

Estudio del Metabolismo y flujo energético del espacio de La Granja

Trabajo de fin de Grado en Ciencias Ambientales,
2014 – 2015

Universitat Autònoma de Barcelona

E. Macho Salas, S. Méndez Membrilla, R. Rubio Palma
Asesoría y Servicios SER

Resumen

Mediante la colaboración entre el Zoo de Barcelona y la Universidad Autónoma de Barcelona, se realiza un estudio sobre el metabolismo y flujo energético y de materiales del sistema La Granja. El Zoo solo dispone de datos globales del conjunto de sus instalaciones, por ello este estudio se centra en el análisis de los vectores eléctrico, gas e hídrico, así como de los flujos de alimentos y residuos, y las emisiones de CO_{2eq}.

El estudio se divide en los subsistemas Establos, Huerto, Parque infantil, Jardín y Restaurante. Finalmente, se obtiene una demanda de electricidad de 223.044 kWh, una demanda de gas de 6.648 kWh, una demanda hídrica de 9.569 m³, un flujo de alimentos de 41.502 kg, un flujo de residuos de 95.775 kg y unas emisiones de 128.960 kg CO_{2eq}.

Estos datos permiten plantear actuaciones de mejora para avanzar hacia un sistema más eficiente que el actual y con la mínima dependencia de recursos externos. Así, se reduce el impacto que supone el sistema, a partir de la aplicación de energías renovables, ecoeficiencia, buenas prácticas...

Palabras clave: zoo, granja, metabolismo, flujos, sostenibilidad, ecoeficiencia, energías renovables, vector.

Resum

Per mitjà de la col·laboració entre el Zoo de Barcelona i la Universitat Autònoma de Barcelona, es realitza un estudi sobre el metabolisme i flux energètic i de materials del sistema La Granja. El Zoo només disposa de dades globals del conjunt de les seves instal·lacions, per això aquest estudi se centra en l'anàlisi dels vectors elèctric, gas i hídric, així com dels fluxos d'aliments i residus, i les emissions de CO_{2eq}.

L'estudi es divideix en els subsistemes Estables, Hort, Parc infantil, Jardí i Restaurant. Finalment, s'obté una demanda d'electricitat de 223.044 kWh, una demanda de gas de 6.648 kWh, una demanda hídrica de 9.569 m³, un flux d'aliments de 41.502 kg, un flux de residus de 95.775 kg i unes emissions de 128.960 kg CO_{2eq}.

Aquestes dades permeten plantejar actuacions de millora per avançar cap a un sistema més eficient que l'actual i amb la mínima dependència de recursos externs. Així, es redueix l'impacte que suposa el sistema, a partir de l'aplicació d'energies renovables, ecoeficiència, bones pràctiques ...

Paraules clau: zoo, granja, metabolisme, fluxos, sostenibilitat, ecoeficiència, energies renovables, vector.

Abstract

This study is about energy and material flows and metabolism of the system called La Granja. And it is realized by means of the collaboration between the Barcelona Zoo and the Autonomous University of Barcelona. The Zoo only owns global data of the amount of their installations, that is why this study is focused on the analysis of electric, gas and water vectors, as well as foods and residues flows and CO_{2eq} emissions.

The study is divided on the following subsystems: Stables, Orchard, Playground, Garden and Restaurant. After compiling all the data is shown that, the electricity demand is of 223.044 kWh, the gas demand is of 6.648 kWh, the water demand is of 9.569 m³, the food flow is of 41.502 kg, the residues flow is of 95.775 kg and the emissions are of 128.960 kg CO_{2eq}.

This data allows the setting of improvement actions in order to advance through a more efficient system than the current system with the minimum dependence on external resources. This way, the impact that involves the system is reduced, applying renewable energies, eco-efficiency, good practices...

Keywords: zoo, farm, metabolism, flow, sustainability, eco-efficiency, renewable energies, vector.

Introducción

El Parque Zoológico de Barcelona fue inaugurado en 1892 y, en la actualidad cuenta con unas 13 hectáreas y unos 2.200 ejemplares de más de 315 especies diferentes¹. Sus objetivos principales son: la conservación, la investigación y la educación, afirmando que es un parque educador, sensibilizador e involucrado contra las amenazas globales a la biodiversidad y promotor de la sostenibilidad.

La Granja del Zoo se creó a inicios del año 1990 y ocupa una superficie de 5.116 m². Recibe el nombre de Zoo Infantil y tiene como objetivo permitir a los niños el contacto con especies domésticas y de granja.

El estudio se realiza mediante la separación del sistema La Granja en diferentes subsistemas: Establos, Aulas, Huerto, Jardín, Parque infantil y Restaurante (Figura1). Además, para realizar el proyecto se analizan los vectores que constituyen el

metabolismo del sistema La Granja (electricidad, gas, agua, alimentos y residuos).

Los principales objetivos son estudiar el metabolismo y flujo energético y de materiales del espacio de La Granja, y proponer acciones de mejora, para avanzar hacia un sistema más eficiente que el actual y con la mínima dependencia de recursos externos.

Materiales y métodos

La metodología empleada para la realización del proyecto se divide en cuatro bloques principales².

La *búsqueda de información*, en que se define los consumos y flujos del zoológico de Barcelona y su contexto³. Además se seleccionan los datos asociados al sistema La Granja, teniendo en cuenta los puntos de suministro que abastecen el sistema de estudio.

La información se reúne mediante el contacto con los técnicos de dicha zona, cosa que permite inventariar los elementos que forman cada subsistema.

La *estimación de datos* se realiza para los vectores electricidad, gas, agua, alimentos y residuos. El vector eléctrico consiste, mayoritariamente, en la realización de un inventario del equipamiento, indicando las potencias; y la contabilización de horas de uso. El vector gas se contabiliza mediante el tamaño de las bombonas, su tipología y el número de reposiciones realizadas. En cuanto al vector hídrico, se elabora un inventario, se calculan los caudales, se consultan las horas de uso, y para el caso de los servicios se determina el promedio de usuarios que lo utilizan. Para los alimentos, se consulta el número de pedidos que se hacen a diario y el presupuesto establecido para los alimentos del Restaurante. Por último, los residuos se contabilizan a partir del recuento de cubos de basura y el número de veces que son vaciados, así como su porcentaje de llenado y su capacidad.

La *diagnosís de los datos obtenidos*, donde se presentan las demandas y flujos en función del punto de suministro, del total del zoo, del número de visitantes y de la superficie del sistema. Además, se comparan los resultados entre los elementos que forman un mismo subsistema y las proporciones de cada uno de éstos respecto al total.

Por último, la *propuesta de acciones de mejora* del sistema, donde se definen una serie de líneas estratégicas con programas y acciones. En este caso, se emplea la metodología descrita en la Tabla 1 para valorar su viabilidad y se elaboran las fichas correspondientes a las acciones a realizar⁴.

Resultados y discusión

Los resultados totales obtenidos se plasman en la Tabla 2, diferenciando los datos por vectores.

Vector eléctrico: El consumo eléctrico del Zoo de Barcelona se asocia básicamente a iluminación, servicios, equipos y transporte eléctrico, con un consumo total de 3.108.774 kWh. El sistema La Granja pertenece a la zona Castell-Titis del Zoo, que consume 627.701 kWh anualmente.

Dada la inexistencia de datos por zonas se estima la demanda eléctrica del sistema estudiado. Los resultados obtenidos son de **43,6 kWh/m²** y **0,34 kWh/visitante**. Esta demanda representa un **10,27%** respecto al total del punto de suministro y un **2,07%** respecto al total consumido por el zoo.

Vector gas: La demanda del vector gas viene determinada por el uso de bombonas de gas butano y propano en los subsistemas Establos y Restaurante. La demanda anual obtenida supone **0,01 kWh/visitante** y **1,3 kWh/m²**. No se obtiene un porcentaje respecto al zoo ya que los valores totales hacen referencia a gas natural.

Vector hídrico: El consumo hídrico del Zoo de Barcelona se destina principalmente a las instalaciones de animales acuáticos, a la limpieza y al riego. El consumo que se da en la totalidad del Zoo es de 374.861 m³. El punto de suministro asociado al sistema de estudio es el denominado Prim, con un consumo de 156.659 m³.

El uso del vector agua se debe a limpieza, bebederos, riego y servicios, entre otros.

La estimación final de demanda hídrica del sistema La Granja representa un **5,68 %** del total del sistema Prim y un **2,37%** de la totalidad del zoo. Estos datos suponen **0,01 m³/visitante** y **1,87 m³/m²**.

También se valora la necesidad de agua potable o no potable para cada uso que se le da al agua.

Flujo de alimentos: En cuanto a alimentos se determina que la demanda es para los subsistemas Establos, Aulas y Jardín. Los alimentos provienen de Mercabarna y son principalmente heno, piensos, paja...

El flujo de alimentos requerido por el subsistema Restaurante no está disponible, pero el presupuesto gastado en el año 2014 es de **228.139,64€**.

Flujo de residuos: El Zoo de Barcelona genera un total de 1.166.004 kg anuales de residuos correspondientes a las diferentes fracciones.

En el caso del sistema La Granja se diferencian 6 fracciones: envases, restos, excrementos, materia orgánica, papel y compost. El flujo de residuos estimado para el sistema representa el **7,92%** para el total del Zoo, donde destaca la gran generación de excrementos por parte del subsistema Establos. Estos datos suponen **18,72 kg/m²** y **0,15 kg/visitante**.

Emisiones de CO_{2eq}: Las emisiones de CO_{2eq} suponen anualmente **24,69 kg de CO_{2eq}/m²** y **0,2 kg de CO_{2eq}/visitante**.

Conclusión

Después de la recogida y tratamiento de datos, así como su posterior análisis y discusión, se extraen una serie de conclusiones respecto a los subsistemas que componen el sistema global de La Granja. En este punto se puede afirmar que los objetivos del proyecto se cumplen, pues se estudia al completo el metabolismo y los flujos energético y de materiales del sistema.

Vector eléctrico

En cuanto al vector eléctrico, después de realizar una estimación de la demanda del sistema de La Granja, se observa que éste representa **223.044 kWh** anuales. Cabe decir, que el subsistema con mayor demanda corresponde al Restaurante (**71%**), con **64.480 kWh** anuales. Los elementos con la demanda más elevada del sistema son las bombillas incandescentes (**4,7%**) y la bomba de filtraje (**4,4%**).

Vector gas

Respecto al vector gas, se observa que está destinado principalmente al uso de la máquina de pollos a l'ast dentro del subsistema Restaurante y al secado de arena en el subsistema Establos; ambos con un **91%** y **9%** respectivamente de demanda anual, respecto al sistema global del estudio. El sistema finalmente requiere de una demanda de **6.648 kWh**.

Vector energético

Por tanto, el vector energético viene determinado por la suma del vector eléctrico y el vector gas, con una demanda anual final de **229.692 kWh**.

Vector hídrico

La demanda hídrica estimada es de **8.901 m³**. La máxima demanda viene representada por el subsistema Restaurante (**43,62%**) y Aulas (**40,01%**). Se da una alta demanda de los servicios, tanto de las Aulas (**3.672 m³**) como del Restaurante (**2.171 m³**).

Flujo de alimentos

Los alimentos del subsistema Restaurante son gestionados por la empresa Sehrs y suponen **228.139,64€**, en 2014. La demanda de alimentos se da en los subsistemas Establos, Aulas y Jardín, y proviene de Mercabarna. En la demanda anual obtenida, de **41.502 kg**, destaca el heno que representa un **70,36%** de este total.

Flujo de residuos

En el sistema Granja se diferencian **6 fracciones**, que conllevan un flujo de **1.166.004 kg**. El principal subsistema productor de residuos es el de los Establos (**73,67%**) y el Restaurante (**22,68%**). El **62%** de los residuos son excrementos, seguido del **23%** de restos. Las fracciones restos y envases destacan mayoritariamente (**91,8%** y **86,46%**) en el subsistema Restaurante.

Emisiones de CO_{2eq}

Se estiman que las emisiones de CO_{2eq} asociados al sistema Granja proceden principalmente del vector eléctrico (69%) e hídrico (30%), con un total de **126.291 kg de CO_{2eq}**.

Propuestas de mejora

Con el propósito de alcanzar el objetivo sobre la formulación de acciones de mejora, se estudian diferentes propuestas de mejora enfocadas a avanzar hacia un sistema más eficiente que el actual y con la mínima dependencia de recursos externos.

Las actuaciones planteadas se valoran mediante la metodología establecida anteriormente, y se obtienen los resultados expresados en la Tabla 3. Además de estas acciones, se plantean otras actuaciones referidas a buenas prácticas dirigidas hacia la ecoeficiencia, así como la mejora del diseño del subsistema Parque infantil.

Para la reducción de la demanda eléctrica se propone la sustitución de los fluorescentes convencionales por LEDs, reduciendo así, un 50% de la demanda que suponen los fluorescentes⁵. También se propone el cambio de electrodomésticos por otros de bajo consumo en el Restaurante, cosa que supone una reducción de la demanda eléctrica de éstos en un 40%⁶; y el traslado de la sala de cría de presa al sistema Titis eliminando así toda la demanda que implica y proporcionando alimentos de proximidad a otros sistemas. La autosuficiencia del sistema es posible mediante la instalación de 232 placas solares SOLARWORLD SW275MONO⁷ en los tejados de los subsistemas Restaurante y Establos.

La demanda hídrica puede darse a partir de propuestas como: la automatización del Huerto mediante riego por goteo (reducción del 50% de la demanda de agua del Huerto⁸), el uso de *mulching* con heno y paja, y restos de poda (reducción del 7,5% de la demanda hídrica en Huerto y Jardín⁹),

la instalación de un sensor solar y de humedad para riego por goteo de la marca Hunter (reducción del 15% de la demanda en el Jardín⁹) y la instalación de grifos con sensor de movimiento en los servicios (reducción del 50% de la demanda que suponen los grifos de los servicios).

Entre las buenas prácticas dirigidas hacia la ecoeficiencia se encuentran el control en el uso de los aires acondicionados de las Aulas, la compra de lechuga ecológica para alimentar a la presa viva, el aumento de la producción y el control del Huerto, la diferenciación de los residuos por fracciones en la cocina del Restaurante y el uso del carrizo como agente estructurante del compost.

Bibliografía

¹Zoo de Barcelona.

<http://www.zoobarcelona.com>

²SGS Tecnos S.A. (2011). "Guia metodològica per a realitzar auditories energètiques". 162 pàgines.

³Applus (2012). "Estudi energètic del Parc Zoològic de Barcelona". 51 pàgines.

⁴ABAD MARÍ, Mireia; ANGLADA ORTIZ, Griselda; BALLE LLABRÉS, Francisca; DE MATA BORRÀS, Catalina (2015). "Estudi del metabolisme energètic i de recursos de l'aviari del Zoo de Barcelona. Mesures cap a la sostenibilitat". 106 pàgines.

⁵Equivalencias bombillas LEDs.

<http://blog.ledbox.es>

⁶Etiqueta de eficiencia energética.

www.ecoprojecta.es

⁷Catálogo SOLARWORD.

⁸FAO (2002). "Agua y Cultivos, logrando el uso óptimo del agua en la agricultura". 23 pàgines.

⁹Área de Gobierno de Medio Ambiente y Servicios a la Ciudad de Madrid. "Criterios para una jardinería sostenible en la ciudad de Madrid". 95 pàgines.

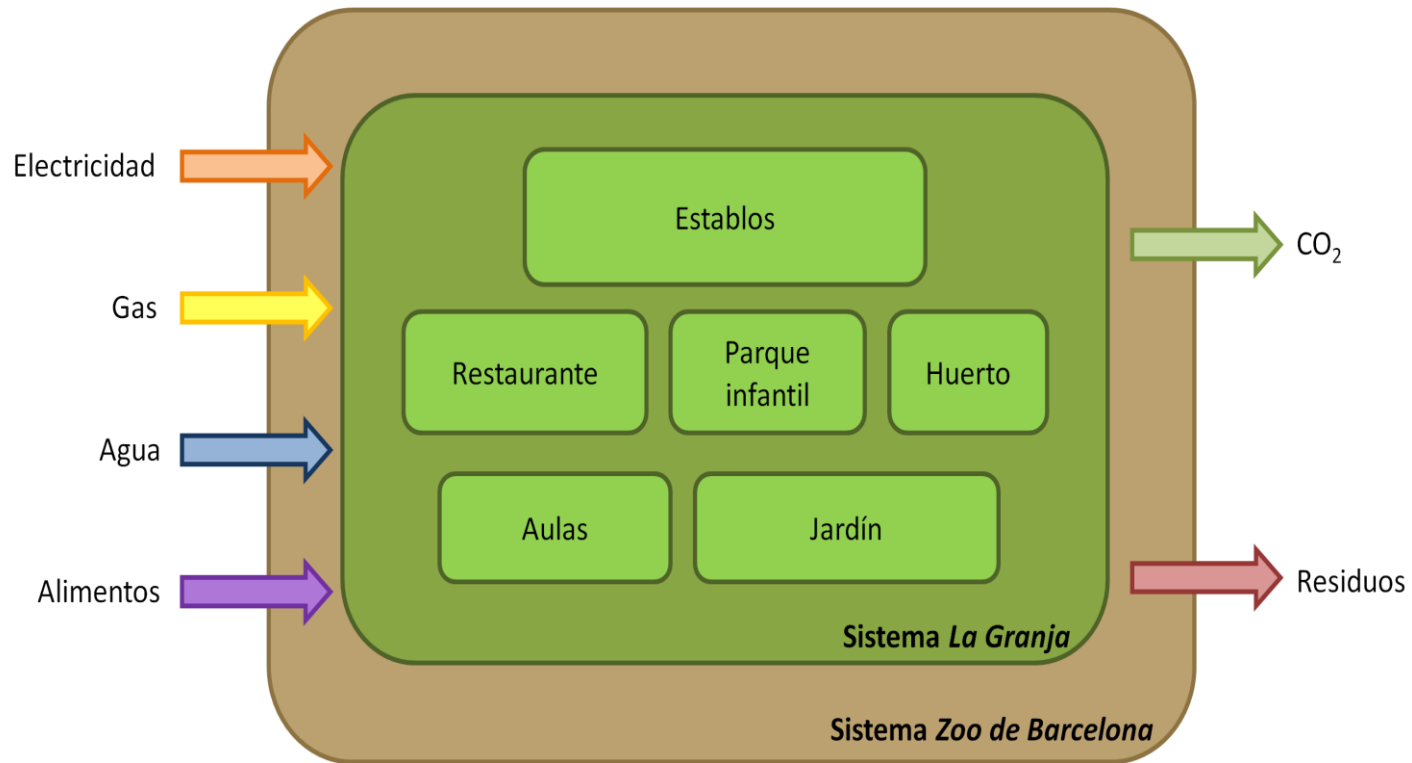


Figura 1. Metabolismo y flujo energético del sistema Zoo de Barcelona y La Granja. Fuente: Elaboración propia.

Tabla 1. Definición del método de valoración para cada criterio para la selección de las propuestas de mejora. Fuente: *Metodología TFG Aviari del Zoo de Barcelona*.

Beneficios		
Ambientales	Sociales	Económicos
Muy favorable Reduce el impacto ambiental al mínimo	Muy favorable Mejora la imagen externa y promueve medidas hacia la sostenibilidad	Muy favorable Viabilidad económica muy positiva
Favorable Contribuye a la reducción del impacto	Favorable Mejora la imagen externa	Favorable Viabilidad económica positiva
Desfavorable No causa ningún impacto	Desfavorable No causa ningún impacto	Desfavorable Viabilidad económica negativa
Muy desfavorable Impacto ambiental	Muy desfavorable Empeora la imagen externa	Muy desfavorable Viabilidad económica muy negativa
Viabilidad económica		
Costes implantación	Costes mantenimiento	Amortización
Muy favorable <5000 €	Muy favorable La medida no necesita mantenimiento	Muy favorable <1 año
Favorable <15000 €	Favorable La medida necesita mantenimiento puntual	Favorable 1-3 años
Desfavorable >15000 €	Desfavorable La medida necesita mantenimiento	Desfavorable >3 años
Muy desfavorable >30000 €	Muy desfavorable La medida necesita mantenimiento regular	Muy desfavorable >5 años
Viabilidad técnica		
Ahorro de consumo	Prioridad	Dificultad de implantación
Muy favorable >40%	Muy favorable Consumo acción >15% consumo sistema	Muy favorable No son necesarias reformas
Favorable >20%	Favorable Consumo acción >1% consumo sistema	Favorable Son necesarias pequeñas reformas
Desfavorable <20%	Desfavorable Consumo acción <1% consumo sistema	Desfavorable Son necesarias reformas
Muy desfavorable <10%	Muy desfavorable Consumo acción <0,5% consumo sistema	Muy desfavorable Son necesarias reformas estructurales

Tabla 2. Resumen de los totales en todos los vectores. Fuente: Elaboración propia.

Vector	Demanda anual	Demanda/superficie	Demanda/visitante	Porcentaje (respecto Zoo)
Eléctrico				
Unidades	kWh/año	kWh/m²·año	kWh/visitante·año	%
Zoo de Barcelona	3108774	-	-	-
Castell-Titis	627701	-	-	20,19
La Granja	64480	43,6	0,34	2,07
Gas				
Unidades	kWh/año	kWh/m²·año	kWh/visitante·año	%
La Granja	6648	1,3	0,01	-
Agua				
Unidades	m³/año	m³/m²·año	m³/visitante·año	%
Zoo de Barcelona	374861	-	-	-
Prim	156659	-	-	6,11
La Granja	8901	1,74	0,01	2,37
Alimentos				
Unidades	kg/año	-	-	-
La Granja	41502	-	-	-
Residuos				
Unidades	kg/año	kg/m²·año	kg/visitante·año	%
Zoo de Barcelona	1166004	-	-	-
La Granja	92295	18,72	0,15	7,92
CO_{2eq}				
Unidades	kg CO_{2eq}/año	kg CO_{2eq}/m²·año	kg CO_{2eq}/visitante·año	%
La Granja	126291	24,69	0,2	-

Tabla 3. Valoración final de las propuestas de mejora planteadas para la reducción del consumo de los vectores estudiados del sistema La Granja según los criterios establecidos. Fuente: TGF Aviari del Zoo de Barcelona.

	Beneficio			Viabilidad económica			Viabilidad técnica			Valoración final
	Ambiental	Social	Económico	Coste implantación	Coste mantenimiento	Amortización	Ahorro de consumo	Prioridad	Dificultad de implantación	
Instalación de placas fotovoltaicas	++	++	+	--	+	+	++	++	+	10
Substitución de fluorescentes convencionales por LEDs	+	+	++	++	++	+	++	+	++	14
Substitución de lámparas infrarrojas por otro método más eficiente	+	+	++	++	++	+	--	+	++	10
Aislamiento térmico en muros y puertas	+	-	+	++	+	+	-	-	-	2
Instalación de Luces automáticas	+	+	+	++	+	-	-	--	+	3
Cambio de electrodomésticos por otros de bajo consumo	++	++	++	--	++	--	++	++	++	10
Traslado de la sala de cría de presa	++	-	++	++	+	++	++	++	-	11
Instalación de una caldera de biomasa	+	-	+	+	+	+	+	-	-	1
Instalación de placas térmicas	+	+	+	+	+	-	+	-	+	5
Automatización del huerto mediante riego por goteo	++	-	++	++	++	++	++	+	+	13
Uso de <i>mulching</i> (compost/paja)	+	+	++	++	++	++	+	-	++	12
Uso de <i>mulching</i> (restos de podas)	+	+	++	++	++	++	+	-	++	12
Instalación de sensor solar y humedad para riego por goteo	++	-	++	++	+	++	-	+	++	10
Instalación de grifos con sensor de movimiento	++	+	+	++	+	++	++	++	-	14
Instalación de sistema de captación de aguas pluviales	+	-	+	+	+	-	-	+	-	1
Instalación de un sistema de contralavado	+	-	+	-	+	+	+	+	-	3
Instalación de cisternas de doble carga	+	+	+	++	+	-	-	++	+	7