponer QErogadoMín por Poste

QErogado mínimo[m³/s]:

QErogado mínimo con falla [m³/s]:

Costo de falla [MUSD/hm³]:

Índice: Borne:

En “Parámetros del erogado” se puede especificar un caudal erogado mínimo por Poste o por paso de tiempo (a efectos de posibilitar la navegación aguas abajo), un caudal de erogado con falla y un costo de falla (el cual se puede indexar mediante una Fuente, seleccionando la misma en Índice y Borne).

Manejo de cota real

Manejo de cota real

Tomar de la fuente

Fuente:

Borne:

En “Manejo de cota real” se puede definir la cota real h_{real} del lago a partir de una Fuente (especificada en Fuente y Borne).

Pérdidas en el lago

Pérdidas en el lago

Calcular evaporación del Lago.

Calcular filtración del lago.

Porcentaje de Filtrado

En “Pérdidas en el lago” se selecciona si se desea calcular la evaporación y filtración de agua en el embalse de la central, seleccionando el casillero correspondiente. Si se selecciona “Calcular filtración del lago” se debe especificar el porcentaje de filtrado a aplicar al resultado de la ec.3.

Parámetros generales

Parámetros generales

Salto mínimo operativo: [m]:

Factor reserva rotante:

EMaxPaso[MWh]:

En “Parámetros generales se debe definir el salto mínimo operativo que debe tener la central para operar junto con el factor de reserva rotante a considerar en el despacho. Es posible también imponer una máxima energía generada por paso (MWh).

Sanción del precio Spot

Sanción del precio Spot

cv_Spot_acordado [USD/MWh]:

Potencia mínima forzada [MW]:

En “Sanción del precio Spot” se puede definir el precio Spot del Nodo, independiente del valor del agua de la central asignado en la optimización, si es que la central está marginando en la asignación de recursos para el despacho. Dicho de otro modo, si la central está siendo despachada para alimentar el último MW de energía requerida en el despacho, el precio Spot del sistema es el valor definido en el casillero en lugar de ser el valor del agua calculado. Esta condición se activa únicamente si la potencia despachada por la central es superior a la especificada en el casillero de “Potencia mínima forzada”.

Valorización manual

Valorización manual

Valor del agua [USD/Hm³]:

En “Valorización manual” es posible introducir manualmente una valorización del agua de la central en USD/hm³ al efecto de regular manualmente el despacho.

11.2.d) Variables publicadas para SimRes.

El Actor permite publicar las siguientes variables por poste o paso de tiempo:

Nombre	Unidades	Poste de tiempo	SR3	Descripción
cdp	USD	No	Si	Costos incurridos por la generación de energía.
IngresoPorDisponibilidad	USD	No	Si	Pagos recibidos por el actor por disponibilidad.
IngresoPorEnergía	USD	No	Si	Pagos adicionales recibidos por el actor por la energía despachada.
P	MW	Si	Si	Potencia inyectada al Nodo.
ReservaRotante	MW	No	No	Reserva rotante.
cv_Spot	USD/MWh	No	No	Costo variable Spot.
Lambda_P	USD/MWh	No	No	Multiplicador de Lagrange de la restricción de caja.
ParticipacionSCS	USD	No	No	Participación en el Servicio de Confiabilidad del Sistema.
ForzamientoSCS	USD	No	No	Forzamiento en el Servicio de Confiabilidad del Sistema.
E*cmg	USD	No	Si	Energía valorizada al Costo Marginal de Generación (Si se selecciona gradiente de inversión).
GradInv	-	No	Si	Gradiente de inversión.
QAportesP	m ³ /s	No	Si	Caudal de aporte propio de la central.
QTurbinado	m ³ /s	No	Si	Caudal turbinado.
QVertido	m ³ /s	No	Si	Caudal vertido.
h_real	m	No	Si	Cota de toma para el cálculo de rendimiento de la central. Si no se activa "Manejo de cota real" entonces h_real = h.
h	m	No	Si	Cota de toma (variable de estado del Actor).
ce	MWh/m ³	No	Si	Coefficiente energético de la central.
dh_RedQE	m	No	Si	Pérdida de salto por caudal erogado.
CV_aguaDec	USD/Hm ³	No	Si	Valor del Agua calculado con la derivada decremental.
CV_aguaInc	USD/Hm ³	No	Si	Valor del Agua calculado con la derivada incremental.
Dual_QErogadoMin	USD/hm ³	Si	Si	Dual de las restricciones de erogando mínimo.
hs_SinErogado	m	No	Si	Cota proyectada sin erogado.
Vs_SinErogado	Hm ³	No	Si	Volumen proyectado sin erogado.
Dual_RestriccionDinamica_USDxHm3	USD/Hm ³	No	Si	Dual de la restricciones dinámicas del Actor.
CV_USD_MWh	USD/MWh	No	Si	Costo variable de generación.
Vertimiento	Hm ³	No	Si	Volumen vertido.
Cota	m	No	No	Cota de toma (variable de estado del Actor).
Vol	Hm ³	No	Si	Volumen Embalsado al inicio del paso.
NMaqsDisponibles	u	No	Si	Cantidad de máquinas disponibles del paso.
QErogado	m ³ /s	No	No	Caudal erogado.
QEvaporación	m ³ /s	No	No	Caudal perdido por evaporacion .
QFiltración	m ³ /s	No	No	Caudal perdido por filtración.
QErogadoFalla	m ³ /s	Si	No	Erogado ficticio para cuantificar costo de no erogar lo mínimo requerido.
QTrubinadoPorPoste	m ³ /s	Si	No	Caudal turbinado por poste.
QVertidoPorPoste	m ³ /s	Si	No	Caudal vertido por poste.
PMaxPorPoste	MW	Si	No	Potencia máxima despachada en el poste.

11.2.e) Variables de Estado, de Control y Restricciones.

El Actor agrega 1 Variable de Estado al sistema:

- V : Volumen de agua embalsada en Hm³.

El Actor agrega 4 Variables de Control para cada poste de tiempo i :

- P_i : Potencia inyectada.
- $Q_i^{Vertimiento}$: Caudal de Vertimiento.
- $Q_i^{Erogado Falla}$: Caudal Erogado Falla.
- $P_i^{Reserva R}$: Potencia para la Reserva Rotante.

El Actor agrega las siguientes restricciones al problema de optimización:

En el planteo del problema de despacho, se deben imponer las restricciones de máximo y mínimo volumen embalsado en el lago.

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

También se agregan restricciones en función de las condiciones definidas en la ficha de parámetros dinámicos del Actor.

- Erogado mínimo por navegabilidad y seguridad de la presa.
- Erogado mínimo con posibilidad de Falla.
- Energía máxima por paso de tiempo.

11.3. **Generador Hidroeléctrico de Pasada.**

El Generador Hidroeléctrico de Pasada es un Actor perteneciente al Grupo de Generadores Térmicos. La función del Actor es modelar centrales hidroeléctricas sin embalse para el almacenamiento de energía, contando únicamente con la posibilidad de generar energía a partir del caudal de agua afluente.

11.3.a) **Descripción del funcionamiento.**

Al ser una central de pasada, toda el agua que llega a la central debe ser turbinada (generación de energía eléctrica) o vertida. Se debe cumplir que en cada Poste de tiempo, el caudal turbinado más el vertido sea igual al caudal de aportes. Debido a la falta de embalse, no se consideran posibles pérdidas por evaporación o filtración.

En la Fig. 1. se presenta una representación esquemática de la central.

Donde:

9. Cota de toma: Es la cota aguas arriba donde toma el agua la central.
10. Cota de descarga: Es la cota aguas abajo donde descarga la central.
11. Salto: Es el salto de la central y queda determinado por la resta entre la cota de toma y la cota de descarga.
12. dE : Es la energía generada por las turbinas.

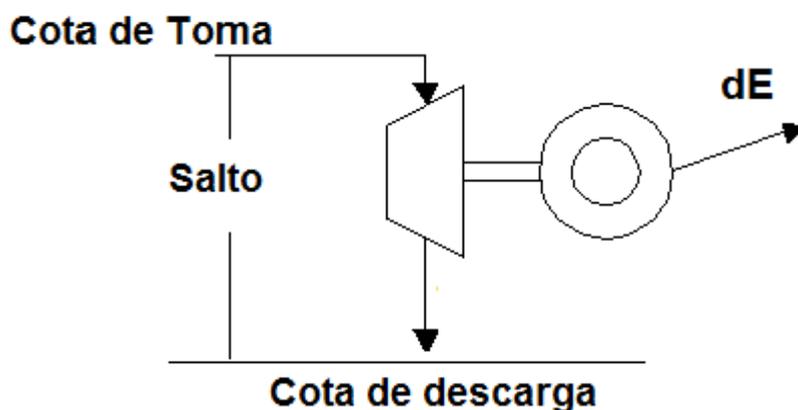
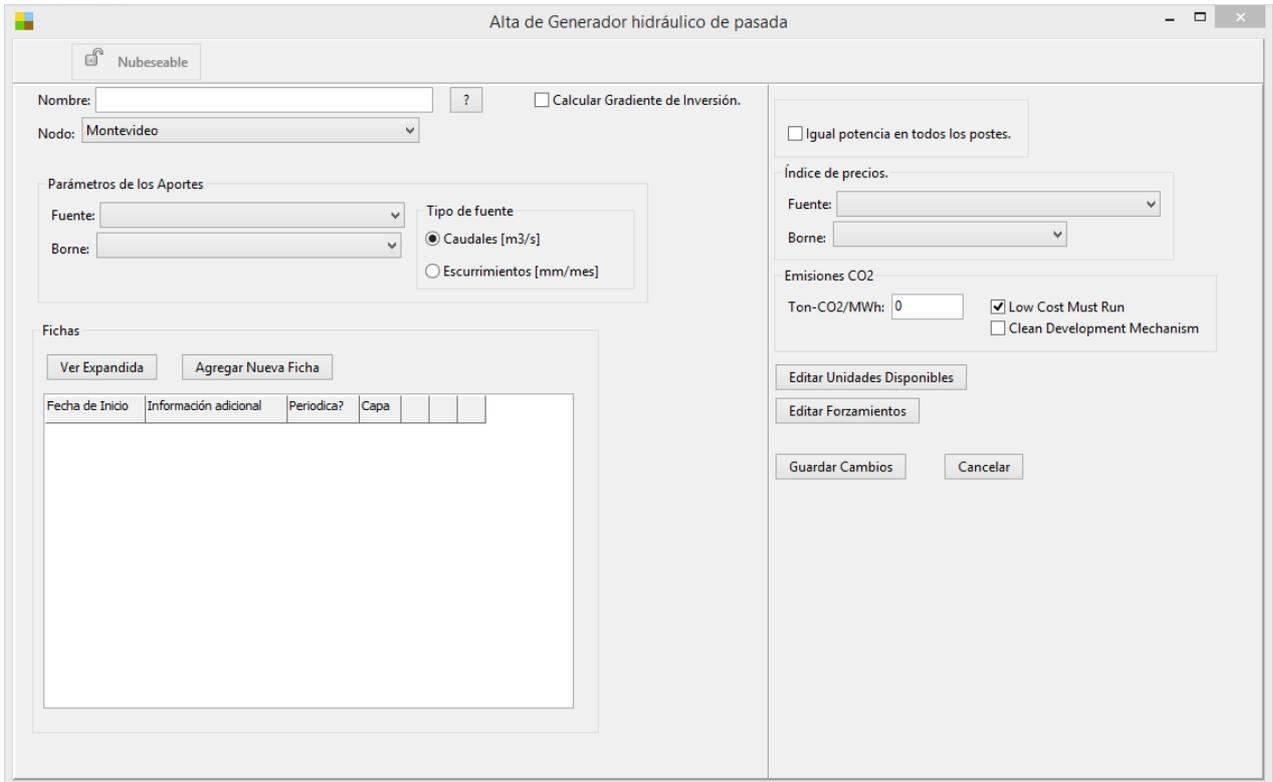


Fig. 15: Esquema de una central hidroeléctrica de pasada.

A la central ingresa un caudal de aportes que puede ser la suma de los caudales de aportes a su cuenca y de los 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 presenta a continuación la ficha de alta del Generador Hidroeléctrico de Pasada:



Alta de Generador hidráulico de pasada

Nubeseable

Nombre: ? Calcular Gradiente de Inversión.

Nodo:

Parámetros de los Aportes

Fuente:

Borne:

Tipo de fuente

Caudales [m3/s]

Escurrimientos [mm/mes]

Índice de precios.

Fuente:

Borne:

Emisiones CO2

Ton-CO2/MWh: Low Cost Must Run

Clean Development Mechanism

Editar Unidades Disponibles

Editar Forzamientos

Guardar Cambios Cancelar

Fichas

Ver Expandida Agregar Nueva Ficha

Fecha de Inicio	Información adicional	Periodica?	Capa		

Las funcionalidades generales del Actor están descritas en el documento Características generales de los Actores.

11.3.b) Parámetros estáticos.

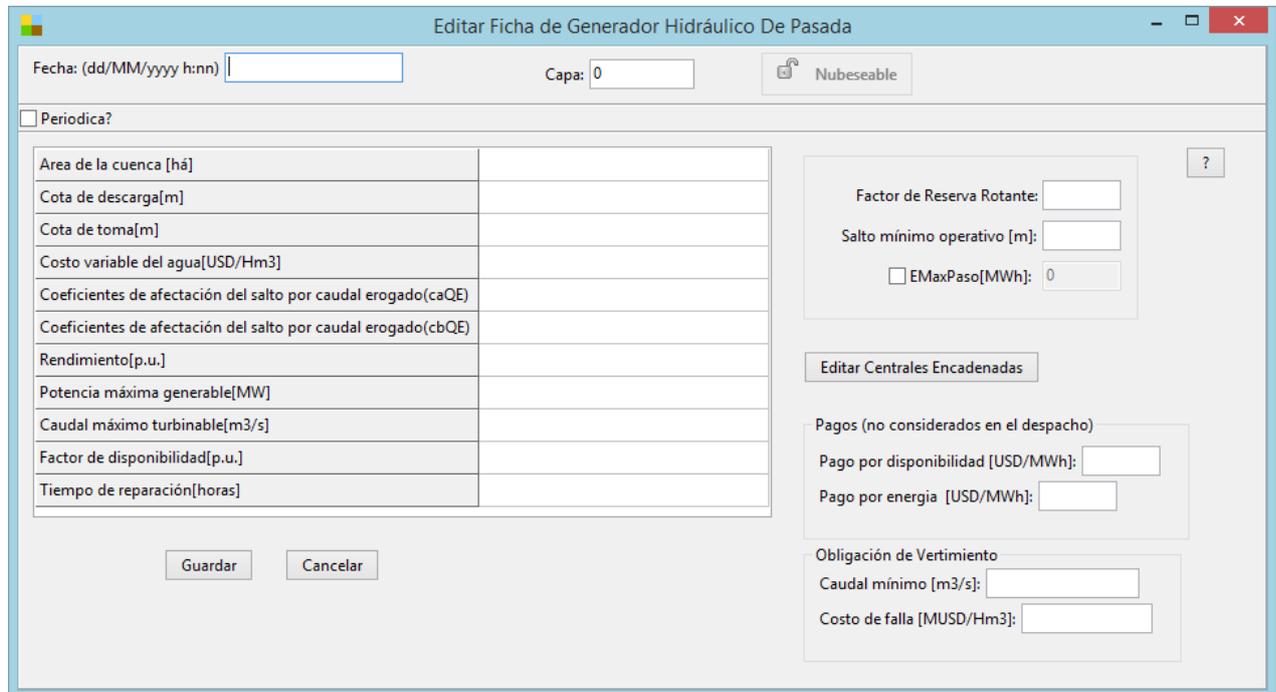
Los parámetros estáticos son el Nombre y Nodo de la Red Eléctrica a la cual se quiere asociar al Actor.

Dentro del panel “Parámetros de los aportes” se puede especificar una Fuente y Borne de conexión, para que el Actor reciba la información del caudal de aportes a la cuenca de la central. Se debe especificar si la fuente corresponde a datos de aportes o de escurrimientos dentro de la cuenca.

Si se desea que el Actor genere la misma potencia en todos los postes de tiempo se debe marcar el casillero correspondiente “Igual potencia en todos los postes”.

11.3.c) Parámetros dinámicos.

Los parámetros dinámicos del Actor se definen dentro del panel de Fichas, al agregar una nueva Ficha. En la nueva Ficha de parámetros dinámicos se debe definir la fecha de inicio de validez de dicha Ficha y su periodicidad. Adicionalmente se debe especificar una lista de parámetros que definen las características del Actor.



Los parámetros a especificar son:

- Área de la cuenca: Es la superficie en ha. que ocupa la cuenca del embalse.
- Cota de toma: Es la cota en m aguas arriba donde toma el agua la central.
- Cota de descarga: Es la cota en m aguas abajo donde descarga la central.
- Costo variable del agua: Es el valor del agua en USD/MWh. Se suele fijar dicho valor en 0 USD/MWh para que la central, en la medida que disponga de caudal, pueda generar energía eléctrica.
- Coeficiente de afectación del salto por caudal erogado (caQ_E , cbQ_E): Son coeficientes utilizados para modelar el posible impacto del nivel aguas abajo producido por el caudal erogado $Q_{erogado} = Q_{turbinado} + Q_{vertido}$ que provoca una reducción en el salto efectivo de la central (Esta pérdida de salto efectivo afecta el cálculo del coeficiente energético (Ce) de las centrales). El salto efectivo se calcula con la ec.2.

$$dh(Q_{erogado}) = caQ_E \cdot Q_{erogado} + cbQ_E \cdot (Q_{erogado})^2 \quad \text{ec.2 Salto efectivo por}$$

caudal erogado.

Dónde:

- $dh(Q_{erogado})$: variación del salto efectivo en función del caudal erogado.
 - $Q_{erogado}$: Caudal erogado
- Rendimiento: Es el rendimiento en p.u. de las turbinas de la central hidroeléctrica.
 - Potencia máxima generable: Potencia máxima en MW que puede generar el Actor y entregar en el Nodo de la Red Eléctrica.
 - Caudal máximo turbinable: Es el caudal máximo en m³/s que se puede turbinar.
 - Factor de disponibilidad: Es el factor de disponibilidad en p.u. y determina que porcentaje del tiempo dicho Actor se encuentra en servicio y operativo fuera de las ventanas de mantenimiento programado.
 - Tiempo de reparación: Es el tiempo medio de reparación en horas que necesita el Actor para volver a estar en servicio luego de un evento de falla fortuita.
 - Salto mínimo operativo: Es el salto mínimo operativo en m que debe tener la central para operar.
 - Factor de reserva rotante: Es el factor de reserva rotante a considerar en el despacho.
 - EmáxPaso: Es la máxima energía generada por paso en Mwh.
 - En el panel “Obligación de vertimiento” se puede especificar un caudal de vertimiento mínimo por Poste o por paso de tiempo (a efectos de posibilitar la navegación aguas abajo) y un costo de falla (el cual se puede indexar mediante una Fuente, seleccionando la misma en Índice y Borne).

11.3.d) Variables publicadas para SimRes.

El Actor publica las siguientes variables por poste o paso de tiempo:

Nombre	Unidades	Poste de tiempo	SR3	Descripción
cdp	USD	No	Si	Costos incurridos por la generación de energía.
IngresoPorDisponibilidad	USD	No	Si	Pagos recibidos por el actor por disponibilidad.
IngresoPorEnergía	USD	No	Si	Pagos adicionales recibidos por el actor por la energía despachada.
P	MW	Si	Si	Potencia inyectada al Nodo.
ReservaRotante	MW	No	No	Reserva rotante.
cv_Spot	USD/MWh	No	No	Costo variable Spot.
Lambda_P	USD/MWh	No	No	Multiplicador de Lagrange de la restricción de caja.
ParticipacionSCS	USD	No	No	Participación en el Servicio de Confiabilidad del Sistema.
ForzamientoSCS	USD	No	No	Forzamiento en el Servicio de Confiabilidad del Sistema.
E*cmg	USD	No	Si	Energía valorizada al Costo Marginal de Generación (Si se selecciona gradiente de inversión).
GradInv	-	No	Si	Gradiente de inversión.
QAportesP	m ³ /s	No	Si	Caudal de aporte propio de la central.
QTurbinado	m ³ /s	No	Si	Caudal turbinado.
QVertido	m ³ /s	No	Si	Caudal vertido.
Salto	m	No	Si	Salto disponible entre la cota de toma y la de descarga.
ce	[MWh/m ³]	No	Si	Coefficiente energético
dh_RedQE	m	No	Si	Pérdida de salto por caudal erogado.
cv_USD_MWh	USD/MWh	No	Si	Valor del agua definido en la Ficha del Actor.
cv_agua_MLRB	USD/Hm ³	No	Si	Negativo del multiplicador de Lagrange (- λ) de la restricción de balance de caudal.
Cota	m	No	Si	
VVertido	Hm ³	No	No	Volumen vertido en el paso.
Dual_Vertimiento	USD/Hm ³	No	Si	Dual de la restricción de caja del vertimiento.
Pmax_Central	MW	No	Si	Potencia máxima disponible en el paso de tiempo.
VTurbinado	Hm ³	No	No	Volumen turbinado en el paso.
NMaqsDisponibles	u	No	Si	Cantidad de máquinas disponibles del paso.
QTrubinadoPorPoste	m ³ /s	Si	Si	Caudal turbinado por poste.

11.3.e) Variables Estado, de Control y Restricciones.

El Actor no agrega Variable de Estado al sistema.

El Actor agrega 4 Variables de Control para cada poste de tiempo i :

- P_i : Potencia inyectada.
- $Q_i^{Vertimiento}$: Caudal de Vertimiento.
- $Q_i^{Vertido Falla}$: Caudal de Vertimiento con Falla.
- $P_i^{Reserva R}$: Potencia para la Reserva Rotante.

El Actor agrega las siguientes restricciones al problema de optimización:

Restricciones de balance de caudal en cada poste de tiempo.

$$0 = A_i - \sum_{j=1}^{j=NPostes} \frac{P_{i,j} \cdot durpos_j}{ce} - Z_i$$

Donde:

A : Es el volumen que ingresa al lago por el escurrimiento propio de su cuenca o por caudales liberados en centrales aguas arriba.

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

Z : Es el volumen que sea necesario verter sin turbinar.

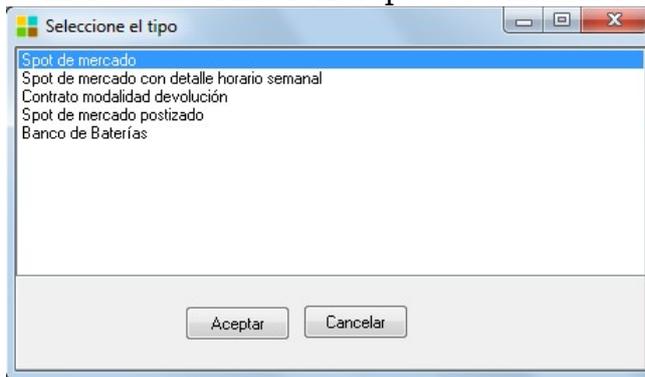
También se agregan restricciones en función de las condiciones definidas en la ficha de parámetros dinámicos del Actor.

- Erogado mínimo por navegabilidad.
- Erogado mínimo con posibilidad de Falla.
- Energía máxima por paso de tiempo.
- Igual potencia en todos los postes.

12. Grupo Internacional y Otros

Con el grupo de actores de la pestaña 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.



(TMercadoSpot, TMercadoSpotDetalleHorarioSemanal,
TContratoModalidadDevolucion, TMercadoSpot_postizado)

TBancoDeBaterias01
TUsogestionable_postizado

13. Spot de mercado.

El Spot de mercado es un Actor que pertenece al Grupo Internacional y Otros. Este Actor tiene la particularidad de poder entregar (importar) o retirar (exportar) energía del nodo al que se encuentra conectado. 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.

13.1. Descripción del funcionamiento.

Se presenta a continuación la ficha de alta del Spot de mercado:

Editando "Excedentes" Spot de mercado
- □ ×

Nubeseable

Nombre: ?

Nodo: Montevideo ▼

Fuente de precios: Excedentes_precio ▼

Borne: precio ▼

Fichas

Agregar Nueva Ficha
Ver Expandida

Fecha de Inicio	Información adicional	Periodica?	Capa			
Auto	PMín= -4000 MW, PM?...	NO	0			

Editar Unidades Disponibles
Guardar
Cancelar

Las funcionalidades generales del Actor están descritas en el documento Características generales de los Actores.

13.2. Parámetros estáticos.

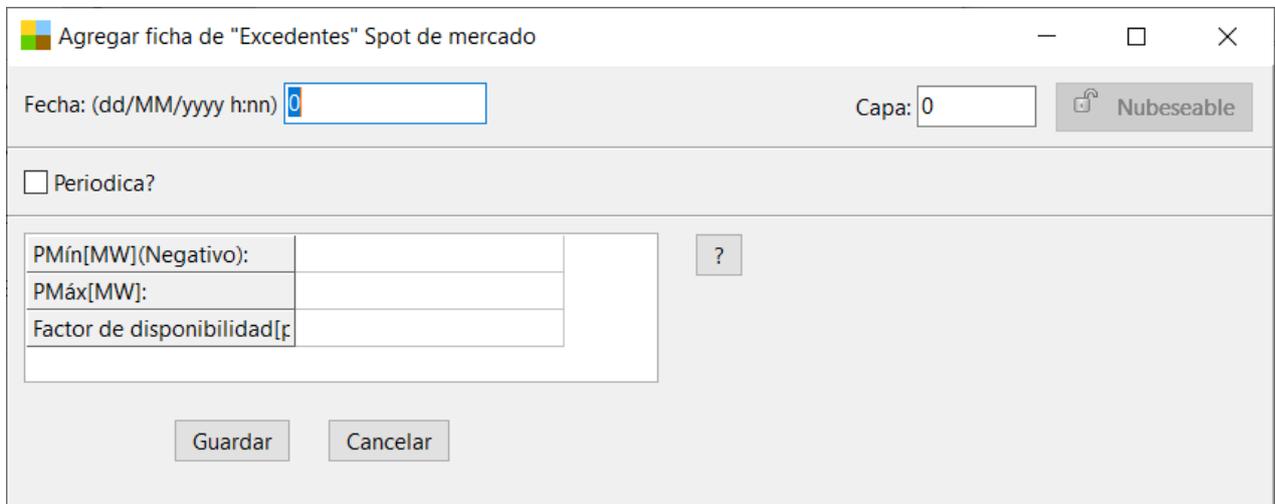
Los parámetros estáticos generales son el Nombre y Nodo de la Red Eléctrica a la cual se quiere asociar al Actor.

En la Fuente de Precios se debe especificar la fuente y borne asociados al precio spot del mercado en USD/MWh.

13.3. Parámetros dinámicos.

Los parámetros dinámicos del Actor se definen dentro del panel de Fichas, al agregar una nueva Ficha. Al instanciar una nueva Ficha de parámetros dinámicos se debe definir la fecha de inicio de validez de dicha Ficha y su periodicidad. Adicionalmente se debe especificar una lista de parámetros técnicos que definen las características del Actor.

El panel de alta de una Ficha se muestra a continuación:



Agregar ficha de "Excedentes" Spot de mercado

Fecha: (dd/MM/yyyy h:nn) Capa: Nubeseable

Periodica?

PMín[MW](Negativo):	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input data-bbox="885 1030 933 1075" type="button" value="?"/>
PMáx[MW]:	<input type="text"/>	<input type="text"/>	
Factor de disponibilidad[p:	<input type="text"/>	<input type="text"/>	

Los parámetros a especificar son:

- **Pmín:** Es el mínimo valor (negativo) de potencia en MW que el actor puede intercambiar con el nodo al cual está conectado. Debe ser menor o igual a cero para que el actor pueda retirar (exportar) energía del nodo al que está conectado. El valor absoluto de Pmín es por tanto la potencia máxima que el nodo puede exportar al mercado.
- **Pmáx:** Es el máximo valor (positivo) de potencia en MW que el actor puede intercambiar con el nodo al cual está conectado. Debe ser mayor o igual a cero para que el actor pueda inyectar energía al nodo al que está conectado. El valor Pmáx es por tanto la potencia máxima que el nodo puede importar del mercado.
- **Factor de disponibilidad:** Es el factor de disponibilidad en p.u. y determina que porcentaje del tiempo el Actor se encuentra en servicio y operativo fuera de las ventanas de mantenimiento programado.

13.4. Variables publicadas para SimRes.

El Actor permite publicar las siguientes variables por poste o paso de tiempo:

Nombre	Unidades	Poste de tiempo	SR3	Descripción
cdp	USD	No	Si	Costos incurridos por la generación de energía.
IngresoPorDisponibilidad	USD	No	Si	Pagos recibidos por el actor por disponibilidad.
IngresoPorEnergía	USD	No	Si	Pagos adicionales recibidos por el actor por la energía despachada.
P	MW	Si	Si	Potencia inyectada al nodo.
ReservaRotante	MW	No	No	Reserva rotante.
cv_Spot	USD/MWh	No	No	Costo variable Spot.
Lambda_P	USD/MWh	No	No	Multiplicador de Lagrange de la restricción de caja.
ParticipacionSCS	USD	No	No	Participación en el Servicio de Confiabilidad del Sistema.
ForzamientoSCS	USD	No	No	Forzamiento en el Servicio de Confiabilidad del Sistema.
Costo	USD	Si	Si	Costo total incurrido por el actor debido al intercambio de energía con el nodo de conexión a la red.
cv	USD/MWh	No	Si	Precio del Mercado Spot.

13.5. Variables Estado, de Control y Restricciones.

El Actor no agrega Variables de Estado al sistema.

El Actor agrega una Variable de Control para cada poste de tiempo i :

- P_i : Potencia inyectada al nodo.

El Actor agrega las siguientes restricciones al problema de optimización:

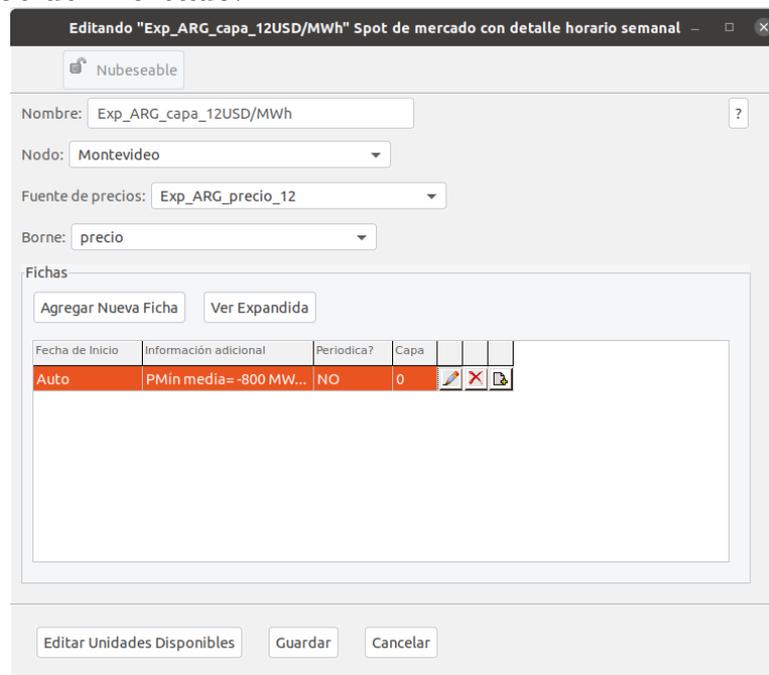
- Restricción de potencia del nodo.

13.6. Spot de Mercado con Detalle Horario Semanal.

El Spot de Mercado con Detalle Horario Semanal es un Actor que pertenece al Grupo Internacional y Otros. Este Actor tiene la posibilidad de especificar la información del mercado spot para cada hora de la semana.

13.6.a) Parámetros estáticos.

Los parámetros estáticos generales son el Nombre y Nodo de la Red Eléctrica a la cual se quiere asociar al Actor. Adicionalmente y la fuente (y borne) de precios del mercado.



The screenshot shows a window titled "Editando 'Exp_ARG_capa_12USD/MWh' Spot de mercado con detalle horario semanal". The window contains the following fields and controls:

- Nombre:** Exp_ARG_capa_12USD/MWh
- Nodo:** Montevideo
- Fuente de precios:** Exp_ARG_precio_12
- Borne:** precio
- Fichas:**
 - Buttons: "Agregar Nueva Ficha", "Ver Expandida"
 - Table with columns: Fecha de inicio, Información adicional, Periodica?, Capa, and icons.
- Buttons at the bottom:** "Editar Unidades Disponibles", "Guardar", "Cancelar"

Fecha de inicio	Información adicional	Periodica?	Capa	Iconos
Auto	PMin media=-800 MW...	NO	0	[Edit] [Delete] [Download]

13.6.b) Parámetros dinámicos.

Los parámetros dinámicos del Actor se definen dentro del panel de Fichas, al agregar una nueva Ficha.

El panel de alta de una Ficha se muestra a continuación:

Fecha: (dd/MM/yyyy h:nn)
Capa: Nubeseable

Periodica?

Factor de disponibilidad[p.u.]
?

Multiplicador de PMín:

Borne PMín:

Multiplicador de PMáx:

Borne PMáx:

Detalle semanal

Día de la semana	Hora	PMín[MW]	PMáx[MW]	Delta costo[USD/MWh]
domingo	0			
domingo	1			
domingo	2			
domingo	3			
domingo	4			
domingo	5			
domingo	6			
domingo	7			
domingo	8			
domingo	9			
domingo	10			
domingo	11			
domingo	12			
domingo	13			
domingo	14			
domingo	15			
domingo	16			
domingo	17			
domingo	18			

Los parámetros técnicos a especificar son:

Parámetros generales:

- Factor de disponibilidad: Es el factor de disponibilidad en p.u. y determina que porcentaje del tiempo el Actor se encuentra en servicio y operativo fuera de las ventanas de mantenimiento programado.

En el panel “Detalle semanal” se debe especificar:

- Para cada día y hora de la semana (168 horas) un valor de potencia mínima (PMín) y potencia máxima (PMáx) en MW que se puede comercializar en el mercado spot.
- El precio al que se realiza la transacción, en cada hora, estará dado por el valor de la Fuente Precio (parámetro estático del Actor) más el valor **Delta costo** especificado en USD/MWh para la hora en cuestión. En el caso de pasos de tiempo subdivididos en Postes de varias horas, el precio del

intercambio se calcula como el precio de la Fuente de Precios al inicio del paso de tiempo más el promedio de los valores **Delta costo** de cada Poste.

- Es posible adicionar un multiplicador de los valores de potencia mínima y máxima para multiplicar datos de PMín y PMáx ingresados en la Ficha. El multiplicador debe seleccionarse en la ventana desplegable y en el borne correspondiente.

Se recuerda que si se quiera modelar la posibilidad de exportar energía el valor de potencia mínima debe ser negativo.

Para facilitar la edición de los datos horarios semanal se cuenta con la posibilidad de exportar/importar la información a una planilla, utilizando los botones “Exportar.ods”/“Importar.ods”.

13.6.c) Variables publicadas para SimRes.

El Actor permite publicar las siguientes variables por poste o paso de tiempo:

Nombre	Unidades	Poste de tiempo	SR3	Descripción
cdp	USD	No	Si	Costos incurridos por la generación de energía.
IngresoPorDisponibilidad	USD	No	Si	Pagos recibidos por el actor por disponibilidad.
IngresoPorEnergía	USD	No	Si	Pagos adicionales recibidos por el actor por la energía despachada.
P	MW	Si	Si	Potencia inyectada al nodo.
ReservaRotante	MW	No	No	Reserva rotante.
cv_Spot	USD/MWh	No	No	Costo variable Spot.
Lambda_P	USD/MWh	No	No	Multiplicador de Lagrange de la restricción de caja.
ParticipacionSCS	USD	No	No	Participación en el Servicio de Confiabilidad del Sistema.
ForzamientoSCS	USD	No	No	Forzamiento en el Servicio de Confiabilidad del Sistema.
Costo	USD	Si	Si	Costo total incurrido por el Actor debido al intercambio de energía con el Nodo de conexión a la red.
cv	USD/MWh	No	Si	Precio del Mercado Spot.

13.6.d) Variables Estado, de Control y Restricciones.

El Actor no agrega Variables de Estado al sistema.

El Actor agrega dos Variables de Control para cada poste de tiempo i :

- $P_{i_{nodo \rightarrow Mercado}}$: Potencia entregada por el nodo al Mercado.
- $P_{i_{Mercado \rightarrow nodo}}$: Potencia entregada por el Mercado al nodo.

El Actor agrega las siguientes restricciones al problema de optimización:

- Restricción de potencia del nodo.
- Restricciones de potencia máxima y mínima por hora.

14. Contrato Modalidad Devolución.

El Actor Contrato Modalidad Devolución pertenece al Grupo Grupo Internacional y Otros. El contrato que implementa el Actor permite importar o exportar energía en un momento del año con el compromiso de devolver la energía en otro momento del año. Este tipo de Actor agrega una variable de estado al sistema que representa la energía que podría importarse en lo que resta del año en esta modalidad.

14.1. Descripción del funcionamiento.

El modelo creado en SimSEE permite fijar una ventana de tiempo en la que se puede importar energía y el volumen máximo, y otra ventana de tiempo en la que se debe devolver dicha energía. En ambas ventanas es posible especificar los límites de potencia para el intercambio.

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

El Actor agrega una variable de estado denominada “Crédito de Energía (MWh)” ($E_{Credito}[k]$) que se define como la diferencia entre el monto máximo de energía que es posible importar (E_{MaxImp}) en el contrato menos la energía efectivamente importada.

Este modelo tiene tres fases:

- Importación
- Devolución
- Inerte (cuando no se está en ninguna de las fases anteriores)

Para todo paso de tiempo k se debe cumplir:

$$0 \leq E_{Credito}[k] \leq E_{MaxImp}$$

En la fase Importación, el contrato actúa como un generador que ofrece potencias P_i en los postes del paso con un máximo P_{MaxImp} .

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

$$E_{Credito}[k+1] = E_{Credito}[k] + dE_{Credito}[k] \geq 0$$

$$dE_{Credito}[k] = - \sum (P_i[k] \cdot durPos_i / ren_{Imp}) \cdot \Delta t$$

Siendo $durPos_i$ la duración del poste i dentro del paso de tiempo y ren_{Imp} el rendimiento de la importación.

En la fase Importación el actor adiciona a la función de costo la siguiente expresión:

$$c[k] = dE_{Imp} / f_i \cdot cv_{Imp} + dCF / dE_{Credito} \cdot dE_{Credito}[k]$$

Siendo:

- $dCF / dE_{Credito}$: Derivada de Costo Futuro CF respecto de la variable de estado $E_{Credito}$. Esta derivada es calculada al fin del paso k (o inicio del $k+1$) con el sistema en el mismo estado que al de inicio del paso k .
- dE_{Imp} : Energía importada por el actor durante el paso de tiempo.
- f_i : Factor que incrementa el monto de energía a devolver.
- cv_{Imp} : Costo en USD/MWh asociado a eventuales cargos por peajes y otros posibles cargos asociados a la importación.

Sustituyendo $dE_{Credito}$ en función de las P_i (las variables de control) se obtiene la siguiente expresión:

$$c[k] = \sum (P_i \cdot durPos_i \cdot (cv_{Imp} - dCF / dE_{Credito} \cdot f_i) / ren_{Imp})$$

De la expresión anterior surge que a los efectos del despacho, el costo variable a considerar para despachar el contrato en esta fase es

$$(cv_{Imp} - dCF / dE_{Credito} \cdot f_i) / ren_{Imp}$$

En la fase de Devolución, el contrato ofrece potencias P_i (negativas pues son demandas) en cada poste del paso de tiempo, acotadas por la potencia máxima de exportación P_{MaxExp} . Se deberá cumplir para todo k la restricción:

$$0 \leq E_{Credito}[k] \leq E_{MaxImp}$$

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

$$\begin{aligned} E_{Credito}[k+1] &= E_{Credito}[k] + dE_{Credito}[k] \geq 0 \\ dE_{Credito}[k] &= - \sum (P_i[k] \cdot durPos_i \cdot ren_{exp}) \end{aligned}$$

Cuando finaliza la fase de Devolución se debe pagar el remanente de energía al costo de devolución ($cv_{Devolucion}$) para cancelar la deuda. El costo que agrega el actor a la función de costo global es la siguiente:

$$\begin{aligned} c[k] &= -cv_{exp} / ren_{exp} \cdot dE_{Credito}[k] + dCF / dE_{Credito} \cdot dE_{Credito}[k] \\ &\quad + u \cdot (EMaxImp - (E_{Credito}[k] + dE_{Credito}[k])) \cdot cv_{Devolucion} \\ &= (-cv_{exp} / ren_{exp} + dCF / dE_{Credito} - u \cdot cv_{Devolucion}) \cdot dE_{Credito}[k] + u \cdot (EMaxImp - E_{Credito}[k]) \cdot cv_{Devolucion} \end{aligned}$$

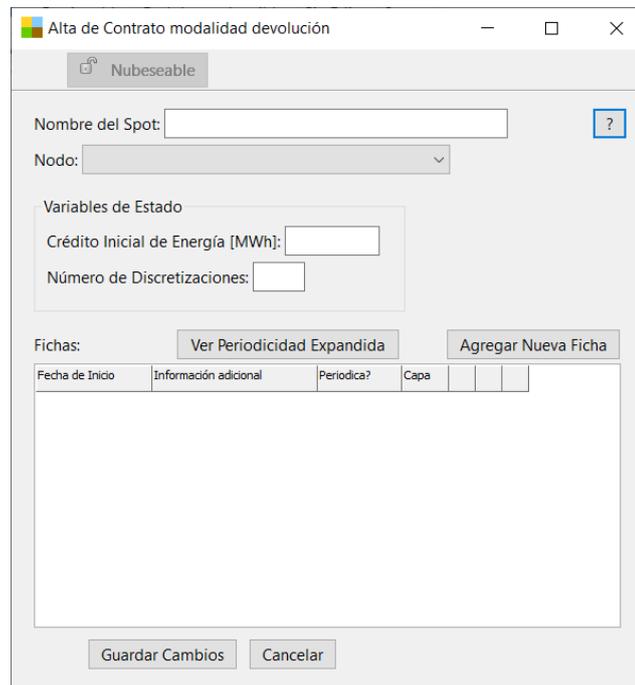
Siendo $u=1$ si el inicio del siguiente paso se encuentra fuera de la ventana de devolución y $u=0$ en caso contrario.

Sustituyendo $dE_{Credito}[k]$ en función de las P_i (las variables de control) queda:

$$c[k] = \sum \left(durPos_i \cdot ren_{exp} \cdot (cv_{exp} / ren_{exp} - dCF / dE_{Credito} + u \cdot cv_{Devolucion}) \cdot P_i \right) + u \cdot (E_{MaxImp} - E_{Credito}[k]) \cdot cv_{Devolucion}$$

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.

Se presenta a continuación la ficha de alta del Contrato Modalidad Devolución:



Las funcionalidades generales del Actor están descritas en el documento Características generales de los Actores.

14.2. Parámetros estáticos.

Los parámetros estáticos generales son el Nombre y Nodo de la Red Eléctrica a la cual se quiere asociar al Actor.

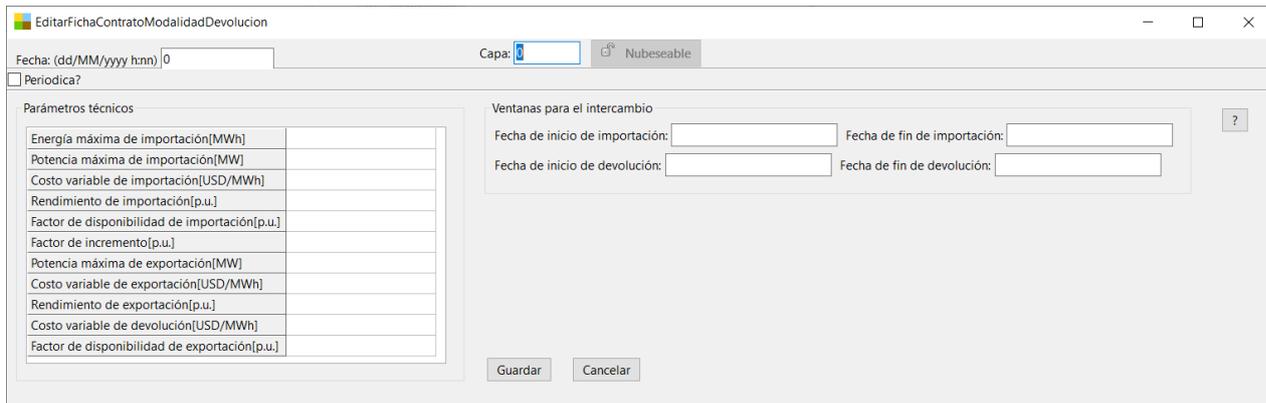
En el panel Variables de estado se debe especificar:

- Crédito Inicial de Energía: Diferencia en MWh entre el monto máximo de energía que es posible importar en el contrato menos la energía efectivamente importada al inicio de la simulación.
- Número de Discretizaciones: Número de puntos de discretización de la variable de estado considerados para la Optimización.

14.3. Parámetros dinámicos.

Los parámetros dinámicos del Actor se definen dentro del panel de Fichas, al agregar una nueva Ficha. Al instanciar una nueva Ficha de parámetros dinámicos se debe definir la fecha de inicio de validez de dicha Ficha y su periodicidad. Adicionalmente se debe especificar una lista de parámetros técnicos que definen las características del Actor.

El panel de alta de una Ficha se muestra a continuación:



Parámetros técnicos	
Energía máxima de importación[MWh]	
Potencia máxima de importación[MW]	
Costo variable de importación[USD/MWh]	
Rendimiento de importación[p.u.]	
Factor de disponibilidad de importación[p.u.]	
Factor de incremento[p.u.]	
Potencia máxima de exportación[MW]	
Costo variable de exportación[USD/MWh]	
Rendimiento de exportación[p.u.]	
Costo variable de devolución[USD/MWh]	
Factor de disponibilidad de exportación[p.u.]	

14.4. Variables Estado, de Control y Restricciones.

En el panel “Parámetros técnicos” se debe especificar:

- Energía máxima de importación: Monto máximo de energía en MWh que el Actor puede importar en esta modalidad.
- Potencia máxima de importación: Potencia máxima en MW que el Actor puede importar.
- Costo variable de importación: Costo en USD/MWh asociado a eventuales cargos por peajes y otros posibles cargos asociados a la importación.
- Rendimiento de importación: Pérdidas en p.u. asociadas a la importación de energía.
- Factor de disponibilidad de importación: Factor de disponibilidad en p.u. que determina el porcentaje del tiempo que el Actor se encuentra disponible (fuera de las ventanas de mantenimiento programado) cuando se encuentra en la fase de importación.
- Factor de incremento: Es el factor en p.u. que multiplica a la energía importada. Se debe devolver la energía importada multiplicada por el factor de incremento.
- Potencia máxima de exportación: Potencia máxima en MW que el Actor puede exportar.
- Costo variable de exportación: Costo en USD/MWh asociado a eventuales cargos por peajes y otros posibles cargos asociados a la exportación.

- Rendimiento de exportación: Pérdidas en p.u. asociadas a la exportación de energía.
- Costo variable de devolución: Costo variable o penalización en USD/MWh que se aplica a la energía que no haya sido devuelta cuando termina el período de devolución.
- Factor de disponibilidad de exportación: Factor de disponibilidad en p.u. que determina el porcentaje del tiempo que el Actor se encuentra disponible (fuera de las ventanas de mantenimiento programado) cuando se encuentra en la fase de exportación.

En el panel “Ventanas para el intercambio” se debe especificar:

- Fecha de inicio/fin de importación: Ventana de tiempo en la que el Actor puede importar energía.
- Fecha de inicio/fin de devolución: Ventana de tiempo en la que el Actor puede exportar o devolver la energía importada.

14.5. Variables publicadas para SimRes.

El Actor permite publicar las siguientes variables por poste o paso de tiempo:

Nombre	Unidades	Poste de tiempo	SR3	Descripción
cdp	USD	No	Si	Costos incurridos por la generación de energía.
IngresoPorDisponibilidad	USD	No	Si	Pagos recibidos por el actor por disponibilidad.
IngresoPorEnergía	USD	No	Si	Pagos adicionales recibidos por el actor por la energía despachada.
P	MW	Si	Si	Potencia inyectada al nodo.
ReservaRotante	MW	No	No	Reserva rotante.
cv_Spot	USD/MWh	No	No	Costo variable Spot.
Lambda_P	USD/MWh	No	No	Multiplicador de Lagrange de la restricción de caja.
ParticipacionSCS	USD	No	No	Participación en el Servicio de Confiabilidad del Sistema.
ForzamientoSCS	USD	No	No	Forzamiento en el Servicio de Confiabilidad del Sistema.
cv	USD/MWh	No	No	Costo variable resultante para el despacho del Actor.
E_Credito	MWh	No	No	Crédito de Energía disponible para la importación.
fase	[0,3]	No	No	Fase en la que se encuentra el Actor. 1 = Importación; 2= Devolución; 3=UltimoPasoDevolución; 0= Inerte.
dE_Credito	MWh	No	No	Crédito de Energía ganado o perdido en el paso de tiempo.
Disponible	1 o 0	No	No	Disponibilidad del Actor para importar o exportar energía: 1 = “Disponible”, 0 = “Indisponible”.

14.6. Variables Estado, de Control y Restricciones.

El Actor agrega una Variables de Estado al sistema:

- $E_{Credito}$: Diferencia en MWh entre el monto máximo de energía que es posible importar en el contrato menos la energía efectivamente importada.

El Actor agrega una Variable de Control para cada poste de tiempo i :

- P_i : Potencia inyectada o extraída del nodo de conexión por el Actor.

El Actor agrega las siguientes restricciones al problema de optimización:

- Restricción de potencia del nodo.

15. Spot de mercado postizado.

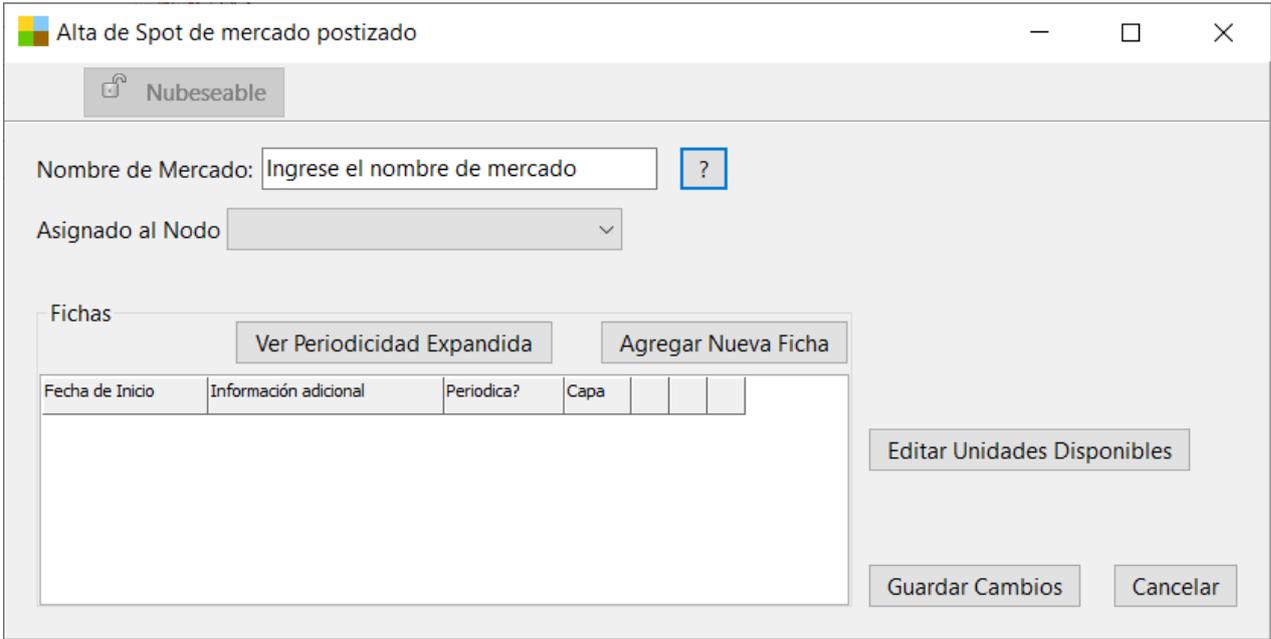
El Spot de mercado postizado es un Actor que pertenece al Grupo Internacional y Otros. Este Actor tiene la particularidad de poder entregar (importar) o retirar (exportar) energía del nodo al que se encuentra conectado, pudiendo especificarse precios y potencias diferentes para cada poste de tiempo.

15.1. Descripción del funcionamiento.

Para cada poste de tiempo se debe especificar una fuente de precios del mercado y un rango de potencias de intercambio con el nodo de conexión a la red. 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.

El Actor posibilita modelar mecanismos de protección de los mercados por topes de costos marginales.

Se presenta a continuación la ficha de alta del Spot de Mercado Postizado:



Alta de Spot de mercado postizado

Nubeseable

Nombre de Mercado: ?

Asignado al Nodo

Fichas

Ver Periodicidad Expandida Agregar Nueva Ficha

Fecha de Inicio	Información adicional	Periodica?	Capa			

Editar Unidades Disponibles

Guardar Cambios Cancelar

Las funcionalidades generales del Actor están descritas en el documento Características generales de los Actores.

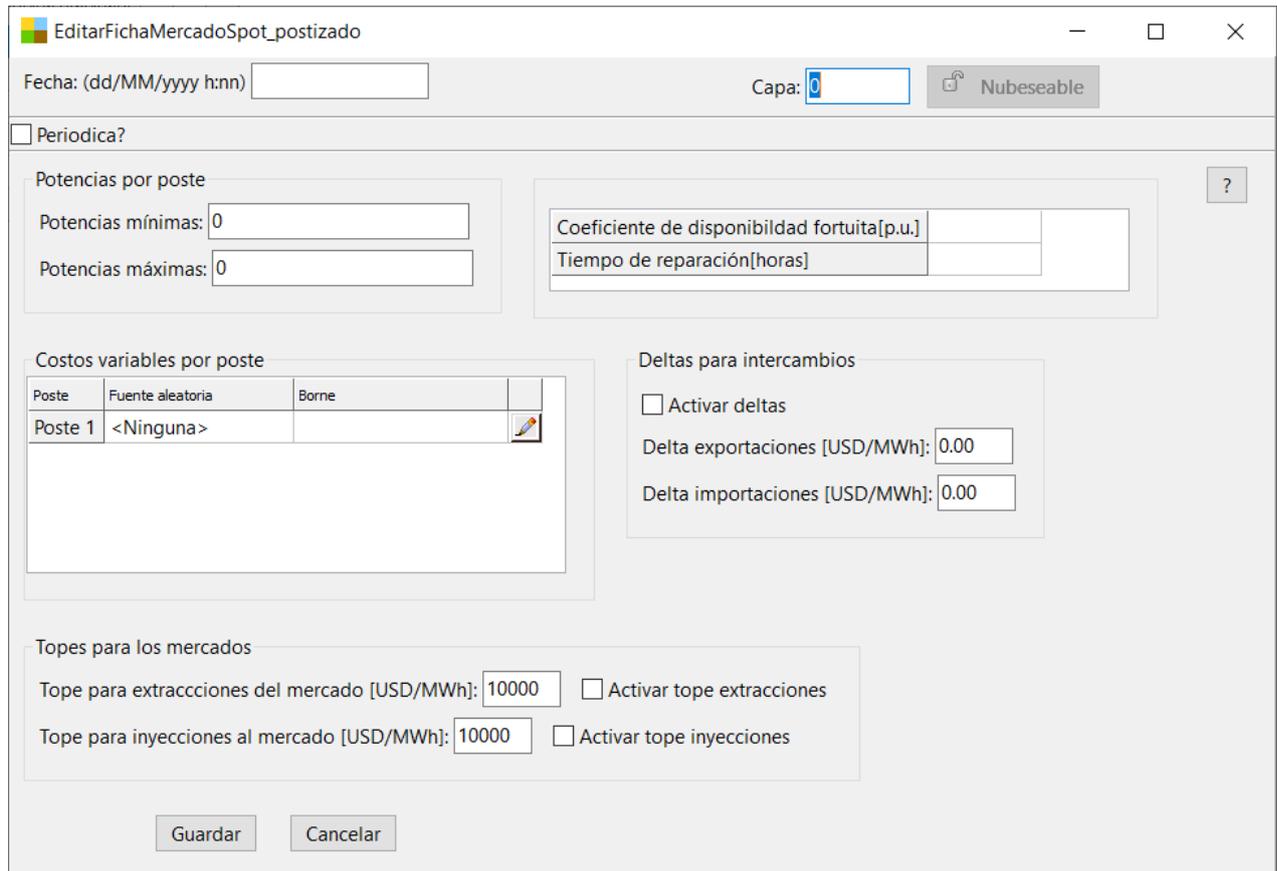
15.2. Parámetros estáticos.

Los parámetros estáticos generales son el Nombre y Nodo de la Red Eléctrica a la cual se quiere asociar al Actor.

15.3. Parámetros dinámicos.

Los parámetros dinámicos del Actor se definen dentro del panel de Fichas, al agregar una nueva Ficha. Al instanciar una nueva Ficha de parámetros dinámicos se debe definir la fecha de inicio de validez de dicha Ficha y su periodicidad. Adicionalmente se debe especificar una lista de parámetros técnicos que definen las características del Actor.

El panel de alta de una Ficha se muestra a continuación:



Editar Ficha Mercado Spot postizado

Fecha: (dd/MM/yyyy h:nn) Capa: Nubeseable

Periodica?

Potencias por poste

Potencias mínimas:

Potencias máximas:

Coeficiente de disponibilidad fortuita [p.u.]

Tiempo de reparación [horas]

Costos variables por poste

Poste	Fuente aleatoria	Borne
Poste 1	<Ninguna>	

Deltas para intercambios

Activar deltas

Delta exportaciones [USD/MWh]:

Delta importaciones [USD/MWh]:

Topes para los mercados

Tope para extracciones del mercado [USD/MWh]: Activar tope extracciones

Tope para inyecciones al mercado [USD/MWh]: Activar tope inyecciones

Guardar Cancelar

En el panel Potencias por poste se debe especificar:

- **Potencias mínimas:** Valores mínimos (negativos) de potencia en MW que el actor puede intercambiar con el nodo al cual está conectado. Se deben ingresar los datos separados por ";" (punto y coma). Los valores deben ser menores o iguales a cero para que el actor pueda retirar (exportar) energía del nodo al que está conectado. Los valores absolutos de las potencias mínimas son por tanto la potencia máxima que el nodo puede exportar al mercado.
- **Potencias máximas:** Valores máximos de potencia en MW que el actor puede intercambiar con el nodo al cual está conectado. Se deben ingresar los datos separados por ";" (punto y coma). Los valores deben ser mayores o iguales a cero para que el actor pueda inyectar energía al nodo al cual está conectado. Los valores ingresados son por tanto las potencias máximas que el nodo puede importar del mercado.

En el panel Costos variables por poste se debe especificar:

- Tabla costos variables por poste: Se debe ingresar una fuente aleatoria y borne de la misma para modelar el precio de mercado en USD/MWh de cada poste de tiempo.

En el panel Topes para los mercados se debe especificar:

- Tope para Extracciones del Mercado: Precio máximo en USD/MWh al cual está dispuesto a exportar el mercado al nodo de conexión a la red. Si el precio del mercado es superior al tope de extracciones se anula la potencia máxima de intercambio. Para que este mecanismo esté activo hay que marcar el casillero "Activar Tope Extracciones". Este parámetro tiene 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.
- Tope para Inyecciones al Mercado: Precio máximo en USD/MWh al cual está dispuesto a exportar el nodo de conexión a la red al mercado. Si el precio del Mercado Spot es superior al Tope para inyecciones se baja al valor del Tope para que el mercado no esté dispuesto a pagar más que dicho valor. Para que este mecanismo esté activo hay que marcar el casillero "Activar tope inyecciones". Este parámetro 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 no existan incoherencias debe cumplirse que $\text{TopeExtracciones} \leq \text{TopeInyecciones}$.

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

En el panel Deltas para intercambios se debe especificar:

- Delta exportaciones: Valor en USD/MWh que debe superar la diferencia entre el costo variable del Mercado y el costo marginal del nodo para que la exportación (que fluya energía del nodo al mercado) suceda.
- Delta importaciones: Valor en USD/MWh que debe superar la diferencia entre el costo marginal del nodo y el costo variable del Mercado para que la importación (que fluya del Mercado al nodo) suceda.

Para que se activen los Deltas de los intercambios se debe marcar el casillero "Activar deltas".

Parámetros generales:

- Coeficiente de disponibilidad fortuita: Es el factor de disponibilidad en p.u. y determina que porcentaje del tiempo el Actor se encuentra en servicio y operativo fuera de las ventanas de mantenimiento programado.

- Tiempo de reparación: Es el tiempo medio de reparación en horas que necesita el Actor para volver a estar en servicio luego de un evento de falla fortuita.

15.4. Variables publicadas para SimRes.

El Actor permite publicar las siguientes variables por poste o paso de tiempo:

Nombre	Unidades	Poste de tiempo	SR3	Descripción
cdp	USD	No	Si	Costos incurridos por la generación de energía. En caso de estar activados los DeltaIntercambios, Si la $P > 0$ (esto es el Mercado inyecta energía al nodo al que está conectado, se computa el costo como la energía valorizada al costo variable del mercado más el delta Importación. Si $P < 0$ (esto es el Mercado retira energía del nodo al que está conectado), se computa el costo (es negativo porque que es un ingreso) como la Energía multiplicada por el costo marginal del nodo más el delta Exportador.
IngresoPorDisponibilidad	USD	No	Si	Pagos recibidos por el actor por disponibilidad.
IngresoPorEnergía	USD	No	Si	Pagos adicionales recibidos por el actor por la energía despachada.
P	MW	Si	Si	Potencia inyectada al nodo.
ReservaRotante	MW	No	No	Reserva rotante.
cv_Spot	USD/MWh	No	No	Costo variable Spot.
Lambda_P	USD/MWh	No	No	Multiplicador de Lagrange de la restricción de caja.
ParticipacionSCS	USD	No	No	Participación en el Servicio de Confiabilidad del Sistema.
ForzamientoSCS	USD	No	No	Forzamiento en el Servicio de Confiabilidad del Sistema.
Costo	USD	Si	Si	Costo total incurrido por el actor debido al intercambio de energía con el nodo de conexión a la red. Corresponde al cdp pero abierto por Poste.
cv	USD/MWh	No	Si	Precio del Mercado Spot.
NMaquinasDisponibles	u	No	Si	Cantidad de máquinas disponibles en el paso de tiempo.
otroMercado_BeneficiosImpo	USD	Si	Si	Beneficio económico del nodo por las exportaciones hacia el Mercado. Es la energía multiplicada por la diferencia entre el costo variable del mercado y el Precio del intercambio. El precio del intercambio se calcula como el costo marginal del nodo más el Delta Exportador.
otroMercado_BeneficiosExpo	USD	Si	Si	Beneficio económico del Mercado por las exportaciones hacia el nodo. Es la energía (entregada al nodo) multiplicada por el Delta Importación.

15.5. Variables Estado, de Control y Restricciones.

El Actor no agrega Variables de Estado al sistema.

El Actor agrega dos Variables de Control para cada poste de tiempo i :

- $P_{i_{nodo \rightarrow Mercado}}$: Potencia entregada por el nodo al Mercado.
- $P_{i_{Mercado \rightarrow nodo}}$: Potencia entregada por el Mercado al nodo.

El Actor agrega las siguientes restricciones al problema de optimización:

- Restricción de potencia del nodo.

16. Banco de Baterías

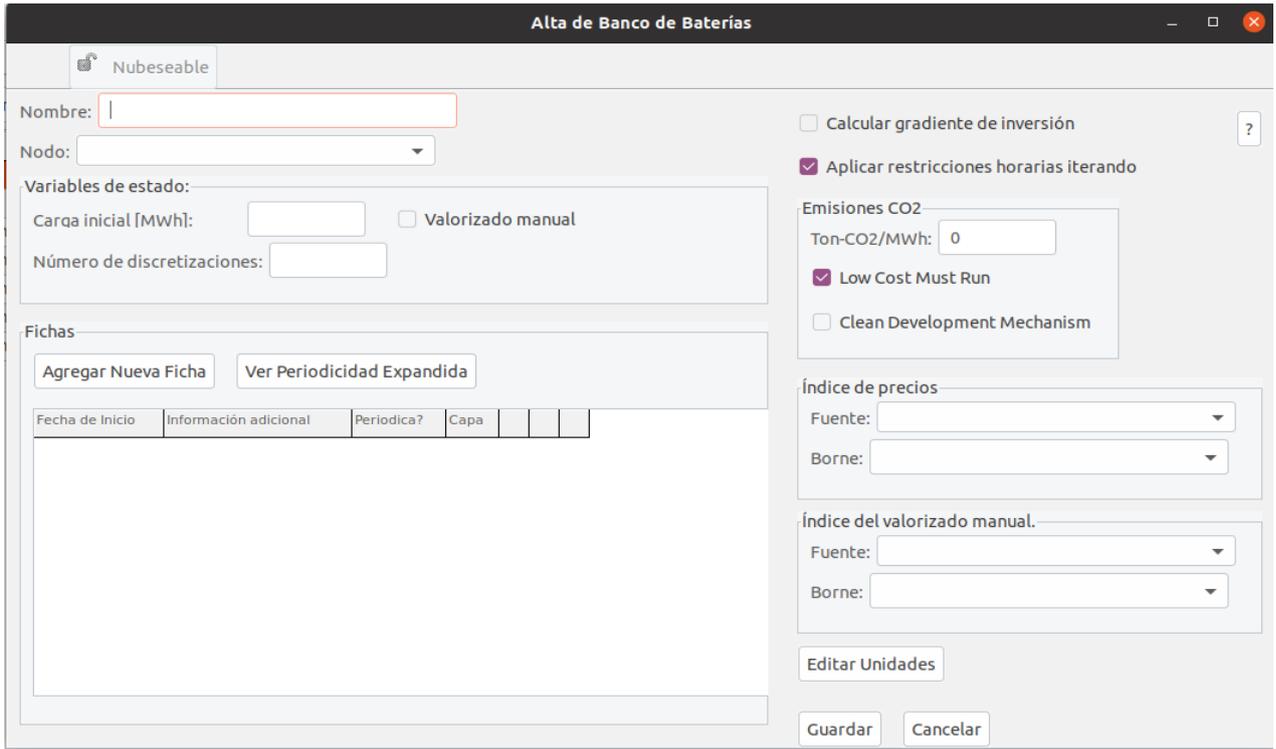
El Banco de Baterías es un Actor que pertenece al Grupo Internacional y Otros. Este Actor sirve para modelar sistemas de microgeneración con bancos de baterías. Este tipo de actor puede consumir energía del sistema (Red Eléctrica), almacenar la energía y posteriormente entregar la energía almacenada a la Red.

El modelo desarrollado permite optimizar la operación del Banco de Baterías calculando el Valor de la Energía Almacenada (dándole un tratamiento similar a un embalse) o puede utilizar Valorización Manual (marcando el casillero que se presenta en el formulario principal). Si no se marca Valorizado Manual, el Banco de Baterías, agrega una variable de estado representando la energía almacenada.

Internamente, el Actor al leer la solución del despacho, en Salas con Postes, realiza un seguimiento de la evolución del estado de carga durante las horas del paso de tiempo, teniendo en cuenta el Poste de cada hora del paso de tiempo. Controla si el estado de carga intenta ir por debajo de cero (del volumen útil) o por encima del máximo y de ser así, solicita iterar y el paso de tiempo. Para el planteo de la resolución de la iteración solicitada, afecta las restricciones de caja de la potencia máxima de carga o descarga.

16.1. Descripción del funcionamiento.

Se presenta a continuación la ficha de alta del Banco de Baterías:



Las funcionalidades generales del Actor están descritas en el documento Características generales de los Actores.

16.2. **Parámetros estáticos.**

Los parámetros estáticos generales son el Nombre y Nodo de la Red Eléctrica a la cual se quiere asociar al Actor.

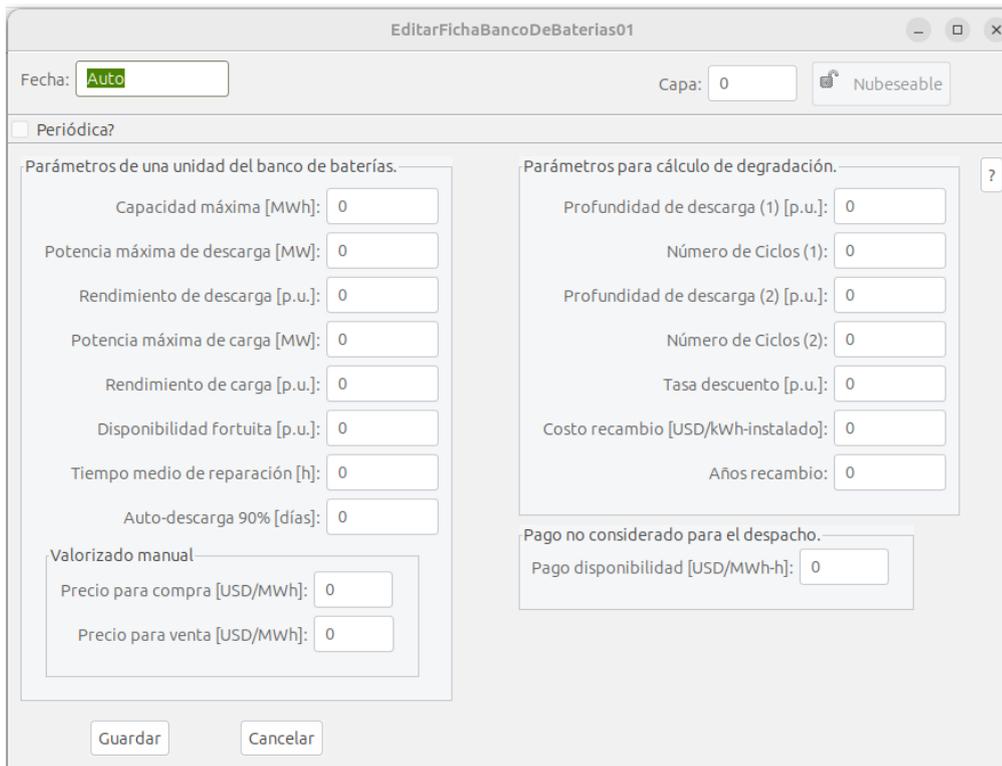
En el panel Variables de estado se debe especificar:

- **Carga inicial:** Energía almacenada en el Banco de Baterías en MWh al inicio de la simulación.
- **Numero de discretizaciones:** Cantidad de discretizaciones de la variable de estado (Energía Almacenada).
- **Valorizado manual:** Si se marca este casillero se debe fijar en las fichas de parámetros dinámicos el valor en USD/MWh de la energía almacenada en la batería. En caso contrario, el valor de la energía almacenada es obtenido a partir de la optimización.
- **Índice de precios:** Indexa el costo de recambio especificado en los parámetros dinámicos. Permite considerar así variaciones en el precio de la tecnología.
- **Índice del valorizado manual:** Indexa el valor de la energía especificado en los parámetros dinámicos.

16.3. Parámetros dinámicos.

Los parámetros dinámicos del Actor se definen dentro del panel de Fichas, al agregar una nueva Ficha. Al instanciar una nueva Ficha de parámetros dinámicos se debe definir la fecha de inicio de validez de dicha Ficha y su periodicidad. Adicionalmente se debe especificar una lista de parámetros técnicos que definen las características del Actor.

El panel de alta de una Ficha se muestra a continuación:



En el panel “Parámetros de una unidad del banco de baterías” se debe especificar:

- Capacidad Máxima ($CapMax$): Energía máxima en MWh que puede almacenar la batería.
- Potencia máxima de descarga: Potencia máxima en MW que el Banco de Baterías puede inyectar a la red.
- Rendimiento de descarga: Rendimiento en p.u. de la batería al inyectar energía a la red.
- Potencia máxima de carga: Potencia máxima en MW que el Banco de Baterías puede extraer de la red.
- Rendimiento de carga: Rendimiento en p.u. de la batería al extraer energía de la red.
- Disponibilidad fortuita: Es el factor de disponibilidad en p.u. y determina que porcentaje del tiempo dicho Actor se encuentra en servicio y operativo fuera de las ventanas de mantenimiento programado.

- Tiempo medio de reparación: Es el tiempo medio de reparación en horas que necesita el Actor para volver a estar en servicio luego de un evento de falla fortuita.
- Precio de Compra y Precio de Venta en USD/MWh son utilizados si se marca el casillero “Valorizado manual”. Si no se marca dicho casillero el valor de la energía almacenada es obtenido a partir de la optimización. Con el Valorizado Manual activado, cuando el costo marginal del sistema sea inferior al precio de Compra, el Banco de Baterías comprará energía del sistema para cargarse y cuando el costo marginal del sistema sea superior al Precio de Venta, el Banco de Batería venderá energía al sistema.

En el panel “Parámetros para cálculos de degradación” se debe especificar:

- Profundidad de descarga (1) (PD_{EC1}): Profundidad de la descarga de la Batería en p.u. de la capacidad total durante el primer ensayo de ciclado.
- Numeros de Ciclos (1) (NC_{EC1}): Cantidad de ciclos del primer ensayo de ciclado.
- Profundidad de descarga (2) (PD_{EC2}): Profundidad de la descarga de la Batería en p.u. de la capacidad total durante el segundo ensayo de ciclado.
- Numeros de Ciclos (2) (NC_{EC2}): Cantidad de ciclos del segundo ensayo de ciclado.
- Años recambio ($N_{AñosRecambio}$): Cantidad de años considerada para el recambio de la Batería.
- Tasa descuento (α): Es la tasa de descuento anual en p.u. considerada para el recambio de la Batería. El factor de actualización anual se calcula como: $q=1/(1+\alpha)$
- Costo recambio ($costo_{USD/kWh_{inst}}$): Costo en $USD/kWh_{instalado}$ considerada para el recambio de las Baterías debido la degradación de las mismas.

En el panel "Pago no considerado para el despacho" se especifica:

- Pago por disponibilidad. Es el pago en en $USD/MWh_{disponible}$. Este pago no es considerado en el despacho.

A continuación se describen los fundamentos del cálculo de degradación.

Se estima una anualidad por el recambio de las baterías debido a su degradación según la ec.16.

$$costo_{USD/MWh_{inst}/Año} = \frac{costo_{USD/kWh_{inst}} \times 1000}{\frac{1 - q^{N_{AñosRecambio}}}{1 - q}}$$

ec.16 Costo en USD/MWh/Año por el recambio de las baterías.

El costeo por el recambio de las Baterías se divide en 2 partes: el 10 % independiente del uso de la batería (CF_{deg}) y el restante 90 % (CV_{deg}) por el uso de la misma.

El costo fijo CF_{deg} en USD por hora por MWh instalado se puede expresar según la ec.17.

$$CF_{deg} = 0.1 \frac{costo_{USD/MWh_{inst}/Año}}{8760}$$

ec.17 Costo fijo por la degradación de las baterías en USD/MWhinst/hora

El costo variable CV_{deg} en USD por MWh instalado se puede expresar según la ec.17.

$$CV_{deg} = 0.9 costo_{USD/MWh_{inst}/Año} N_{AñosRecambio}$$

ec.18 Costo variable por la degradación de las baterías en USD/MWhinst

Se calcula el costo variable en USD por MWh entregado o consumido, suponiendo que la Batería pasa de un estado de carga X_1 a un estado de carga X_2 , de acuerdo a la ec.19.

$$cv_{deg} = CV_{deg} C_{Max} Deg(X_1, X_2)$$

ec.19 Costo variable por la degradación de las baterías en USD/MWh.

La función $Deg(X_1, X_2)$ (ec.20) estima la porción de vida perdida por pasar del estado de carga X_1 al estado de carga X_2 .

$$Deg(X_i, X_j) = |(u_i^\beta - u_j^\beta)|^\gamma$$

$$u_i = \left(\frac{C_{Max} - X_i}{C_{Max}}\right); u_j = 0 \text{ si } u_j = 0$$

ec.20 Función considerada para la degradación de las baterías.

El parámetro γ se obtiene a partir de los ensayos de ciclado de acuerdo a la ec.21

$$\gamma = \frac{e^{-\alpha}}{2}$$

$$\alpha = \ln(NC_{EC2}) + \beta \cdot \ln(PD_{EC2})$$

$$\beta = \frac{-(\ln(NC_{EC2}) - \ln(NC_{EC1}))}{(\ln(PD_{EC2}) - \ln(PD_{EC1}))}$$

ec.21 Parámetros de degradación de las baterías obtenidos a partir de los ensayos de ciclado.

16.4. Variables publicadas para SimRes.

El Actor permite publicar las siguientes variables por poste o paso de tiempo:

Nombre	Unidades	Poste de tiempo	SR3	Descripción
cdp	USD	No	Si	Costos incurridos por la generación de energía.
IngresoPorDisponibilidad	USD	No	Si	Pagos recibidos por el actor por disponibilidad.
IngresoPorEnergía	USD	No	Si	Pagos adicionales recibidos por el actor por la energía despachada.
P	MW	Si	Si	Potencia inyectada al nodo.
ReservaRotante	MW	No	No	Reserva rotante.
cv_Spot	USD/MWh	No	No	Costo variable Spot.
Lambda_P	USD/MWh	No	No	Multiplicador de Lagrange de la restricción de caja.
ParticipacionSCS	USD	No	No	Participación en el Servicio de Confiabilidad del Sistema.
ForzamientoSCS	USD	No	No	Forzamiento en el Servicio de Confiabilidad del Sistema.
E*cmg	USD	No	Si	Energía valorizada al Costo Marginal de Generación (Si se selecciona gradiente de inversión).
GradInv	-	No	Si	Gradiente de inversión.
PGen	MW	Si	No	Potencia inyectada al nodo de conexión.
PDem	MW	Si	No	Potencia extraída del nodo de conexión.
cv_MWh	USD/MWh	No	No	Valor de la energía almacenada en la batería.
X_Carga	MWh	No	No	Energía almacenada en la batería.
NMaquinasDisponibles	u	NO	Si	Cantidad de máquinas disponibles en el paso de tiempo.
cfRecambio_USD_MWh_instalado_PorPasoT	USD/MWhinst	No	No	Costo fijo por la degradación de las baterías.
cvDegDem	USD/MWh	No	No	Costo variable por la degradación de la batería actuando como Demanda.
cvDegGen	USD/MWh	No	No	Costo variable por la degradación de la batería actuando como Generador.

16.5. Variables Estado, de Control y Restricciones.

El Actor agrega una Variables de Estado al sistema:

- X_{Carga} : Energía almacenada en el Banco de Baterías por paso de tiempo.

El Actor agrega dos Variables de Control para cada poste de tiempo i :

- P_{iGen} : Potencia inyectada al nodo de conexión por el Banco de Baterías.
- P_{iDem} : Potencia extraída del nodo de conexión por el Banco de Baterías.

El Actor agrega las siguientes restricciones al problema de optimización:

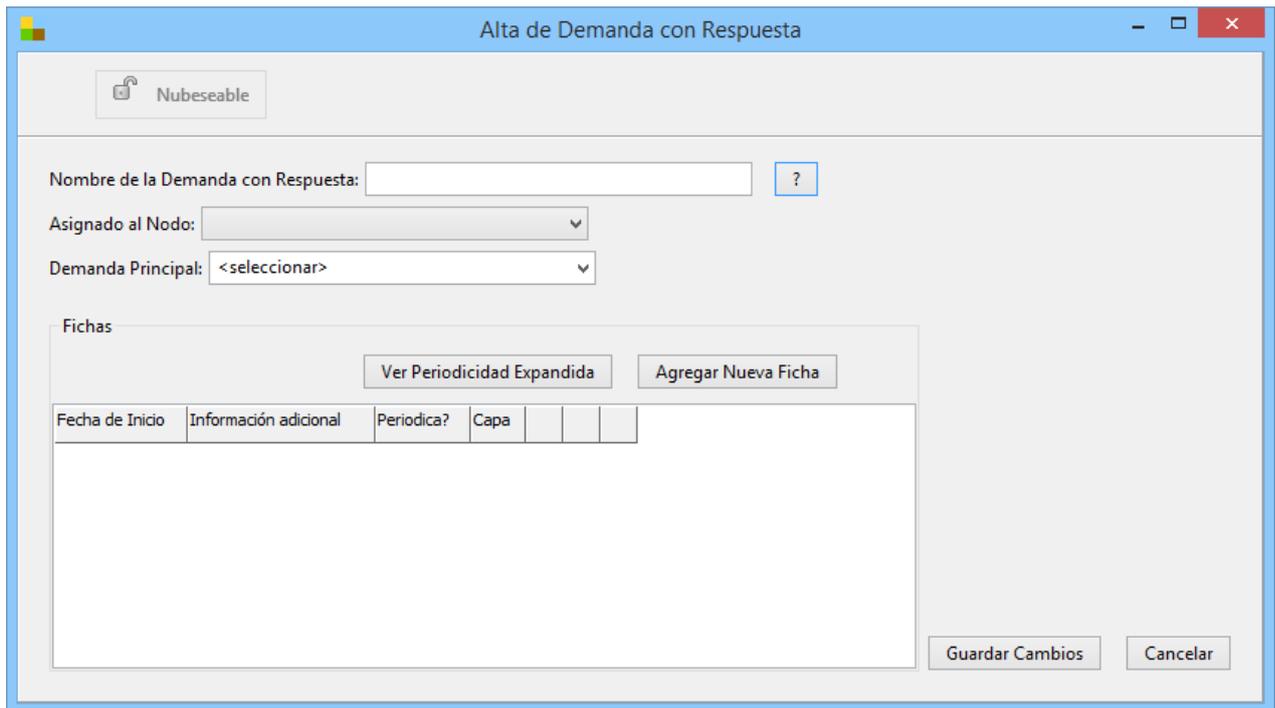
- Restricción de potencia del nodo.

17. Demanda con Respuesta.

El Actor Demanda con Respuesta pertenece al Grupo Internacional y Otros. Este Actor posibilita el desplazamiento o gestión de la demanda entre los distintos postes de tiempo con el objetivo de maximizar el beneficio económico. Se debe especificar una demanda base, el porcentaje que puede ser gestionable de dicha demanda y la utilidad obtenida por la potencia demandada en cada poste de tiempo. La energía demandada no varía por la inclusión de este actor, el Actor solo modifica la distribución de la misma en los distintos postes del paso de tiempo. La demanda gestionable se distribuye entre los distintos postes de tiempo en función y como respuesta a los costos de generación y utilidades obtenidas.

17.1. Descripción del funcionamiento.

Se presenta a continuación la ficha de alta de la Demanda con Respuesta:



Alta de Demanda con Respuesta

Nubeseable

Nombre de la Demanda con Respuesta: ?

Asignado al Nodo:

Demanda Principal:

Fichas

Ver Periodicidad Expandida Agregar Nueva Ficha

Fecha de Inicio	Información adicional	Periodica?	Capa			

Guardar Cambios Cancelar

Las funcionalidades generales del Actor están descritas en el documento Características generales de los Actores.

17.2. Parámetros estáticos.

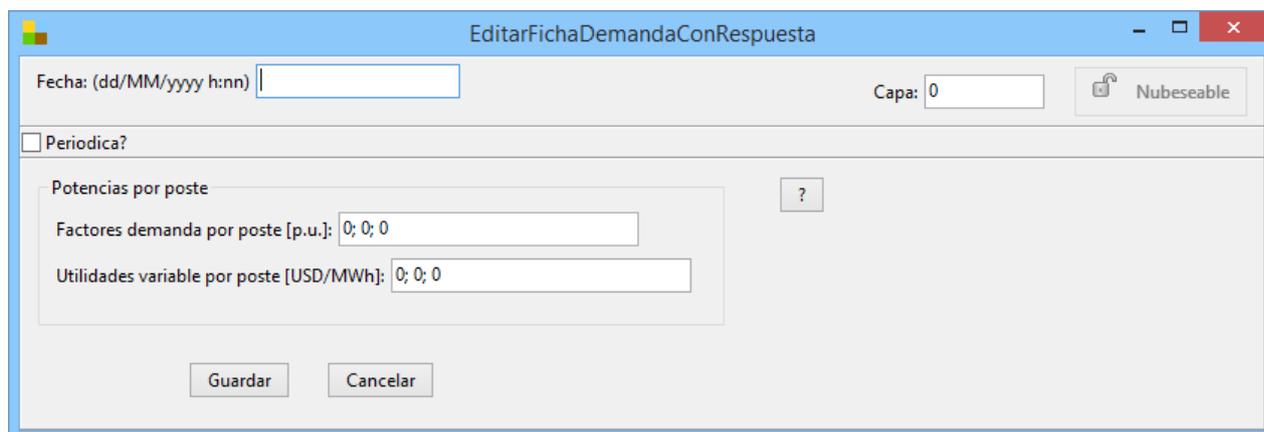
Los parámetros estáticos generales son el Nombre y Nodo de la Red Eléctrica a la cual se quiere asociar al Actor.

En el campo “Demanda Principal” se debe seleccionar la demanda base que será considerada para realizar la gestión de la demanda.

17.3. Parámetros dinámicos.

Los parámetros dinámicos del Actor se definen dentro del panel de Fichas, al agregar una nueva Ficha. Al instanciar una nueva Ficha de parámetros dinámicos se debe definir la fecha de inicio de validez de dicha Ficha y su periodicidad. Adicionalmente se debe especificar una lista de parámetros técnicos que definen las características del Actor.

El panel de alta de una Ficha se muestra a continuación:



En el panel “Potencias por poste” se debe especificar:

- Factores Demanda Por Poste: Porcentaje de la Demanda Principal que puede ser gestionada en cada poste de tiempo. Se deben ingresar los valores separados por “;”.
- Utilidades variable por poste: Utilidad en USD/MWh que obtiene el actor por generar cada MWh en cada uno de los postes de tiempo. Se deben ingresar los valores separados por “;”.

17.4. Variables publicadas para SimRes.

El Actor permite publicar las siguientes variables por poste o paso de tiempo:

Nombre	Unidades	Poste de tiempo	SR3	Descripción
cdp	USD	No	Si	Costos incurridos por la generación de energía.
IngresoPorDisponibilidad	USD	No	Si	Pagos recibidos por el actor por disponibilidad.
IngresoPorEnergía	USD	No	Si	Pagos adicionales recibidos por el actor por la energía despachada.
P	MW	Si	Si	Potencia inyectada al nodo.
ReservaRotante	MW	No	No	Reserva rotante.

cv_Spot	USD/MWh	No	No	Costo variable Spot.
Lambda_P	USD/MWh	No	No	Multiplicador de Lagrange de la restricción de caja.
ParticipacionSCS	USD	No	No	Participación en el Servicio de Confiabilidad del Sistema.
ForzamientoSCS	USD	No	No	Forzamiento en el Servicio de Confiabilidad del Sistema.
UtilidadDirectaDelpaso	USD	No	No	Ingresos por las potencias demandadas, valorizadas según la utilidad de cada poste.
pdpp	MW	Si	No	Potencias demandadas por el Actor según el despacho óptimo.
pgpp	MW	Si	No	Demanda gestionable por poste de tiempo. Se determina a partir de los factores de participación en la demanda principal.

17.5. Variables Estado, de Control y Restricciones.

El Actor no agrega Variables de Estado al sistema.

El Actor agrega una Variable de Control:

- P_i : Potencia extraída del nodo por poste de tiempo i .

El Actor agrega las siguientes restricciones al problema de optimización:

- Restricción de potencia del nodo.
- Restricción de balance de energía despachada en el paso de tiempo:

$$\sum_{i=1}^{NPostes} P_i \cdot DurPos_i = \sum_{i=1}^{NPostes} Dem_i \cdot fdpp_i \cdot DurPos_i$$

. Siendo $DurPos_i$ la duración del poste de tiempo, Dem_i la demanda y $fdpp_i$ el porcentaje de demanda gestionable en el poste de tiempo i .

18. Red suministro combustible y actores.

TCombustible

TNodoCombustible

TArcoCombustible

TSuministroSimpleCombustible

TRegasificadora

TDemandaCombustibleAnioBaseEIndices

TGSimple_BiCombustible

TGSimple_MonoCombustible

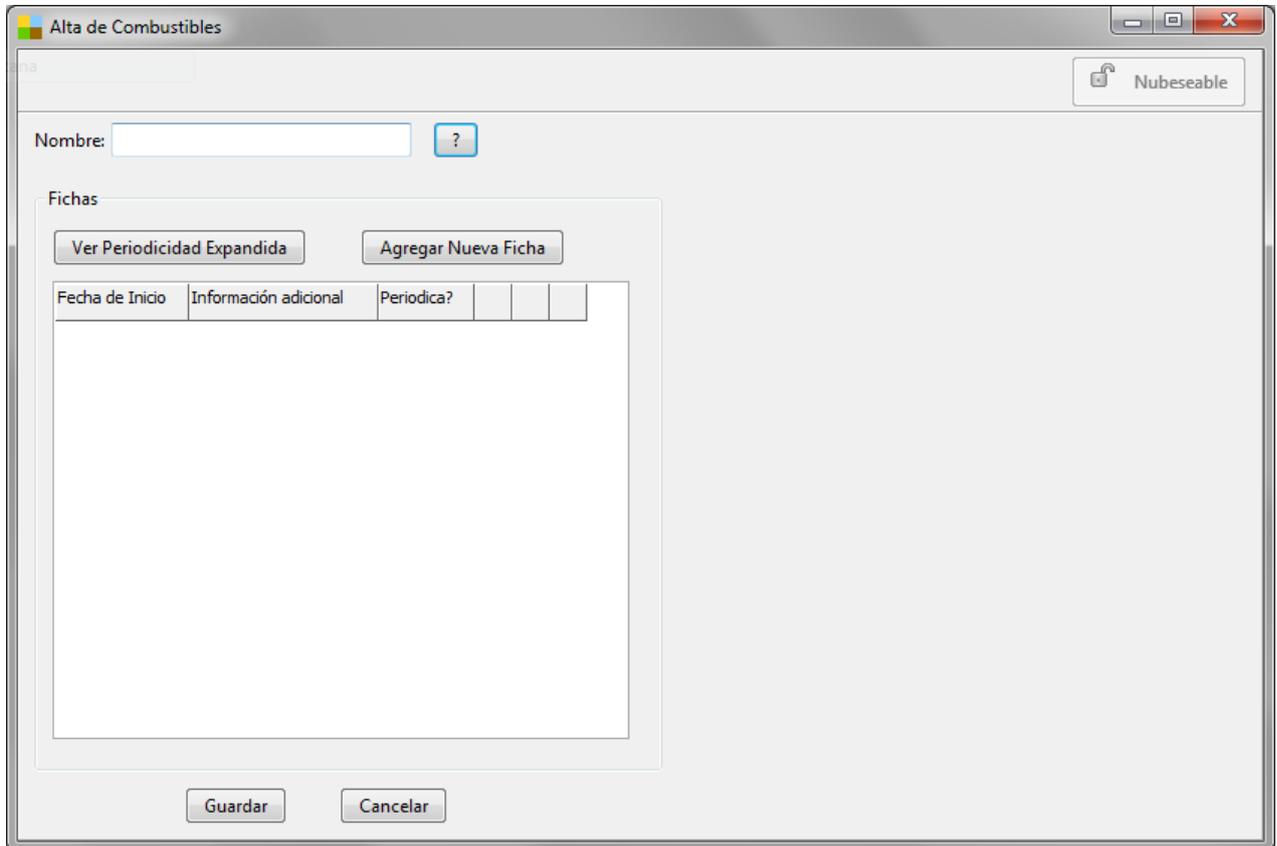
TGTer_combinado_horario

18.1. **Combustible.**

El Combustible es una Entidad independiente que se utiliza para construir una Red de Combustibles. Para definir una Red de Combustible se deben especificar en primera instancia cuáles son los diferentes combustibles que se quieren modelar y posteriormente los actores que interaccionan en la misma.

18.1.a) **Descripción del funcionamiento.**

Se presenta a continuación la ficha de alta del Combustible:



Nombre: ?

Fichas

Ver Periodicidad Expandida Agregar Nueva Ficha

Fecha de Inicio	Información adicional	Periodica?			

Guardar Cancelar

En la misma debe especificarse el Nombre del combustible. La Entidad cuenta con un panel de Fichas junto con el resto de funcionalidades generales de los Actores, las cuales están descritas en el **documento Características generales de los Actores.**

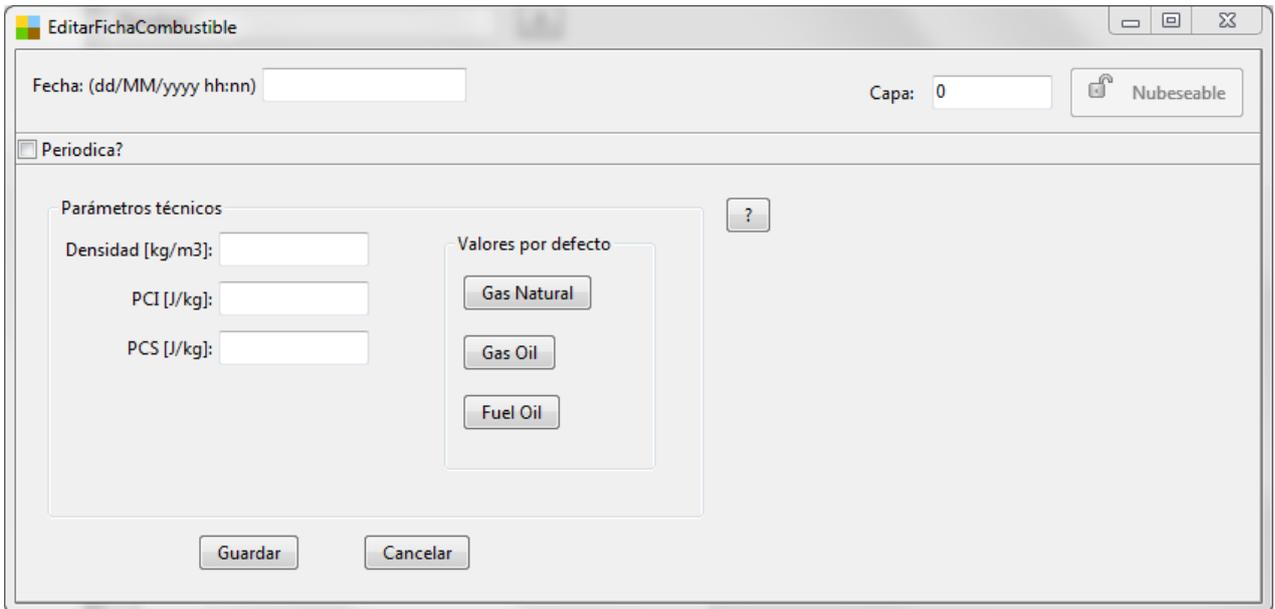
18.1.b) Parámetros estáticos.

El único parámetro estático es el Nombre del combustible.

18.1.c) Parámetros dinámicos.

Los parámetros dinámicos de la Entidad se definen dentro del panel de Fichas, al agregar una nueva Ficha. En la nueva Ficha de parámetros dinámicos se debe definir la fecha de inicio de validez de dicha Ficha y su periodicidad. Adicionalmente se debe especificar una lista de parámetros técnicos que definen las características del Elemento.

El panel de alta de una Ficha se muestra a continuación:



Los parámetros técnicos a especificar son:

- Densidad: Densidad del combustible en kg/m^3 .
- PCI: Poder Calorífico Inferior.
- PCS: Poder Calorífico Superior.

Valores por defecto: permite cargar los valores por defecto de los combustibles más usuales (Gas Natural, Gas Oil y Fuel Oil).

18.1.d) Variables publicadas para SimRes

La Entidad no publica variables en el SimRes.

18.1.e) Variables de Estado, de Control y Restricciones.

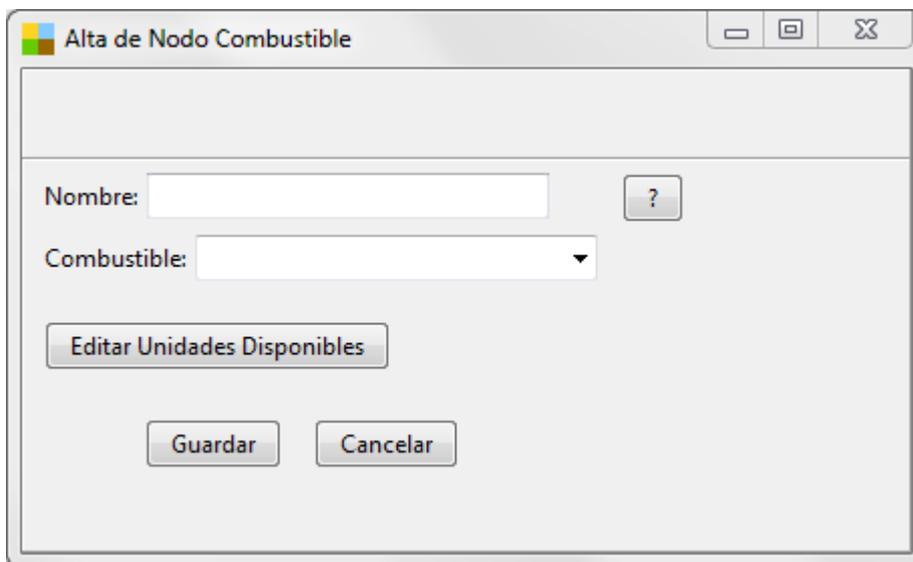
La Entidad no introduce Variables de Estado, ni de control ni restricciones al problema de optimización.

18.2. **Nodo Combustible.**

El Nodo de Combustible es un Actor perteneciente a la Red de Combustibles. El Actor representa un punto de conexión para suministrar o consumir combustible.

18.2.a) **Descripción del funcionamiento.**

Se presenta a continuación la ficha de alta del Nodo Combustible:



En la misma debe especificarse el Nombre y el Combustible que puede ser suministrado o consumido (la lista desplegable permite elegir entre los Elementos Combustibles previamente definidos en la solapa Combustibles). El Actor cuenta con un panel de Fichas junto con el resto de funcionalidades generales de los Actores, las cuales están descritas en el **documento Características generales de los Actores.**

18.2.b) **Parámetros estáticos.**

Los parámetros estáticos son el Nombre y el Combustible asociado, previamente creado.

18.2.c) **Parámetros dinámicos.**

El Actor no tiene parámetros dinámicos, ya que sus parámetros no varían durante la simulación.

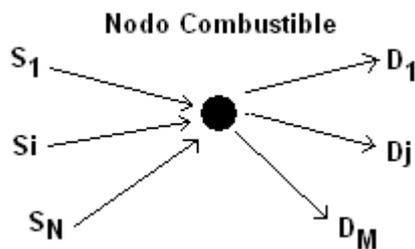
18.2.d) Variables publicadas para SimRes.

El Actor no publica variables en el SimRes.

18.2.e) Variables Estado, de Control y Restricciones.

El Actor no introduce Variables de Estado, ni de control al problema de optimización.

El Actor introduce una restricción de igualdad a ser respetada en cada poste de tiempo k . Se debe cumplir instantáneamente que el balance de entrada y salida de combustible sea cero, como se muestra en la ec.1.



$$\sum_{i=1}^{i=N} S_i - \sum_{j=1}^{j=M} D_j = 0$$

ec.1 Balance en el Nodo Combustible en el poste de tiempo k .

Dónde:

S_i : Suministro i de combustible al Nodo Combustible.

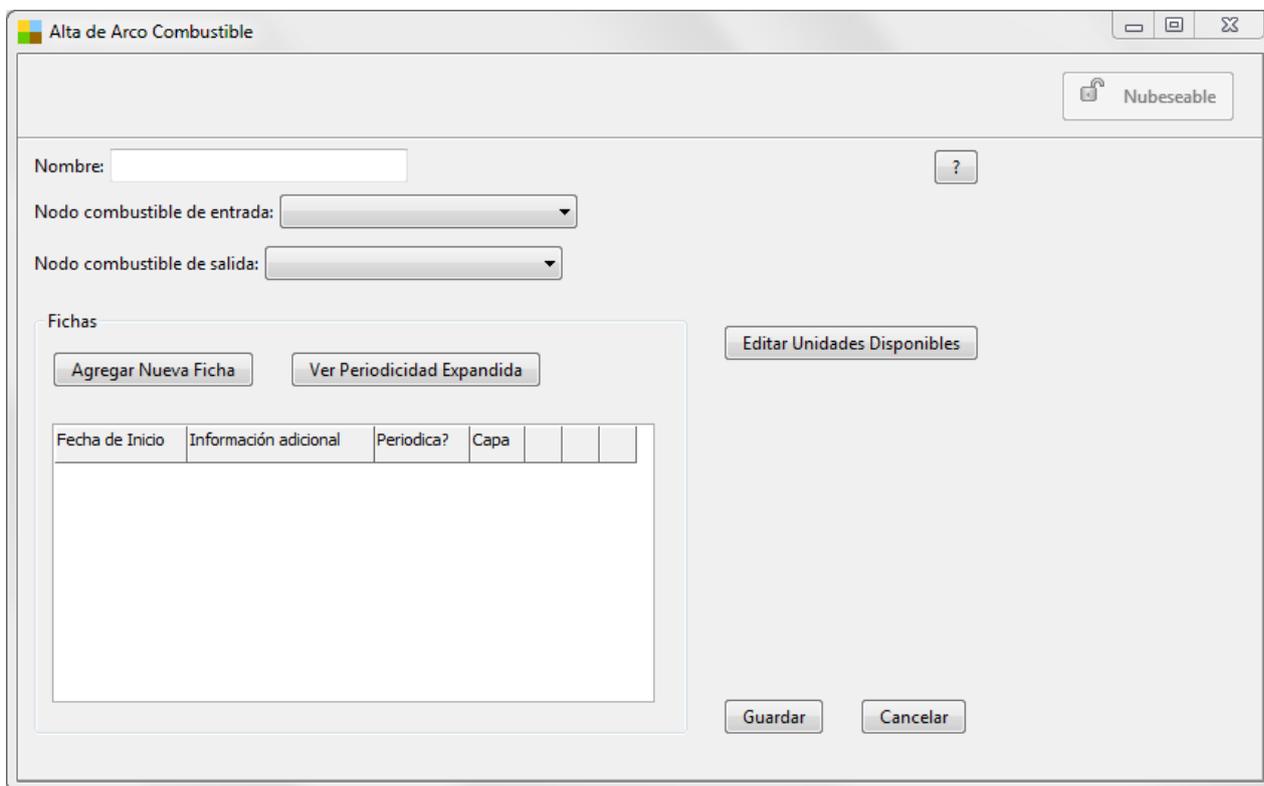
D_j : Consumo j de combustible del Nodo Combustible .

18.3. Arco Combustible.

El Arco Combustible es un Actor perteneciente a la Red de Combustibles. El Actor tiene como función realizar las conexiones entre dos Nodos Combustibles del sistema y de esa forma permitir el flujo de combustible entre los mismos. La red de transporte de combustibles se modela a partir de Nodos de Combustible y Arcos de Combustible, definiendo en los Arcos las posibles restricciones de capacidad y disponibilidad.

18.3.a) Descripción del funcionamiento.

Se presenta a continuación la ficha de alta del Arco Combustible:



Alta de Arco Combustible

Nubeseable

Nombre:

Nodo combustible de entrada:

Nodo combustible de salida:

Fichas

Agregar Nueva Ficha Ver Periodicidad Expandida

Editar Unidades Disponibles

Fecha de Inicio	Información adicional	Periodica?	Capa			

Guardar Cancelar

El Actor cuenta con un panel de Fichas junto con el resto de funcionalidades generales de los Actores, las cuales están descritas en el **documento Características generales de los Actores.**

Para indicar el sentido del flujo de combustible, en cada Arco Combustible es obligatorio cargar la información del Nodo Combustible de entrada y el Nodo Combustible de salida. En el caso en que se quiera modelar un flujo de combustible bidireccional, es necesario crear dos Arcos Combustible independientes permutando los Nodo Combustible de entrada y salida.

Los Arcos Combustible solo pueden conectar dos Nodos Combustible del mismo tipo. Eso significa que si un Nodo Combustible tiene asociado un combustible A, únicamente puede conectarse a través de un Arco Combustible con otro Nodo Combustible que tenga asociado el mismo combustible A.

18.3.b) Parámetros estáticos.

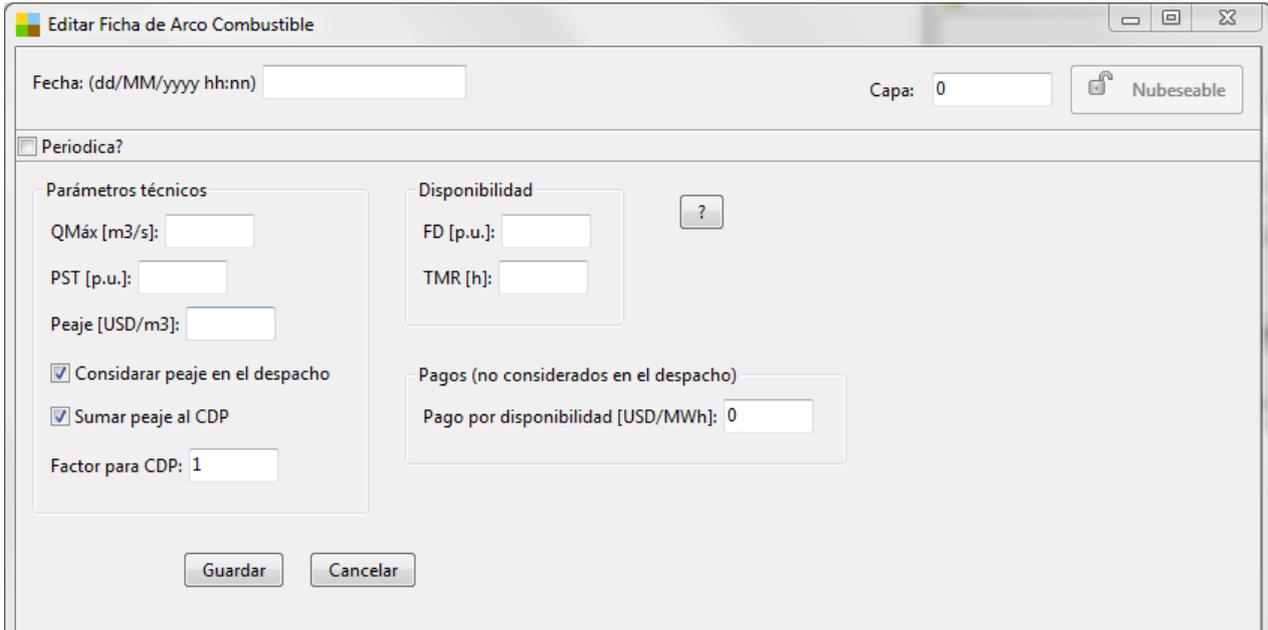
Los parámetros estáticos son el Nombre, el Nodo Combustible de entrada y el de salida.

18.3.c) Parámetros dinámicos.

Los parámetros dinámicos del Actor se definen dentro del panel de Fichas, al agregar una nueva Ficha. En la nueva Ficha de parámetros dinámicos se debe definir la fecha de inicio de validez de dicha Ficha y su periodicidad.

Adicionalmente se debe especificar una lista de parámetros técnicos que definen las características del Actor.

El panel de alta de una Ficha se muestra a continuación:



Los parámetros técnicos a especificar son:

- Qmáx: Es el caudal máximo del combustible en m³/s que el Actor puede transportar entre los Nodos Combustibles de entrada y salida.
- PST: Son las pérdidas del sistema de transporte en p.u. Se representa como un factor que multiplicado por el caudal de Combustible de entrada al Arco Combustible determina el caudal de Combustible de salida.
- Peaje: Es el peaje en USD/m³ por el uso de la Red de Combustible.

Se debe además indicar si se desea que dicho peaje sea considerado para el Despacho y si se desea que se sume al Costo Directo del Paso (CDP). En el caso en que se desee sumar se debe especificar con que factor. Por defecto los casilleros Considerar Peaje en el Despacho y Sumar peaje al CDP se encuentran activos y el Factor para CDP en 1.

- FD: Es el factor de disponibilidad en p.u. y determina que porcentaje del tiempo dicho Actor se encuentra en servicio y operativo fuera de las ventanas de mantenimiento programado.
- TMR: Es el tiempo medio de reparación en horas que necesita el Actor para volver a estar en servicio luego de un evento de falla fortuita.

18.3.d) Variables publicadas para SimRes.

El Actor permite publicar las siguientes variables por poste de tiempo:

Nombre	Unidades	Poste de tiempo	SR3	Descripción
CostoDirectoDelPaso	USD	No	Si	Suma de los costos directos en que se incurre en cada poste de tiempo.
IngresoPorDisponibilidad	USD	No	No	Pagos recibidos por disponibilidad.
IngresoPorEnergia	USD	No	No	Pagos recibidos por la energía despachada.
cv_Spot	USD/MWh	No	No	Costo variable Spot.
Lambda_P	USD/MWh	No	No	Multiplicador de Lagrange de la restricción de caja.
Costo	USD	Si	Si	Costo total asociado a los pagos por energía y disponibilidad, costos variables combustibles y no combustibles.
CV	USD/MWh	No	No	Costo variable incremental por encima del mínimo técnico (afectado por el índice de precios) más el costo variable no combustible.
NLineasDisponibles	u	No	Si	Cantidad de líneas disponibles en el poste de tiempo.
Qmax	m ³ /s	Si	Si	Caudal máximo de combustible.

18.3.e) Variables Estado, de Control y Restricciones.

El Actor no introduce Variables de Estado al problema de optimización.

El Actor agrega una Variable de Control para cada poste de tiempo i :

- q_E^i Caudal de Combustible de entrada al Arco Combustible.

El Actor introduce una restricción de igualdad y dos restricciones de desigualdad a ser respetadas en cada poste de tiempo k . Se debe cumplir instantáneamente que el balance de caudal de entrada y salida de combustible sea cero, y que los caudales estén limitados a $Q_{\text{máx}}$, como se muestra en la ec.1.

$$\begin{aligned}q_E \cdot PST - q_S &= 0 \\q_E &\leq Q_{\text{Máx}} \\q_S &\leq Q_{\text{Máx}}\end{aligned}$$

ec.1 Balance en el Arco
Combustible en el poste de
tiempo k .

Dónde:

q_E : Caudal de Combustible de entrada al Arco Combustible.

q_S : Caudal de Combustible de salida del Arco Combustible .

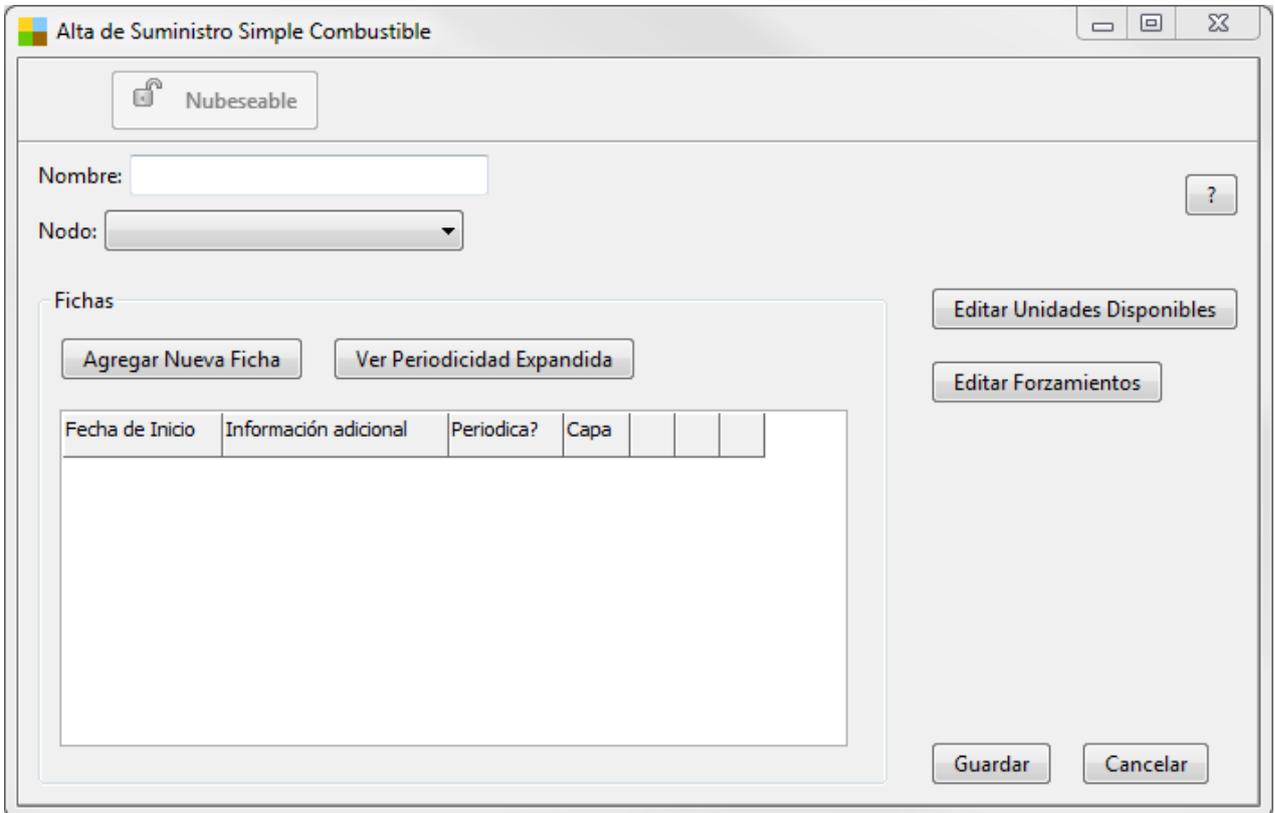
PST : pérdidas del sistema de transporte del Arco Combustible .

18.4. **Suministro Simple de Combustible.**

El Suministro Simple de Combustible es un Actor perteneciente a la Red de Combustibles. La función del Actor es suministrar el combustible del tipo que se especifique para abastecer tanto a las demandas no eléctricas como a los generadores. Los Generadores Bi-combustibles podrán tener más de un suministro asociado.

18.4.a) **Descripción del funcionamiento.**

Se presenta a continuación la ficha de alta del Suministro Simple de Combustible:



Alta de Suministro Simple Combustible

Nubeseable

Nombre:

Nodo:

Fichas

Agregar Nueva Ficha Ver Periodicidad Expandida

Fecha de Inicio	Información adicional	Periodica?	Capa		

Editar Unidades Disponibles

Editar Forzamientos

Guardar Cancelar

En la misma debe especificarse el Nombre y Nodo combustible al que se conecta en la Red de Combustibles. El Actor cuenta con un panel de Fichas junto con el resto de funcionalidades generales de los Actores, las cuales están descritas en el [documento Características generales de los Actores](#).

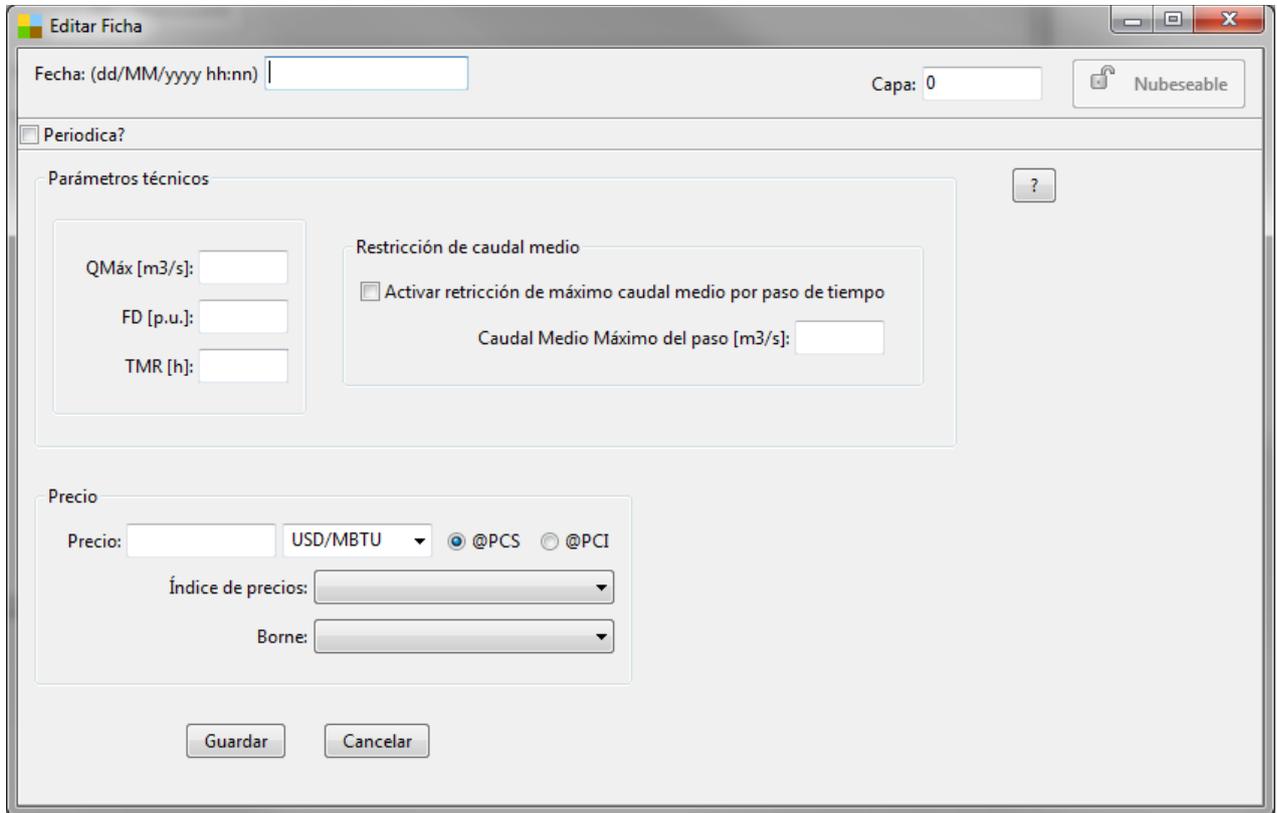
18.4.b) Parámetros estáticos.

Los parámetros estáticos son el Nombre y Nodo combustible de la Red de Combustible a la cual se quiere asociar el Actor.

18.4.c) Parámetros dinámicos.

Los parámetros dinámicos del Actor se definen dentro del panel de Fichas, al agregar una nueva Ficha. En la nueva Ficha de parámetros dinámicos se debe definir la fecha de inicio de validez de dicha Ficha y su periodicidad. Adicionalmente se debe especificar una lista de parámetros técnicos que definen las características del Actor.

El panel de alta de una Ficha se muestra a continuación:



Los parámetros técnicos a especificar son:

- QMáx : Es el caudal máximo de combustible en m³/s que el Actor puede suministrar en el Nodo combustible al cual está conectado.
- FD: Es el factor de disponibilidad en p.u. y determina que porcentaje del tiempo dicho Actor se encuentra en servicio y operativo fuera de las ventanas de mantenimiento programado.

- TMR: Es el tiempo medio de reparación en horas que necesita el Actor para volver a estar en servicio luego de un evento de falla fortuita.
- Restricción de caudal medio: Se puede activar una restricción de máximo caudal medio por paso de tiempo j , especificando el valor máximo del caudal en m^3/s .
- Precio: Es el precio del combustible seleccionando la unidad correspondiente. Se debe especificar si dicho precio es a Poder Calorífico Superior o Inferior (PCS o PCI). Al precio del combustible es posible indexarlo a una fuente previamente creada, para ello se debe seleccionar la misma en el combo Índice de Precios y el Borne de la fuente asociado.

18.4.d) Variables publicadas para SimRes.

El Actor permite publicar las siguientes variables por poste de tiempo:

Nombre	Unidades	Poste de tiempo	SR3	Descripción
CostoDirectoDelPaso	USD	No	Si	Suma de los costos directos en que se incurre en cada poste de tiempo.
IngresoPorDisponibilidad	USD	No	No	Pagos recibidos por disponibilidad.
IngresoPorEnergía	USD	No	No	Pagos recibidos por la energía despachada.
cv_Spot	USD/MWh	No	No	Costo variable Spot.
Lambda_P	USD/MWh	No	No	Multiplicador de Lagrange de la restricción de caja.
Costo	USD	Si	Si	Costo total asociado a los pagos por energía y disponibilidad, costos variables combustibles y no combustibles.
CV	USD/MWh	No	No	Costo variable incremental por encima del mínimo técnico (afectado por el índice de precios) más el costo variable no combustible.
NSuministrosDisponibles	u	No	Si	Cantidad de suministros disponibles en el poste de tiempo.
Qmax	m ³ /s	Si	Si	Caudal máximo de combustible.
QMedMax	m ³ /s	Si	Si	Caudal medio máximo de combustible por paso de tiempo.

18.4.e) Variables de Estado, de Control y Restricciones.

El Actor no introduce Variables de Estado, ni de control al problema de optimización.

El Actor introduce dos restricciones de desigualdad a ser respetadas, una en cada poste de tiempo i , y la otra en cada paso de tiempo j , como se muestra en la ec.1. Se debe cumplir que el caudal de suministro esté limitado a

$QMáx$ en cada poste de tiempo i . Si se activa la Restricción de caudal medio, aparece otra restricción que limita el caudal medio en el paso de tiempo j a un valor $QMax_{medio}$.

$$\begin{aligned} q &\leq QMáx \\ q_{medio} &\leq QMáx_{medio} \end{aligned}$$

ec.1 Restricciones del poste y paso de tiempo.

Dónde:

q : Caudal de Combustible suministrado en el poste de tiempo i .

q_{medio} : Caudal de Combustible medio en el paso de tiempo j .

18.5. ***Demanda Combustible.***

La Demanda de Combustible es un Actor perteneciente a la Red de Combustibles. El Actor tiene como función modelar el consumo de combustible no usado para generación de energía eléctrica (demanda no eléctrica).

18.5.a) **Descripción del funcionamiento.**

Se presenta a continuación la ficha de alta de la Demanda Combustible:

Altas de Demanda Combustible, año base y consumos anuales

Nubeseable

?

Nombre

Nodo

Componente aleatoria [p.u. de la demanda]: Sumar ruido

Borne:

Demanda de combustible

Demanda binaria con datos horarios [m3]

Archivo de datos:

Demanda anual [m3]

Primer año: 2019 Último año: 2019

Año	Demanda de Combustible del año [Mm3]
2019	1

Escalones de falla

Número de escalones:

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:

Borne:

En la misma debe especificarse el Nombre y Nodo Combustible de la Red de Combustibles. Para poder crear este actor se requiere contar con un archivo binario del año base que tenga la información de la demanda de combustible no eléctrica detallada en forma horaria, y en función de la misma especificar el consumo de combustible total anual para todos los años que se consideren en el estudio.

18.5.b) Parámetros estáticos.

Dentro de los parámetros estáticos del Actor, se deben especificar el Nombre y un Nodo Combustible al cual se quiere asociar la Demanda de Combustible.

En los selectores Componente Aleatoria (p.u. de la Demanda) y Borne asociado, se puede asignar una fuente aleatoria que representa las variaciones de la demanda entorno a un valor preestablecido. La fuente aleatoria debe generar el ruido en p.u. de la demanda. El valor utilizado en cada paso de tiempo será el valor determinístico multiplicado por $(1 + r)$ siendo r el valor leído de la fuente. En el caso en que no se desee utilizar fuentes aleatorias se debe especificar en el casillero la opción “Ninguna” y el multiplicador en este caso es 1.

18.5.b.i Especificaciones de la Demanda de Combustible:

Para crear la demanda binaria con datos horarios se debe seleccionar el Archivo de Datos (archivo binario con extensión “.bin”) con la información de la demanda de combustible del año base.

Para definir la demanda anual se debe indicar, en los casilleros Primer Año y Último Año, el primer y último año de datos de la demanda combustible que se desean considerar en el estudio. A partir de lo anterior se ingresa, en la tabla que se encuentra en la parte inferior para cada año del período especificado, la demanda de combustible del año.

Para cada año del estudio, son escalados hora a hora los datos del archivo base de forma tal que el consumo resultante (demanda de combustible 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 .ods que abre una planilla donde exporta los valores de la tabla. De esta forma es posible modificar los datos y luego con el botón Importar .ods se pueden cargar a la tabla los datos modificados en la planilla.

18.5.b.ii Escalones de Falla:

En forma análoga al sistema eléctrico, cuando no es posible satisfacer la demanda de combustible se dice que se produce una Falla en el suministro de combustible. Para ello, se crean los Escalones de Falla con sus costos asociados. Cuando se presenta la situación de déficit de combustible entran en servicio para satisfacer la Demanda de Combustible del Nodo. El despacho de estas máquinas de falla son indicadores del déficit del sistema y la cantidad de combustible que involucra. Se debe cumplir que la suma de las profundidades de los escalones de falla debe ser siempre igual a 1 para poder asegurar que en todo momento se cubra la Demanda de Combustible.

Se permite especificar el número de escalones de falla a considerar, su profundidad y costo. El selector Índice 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.

18.5.c) Parámetros dinámicos.

El Actor no tiene parámetros dinámicos, ya que sus parámetros no varían durante la simulación.

18.5.d) Variables publicadas para SimRes.

El Actor permite publicar las siguientes variables por poste de tiempo:

Nombre	Unidades	Poste de tiempo	SR3	Descripción
CostoDirectoDelPaso	USD	No	Si	Suma de los costos directos en que se incurre en cada poste de tiempo.
C	MW	Si	Si	Caudal de combustible extraído del Nodo Combustible.
CF _j	MW	Si	Si	Caudal de Falla de combustible extraído del Nodo Combustible para en el escalón de falla j en el poste de tiempo i .
CostoFalla _j	USD	Si	Si	Costo de Falla para en el escalón de falla j en el poste de tiempo i .

18.5.e) Variables Estado, de Control y Restricciones.

El Actor no introduce Variables de Estado al problema de optimización.

El Actor introduce las siguientes Variables de Control:

Para cada Escalón de Falla f se introduce una Variable de Control C_{Falla}^i por Poste de tiempo i . Dicha variable es el combustible de falla necesario a despachar y depende de la Profundidad de la falla en el Poste de tiempo que se esté considerando. Como ejemplo: para 4 escalones de falla y 5 Postes se totalizan 20 Variables de Control.

El Actor introduce las siguientes Restricciones sobre las Variables de Control:

Para cada Variable de Control C_{Falla}^i se impone una restricción que representa el máximo valor que puede tomar dicha variable para cada Escalón de Falla f en cada Poste de tiempo i como se muestra en la ec.1

$$C_{Falla}^i \leq C_D^i \cdot Profundidad_f^i$$

ec.1 Restricción de la Variable de Control en el poste de tiempo i .

Dónde:

C_{Falla}^i : Potencia de Falla despachada.

C_D^i : Potencia demandada.

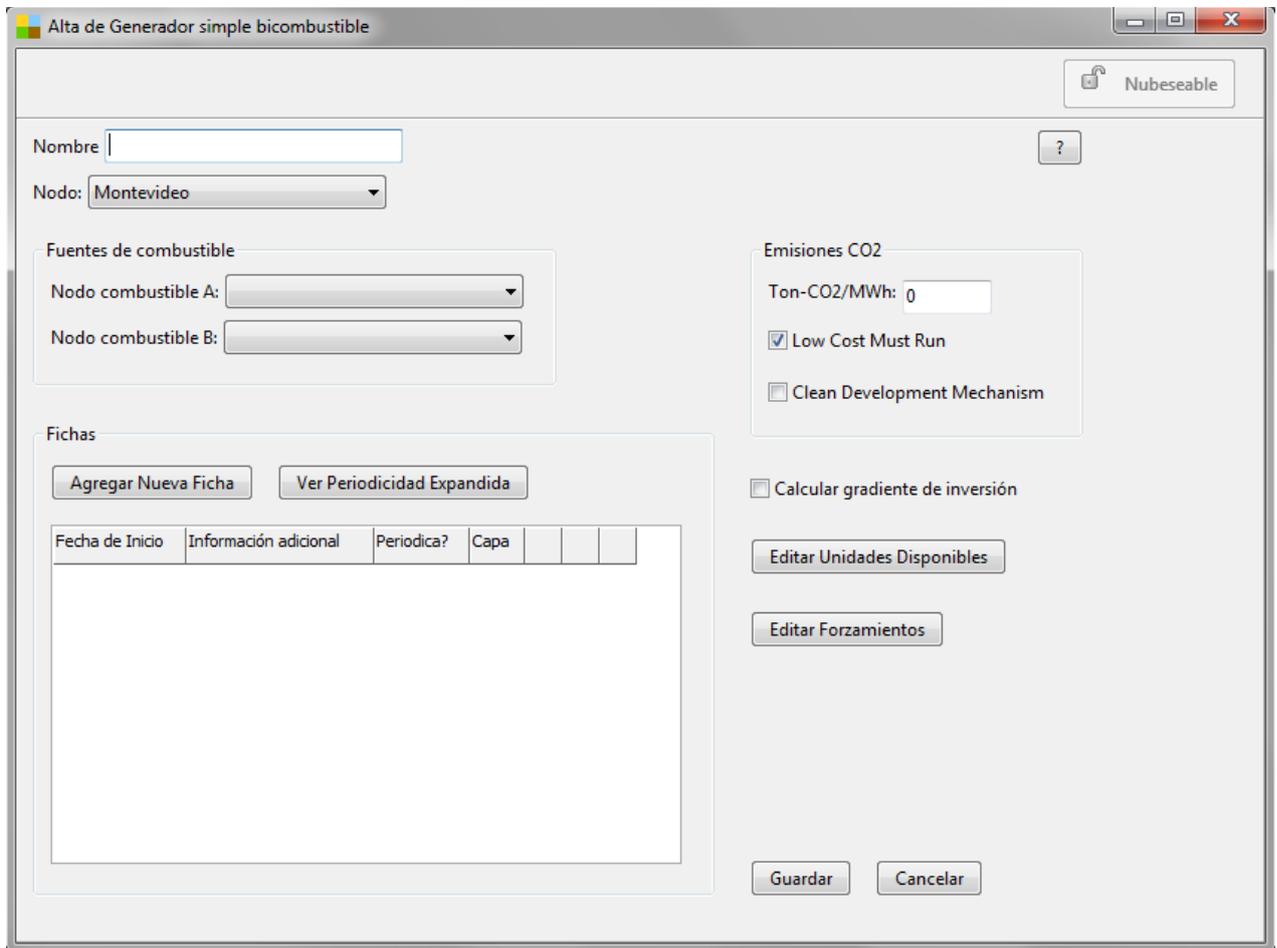
$Profundidad_f^i$: Profundidad del Escalón de Falla f .

18.6. **Generador Simple Bi-combustible.**

El Generador Simple Bi-combustible es un Actor perteneciente a la Red de Combustibles. El Actor representa a un generador térmico simple que se conecta a dos Nodos de Combustible (puede operar con los combustibles A y B) y entrega determinada potencia eléctrica al sistema.

18.6.a) **Descripción del funcionamiento.**

Se presenta a continuación la ficha de alta del Generador Simple Bi-combustible:



Alta de Generador simple bicombustible

Nubeseable

Nombre:

Nodo:

Fuentes de combustible

Nodo combustible A:

Nodo combustible B:

Emisiones CO2

Ton-CO2/MWh:

Low Cost Must Run

Clean Development Mechanism

Fichas

Fecha de Inicio	Información adicional	Periodica?	Capa			

Calcular gradiente de inversión

En la misma debe especificarse el Nombre y Nodo de conexión de la Red Eléctrica, de forma similar al resto de los Actores generadores. Adicionalmente debe especificarse los Nodos combustibles a los que se conecta en la Red de Combustibles. El Actor cuenta con un panel de Fichas junto con el resto de funcionalidades generales de los Actores, las cuales están descritas en el **documento Características generales de los Actores.**

18.6.b) Parámetros estáticos.

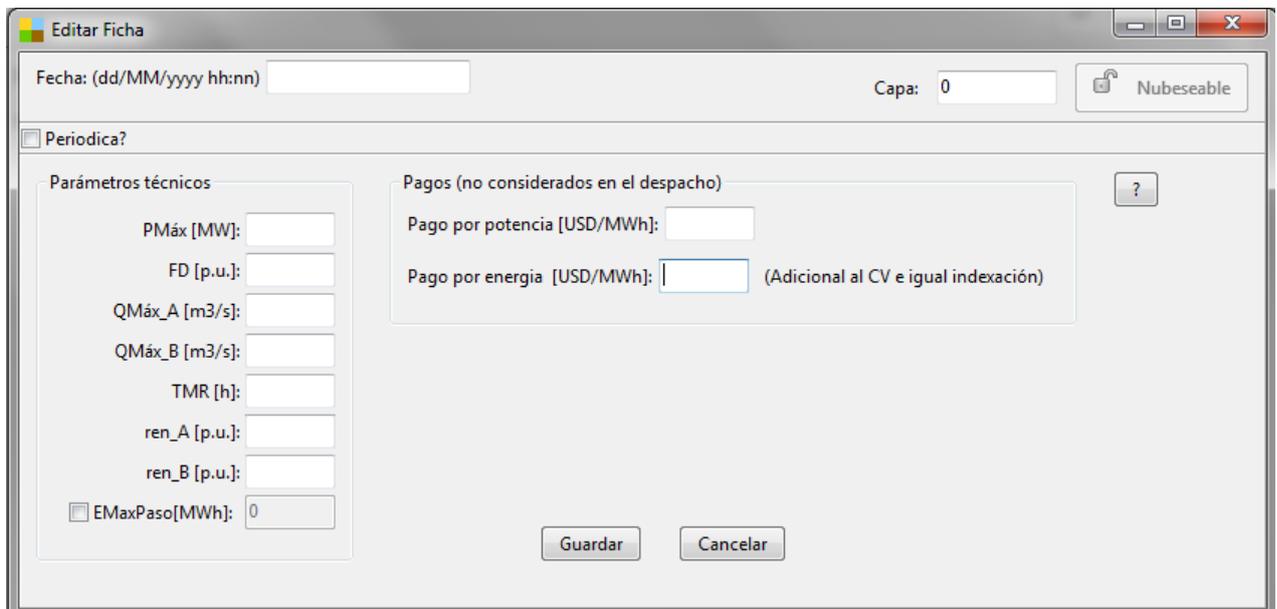
Los parámetros estáticos son el Nombre y Nodo de la Red Eléctrica y los Nodos combustibles de la Red de Combustible a la cual se quiere asociar el Actor.

18.6.c) Parámetros dinámicos.

Los parámetros dinámicos del Actor se definen dentro del panel de Fichas, al agregar una nueva Ficha. En la nueva Ficha de parámetros dinámicos se debe definir la fecha de inicio de validez de dicha Ficha y su periodicidad.

Adicionalmente se debe especificar una lista de parámetros técnicos que definen las características del Actor.

El panel de alta de una Ficha se muestra a continuación:



Los parámetros técnicos a especificar son:

- **Pmáx:** Potencia máxima en MW que puede generar el Actor y entregar en el Nodo de la Red Eléctrica.
- **FD:** Es el factor de disponibilidad en p.u. y determina que porcentaje del tiempo dicho Actor se encuentra en servicio y operativo fuera de las ventanas de mantenimiento programado.
- **QMáx_A :** Es el caudal máximo del combustible A en m3/s que el Actor puede extraer del Nodo combustible al cual está conectado.
- **QMáx_B :** Es el caudal máximo del combustible B en m3/s que el Actor puede extraer del Nodo combustible al cual está conectado.

- TMR: Es el tiempo medio de reparación en horas que necesita el Actor para volver a estar en servicio luego de un evento de falla fortuita.
- ren_A: Es el rendimiento del generador con el combustible A en p.u.
- ren_B: Es el rendimiento del generador con el combustible B en p.u.
- EmáxPaso: Es la energía máxima en MWh que el Actor puede consumir de un Nodo por poste de tiempo. Si se selecciona el casillero, el generador no podrá consumir más energía que el valor que se especifique.

18.6.d) Variables publicadas para SimRes.

El Actor permite publicar las siguientes variables por poste de tiempo:

Nombre	Unidades	Poste de tiempo	SR3	Descripción
CostoDirectoDelPaso	USD	No	Si	Suma de los costos directos en que se incurre en cada poste de tiempo.
IngresoPorDisponibilidad	USD	No	No	Pagos recibidos por disponibilidad.
IngresoPorEnergia	USD	No	No	Pagos recibidos por la energía despachada.
Potencia	MW	Si	Si	Potencia inyectada al Nodo.
ReservaRotante	MW	No	No	Reserva rotante.
cv_Spot	USD/MWh	No	No	Costo variable Spot.
Lambda_P	USD/MWh	No	No	Multiplicador de Lagrange de la restricción de caja.
ParticipacionSCS	USD	No	No	Participación en el Servicio de Confiabilidad del Sistema.
ForzamientoSCS	USD	No	No	Forzamiento en el Servicio de Confiabilidad del Sistema.
E*cmg	USD	No	Si	Energía valorizada al Costo Marginal de Generación (Si se selecciona gradiente de inversión).
GradInv	-	No	Si	Gradiente de inversión.
Costo	USD	Si	Si	Costo total asociado a los pagos por energía y disponibilidad, costos variables combustibles y no combustibles.
NMaqsDespachadas	u	Si	Si	Cantidad de máquinas despachadas.
CV	USD/MWh	No	No	Costo variable incremental por encima del mínimo técnico (afectado por el índice de precios) más el costo variable no combustible.
CVe	USD/MWh	No	No	Pago por la energía adicional al C.V., afectado por el índice de precios.
MaxNMaqsDespachadasEnElPaso	u	No	Si	Máxima cantidad de unidades despachadas en el poste de tiempo.
NMaquinasDisponibles	u	No	Si	Cantidad de máquinas disponibles en el poste de tiempo.
NMaqsForzamiento	u	Si	No	Número de máquinas forzadas.
PMaxDisponible	MW	Si	Si	Potencia máxima disponible.
PMediaDespachada	MW	No	Si	Potencia media despachada en el poste de tiempo.
Q_A y Q_B	m ³ /s	Si	Si	Caudal de combustible.
alfa	p.u.	Si	Si	Porcentaje de tiempo del poste que se utiliza el combustible A.
EMaxPaso	MWh	Si	No	Energía máxima por poste de tiempo.

18.6.e) Variables de Estado, de Control y Restricciones.

El Actor no agrega Variables de Estado al sistema.

El Actor agrega tres Variables de Control:

- Los caudales de consumo q_{ai} y q_{bi} de los combustibles A y B en el poste de tiempo i .
- El porcentaje de tiempo α del poste de tiempo i que el Actor utiliza el combustible A.

La potencia del generador en el poste de tiempo i se muestra en la ec.1

$$P_i = (ren_A pci_a q_{ai})\alpha_i + (ren_B pci_b q_{bi})(1 - \alpha_i) \quad \text{ec.1 Potencia del Generador Bi-combustible en el poste de tiempo } i$$

Las variables q_i toman valores entre 0 y $Q_{\text{máx}}$. Se considera que $P_{\text{máx}}$ es la misma con cualquiera de los dos combustibles A o B.

El parámetro pci es el poder calorífico inferior del combustible suministrado y es un parámetro de la Red de Combustible que suministra los combustibles A y B.

La variable α_i varia en el intervalo $[0, 1]$ y en cada extremo utiliza un solo combustible por poste de tiempo i . Con cualquier valor intermedio, el Actor utiliza α_i del tiempo el combustible A y $1 - \alpha_i$ del tiempo el combustible B.

A los efectos de poder representar la ec.1 por un modelo lineal, la misma puede ser sustituida por las restricciones de igualdad y desigualdad que se muestran en la ec.2.

$$\begin{aligned} P_i &= ren_A pci_a q_{ai} + ren_B pci_b q_{bi} & \text{ec.2 Potencia del Generador} \\ q_{ai} &\leq QMáx_A \alpha_i & \text{Bi-combustible en el poste de} \\ q_{bi} &\leq QMáx_B (1 - \alpha_i) & \text{tiempo } i, \text{ modelo lineal.} \end{aligned}$$

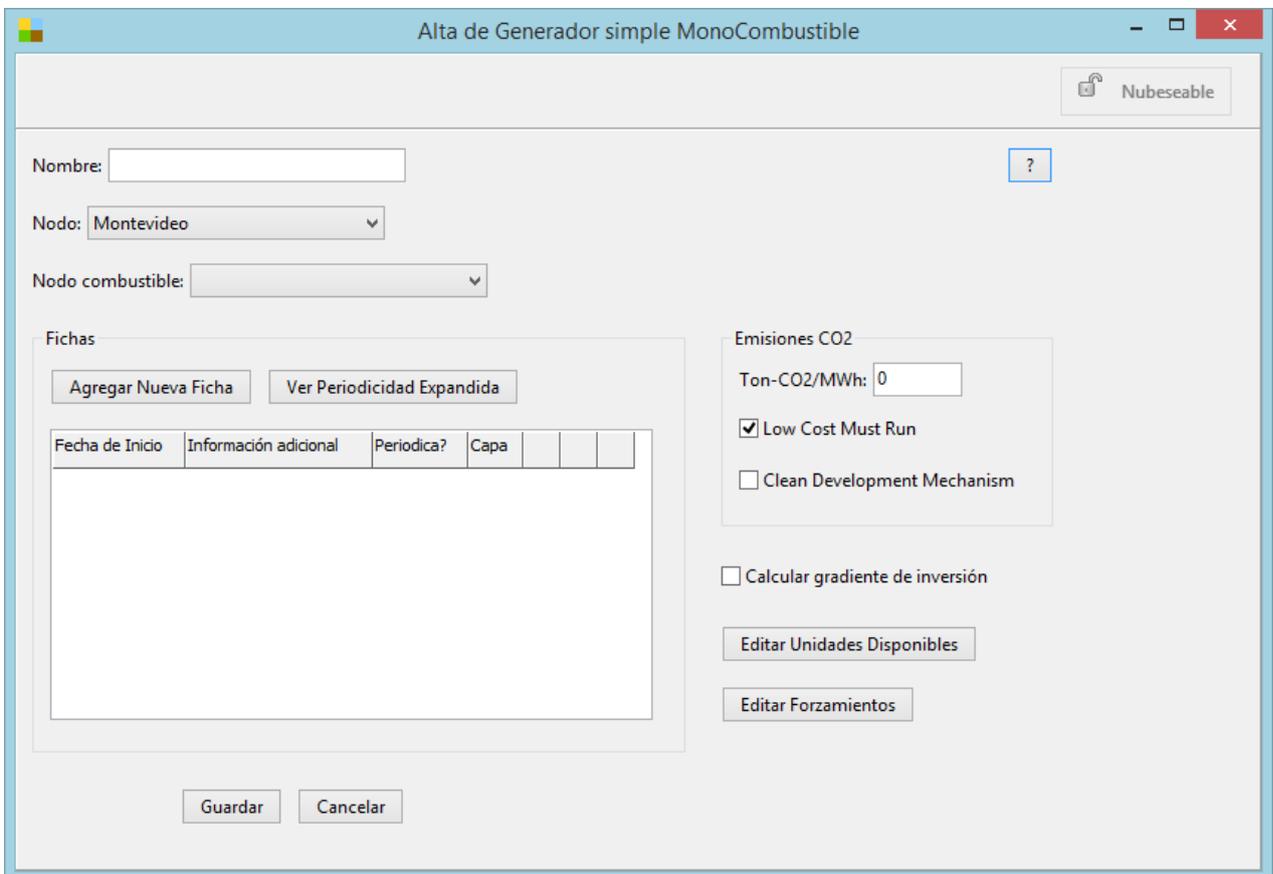
La primera fila de la ec.2 muestra el aporte del Actor a la restricción del Nodo Eléctrico al que se conecta. Las siguientes dos filas son las restricciones que obligan al generador a utilizar parte del tiempo un combustible y parte del tiempo el otro fijando los máximos de generación para cada uno.

18.7. **Generador Simple Mono-combustible.**

El Generador Simple Mono-combustible es un Actor perteneciente a la Red de Combustibles. El Actor representa a un generador térmico simple que se conecta a un Nodo de Combustible y entrega determinada potencia eléctrica al sistema.

18.7.a) **Descripción del funcionamiento.**

Se presenta a continuación la ficha de alta del Generador Simple Mono-combustible:



Alta de Generador simple MonoCombustible

Nubeseable

Nombre:

Nodo:

Nodo combustible:

Fichas

Fecha de Inicio	Información adicional	Periodica?	Capa			

Emisiones CO2

Ton-CO2/MWh:

Low Cost Must Run

Clean Development Mechanism

Calcular gradiente de inversión

En la misma debe especificarse el Nombre y Nodo de conexión de la Red Eléctrica, de forma similar al resto de los Actores generadores. Adicionalmente debe especificarse el Nodo combustible al que se conecta en la Red de Combustibles. El Actor cuenta con un panel de Fichas junto con el resto de funcionalidades generales de los Actores, las cuales están descritas en el **documento Características generales de los Actores.**

18.7.b) Parámetros estáticos.

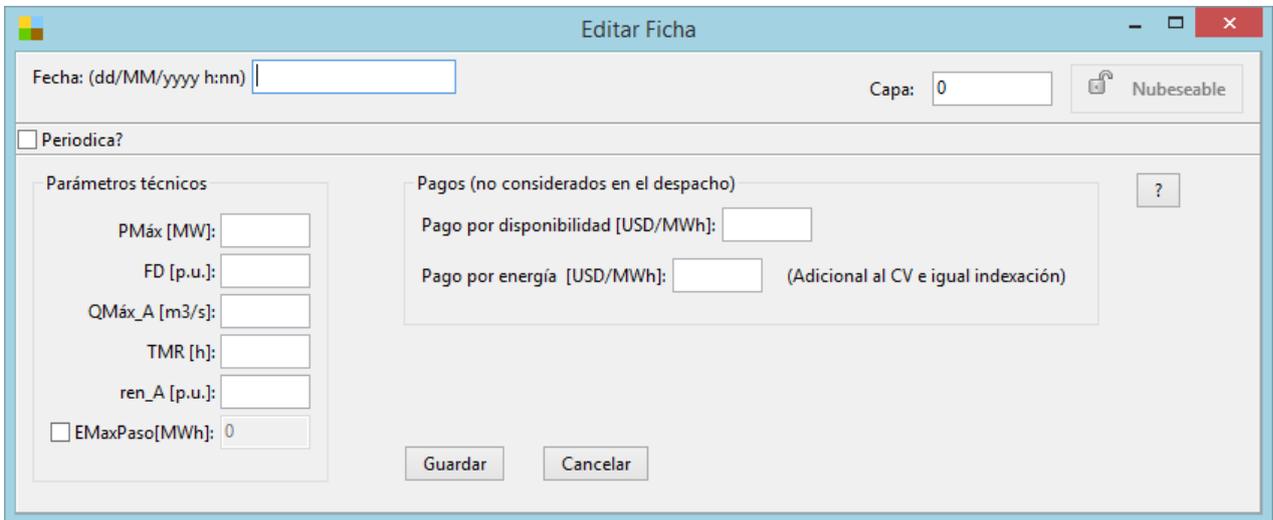
Los parámetros estáticos son el Nombre y Nodo de la Red Eléctrica y el Nodo combustible de la Red de Combustible a la cual se quiere asociar al Actor.

18.7.c) Parámetros dinámicos.

Los parámetros dinámicos del Actor se definen dentro del panel de Fichas, al agregar una nueva Ficha. En la nueva Ficha de parámetros dinámicos se debe definir la fecha de inicio de validez de dicha Ficha y su periodicidad.

Adicionalmente se debe especificar una lista de parámetros técnicos que definen las características del Actor.

El panel de alta de una Ficha se muestra a continuación:



Los parámetros técnicos a especificar son:

- **Pmáx:** Potencia máxima en MW que puede generar el Actor y entregar en el Nodo de la Red Eléctrica.
- **FD:** Es el factor de disponibilidad en p.u. y determina que porcentaje del tiempo dicho Actor se encuentra en servicio y operativo fuera de las ventanas de mantenimiento programado.
- **QMáx_A :** Es el caudal máximo del combustible A en m3/s que el Actor puede extraer del Nodo combustible al cual está conectado.
- **TMR:** Es el tiempo medio de reparación en horas que necesita el Actor para volver a estar en servicio luego de un evento de falla fortuita.
- **ren_A:** Es el rendimiento del generador con el combustible A en p.u.
- **EmáxPaso:** Es la energía máxima en MWh que el Actor puede consumir de un Nodo por poste de tiempo. Si se selecciona el casillero, el generador no podrá consumir más energía que el valor que se especifique.

18.7.d) Variables publicadas para SimRes.

El Actor permite publicar las siguientes variables por poste de tiempo:

Nombre	Unidades	Poste de tiempo	SR3	Descripción
CostoDirectoDelPaso	USD	No	Si	Suma de los costos directos en que se incurre en cada poste de tiempo.
IngresoPorDisponibilidad	USD	No	No	Pagos recibidos por disponibilidad.
IngresoPorEnergía	USD	No	No	Pagos recibidos por la energía despachada.
Potencia	MW	Si	Si	Potencia inyectada al Nodo.
ReservaRotante	MW	No	No	Reserva rotante.
cv_Spot	USD/MWh	No	No	Costo variable Spot.
Lambda_P	USD/MWh	No	No	Multiplicador de Lagrange de la restricción de caja.
ParticipacionSCS	USD	No	No	Participación en el Servicio de Confiabilidad del Sistema.
ForzamientoSCS	USD	No	No	Forzamiento en el Servicio de Confiabilidad del Sistema.
E*cmg	USD	No	Si	Energía valorizada al Costo Marginal de Generación (Si se selecciona gradiente de inversión).
GradInv	-	No	Si	Gradiente de inversión.
Costo	USD	Si	Si	Costo total asociado a los pagos por energía y disponibilidad, costos variables combustibles y no combustibles.
NMaqsDespachadas	u	Si	Si	Cantidad de máquinas despachadas.
CV	USD/MWh	No	No	Costo variable incremental por encima del mínimo técnico (afectado por el índice de precios) más el costo variable no combustible.
CVe	USD/MWh	No	No	Pago por la energía adicional al C.V., afectado por el índice de precios.
MaxNMaqsDespachadasEnElPaso	u	No	Si	Máxima cantidad de unidades despachadas en el poste de tiempo.
NMaquinasDisponibles	u	No	Si	Cantidad de máquinas disponibles en el poste de tiempo.
NMaqsForzamiento	u	Si	No	Número de máquinas forzadas.
PMaxDisponible	MW	Si	Si	Potencia máxima disponible.
PMediaDespachada	MW	No	Si	Potencia media despachada en el poste de tiempo.
Q_A	m ³ /s	Si	Si	Caudal de combustible.
EMaxPaso	MWh	Si	No	Energía máxima por poste de tiempo.

18.7.e) Variables Estado, de Control y Restricciones.

El Actor no agrega Variables de Estado al sistema.

El Actor agrega una Variable de Control:

- El caudal de consumo q_{ai} del combustible A en el poste de tiempo i .

La potencia del generador en el poste de tiempo i se muestra en la ec.1:

$$P_i = \text{ren}_A \text{pci}_a q_{ai}$$

ec.1 Potencia del Generador
Mono-combustible en el poste
de tiempo i

La variable q_i toma valores entre 0 y $Q_{\text{máx}}$.

El parámetro pci es el poder calorífico inferior del combustible suministrado y es un parámetro de la Red de Combustible que suministra el combustible A.

A los efectos de poder representar la ec.1 por un modelo lineal, la misma puede ser sustituida por las restricciones de igualdad y desigualdad que se muestran en la ec.2:

$$\begin{aligned} P_i &= \text{ren}_A \text{pci}_a q_{ai} \\ q_{ai} &\leq Q_{\text{Máx}_A} \end{aligned}$$

ec.2 Potencia del Generador
Mono-combustible en el poste
de tiempo i , modelo lineal.

La primera fila de la ec.2 muestra el aporte del Actor a la restricción del Nodo Eléctrico al que se conecta y la siguiente fila es la restricción que limita el caudal de combustible que el generador puede consumir.

[SimSEE_ANII_2009_18]: Coppes, Barreto, Tutté, Maciel, Forets, Cornalino, Gurin, Alvarez, Palacios, Cohn, Chaer,,Memoria Proyecto ANII FSE 2009-18