

tes párrafos se detallan los elementos de interés para el propósito de este trabajo, partiendo de la recopilación realizada en trabajos anteriores (Ramos-Teodoro, 2017).

El sistema de producción de CIESOL se compone de 42 módulos fotovoltaicos Atersa A-222P, 80 captadores planos Solaris CP1, una máquina de absorción Yazaki WFC SC20 y una bomba de calor reversible Ciatesa Hidripack WE 360. Una descripción detallada del edificio entero puede encontrarse en (Rosiek et al., 2013).

El sistema AQUASOL de la Plataforma Solar de Almería (Alarcón Padilla et al., 2006) consiste en una planta desaladora multiefecto (MED) manufacturada por ENTROPIE, que funciona a partir de un campo de 252 captadores de tipo concentrador parabólico compuesto (CPC Ao Sol 1.12x) y el apoyo de una caldera ATTSU RL200 de gas propano.

El invernadero del proyecto ENERPRO (Sánchez et al., 2012) está instalado en la Estación Experimental de la Fundación Cajamar (El Ejido, Almería). Se trata de un invernadero tipo parral con una superficie de 877 m² cuyo sistema de calefacción está constituido por un calefactor GP 95 de propano y por una caldera Missouri 150 000 de biomasa.

El parking fotovoltaico de la Universidad de Almería cuenta con 483 paneles CONERGY PA 264P, 24 paneles CONERGY POWER PLUS 240M y 72 paneles FIRST SOLAR FS-380, con una potencia pico total de la instalación de 1176,48 kW y una potencia nominal de 1015 kW.

3. Modelo global de la planta

Sobre el modelo global representativo de la planta (figura 2), se identifican los siguientes recursos que componen el vector de entradas (I): electricidad (E_I) y agua (W_I) de las redes de suministro locales, radiación para las instalaciones

fotovoltaicas de CIESOL ($R_{PV,CS}$) y el parking ($R_{PV,PK}$), y para las térmicas de la desaladora ($R_{SC,DP}$) y los captadores de CIESOL ($R_{SC,CS}$), agua de mar para la desaladora (S_{DP}) y combustibles, en forma de propano para la caldera de la desaladora (P_{DP}) y el calefactor del invernadero (P_{GH}), y de biomasa (B_{GH}) para la caldera del invernadero.

En cuanto los recursos que componen el vector de salidas (O), se requiere: electricidad (E_O) para CIESOL, el invernadero, la desaladora y el vehículo eléctrico; calor para CIESOL (H_{CS}), la desaladora MED ($H_{DP}\delta_{DP}$) y el invernadero (H_{GH}); frío para CIESOL (C_O); agua para CIESOL y el invernadero (W_O) y dióxido de carbono (D_O) también para este último. En este caso, conviene diferenciar la salida de calor para el invernadero, CIESOL y la desaladora debido a los dos primeros emplean sistemas auxiliares que no proporciona energía al resto de la planta.

Por otro lado, conviene distinguir sobre el esquema entre nodos de convergencia y divergencia (ambos representados mediante circunferencias en los ramales de cada recurso): en los primeros el ramal resultante se expresará como la suma de los que convergen en dicho nodo, mientras que en el segundo caso se emplearán coeficientes de reparto (v_i) para expresar qué cantidad del recurso, con respecto al ramal de entrada, se dirige hacia cada ramal de salida. Asimismo, se hará uso de diferentes coeficientes de conversión (η_i), para representar de manera simplificada la transformación de recursos; y de variables binarias (δ_i), para expresar el estado de encendido o apagado de ciertos dispositivos.

Considerando un tiempo de muestreo $T = t_{k+1} - t_k$ constante (donde t_k representa un instante de muestreo y t_{k+1} el siguiente, expresado en minutos) es posible formular las ecuaciones matriciales relativas al modelo de conversión

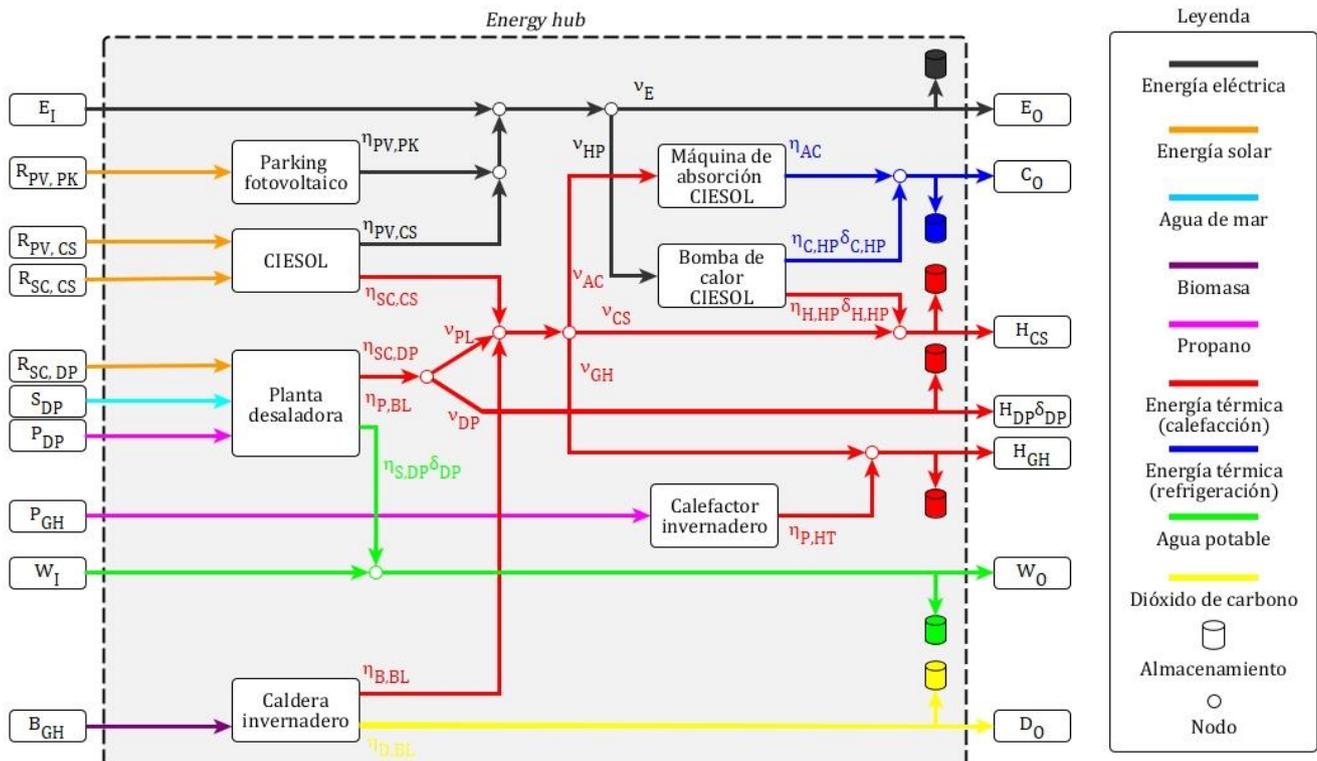


Figura 2: Modelo energy hub propuesto para la gestión de la planta ENERPRO

(ec. 1), que describe la relación entre el vector de entradas (\mathbf{I}) y el de salidas (\mathbf{O}) del *energy hub* a través de la matriz de acoplamiento (\mathbf{C}) teniendo en cuenta los dispositivos de almacenamiento, y el modelo de almacenamiento (ec. 2), que expresa correspondencia entre el vector de almacenamiento (\mathbf{S}) y los flujos de carga (\mathbf{Q}_c) y descarga (\mathbf{Q}_d).

$$\mathbf{O}(k) = \mathbf{C}(k) \cdot \mathbf{I}(k) - \mathbf{Q}_c(k) + \mathbf{Q}_d(k) \quad (1)$$

$$\mathbf{S}(k+1) = \mathbf{S}(k) + \mathbf{P}_c(k)\mathbf{Q}_c(k)\frac{T}{60} - \mathbf{P}_d(k)\mathbf{Q}_d(k)\frac{T}{60} - \mathbf{L}(k)\mathbf{S}(k) \quad (2)$$

Con respecto a las matrices \mathbf{C} , \mathbf{P}_c , \mathbf{P}_d y \mathbf{L} , la primera de ellas se define por medio de la ecuación 3, mientras que las otras tres constituyen matrices diagonales en cuya diagonal aparecen respectivamente los coeficientes de carga (ec. 5), descarga (ec. 4) y degradación (ec. 6) para cada sistema de almacenamiento.

$$\mathbf{C} = \begin{bmatrix} v_E & v_E \eta_{PV,PK} & \dots \\ \delta_{C,HP} v_{HP} \eta_{C,HP} & \delta_{C,HP} v_{HP} \eta_{C,HP} \eta_{PV,PK} & \dots \\ \delta_{H,HP} v_{HP} \eta_{H,HP} & \delta_{H,HP} v_{HP} \eta_{H,HP} \eta_{PV,PK} & \dots \\ 0 & 0 & \dots \\ 0 & 0 & \dots \\ 0 & 0 & \dots \\ \dots & v_E \eta_{PV,CS} & 0 & \dots \\ \dots & \delta_{C,HP} v_{HP} \eta_{C,HP} \eta_{PV,PK} & v_{AC} \eta_{AC} \eta_{SC,CS} & \dots \\ \dots & \delta_{H,HP} v_{HP} \eta_{H,HP} \eta_{PV,PK} & v_{CS} \eta_{SC,CS} & \dots \\ \dots & 0 & 0 & \dots \\ \dots & 0 & v_{GH} \eta_{SC,CS} & \dots \\ \dots & 0 & 0 & \dots \\ \dots & 0 & 0 & \dots \\ \dots & 0 & 0 & \dots \\ \dots & v_{AC} \eta_{AC} v_{PL} \eta_{SC,DP} & 0 & v_{AC} \eta_{AC} v_{PL} \eta_{P,BL} & \dots \\ \dots & v_{CS} v_{PL} \eta_{SC,DP} & 0 & v_{CS} v_{PL} \eta_{P,BL} & \dots \\ \dots & v_{DP} \eta_{SC,DP} & 0 & v_{DP} \eta_{P,BL} & \dots \\ \dots & v_{GH} v_{PL} \eta_{SC,DP} & 0 & v_{GH} v_{PL} \eta_{P,BL} & \dots \\ \dots & 0 & \eta_{S,DP} \delta_{DP} & 0 & \dots \\ \dots & 0 & 0 & 0 & \dots \\ \dots & 0 & 0 & 0 & \dots \\ \dots & 0 & 0 & v_{AC} \eta_{AC} \eta_{B,BL} & \dots \\ \dots & 0 & 0 & v_{CS} \eta_{B,BL} & \dots \\ \dots & 0 & 0 & 0 & \dots \\ \dots & \eta_{P,HT} & 0 & v_{GH} \eta_{B,BL} & \dots \\ \dots & 0 & 1 & 0 & \dots \\ \dots & 0 & 0 & \eta_{D,BL} & \dots \end{bmatrix} \quad (3)$$

$$\mathbf{P}_d = \begin{bmatrix} \frac{1}{\eta_{E,d}} & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & \frac{1}{\eta_{C,d}} & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & \frac{1}{\eta_{H,CS,d}} & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & \frac{1}{\eta_{H,DP,d}} & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & \frac{1}{\eta_{H,GH,d}} & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & \frac{1}{\eta_{W,d}} & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & \frac{1}{\eta_{D,d}} \end{bmatrix} \quad (4)$$

$$\mathbf{P}_c = \begin{bmatrix} \eta_{E,c} & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & \eta_{C,c} & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & \eta_{H,CS,c} & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & \eta_{H,DP,c} & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & \eta_{H,GH,c} & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & \eta_{W,c} & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & \eta_{D,c} \end{bmatrix} \quad (5)$$

$$\mathbf{L} = \begin{bmatrix} \eta_{E,l} & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & \eta_{C,l} & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & \eta_{H,CS,l} & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & \eta_{H,DP,l} & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & \eta_{H,GH,l} & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & \eta_{W,l} & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & \eta_{D,l} \end{bmatrix} \quad (6)$$

Además de estas ecuaciones es necesario incluir restricciones relacionadas con la capacidad máxima y mínima de producción para las entradas (ec. 7), los sistemas de almacenamiento (ec. 8 a 10) la máquina de absorción (ec. 16) y la bomba de calor reversible (ec.18); así como la conservación de la materia o recursos en los nodos de divergencia de forma que la suma de los coeficientes de reparto empleados en cada nodo sea la unidad (ec. 11 a 13) y restricciones debidas a procesos no simultáneos como la carga y descarga de recursos (ec. 14) o el funcionamiento de la bomba de calor de CIESOL para refrigeración y calefacción (ec. 15).

$$\mathbf{I}^{\min} \leq \mathbf{I} \leq \mathbf{I}^{\max} \quad (7) \quad v_E + v_{HP} = 1 \quad (11)$$

$$0 \leq \mathbf{S} \leq \mathbf{S}^{\max} \quad (8) \quad v_{AC} + v_{CS} + v_{GH} = 1 \quad (12)$$

$$0 \leq \mathbf{Q}_c \leq \mathbf{Q}_c^{\max} \quad (9) \quad v_{DP} + v_{PL} = 1 \quad (13)$$

$$0 \leq \mathbf{Q}_d \leq \mathbf{Q}_d^{\max} \quad (10) \quad Q_{c,i} \cdot Q_{d,i} = 0 \quad (14)$$

$$\delta_{C,HP} + \delta_{H,HP} = 1 \quad (15)$$

$$C_{AC}^{\min} \leq v_{AC} \eta_{AC} \eta_{SC,CS} R_{SC,CS} + v_{AC} \eta_{AC} v_{PL} \eta_{SC,DP} R_{SC,DP} + v_{AC} \eta_{AC} v_{PL} \eta_{P,BL} P_{DP} + v_{AC} \eta_{AC} \eta_{B,BL} B_{GH} \leq C_{AC}^{\max} \quad (16)$$

$$C_{HP}^{\min} \leq \delta_{C,HP} v_{HP} \eta_{i,HP} E_I + \delta_{C,HP} v_{HP} \eta_{i,HP} \eta_{PV,PK} R_{PV,PK} + \delta_{C,HP} v_{HP} \eta_{i,HP} \eta_{PV,PK} R_{PV,CS} \leq C_{HP}^{\max} \quad (17)$$

$$H_{HP}^{\min} \leq \delta_{H,HP} v_{HP} \eta_{H,HP} E_I + \delta_{H,HP} v_{HP} \eta_{H,HP} \eta_{PV,PK} R_{PV,PK} + \delta_{H,HP} v_{HP} \eta_{H,HP} \eta_{PV,PK} R_{PV,CS} \leq H_{HP}^{\max} \quad (18)$$

Por cuestiones de espacio, en las ecuaciones 3 a 18 no se incluye la dependencia de cada variable con el instante de tiempo (k). En el caso de los coeficientes de reparto (v_i) y las variables binarias (δ_i) es evidente que, al tratarse de variables de decisión en el problema que se plantea, no tienen un valor constante, mientras que tanto los límites de capacidad como los coeficientes de conversión sólo son constantes cuando se consideran modelos estáticos.

En este trabajo, a excepción de los sistemas solares, se consideran modelos estáticos para todos los elementos de la planta, por lo que tanto los valores de los límites de producción como los coeficientes de conversión se recogen en las tablas 1 a 3. En cuanto a los sistemas solares, la capacidad máxima de producción se determina a partir del área de captación y de los datos disponibles de radiación (global

directa y difusa) mediante el modelo de radiación difusa isotrópica (Duffie, 2013). Por otro lado, los coeficientes de conversión calculan a partir del modelo del circuito equivalente para un panel fotovoltaico (Duffie, 2013) en el caso de las instalaciones fotovoltaicas y de trabajos previos en el caso de los colectores solares de CIESOL (Pasamontes, 2009) y la desaladora (Roca, 2008).

Tabla1: Límites superior e inferior y coeficientes de conversión en los dispositivos de la planta.

Var.	Lím. Inf.	Lím. Sup.	Var.	Coef. Conv.
B_{GH}	0 kg/h	40 kg/h	$\eta_{B,BL}$	4,25
-	-	-	$\eta_{G,BL}$	1,76
S_{DP}	6 m ³ /h	10 m ³ /h	$\eta_{S,DP}$	0,24
P_{DP}	0 kg/h	20 kg/h	$\eta_{P,BL}$	11,54
P_{GH}	0 kg/h	6,8 kg/h	$\eta_{P,HT}$	11,54
C_{AC}	0 kW	70 kW	η_{AC}	0,7
C_{HP}	0 kW	76,4 kW	$\eta_{C,HP}$	2,73
H_{HP}	0 kW	82,6 kW	$\eta_{H,HP}$	3,23
E_I	0 kW	∞	-	-
W_I	0 kW	∞	-	-

Tabla 2: Límites superiores en los sistemas de almacenamiento.

Salida	Carga	Descarga	Capacidad
E_O	3 kW	3 kW	11 kWh
C_O	20,9 kW	20,9 kW	29 kWh
H_{CS}	125,4 kW	125,4 kW	174,2 kWh
H_{DP}	250,8 kW	250,8 kW	335,4 kWh
H_{GH}	104,5 kW	104,5 kW	116,1 kWh
W_O	3 m ³ /h	3 m ³ /h	6 3 m ³
D_O	50 kg/h	50 kg/h	300 kg

Tabla 3: Coeficientes de conversión en los sistemas de almacenamiento.

Salida	Carga	Descarga	Degradación
E_O	0,7	0,8	0,02
C_O	0,9	0,9	0,06
H_{CS}	0,9	0,9	0,06
H_{DP}	0,9	0,9	0,06
H_{GH}	0,9	0,9	0,06
W_O	1	1	0
D_O	1	1	0

4. Planteamiento del problema de optimización y resultados

Tal y como se introdujo al principio el objetivo consiste en determinar la cantidad de recursos de entrada y el almacenamiento de los mismos que se requiere en cada instante de tiempo. Por tanto, el planteamiento del problema queda expresado según la ecuación 19 y sujeto a las restricciones expuestas anteriormente en forma de ecuaciones, donde el vector $c(k)$ contiene los costes de cada recurso de entrada en cada instante de muestreo y el vector $I(k)$ la cantidad de cada recurso de entrada que minimice dicha función, T es el tiempo de muestreo en minutos y N el horizonte temporal.

$$\min \sum_{k=0}^{N-1} c(k)I(k)T/60 \quad (19)$$

Tanto la radiación como el agua de mar se consideran recursos gratuitos e ilimitados, y se ha estimado el coste del resto de recursos como se refleja en la tabla 4, por lo que el vector $c(k)$ puede expresarse conforme a la ecuación 20.

Tabla 4: Coste estimado de los recursos.

Recurso	Entradas	Coste
Energía eléctrica	E_I	0,141 €/kWh
Agua potable	W_I	6,00 €/m ³
Propano	P_{DP}, P_{GH}	1,172 €/kg
Biomasa	B_{GH}	0,266 €/kg

$$c(k) = [0,141 \ 0 \ 0 \ 0 \ 0 \ 0 \ 1,172 \ 1,172 \ 6,00 \ 0,266] \quad (20)$$

A modo de ejemplo se presentan los resultados para dos casos base diferentes: un día típico frío (abajo) y otro cálido (arriba). Las figuras 3 a 9 reflejan el reparto que se realiza de cada recurso, mientras que la tabla 5 recoge los costes de operación de la planta. Se ha empleado un horizonte temporal de 24 h y un estado inicial de los sistemas de almacenamiento a la mitad de su capacidad máxima.

En las figuras 3 a 9, se representan las curvas de demanda en línea continua correspondiendo su escala a la del eje de ordenadas izquierdo y las curvas de almacenamiento en línea discontinua (con color idéntico a las de demanda) y con la escala del eje de ordenadas de la derecha. Las áreas coloreadas representan los recursos de entrada con que se cubren las curvas de demanda y tienen la misma escala y unidades que éstas. De forma general, se observa que el perfil de las áreas no coincide exactamente con el de las curvas de demanda, lo cual indica si se está produciendo más (cuando las áreas quedan por encima) o menos (cuando quedan por debajo y aparecen huecos blancos) de lo necesario. Cuando esto sucede, las curvas de almacenamiento crecen (carga) o decrecen (descarga), respectivamente. A esto hay que añadir la degradación que se ha supuesto en algunos recursos y que produce un decrecimiento constante en las curvas de independientemente de lo anterior.

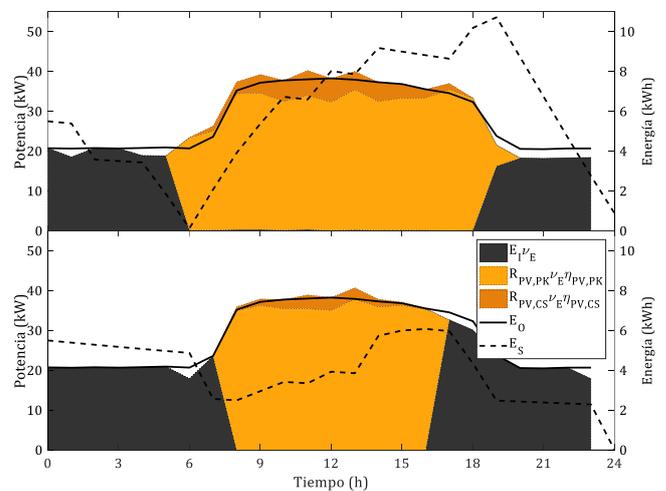


Figura 3: Reparto, demanda y almacenamiento de potencia eléctrica durante 24 h

En el caso de la electricidad (figura 3) se observa que la contribución fotovoltaica es mayor en el día cálido porque hay más horas de sol y dentro de ésta es mayor la contribución del parking que la de CIESOL por el tamaño de la instalación.

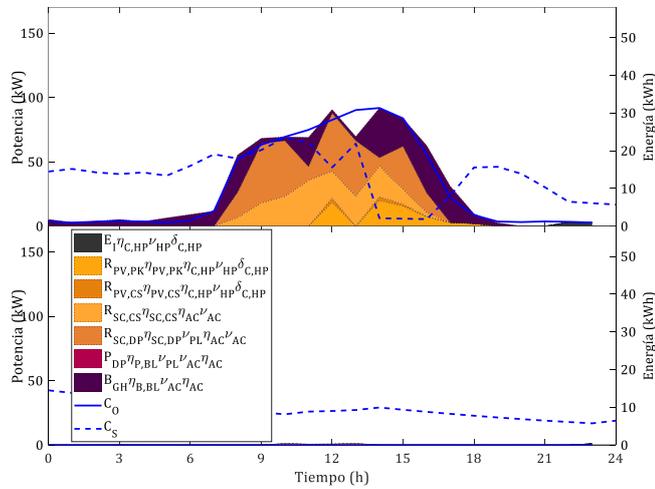


Figura 4: Reparto, demanda y almacenamiento de potencia térmica (refrigeración) para CIESOL durante 24 h

En la figura 4 se advierte que la demanda térmica de refrigeración en CIESOL del día cálido se cubre prácticamente a partir de las fuentes más baratas en el sentido económico, como son las instalaciones solares (tanto fotovoltaica para la bomba de calor reversible como térmica para la máquina de absorción) y la caldera de biomasa. En las curvas correspondientes al día frío en los que la demanda se ha asumido nula, se perciben cambios en los sistemas de almacenamiento que en teoría no deberían de afectar al coste de operación por deberse a recursos de coste nulo.

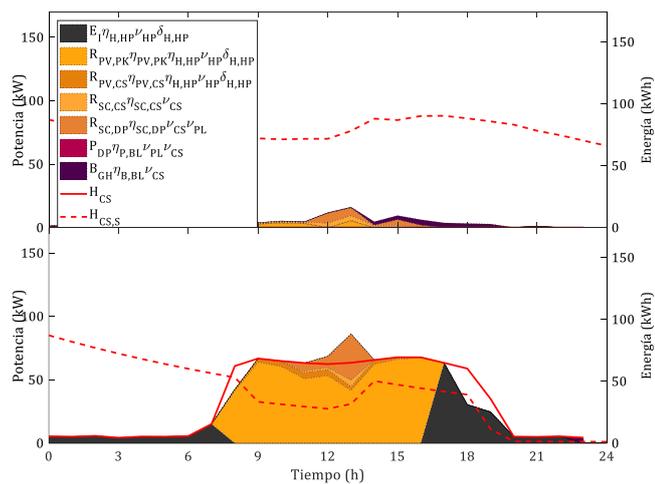


Figura 5: Reparto, demanda y almacenamiento de potencia térmica (calefacción) para CIESOL durante 24 h

De forma análoga, la figura 5 refleja el reparto térmico de calefacción en CIESOL. En este caso, pese a predominar la zona anaranjada correspondiente a los sistemas de energía solar, se hace uso de energía eléctrica para alimentar a la bomba de calor. La contribución de la caldera de biomasa es prácticamente nula (por la mayor demanda térmica y menor

de CO₂ en el invernadero). En este caso, en las curvas correspondientes al día cálido en los que la demanda se ha asumido nula, se perciben cambios en los sistemas de almacenamiento que en teoría no deberían producirse ya que se produce aportación eléctrica desde la red de suministro.

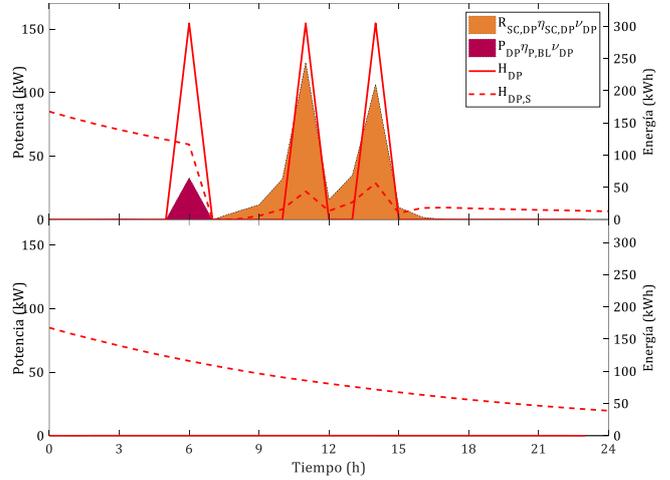


Figura 6: Reparto, demanda y almacenamiento de potencia térmica (calefacción) para la desaladora durante 24 h

La 7 relativa a la demanda térmica de la desaladora muestra como ésta sólo entra en funcionamiento en momentos puntuales o no lo hace. Buena parte de la demanda se cubre a partir de la energía que se ha supuesto almacenada al inicio del día, aunque la principal aportación se realiza desde el campo de captadores térmicos de la desaladora.

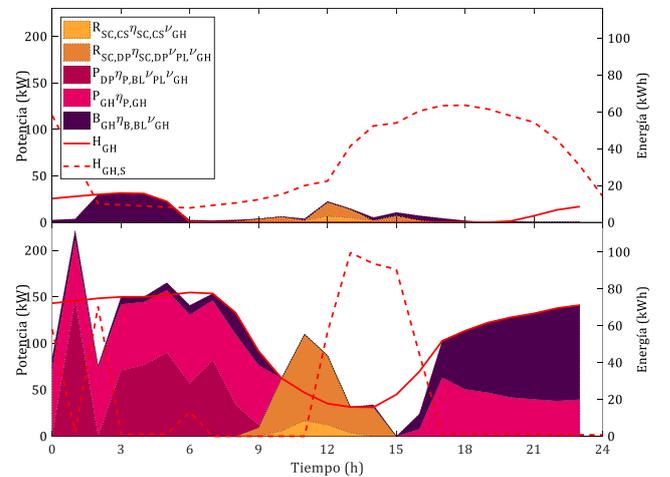


Figura 7: Reparto, demanda y almacenamiento de potencia térmica (calefacción) para el invernadero durante 24 h

Con respecto a la demanda térmica del invernadero (figura 7), en el día cálido queda satisfecha por las instalaciones térmicas solares y la caldera de biomasa, como ocurre con la demanda de CIESOL, mientras que en el día frío los sistemas de propano juegan un papel importante. En las gráficas correspondientes al CO₂ (figura 9) únicamente destaca gran desigualdad en las cantidades almacenadas al cabo del día por la diferencia en la demanda, mientras que en el caso del agua (figura 7) la producción de la desaladora es notable en el día cálido debido a la gran disponibilidad de energía térmica solar, de menor coste.

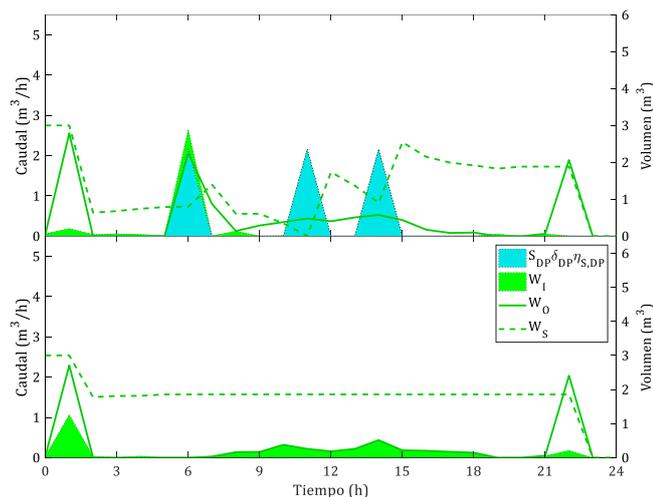


Figura 8: Reparto, demanda y almacenamiento de agua para CIESOL y el invernadero durante 24 h

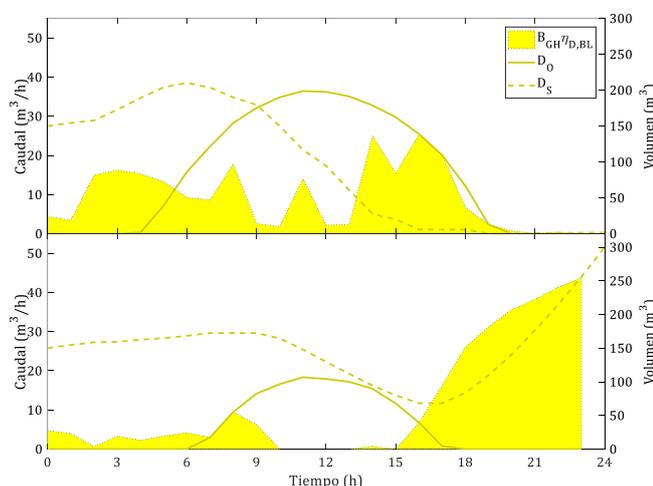


Figura 9: Reparto, demanda y almacenamiento de CO₂ para el invernadero durante 24 h

Tabla 5: Costes de operación de la planta.

Recurso	Coste unitario	Día cálido	Día frío
Energía eléctrica	0,141 €/kWh	30,35 €	54,99 €
Agua potable	6,00 €/m ³	7,44 €	22,26 €
Propano	1,172 €/kg	3,90 €	161,82 €
Biomasa	0,266 €/kg	33,64 €	42,50 €
TOTAL	-	75,33 €	281,57 €

5. Conclusiones y trabajos futuros

La contribución más importante que se desprende de este trabajo es que se dispone de los elementos suficientes para simular diferentes escenarios de operación. Aunque por razones de tiempo aquí se ha reducido a unos pocos casos concretos el número de pruebas realizadas, podría hacerse funcionar el modelo con conjuntos de datos reales diferentes de los empleados, incorporando modelos de predicción que hagan variar las curvas de demanda en el tiempo conforme

se realizan actualizaciones más precisas de los datos, lo cual implicaría utilizar estrategias con horizonte deslizante.

Otra de las particularidades del sistema propuesto es que, pese haberse realizado simplificaciones como la asunción de algunos coeficientes de conversión de los sistemas de almacenamiento o los sistemas de producción por combustión, se contempla la posibilidad de sustituir dichos valores estáticos por modelos de proceso que proporcionen datos variables de manera análoga a como ocurre con el modelo empleado para los paneles fotovoltaicos.

Finalmente, en relación con la programación del modelo y el algoritmo de optimización, un aspecto a tener en cuenta es al tratarse de un problema de programación no lineal en enteros mixta, es posible que no pueda obtenerse el óptimo global, lo cual justificaría que en algunos casos los sistemas de almacenamiento no se descarguen completamente o que se activen procesos de producción en días en los que la demanda se ha supuesto nula. Así pues, sería interesante realizar el planteamiento del problema mediante programación lineal en enteros mixta y su comparación con los resultados obtenidos.

Agradecimientos

Este trabajo ha sido financiado con el Proyecto R+D+i del Plan Nacional DPI2014-56364-C2-1-R del Ministerio de Economía, Industria y Competitividad y Fondos FEDER.

Referencias

- Alarcón Padilla, D. C. et al., 2006. Experimental result of AQUASOL project: development of an advanced hybrid solar-gas multi-effect distillation system. 13th International Symposium on Concentrated Solar Power and Chemical Energy Technologies. Sevilla.
- Grupo de Investigación de Automática Robótica y Mecatrónica (ARM-TEP197), 2016. ENERPRO. [En línea]. Disponible en: <http://www2.ual.es/enerpro/> (Accedido: 21-nov-2017).
- Duffie, J. A. y Beckman, W. A., 2013. Solar Engineering of Thermal Processes. Wiley. New Jersey
- Farhangi, H., 2010. The path of the smart grid. IEEE Power Energy Magazine 8 1, 18–28.
- Geidl, M. et al., 2007a. Energy Hubs for the Future. IEEE Power and Energy Magazine 5 1, 24–30.
- Geidl, M. et al. 2007b. The Energy Hub—A powerful concept for future energy systems. Third Annual Carnegie Mellon Conference on the Electricity Industry.
- Pasamontes, M. et al. 2009. Hybrid modeling of a solar cooling system. IFAC Proceedings 3 1, 26–31.
- Ramos-Teodoro, J. 2017. Gestión energética de un sistema de producción heterogéneo bajo el paradigma *energy hub*. Trabajo Fin de Máster. Universidad Carlos III de Madrid.
- Roca, L. et al. 2008. Solar field control for desalination plants. Solar Energy 82 9, 772–786.
- Rosiek, S., Battles, F. J. 2013. Renewable energy solutions for building cooling, heating and power system installed in an institutional building: Case study in southern Spain. Renewable and Sustainable Energy Reviews 26, 147–148.
- Sánchez, J. A., et al. 2012. Virtual sensors for designing irrigation controllers in greenhouses. Sensors 12 11, 15244-15266.