

# Trabajo Fin de Grado

Grado en Ingeniería Agroalimentaria y del Medio Rural  
*Especialidad Explotaciones Agropecuarias*

Proyecto de una granja de insectos en el T.M. de  
Villamayor de Gállego (Zaragoza)

Design of an insect farm in the municipality of  
Villamayor de Gállego (Zaragoza)

Autora

Vega Bernad González

Directores

Pilar Santolaria Blasco  
Pablo Martín Ramos







## Índice

<b>1. Introducción: análisis del sector y normativa aplicable.....</b>	<b>1</b>
<b>2. Selección de especies y ciclos de producción.....</b>	<b>6</b>
2.1. <i>Tenebrio molitor</i> .....	8
2.2. <i>Acheta domesticus</i> .....	9
2.3. <i>Hermetia illucens</i> .....	10
<b>3. Manejo de la explotación .....</b>	<b>12</b>
3.1. Manejo del <i>Tenebrio molitor</i> .....	12
3.1.1. Condiciones ambientales.....	12
3.1.2. Manejo reproductivo.....	12
3.1.3. Alimentación.....	14
3.1.4. Higiene y sanidad.....	14
3.2. Manejo de <i>Acheta domestica</i> .....	15
3.2.1. Condiciones ambientales.....	15
3.2.2. Manejo reproductivo.....	15
3.2.3. Alimentación.....	17
3.2.4. Higiene y sanidad.....	17
3.3. Manejo de <i>Hermetia illucens</i> .....	18
3.3.1. Condiciones ambientales.....	18
3.3.2. Manejo reproductivo.....	18
3.3.3. Alimentación.....	19
3.3.4. Higiene y sanidad.....	20
<b>4. Procesado.....</b>	<b>21</b>
<b>5. Producción .....</b>	<b>25</b>
5.1. <i>Tenebrio molitor</i> .....	25
5.2. <i>Acheta domestica</i> .....	25
5.3. <i>Hermetia illucens</i> .....	26
<b>6. Estudio de viabilidad económica .....</b>	<b>27</b>
6.1. Introducción .....	27
6.2. Inversión y financiación.....	27
6.3. Cobros ordinarios .....	27
6.4. Pagos ordinarios .....	28
6.5. Pagos extraordinarios.....	30
6.6. Flujo de caja.....	30
6.7. Costes anuales.....	30
<b>7. Distribución de la nave y planos .....</b>	<b>31</b>
<b>8. Bibliografía .....</b>	<b>46</b>



## Índice de figuras

<b>Figura 1.</b>	Área de tierra que se necesita para producir un plato de carne, en m <sup>2</sup> /persona (Michael Álvarez Kalverkamp et al., 2014). ....	1
<b>Figura 2.</b>	Comparativa del uso de recursos y el impacto ambiental entre una granja de insectos y otras granjas. (A) Porcentaje de biomasa digestible; (B) Relación de conversión alimenticia; (C) Producción de equivalentes de Gases de Efecto Invernadero por kg de ganancia de masa corporal; (D) Producción de contaminación por amoníaco por kg de masa corporal; (E) Potencial de calentamiento global; (F) Uso de energía; (G) Uso de tierra; y (H) Uso de agua (Gahukar, 2016). ....	3
<b>Figura 3.</b>	Comparativa del índice de conversión alimenticia y el porcentaje de canal aprovechable (Van Huis, 2012). ....	8
<b>Figura 4.</b>	Distintos momentos del ciclo fenológico de <i>Tenebrio molitor</i> : (izquierda) larva; (centro) pupa; (derecha) adulto (Arellano & Velásquez, 2016). ....	9
<b>Figura 5.</b>	Distintos momentos del ciclo fenológico de <i>Acheta domestica</i> : ninfa; muda; en la parte superior de la imagen macho adulto y en la parte inferior hembra adulta. ....	10
<b>Figura 6.</b>	Distintos momentos del ciclo fenológico de <i>Hermetia illucens</i> : (izquierda) larva; (centro) pupa; (derecha) adulto (Diclaro & Kaufman, 2009). ....	11
<b>Figura 7.</b>	(A) Cría de larvas de <i>T. molitor</i> con el sistema de cajas apilables con fondo tamizado. (B) Cría de adultos de <i>T. molitor</i> con el sistema de cajas de fondo tamizado (Cortes Ortiz et al., 2016). ....	13
<b>Figura 8.</b>	De izquierda a derecha: máquina separadora de larvas y máquina de secado de larvas por microondas (Cortes Ortiz et al., 2016). ....	15
<b>Figura 9.</b>	(A) Sistema de cría en cajas de cartón, junto con las fuentes de alimentación, hidratación y los refugios. (B) Sistema de cría en bañeras de PEAD, junto con las fuentes de alimentación, hidratación y los refugios (Cortes Ortiz et al., 2016). ....	16
<b>Figura 10.</b>	Sistema de reproducción de adultos en cajas de cartón (Cortes Ortiz et al., 2016). ..	17
<b>Figura 11.</b>	Sistema de cría de <i>H. illucens</i> adultos (Cortes Ortiz et al., 2016; Gobbi, 2012). ....	18
<b>Figura 12.</b>	Huevos de <i>H. illucens</i> en los catones de oviposición (Cortes Ortiz et al., 2016). ....	19
<b>Figura 13.</b>	Larvas de <i>H. Illucens</i> alimentándose (Cortes Ortiz et al., 2016). ....	19
<b>Figura 14.</b>	Horno microondas ("Industrial Microwave Ovens   Continuous, Batch, Generators," n.d.). ....	21
<b>Figura 15.</b>	Máquina trituradora («Molinillo de muela», s. f.). ....	21
<b>Figura 16.</b>	Localización del T.M. de Villamayor de Gállego. ....	31
<b>Figura 17.</b>	Localización de la parcela (en azul). ....	32
<b>Figura 18.</b>	Contenedor de obra destinado a ser oficina («Oficinas de obra - Atrax», s. f.). ....	33
<b>Figura 19.</b>	Planta de distribución, cotas y superficies ....	34
<b>Figura 20.</b>	Planta de maquinaria y equipo. ....	35
<b>Figura 21.</b>	Vista exterior de la nave compuesta por casetas ....	36
<b>Figura 22.</b>	Planta de la distribución interior ....	37
<b>Figura 23.</b>	Detalle de la 1ª habitación. ....	38
<b>Figura 24.</b>	Detalle de la 2ª habitación. ....	39
<b>Figura 25.</b>	Detalle de la 3ª habitación. ....	40
<b>Figura 26.</b>	Detalle de la oficina ....	41
<b>Figura 27.</b>	Detalle de los aseos/vestuarios ....	42
<b>Figura 28.</b>	Detalle del almacén. ....	43
<b>Figura 29.</b>	Instalación eléctrica. ....	44
<b>Figura 30.</b>	Instalación de fontanería. ....	45





## Resumen

En los próximos 50 años está previsto que se duplique la demanda mundial de alimentos, lo que plantea enormes desafíos para la sostenibilidad de la producción de alimentos y de los ecosistemas. Una posible solución es la obtención de proteína de alta calidad procedente de insectos. En el presente Proyecto se han estudiado las necesidades y el manejo de tres especies de insectos, el escarabajo de la harina (*Tenebrio molitor*), grillo doméstico (*Acheta domestica*) y mosca soldado negra (*Hermetia illucens*). Se ha diseñado una granja modular orientada a la producción de alimento vivo y harinas, incluyendo el equipamiento necesario para garantizar las condiciones óptimas para la cría de las especies antes mencionadas y para su procesamiento posterior cara a comercialización, y se ha analizado su viabilidad económica.

**Palabras clave:** *Acheta domestica*, cría, granja, *Hermetia illucens*, insectos, *Tenebrio molitor*,

## Abstract

Over the next 50 years, global demand for food is expected to double, which poses serious challenges for the sustainability of food production and ecosystems. A possible solution would be to obtain high quality protein from insects. In this Project, the needs and management of three species of insects have been studied, viz. flour beetle (*Tenebrio molitor*), domestic cricket (*Acheta domestica*) and black soldier fly (*Hermetia illucens*). A modular farm has been designed for the production of both live food and flour, including the necessary equipment to ensure the optimal conditions for the rearing of aforementioned species and for their subsequent processing for commercialization, and its economic viability has been analysed.

**Keywords:** *Acheta domestica*, farm, *Hermetia illucens*, insects, rearing, *Tenebrio molitor*.



## 1. Introducción: análisis del sector y normativa aplicable

En los próximos 50 años está previsto que se duplique la demanda mundial de alimentos. Esto plantea enormes desafíos para la sostenibilidad tanto de la producción de alimentos como de los ecosistemas terrestres, acuáticos y los servicios que prestan a la sociedad. Los agricultores son los principales administradores de las tierras utilizables a nivel mundial y darán forma, quizás de manera irreversible, a la superficie de la Tierra en las próximas décadas. Los nuevos incentivos y políticas para asegurar la sostenibilidad de la agricultura y los servicios de los ecosistemas serán cruciales si queremos satisfacer las demandas de mejorar los rendimientos sin comprometer la integridad ambiental o la salud pública (Tilman, Cassman, Matson, Naylor, & Polasky, 2002).

El crecimiento de la población y los ingresos impulsa la demanda de alimentos y provoca cambios en las preferencias dietéticas de las personas. La pobreza persistente, la desigualdad y el desempleo restringen el acceso a los alimentos y dificultan el logro de los objetivos de seguridad alimentaria y nutrición. La producción agrícola está limitada por la creciente escasez y la disminución de la calidad de los recursos de la tierra y el agua, así como por una inversión insuficiente en agricultura y ganadería sostenible. El cambio climático está afectando cada vez más a los rendimientos y a los medios de vida rurales, mientras que la agricultura y ganadería sigue emitiendo gases de efecto invernadero (FAO, 2018).

Según la Organización para la Agricultura y la Alimentación (FAO) de la Naciones Unidas, las tierras de cultivo cubren 1.530 millones de hectáreas (aproximadamente el 12% de superficie libre de hielo de la Tierra), mientras que los pastos cubren otros 3,38 mil millones de hectáreas (aproximadamente el 26% de la tierra libre de hielo de la Tierra). Es decir, en total, la agricultura ocupa aproximadamente el 38% de la superficie terrestre. Y casi el 78% de esta superficie es usada directa o indirectamente en la ganadería, ya sea como superficies de cultivo para alimentación animal o como superficie utilizada por los propios animales.

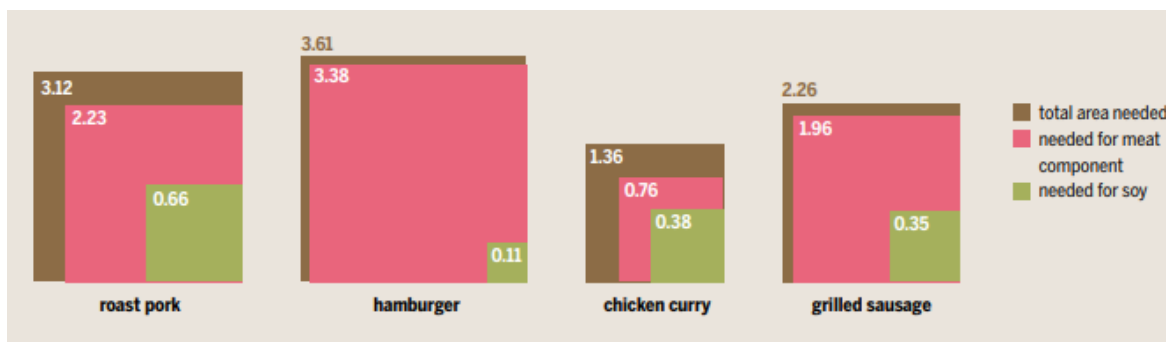


Figura 1. Área de tierra que se necesita para producir un plato de carne, en m²/persona (Michael Álvarez Kalverkamp et al., 2014).

La expansión agrícola ha tenido enormes impactos en los hábitats, la biodiversidad, el almacenamiento de carbono y las condiciones del suelo. De hecho, la agricultura mundial ya ha despejado o convertido el 70% de las praderas, el 50% de la sabana, el 45% del bosque caducifolio templado y el 27% del bioma del bosque tropical.

Además, el uso de fertilizantes, la aplicación de estiércol y los cultivos de leguminosas (que fijan nitrógeno en el suelo) han afectado de forma dramática a los ciclos globales de nitrógeno y fósforo, con impactos asociados sobre la calidad del agua, los ecosistemas acuáticos y las pesquerías marinas. La agricultura junto con la ganadería es responsable del 30–35% de las emisiones globales

de gases de efecto invernadero, de gran parte de la deforestación tropical, de las emisiones de metano del ganado y del cultivo de arroz, y de las emisiones de óxido nitroso de los suelos fertilizados.

La ganadería, como hemos comentado anteriormente ocupa 78% de la tierra agrícola y cerca de 33% de la tierra con cultivos. A medida que el sector ganadero se desarrolla, sus requerimientos de tierra crecen y el sector sufre una transición geográfica que involucra cambios en la intensidad del uso de la tierra y en los patrones de distribución geográfica. En cuanto al impacto de la ganadería en el cambio climático y la contaminación del aire, se reconoce que las actividades ganaderas emiten cantidades considerables de gases invernadero, dióxido de carbono ( $\text{CO}_2$ ), metano ( $\text{CH}_4$ ) y óxido nitroso ( $\text{N}_2\text{O}$ ), que contribuyen de manera importante al cambio climático.

Los rumiantes, y en menor medida, los monogástricos emiten metano como parte de su proceso digestivo que involucra la fermentación microbiana de alimentos fibrosos. Los excrementos de los animales emiten  $\text{CH}_4$ ,  $\text{N}_2\text{O}$ , amoníaco ( $\text{NH}_3$ ) y  $\text{CO}_2$ , en función de cómo salen de las instalaciones (sólida o líquida) y de su manejo en la colección, almacenamiento y aplicación a la agricultura. La ganadería afecta el balance de carbono de la tierra que se usa para alimento animal y contribuye, de forma indirecta, a la liberación de enormes cantidades de carbono a la atmósfera. Lo mismo sucede cuando se clarea el bosque para pastizales. Los combustibles fósiles empleados en los procesos productivos, desde la producción de alimento animal, hasta el mercadeo de productos, también emiten gases invernadero. Muchos de estos efectos indirectos son difíciles de cuantificar.

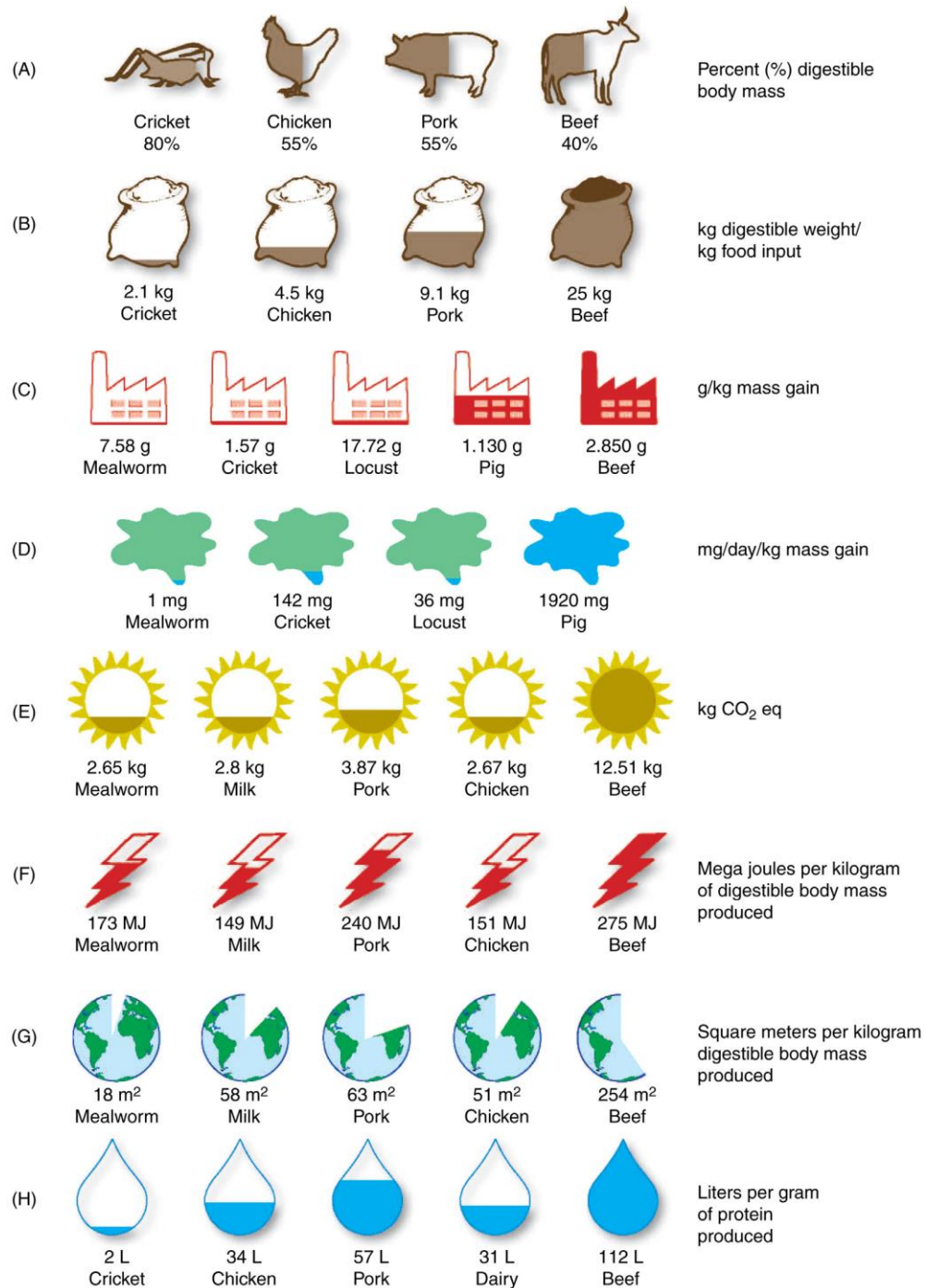
En conjunto, se estima que las actividades ganaderas contribuyen un 18% al total de emisiones antropogénicas de gases invernadero de los cinco sectores reportados: energía, industria, residuos, uso del suelo, bosques y agricultura. En los dos últimos sectores la participación de la ganadería es de 50% y sólo en comparación con la agricultura, la ganadería representa 80%. La aportación ganadera a cada uno de los tres gases invernadero es como sigue:

a) Dióxido de carbono ( $\text{CO}_2$ ): al tomar en cuenta la deforestación para el establecimiento de pastos y la degradación de los pastizales, las emisiones de la ganadería constituyen alrededor de 9% del total global.

b) Metano ( $\text{CH}_4$ ): la importancia de la ganadería en la emisión de  $\text{CH}_4$  se reconoce de tiempo atrás; la fermentación entérica y las excretas representan el 80% de las emisiones agrícolas de  $\text{CH}_4$  y alrededor de 35-40% del total de  $\text{CH}_4$  de origen antropogénico.

c) Óxido nitroso ( $\text{N}_2\text{O}$ ): las actividades ganaderas contribuyen a la emisión de  $\text{N}_2\text{O}$ , el más potente de los tres gases invernadero, con casi dos terceras partes del total global de emisiones antropogénicas de este gas y con 75-80% de las emisiones agrícolas. El  $\text{N}_2\text{O}$  se genera en el manejo aeróbico de residuos ganaderos.

d) Amoníaco ( $\text{NH}_3$ ): las emisiones globales a la atmósfera de nitrógeno (N) de origen antropogénico se han estimado recientemente en unos 47 millones de toneladas. Un 94% es producido por la agricultura, y la ganadería contribuye con 68% de esta participación, sobre todo por las excretas almacenadas y aplicadas a la agricultura (Skarstein, 1997).



**Figura 2.** Comparativa del uso de recursos y el impacto ambiental entre una granja de insectos y otras granjas. (A) Porcentaje de biomasa digestible; (B) Relación de conversión alimenticia; (C) Producción de equivalentes de Gases de Efecto Invernadero por kg de ganancia de masa corporal; (D) Producción de contaminación por amoníaco por kg de masa corporal; (E) Potencial de calentamiento global; (F) Uso de energía; (G) Uso de tierra; y (H) Uso de agua (Gahukar, 2016).

Si bien mejorar los rendimientos de los cultivos y reducir los impactos ambientales de la agricultura y la ganadería será fundamental para satisfacer las necesidades futuras, también es importante recordar que se pueden entregar más alimentos al cambiar nuestras preferencias agrícolas, ganaderas y alimentarias. En pocas palabras, podemos aumentar la disponibilidad de alimentos (en términos de calorías, proteínas y nutrientes críticos) al desviar la producción de cultivos de la alimentación del ganado, los cultivos bioenergéticos y otras aplicaciones no alimentarias.

La asignación de cultivos a usos no alimentarios, incluidos los alimentos para animales, semillas, bioenergía y otros productos industriales, afecta a la cantidad de alimentos disponibles en el mundo. A nivel mundial, sólo el 62% de la producción de cultivos se destina a alimentos para humanos, frente al 35% para alimentos para animales (que produce alimentos para humanos de manera indirecta y mucho menos eficiente, como la carne y los productos lácteos) y un 3% para bioenergía, semillas y otros productos industriales (Foley et al., 2011).

En este contexto de aumento del costo de la proteína animal, de inseguridad de suministro de alimentos y los piensos, de presiones ambientales, de crecimiento de la población y de creciente demanda de proteínas entre las clases medias, es necesario encontrar urgentemente soluciones alternativas a las fuentes convencionales de ganado y alimento. El consumo de insectos, o entomofagia, contribuye positivamente al medio ambiente, a la salud y los medios de vida.

Los insectos comestibles siempre han sido parte de las dietas humanas, aunque en algunas sociedades haya un cierto grado de disgusto por su consumo. Se estima que los insectos forman parte de las dietas tradicionales de al menos 2.000 millones de personas, y más de 1.900 especies han sido utilizadas como alimento.

Aunque la mayoría de los insectos comestibles se recolectan de hábitats forestales, la innovación en los sistemas de crianza en masa ha comenzado en muchos países.

Los insectos son una fuente de alimentos altamente nutritivos y saludables, con alto contenido de grasa, proteínas, vitaminas, fibra y minerales. El valor nutricional de los insectos comestibles es muy variable debido a la amplia gama de especies. Incluso dentro del mismo grupo de especies, el valor nutricional puede diferir según la etapa metamórfica del insecto, el hábitat en el que vive y su dieta.

Los insectos brindan una gran cantidad de servicios ecológicos que son fundamentales para la supervivencia de la humanidad. A nivel mundial, los insectos más comúnmente consumidos son los escarabajos (Coleoptera) (31%); las orugas (Lepidoptera) (18%); y las abejas, avispas y hormigas (Hymenoptera) (14%). A continuación, se encuentran los saltamontes, langostas y grillos (Orthoptera) (13%); las cigarras, pulgones, chinches y cochinillas (Hemiptera) (10%); termitas (Isoptera) (3%); libélulas (Odonata) (3%); moscas (Diptera) (2%); y otros órdenes (5%).

La alta demanda y los consiguientes altos precios de la harina de pescado/soja, junto con el aumento de la producción acuícola, están impulsando nuevas investigaciones sobre el desarrollo de proteínas de insectos para la acuicultura y las aves de corral. Los productos alimenticios a base de insectos podrían tener un mercado similar al de la harina de pescado y la soja, que actualmente son los principales componentes utilizados en las fórmulas de alimentos para la acuicultura y la ganadería. Las pruebas disponibles sugieren que los alimentos a base de insectos son comparables con las fórmulas de alimentos a base de harina de pescado y de soja. Los insectos vivos y muertos ya han establecido nichos de mercado, principalmente como alimento para mascotas y en zoológicos.

Los marcos legales que regulan las cadenas de alimentos y piensos se han expandido enormemente en los últimos 20 años. Sin embargo, las regulaciones que afectan al uso de los insectos como alimento y fuentes de alimento todavía están ausentes en muchos casos. Para los países desarrollados, la ausencia de leyes y normas claras que guíen el uso de insectos como alimentos y piensos es precisamente uno de los principales factores limitantes que impiden el desarrollo industrial de insectos para abastecer los sectores de alimentos y piensos. En los países en vías de desarrollo, el uso de insectos para la alimentación humana o animal es, en la práctica, más tolerado que regulado. El sector de la alimentación parece tomar la iniciativa para impulsar el desarrollo de más normas que abarquen a los insectos, mientras que el concepto de “alimento nuevo” o “*novel food*” parece estar emergiendo como un instrumento líder para establecer normas y estándares para el uso de insectos en alimentos humanos (Arnold van Huis et al., 2019).

Desde el 1 de enero del 2018, se aplica el nuevo Reglamento (UE) 2015/2283 relativo a los nuevos alimentos, por el que se modifica el Reglamento (UE) 1169/2011 del Parlamento Europeo y del Consejo y se derogan el Reglamento (CE) 258/97 del Parlamento Europeo y del Consejo y el Reglamento (CE) 1852/2001 de la Comisión. En este nuevo reglamento amplía el concepto de alimento:

*“(8) En principio, el ámbito de aplicación del presente Reglamento debe seguir siendo el mismo que el del Reglamento (CE) no 258/97. No obstante, procede revisar, clarificar y actualizar, sobre la base de los avances científicos y tecnológicos registrados desde 1997, las categorías de alimentos que constituyen nuevos alimentos. Esas categorías deben incluir los insectos enteros y sus partes. [...]”*

Actualmente en España hay un vacío legal en torno a la entomofagia. Está permitida la comercialización de insectos para consumo humano en países miembros como Finlandia, Francia o Bélgica, siempre y cuando estén autorizados por el órgano competente europeo, pero no los producidos a nivel nacional, debido a una falta de legislación y un desacuerdo/discordancia entre los organismos pertinentes del Estado.

En lo concerniente a la alimentación animal, se han modificado la ley de subproductos animales no destinados al consumo humano y los productos derivados de los mismos (SANDANCH) de los Reglamento (UE) 142/2011 y (CE) 999/2001. Estas modificaciones permiten la utilización de proteína animal derivada de insectos de granja para la alimentación en acuicultura y animales de compañía.

Con respecto al marco legal al que deben acogerse las construcciones que alberguen este tipo de actividad pecuaria, tanto a nivel autonómico como nacional no hay restricciones o especificaciones, y por tanto se recoge dentro del Decreto 94/2009.

## 2. Selección de especies y ciclos de producción

Actualmente los únicos insectos que se pueden comercializar en nuestro país son aquellos autorizados para la alimentación animal. Por ello, el actual trabajo de fin de grado se centra en la producción de insectos de granja para alimentación animal.

Según las modificaciones del Reglamento (UE) 2017/893, que modifica el Reglamento (UE) 140/2011 y el Reglamento (CE) 999/2001, los únicos insectos autorizados para la producción de proteína animal transformada son:

- Mosca soldado-negra (*Hermetia illucens*, (Linnaeus, 1758))
- Mosca común (*Musca domestica*, (Linnaeus, 1758))
- Gusano de la harina (*Tenebrio molitor*, (Linnaeus, 1758))
- Escarabajo de la cama (*Alphitobius diaperinus*, (Panzer, 1797))
- Grillo doméstico (*Acheta domestica*, (Linnaeus, 1758))
- Grillo rayado (*Gryllodes sigillatus*, (F.Walker, 1869))
- Grillo bicolor (*Gryllus assimilis*, (Fabricius, 1775))

A continuación, la Tabla 1 muestra una recopilación de los valores nutricionales de cada insecto autorizado en varias de sus fases fenológicas. De media los insectos tienen un 59,40% de proteína, un 21,80% de grasa y un 12,89 % de fibra. La harina de soja, uno de los principales componentes en la alimentación animal, tiene entre un 44% y un 50% de proteína, un 5,9% de fibra y en torno a un 20% de grasa.

**Tabla 1.** Valor nutricional de las especies de insectos permitidas conforme al Reglamento (UE) 2017/893

Insectos comestibles (basados en materia seca)	Proteína (%)	Grasa (%)	Fibra (%)	NFE* (%)	Ceniza (%)	Contenido de energía (kcal/100 g)	Referencia
<i>Tenebrio molitor</i>	51,88	31,10	14,50		4,30		(Rumpold & Schlüter, 2013)
<i>Tenebrio molitor</i> (adulto)	65,29	14,88	20,22	3,86	3,31	379,61	
<i>Tenebrio molitor</i> (larva)	49,08	35,17	14,96	7,06	2,36	539,63	
<i>Tenebrio molitor</i> (pupa)	53,10	36,70	5,10	1,90	3,20	550,00	
<i>Musca domestica</i> (larva)	63,99	24,31		1,25	5,16	552,40	
<i>Musca domestica</i> (pupa)	63,10	15,50			5,3		
<i>Acheta domestica</i> (adulto)	66,56	22,08	22,08	2,60	3,57	455,19	
<i>Acheta domestica</i> (juvenil)	55,00	9,80	16,40		9,10		
<i>Acheta domestica</i> (ninfa)	67,25	14,41	15,72	3,93	4,80	414,41	
<i>Acheta domestica</i> L.1	64,10	24,00	6,20	2,12	3,55		
<i>Alphitobius diaperinus</i>	64,80	22,20			4,10		(Bosch, Zhang, Oonincx, & Hendriks, 2014)
<i>Gryllodes sigillatus</i>	65,30	23,50	7,10		4,20		(Ribeiroa et al., 2019)
<i>Hermetia illucens</i>	50	23			18,50		(Barragan-Fonseca, Dicke, & van Loon, 2017)
<i>Gryllus assimilis</i>	55,60	11,80			2,96		(Mlček et al., 2018)

\*Extracto libre de nitrógeno

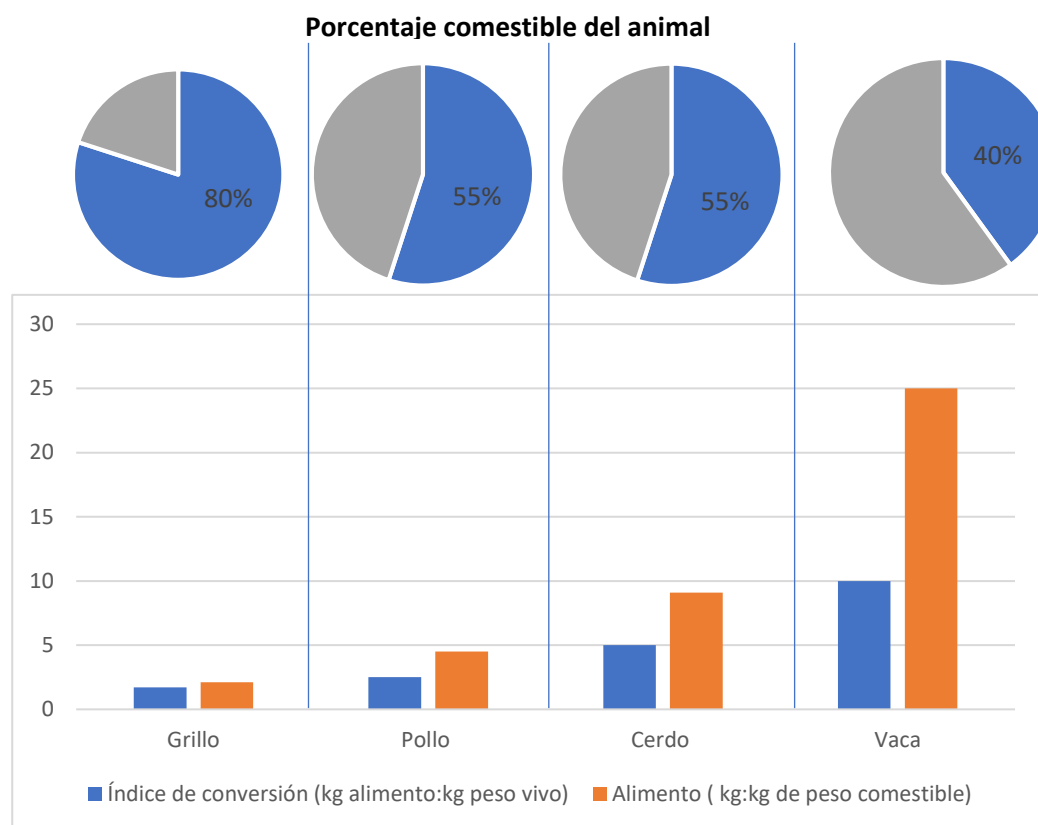


Bosch, Zhang, Oonincx, & Hendriks, 2014, desarrollaron un proyecto en el que estudiaban la potencialidad de la proteína de insectos como ingrediente en los piensos de perros y gatos. La finalidad de este estudio era determinar hasta qué punto se puede aprovechar la energía y la proteína mediante la ingesta de insectos. Determinaron la digestibilidad *in vitro* de los insectos, simulando en laboratorio el aparato digestivo de perros y de seres vivos más pequeños. Los datos obtenidos se compararon con otros productos como harina de pescado, carne y soja (Tabla 2).

**Tabla 2.** Digestibilidad de la materia orgánica y la fibra de los insectos

Insecto	Digestibilidad de la materia orgánica (%)	Digestibilidad del Nitrógeno (%)
Mosca soldado negra (Larva)	84,30	89,70
Mosca soldado negra (Pupa)	68,10	77,70
Grillo domestico	88,00	91,70
Gusano de la harina	91,50	91,30
Escarabajo de la cama	90,20	91,50
<b>Referencia</b>		
Harina de carne	85,80	87,9
Harina de pescado	82,10	85,7
Harina de derivados de soja	80,60	94,7

Se calcula que, para 1 kg de proteína animal de alta calidad, el ganado necesita aproximadamente 6 kg de proteína vegetal. Las tasas de conversión de alimento a carne (la cantidad de alimento que se necesita para producir un aumento de peso de 1 kg) varían ampliamente según la clase de animal y las prácticas de producción utilizadas (Figura 3). Típicamente, 1 kg de peso de animal vivo en un sistema de producción típico de EE.UU. requiere la siguiente cantidad de alimento: 2,5 kg para pollo, 5 kg para carne de cerdo y 10 kg para carne de vacuno. Los insectos requieren mucho menos alimento: por ejemplo, la producción de 1 kg de peso de animal vivo de grillos requiere tan sólo 1,7 kg. Esto significa que los grillos son 2 veces más eficientes para convertir el alimento en carne que el pollo, al menos 4 veces más eficientes que los cerdos y 12 veces más eficientes que el vacuno. Esto se debe a que los insectos son de sangre fría y no requieren alimentación para mantener la temperatura corporal, por lo tanto una mayor parte de su alimento es convertida en masa muscular (Arnold van Huis et al., 2019).



**Figura 3.** Comparativa del índice de conversión alimenticia y el porcentaje de canal aprovechable (Van Huis, 2012).

Tras examinar los datos recabados, observamos que hay tres especies con grandes aptitudes para su utilización: gusano de la harina (*Tenebrio molitor*), el grillo doméstico (*Acheta domesticus*) y la mosca soldado-negra (*Hermetia illucens*). Estas tres especies muestran excelentes aptitudes en cuanto a valores nutricionales y a digestibilidad.

Los factores ambientales de cría no difieren tanto entre especies, ya que las tres necesitan sitios cálidos y húmedos para desarrollarse. Por ello en el actual trabajo describiremos las condiciones idóneas para la cría de las tres especies en un mismo emplazamiento.

### 2.1. *Tenebrio molitor*

El *Tenebrio molitor* (Tabla 3) es conocido como “gusano de harina” en su etapa de larva. Posteriormente se convierte un coleóptero (escarabajo molinero) de color negro, con patas y antenas rojas, con los élitros estriados, que posee alas funcionales (pero no vuela), que mide entre 15 y 18 mm, con un peso de 0,1 g.

**Tabla 3.** Datos básicos *Tenebrio molitor*

Clasificación taxonómica	
Orden	Coleoptera
Familia	Tenebrionidae
Género	<i>Tenebrio</i>
Especie	<i>T. molitor</i>
Nombre común	Gusano / Escarabajo de la harina

Presenta diferentes etapas en su ciclo de vida: huevo, larva, pupa y adulto (Tabla 4 y Figura 4). El primer estadio se inicia con el huevo, blanco y es de forma oval; la hembra puede llegar a poner hasta cinco mil huevos y estos miden tan sólo unos milímetros; usualmente eclosionan en dos semanas. Posteriormente pasan al segundo estadio, el estadio de larva, en el que son de color dorado y pueden medir hasta 3 mm. Después sigue al estadio de pupa, en donde son de color blanco, y finalmente se presenta el estado adulto en donde son de color negro (Soriano Salazar & Luna-Figueroa, s. f.)

**Tabla 4.** Ciclo fenológico del *Tenebrio molitor* (Sarmiento, 2018)

	Huevo	Larva	Pupa	Adulto	Total Ciclo
Duración (días)	7-10	50-90	7-20	60-92	126-212



**Figura 4.** Distintos momentos del ciclo fenológico de *Tenebrio molitor*: (izquierda) larva; (centro) pupa; (derecha) adulto (Arellano & Velásquez, 2016).

Estos insectos son muy resistentes y con una temperatura adecuada se reproducen en abundancia. La temperatura óptima oscila entre 25 °C y no más de 32 °C. A bajas temperaturas, entran en un proceso de letargo (Arellano & Velásquez, 2016). Sin grandes necesidades de humedad, son capaces de desarrollarse plenamente siempre que la humedad ambiental no sea inferior al 40% (Soriano Salazar & Luna-Figueroa, s. f.).

## 2.2. *Acheta domesticus*

La *Acheta domesticus* (Tabla 5) es comúnmente llamada “grillo doméstico”, se consideran originarios del sur de Europa, el norte de África y el suroeste de Asia. Hoy en día están extendidos por todo el mundo.

**Tabla 5.** Datos básicos *Acheta domesticus*

Clasificación taxonómica	
Orden	Orthoptera
Familia	Gryllidae
Género	<i>Acheta</i>
Especie	<i>A.domesticus</i>
Nombre común	Grillo común

Este grillo de color marrón mide de 20 a 25 mm, sus antenas alcanzan los 30 mm. Las alas traseras compuestas exceden su propio cuerpo y parecen una cola, ambos sexos tienen alas funcionales. La hembra que es un poco más grande y llega a parir cientos de huevos con un largo ovíscapo (BAT Andrieu, s. f.).

Existen tres etapas diferenciadas en el desarrollo de los grillos: fase de huevo, fase neánida/ninfa y fase adulta (Tabla 6). El primer estadio comienza con un huevo blanquecino de apenas unos milímetros, que dependiendo de las condiciones ambientales en las que se encuentre dará paso una neánida en 13 o 26 días. Se consideran neánidas a las primeras fases del desarrollo del grillo tras salir del huevo en las que todavía no muestran esbozos alares, tras un par de mudas las neánidas pasan a considerarse ninfas (Figura 5). Las ninfas pueden pasar por 8 o 10 estadios en los que muda la piel (cutícula). Al final de cada estadio la ninfa duplica aproximadamente su tamaño y cambia a una cutícula nueva y más grande. Tras el último estadio la ninfa se convierte en adulto en un proceso llamado emergencia, y pasan a conocerse como “adulto de día 1”. Ambos sexos son sexualmente activos y son capaces de aparearse a los 3-4 días. Las hembras son capaces de comenzar la oviposición a los 8-10 días de la emergencia.

Tabla 6. Ciclo fenológico *Acheta domestica*

	Huevo	Neánida/Ninfa	Adulto	Total Ciclo
Duración (días)	13-26	42-50	61	116-137

(Viñeta Valdelvira, 2017)



Figura 5. Distintos momentos del ciclo fenológico de *Acheta domestica*: ninfa; muda; en la parte superior de la imagen macho adulto y en la parte inferior hembra adulta.

Esta especie es sensible a la variación de temperatura, siendo su rango optimo entre 28 y 30 °C. Los ciclos se ven afectados cuando la temperatura ambiente ronda los 24-26 °C, alargando cada estado fenológico hasta casi el doble. En cuanto a la humedad relativa la literatura varía mucho, algunos estudios y criadores opinan que desde 25-50% es suficiente para evitar que los grillos se agrupen alrededor de la fuente de agua (Viñeta Valdelvira, 2017).

### 2.3. *Hermetia illucens*

La *Hermetia illucens* (Tabla 7), comúnmente conocida como mosca soldado negra, se considera originaria del continente americano. Debido a que las larvas pueden alimentarse de gran variedad de residuos orgánicos, la mosca soldado negra está siendo valorada y utilizada en algunos continentes para reciclar diversos sustratos como estiércoles, residuos orgánicos, incluso desechos orgánicos de origen humano. Las larvas que se utilizan como alimento vivo se denominan “gusanos Phoenix”.

Tabla 7. Datos básicos *Hermetia illucens*

Clasificación taxonómica	
Orden	Diptera
Familia	Stratiomyidae
Género	<i>Hermetia</i>
Especie	<i>H. illucens</i>
Nombre común	Mosca soldado negra

La vida de la mosca soldado negra consta de cuatro fases: huevo, larva, pupa y adulto (Tabla 8, Figura 6). Tras el apareamiento las hembras pueden llegar a depositar 600 huevos. Cada huevo mide aproximadamente 1mm y tiene forma ovalada, suelen tener un color que varía de blanco a amarillo pálido o crema. Tras la emergencia pasan a considerarse larvas, se caracterizan por un crecimiento rápido. Las larvas suelen pasar por 5 estadios larvales más una etapa de prepupa. Las larvas pueden llegar a medir hasta 27 mm, de color opaco y blanquecino. Su estadio de prepupa se caracteriza por un endurecimiento y oscurecimiento de la cutícula. Durante la fase pupal se puede observar una falta de movimiento activo. A las dos semanas suelen emerger los ejemplares adultos, que no necesitan alimentarse debido al cumulo de reservas generado en la fase larvaria (Gobbi, 2012).

Tabla 8. Ciclo fenológico *Hermetia illucens* (Gobbi, 2012)

	Huevo	Larva	Pupa	Adulto	Total Ciclo
Duración (días)	3-5	14	15-30	5-8	37-57



Figura 6. Distintos momentos del ciclo fenológico de *Hermetia illucens*: (izquierda) larva; (centro) pupa; (derecha) adulto (Díclaro & Kaufman, 2009).

En cuanto a los requerimientos ambientales se ha estudiado que mosca la soldado negra se desarrolla mejor en temperaturas cálidas optimo entre 24 y 29 °C. En cuanto a la humedad relativa del aire, se han obtenidos buenos resultados de oviposición y tasa de supervivencia, cuando esta ha estado en torno al 60 o 70%. (Gobbi, 2012; Cortes Ortiz et al., 2016)

### 3. Manejo de la explotación

#### 3.1. Manejo del *Tenebrio molitor*

##### 3.1.1. Condiciones ambientales

Las condiciones ambientales que generaremos para el desarrollo de esta especie serán: una temperatura constante de 28 °C, la humedad será aportada por el alimento. En cuanto a la fotoperiodicidad el *T.molitor* es una especie a la que le gustan los lugares oscuros y desarrolla su actividad mayormente de noche, por esa razón vamos a optar por un régimen de 12 horas de luz y 12 de oscuridad.

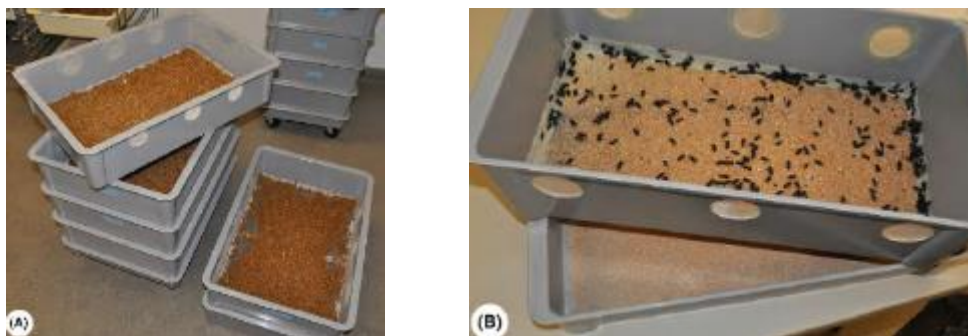
##### 3.1.2. Manejo reproductivo

La producción convencional de los gusanos de la harina se basa en bandejas para contener las larvas durante su desarrollo y los adultos para la reproducción de colonias. El tamaño más utilizado de bandejas es 65×50×15 cm, ya que son fáciles de manejar y proveen de la suficiente profundidad para evitar que las larvas o adultos escapen. Las bandejas pueden estar hechas de diversos materiales como puede ser: madera, polietileno de alta densidad (PEAD) o fibra de vidrio. La utilización de uno u otro material no influirá en ningún aspecto al desarrollo del insecto. Generalmente las bandejas se disponen en muebles contruidos con estantes o estantes de varios niveles.

Los sistemas de cría basados en bandejas tienen varias desventajas. Debido a que las bandejas son sistemas cerrados, hay una acumulación continua de excrementos de gusano, “*frass*” en inglés, lo que puede favorecer la proliferación de ácaros en la colonia. Además, las hembras adultas tienden a ovipositar en la parte inferior de la bandeja, donde pega los huevos con una sustancia pegajosa que normalmente se adhiere a las partículas de los alimentos y que hace muy complicada la recolecta de estos de forma segura.

En algunas instalaciones a lo largo del mundo, se está sustituyendo este sistema de bandejas con fondo sólido por bandejas a las cuales se les ha suplido el fondo por tamices. Este sistema permite que los excrementos caigan y no se mantengan en el sustrato. Utilizando bandejas de fondo tamizado podemos recolectar la descendencia, sin causar daños a los huevos y así evitar en mejor medida el canibalismo y el cambio continuo de bandejas.

En nuestro caso vamos a optar por esta nueva técnica en la que el fondo de la bandeja es un tamiz, ya que creemos que simplificaría las tareas y la mano de obra. Las bandejas utilizadas serán de las dimensiones mencionadas anteriormente y constarán de 6 agujeros laterales, reforzados con un tamiz para prevenir fugas, para la ventilación adecuada.



**Figura 7.** (A) Cría de larvas de *T. molitor* con el sistema de cajas apilables con fondo tamizado. (B) Cría de adultos de *T. molitor* con el sistema de cajas de fondo tamizado (Cortes Ortiz et al., 2016).

### Adultos

En el caso de los escarabajos adultos utilizaremos bandejas con un tamiz de 850  $\mu\text{m}$  (0,85 mm) y justo debajo habrá una bandeja de poca profundidad para recolectar la descendencia. El tamaño de este tamiz permite el paso de los huevos y una pequeña porción del alimento que permite alimentar a las larvas en los primeros estadios de desarrollo antes de ser trasladadas a las otras bandejas (Figura 7).

El escarabajo adulto es sexualmente maduro a los 10-12 días de su transformación. La puesta se suele dar de 4-17 días después de la copula, con un promedio de 500 huevos y suelen tener un desarrollo embrionario de 4-6 días. La vida media de los escarabajos adulto no les permitirá llegar a hacer una segunda oviposición o en el caso que viviesen un poco más no llegarían a ver la eclosión de esta segunda oviposición.

Cada 20 días se retirarán los huevos de las bandejas de reproductores se mantendrán en estas bandejas de fondo sólido unos 4 días, hasta que alcancen un tamaño adecuado para ser trasladadas a las nuevas bandejas.

### Larva

Los fondos de bandeja serán unos tamices de 500  $\mu\text{m}$  (0.5 mm), ya que se ha demostrado que este tamaño es suficiente para contener a las larvas y permitir el paso de los excrementos con la mínima pérdida de alimento. El movimiento continuo de las larvas hace que las partículas caigan de contenedor en contenedor hasta terminar en una bandeja recolectora de residuos (Figura 7).

Tras 70 días las larvas serán recolectadas, de cada 5 lotes uno ira destinado a la producción de progenitores mientras que los otros 4 serán irán destinados a producto final.

### Pupa

Durante esta fase utilizaremos los dos tipos de bandejas detallados anteriormente. Durante los primeros días mientras las larvas pasan de fase larval a pupa estarán en las mismas bandejas en las que se criaron, durante este tiempo, estado pupal, la movilidad es casi nula. Podremos diferenciar claramente si alguna pupa no ha sobrevivido ya que adquieren un color marrón negruzco.

Una vez todas las pupas pasen a ser escarabajos, unos 20 días después de entrar en fase pupal, serán transferidas a las bandejas destinadas a adultos. Durante los primeros días como escarabajo pasarán de color blanco a marrón y finalmente su negro característico.



### 3.1.3. Alimentación

La cría de insectos está sujeta a las prohibiciones y excepciones en lo relativo a la alimentación de animales distintos de los rumiantes con productos de origen animal establecidas en el Reglamento (CE) 999/2001 y en el 1069/2009. Por lo tanto, está prohibido alimentar a los insectos con proteínas de rumiantes, residuos de cocina, harina de carne, huesos o estiércol. Además, el Reglamento (CE) 769/2009 prohíbe la utilización de heces con fines de alimentación animal.

Los sustratos más utilizados para la cría del *T. molitor* son: el salvado de trigo, avena, alpiste y mezcla de granos picados. En nuestro caso utilizaremos como sustrato el salvado de trigo, dejaremos un espesor de sustrato de unos 5 cm en cada bandeja. El sustrato/alimento sólo no es suficiente para la obtención de unos valores nutricionales adecuados, además otro de los factores limitantes es el aporte de agua a los animales sin poner en riesgo su salud por la proliferación de hongos. Por ello se harán aportes de vegetales y frutas como pueden ser manzanas, peladuras de patata, de zanahoria.

Los aportes de agua/verdura se realizarán cada dos o tres días, retirando los desechos viejos e incorporando unos nuevos y frescos. Debido a las pequeñas pérdidas producidas por los tamices y al consumo de las larvas y escarabajos será necesario aportar semanalmente un poco de sustrato para suplir las pérdidas.

### 3.1.4. Higiene y sanidad

Cada vez que una bandeja sea vaciada, el sustrato sobrante será tamizado y secado, para ser reutilizado. Por ello haremos un cambio de sustrato total cada 5 meses. Además, las bandejas serán lavadas y desinfectadas adecuadamente cada fin de ciclo, con el fin de alojar a los nuevos descendientes en las mejores condiciones. Los desechos generados como cadáveres, residuos vegetales y sustratos se pueden transformar en abonos orgánicos alcanzando valores NPK de 3-1-3. Además, este tipo de residuo es asimilable a residuo sólidos urbano.

Debido a la plasticidad en el desarrollo de las larvas, la sincronización de sus ciclos fenológicos en producciones en masa es tremendamente complicado, por no decir imposible. Por ello los productores cuando llega el final del ciclo, separan las larvas en función del tamaño (grande, mediano y pequeño). Con el fin de automatizar esta tarea y agilizar la función de separación, se desarrolló una máquina (Figura 8) con tres pantallas de diferentes tamaños. Las dos primeras tienen aberturas rectangulares para facilitar el paso de las larvas de forma alargada, la tercera es una pantalla convencional de 500 µm con aberturas cuadradas para permitir el paso de los excrementos.

Una vez separado el producto final en diferentes categorías, podrá ser comercializado como alimento vivo para mascotas o podrá ser transformado en harina para su futura incorporación en piensos para animales. Para esta segunda categoría es recomendable tener a los animales 24 horas sin alimento para que vacíen su contenido intestinal.

Este proceso de transformación consiste básicamente en un secado y posterior triturado para ser convertido en harina.





**Figura 8.** De izquierda a derecha: máquina separadora de larvas y máquina de secado de larvas por microondas (Cortes Ortiz et al., 2016).

En teoría con una superficie de bandejas de 600 cm<sup>2</sup> y 4 cm de sustrato se podría obtener entre 0,25 y 0,5 kg al día de producto final.

Algunos estudios chinos han demostrado que la densidad de cría óptima para escarabajo adulto es de 0,94 larvas/cm<sup>2</sup> y para la comercialización de lavas de 1,18 larvas/cm<sup>2</sup>.

**Tabla 9.** Cronograma anual del manejo de *Tenebrio molitor*

ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC
	Adulto			Larva		Pupa					

### 3.2. Manejo de *Acheta domestica*

### 3.2.1. Condiciones ambientales

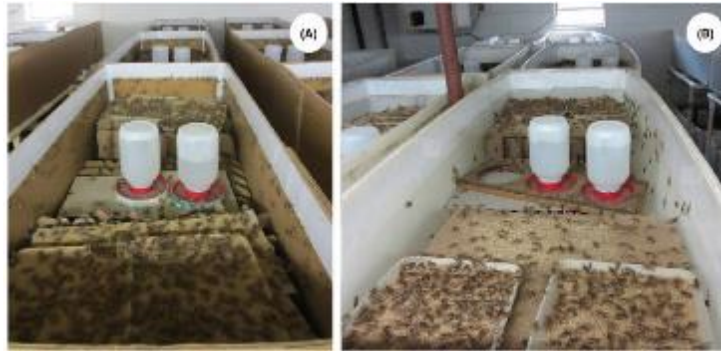
Las condiciones ambientales que crearemos para el desarrollo de esta especie serán: una temperatura constante de 28 °C, la humedad será aportado por el alimento y una fuente de hidratación. En cuanto la fotoperiodicidad de la *A. domestica* no es un factor condicionante a diferencia del *Tenebrio* por tanto se optará por un régimen de 14 horas de luz y 10 horas de oscuridad, recreando un ciclo lumínico lo más parecido posible a la realidad.

### 3.2.2. Manejo reproductivo

La cría de grillos para uso comercial a gran escala lleva instaurada más de 65 años en algunos países, es por ello que existen más conocimientos sobre el manejo y las mejores condiciones de cría para estas especies que para otras, como puede ser el *T. molitor*.

Para la cría de *A. domestica* se pueden utilizar cajas de diversos materiales como madera, cartón, metal, PEAD o fibra de vidrio (Figura 9). Son preferibles superficies lisas ya que esto hace más difícil que los grillos puedan escalar por las paredes. En nuestro caso utilizaremos cajas de PEAD, puesto que consideramos que serán las superficies más fáciles de limpiar. Las dimensiones de las cajas a utilizar pueden variar desde 50-160 cm de largo y 40-100 cm de ancho.

Para aumentar el espacio de cría dentro de nuestras cajas podemos utilizar hueveras o separadores de cajas, siempre en posición vertical para que los excrementos de los animales caigan al fondo de la caja. El fondo de ésta estará cubierto por una pequeña capa de sustrato que bien puede ser salvado de trigo o avena, serrín o una mezcla de ambos, incluso se puede llegar a utilizar periódico. Nosotros utilizaremos como sustrato serrín, no es necesario generar una superficie de varios centímetros de profundidad, sino una pequeña capa. Los alimentos y las fuentes de agua se colocarán en la parte superior de los divisores.



**Figura 9.** (A) Sistema de cría en cajas de cartón, junto con las fuentes de alimentación, hidratación y los refugios. (B) Sistema de cría en bañeras de PEAD, junto con las fuentes de alimentación, hidratación y los refugios (Cortes Ortiz et al., 2016).

### Adultos

Los adultos destinados a la reproducción estarán alojados en cajas de dimensiones similares a las mencionadas anteriormente. Las hembras prefieren ovipositar en lugares húmedos y con sustratos suaves para que puedan “enterrar” los huevos en el sustrato, el sustrato puede ser: turba, cáscaras de coco, vermiculita, arena, algodón o toba calcárea. Nosotros vamos a optar por la utilización de bandejas no muy profundas, las cuales llenaremos con tierra o arena y mantendremos húmedas en todo momento. Se colocarán en la parte superior de los divisores y quedarán expuestos a los grillos durante 48-72 horas, transcurrido ese tiempo se coloca una malla encima del sustrato para que los grillos macho no puedan comerse los huevos y las hembras sigan ovipositando (Figura 10).

Como se ha comentado en el apartado anterior, los adultos pueden empezar a aparearse a los 3-4 días después de su última muda. La hembra empieza la oviposición a los 8-10 días (de la emergencia, no del apareamiento), y deja lotes de 50-100 huevos cada dos o tres días. La hembra debe volver a aparearse a las 2-3 semanas para rellenar las reservas.

### Ninfa

Pasados 10-14 días los huevos están cerca de la eclosión, así que al séptimo día trasladaremos las bandejas a unas cajas de cría donde tendrán agua y alimento. Una vez empiecen a eclosionar tendremos que dejar las bandejas de oviposición durante una semana aproximadamente, hasta que todos los huevos hayan eclosionado.



**Figura 10.** Sistema de reproducción de adultos en cajas de cartón (Cortes Ortiz et al., 2016).

Discurrido ese tiempo tendremos una caja llena de ninfas. Que separaremos para formar nuevos lotes. El número de ninfas por lote se puede estimar por volumen, 34 ml equivalen a 10.000-12.000 ninfas, o por peso. Una ninfa pesa aproximadamente 500 µg, por lo que 2.000 ninfas pesarían 1 g. La densidad de cría varía mucho en función de las cajas que vayamos a utilizar. Algunos criadores datan de densidades de entre 500 y 700 grillos en espacios de 28.3 l, lo que equivaldría a unas 4/7 ninfas/dm<sup>2</sup>.

Para la reposición de adultos mantendremos una proporción de un macho por cada diez hembras en la caja de oviposición. El resto de los ejemplares irán destinados a producto final.

Para su recolección retiraremos de las cajas todos los divisores, bebederos y comederos. A continuación, introduciremos un tubo de cartón para que los grillos suban y podamos separarlos en nuevos lotes más pequeños. Una parte de la producción puede ir destinada a la alimentación en vivo de mascotas y otra parte puede estar destinada a la fabricación de harinas para pienso.

### 3.2.3. Alimentación

En cuanto a la alimentación e hidratación, como hemos mencionado anteriormente la alimentación de insectos está sometida a una serie de normativas. Puesto que la cría de grillos lleva tantos años en práctica ya existen varios formulados de pienso para grillo. Aunque la mayoría de los productores prefieren utilizar sus propias mezclas y dietas que les aportan más nutrientes que un pienso para grillo y la mayoría de las veces es más económico, es por ello que algunos productores utilizan pienso para gallinas. En nuestro caso optaremos por esta última opción más económica que las anteriores. Además, les aportaremos vegetales frescos cada 2 o 3 días para evitar la proliferación de hongos y así cubrir necesidades nutricionales. En lo referente a la hidratación utilizaremos bebederos comerciales para pollos los cuales modificaremos colocando en el cuenco una esponja, puede ser estropajo plástico, gasas o gomaespuma, para evitar que los grillos se puedan ahogar. Otra opción es utilizar los hidrogeles para jardinería son totalmente inofensivos. En el caso de utilización de las esponjas es recomendable su desinfección una vez por semana.

### 3.2.4. Higiene y sanidad

Como hemos comentado anteriormente, lavaremos una vez por semana las esponjas utilizadas en los bebederos. Tras el vaciado de cada caja por fin de ciclo, la caja será lavada. Se recomienda un cambio de los cartones separadores cada 3 meses. Los desechos generados como cadáveres, residuos vegetales y sustratos se pueden transformar en abonos orgánicos alcanzando llegando a alcanzar valores NPK de 3-1-3. Además, este tipo de residuo es asimilable a residuo sólidos urbano.

**Tabla 10.** Cronograma anual del manejo de *Acheta domestica*

[illegible]

### 3.3. Manejo de *Hermetia illucens*

### 3.3.1. Condiciones ambientales

Las condiciones ambientales que vamos a recrear para esta especie son parecidas a las de las especies anteriores, una temperatura ambiente de 28 °C y la humedad será aportada por el alimento, aun así, en las tres salas se deberá mantener una humedad ambiente de 40-60%. En cuanto al fotoperiodo, la *H. illucens* tiende a ser más actividad durante las horas de luz. Por tanto, un ciclo lumínico de 14 horas de luz y 10 horas de oscuridad se ajustaría perfectamente a sus necesidades.

### 3.3.2. Manejo reproductivo

La cría y majeño de esta especie es un tanto diferente a las anteriormente explicadas. Las jaulas que utilizaremos serán estructuras rectangulares cuyas paredes serán mayas de abertura no muy grandes. En función de la densidad de cría que vayamos a trabajar utilizaremos unas dimensiones u otras. Un estudio de realizado por Gobbi, 2012, concluyo que para jaulas de 40×40×40 cm y de 80×60×80 cm la población adulta adecuada sería 1.000 y una jaula de 3 m<sup>3</sup> podría contener 50.000 adultos. Además, el estudio determino que las colonias en las que la edad de los individuos era parecida la tasa de oviposición era mayor y menor la mortandad, que en colonias en las que se habían mezclado varios lotes. Ya que los machos más adultos tienden a intentar aparearse con las hembras más jóvenes y que no estarán receptivas para la copula (Figura 11).



**Figura 11.** Sistema de cría de *H. illucens* adultos (Cortes Ortiz et al., 2016; Gobbi, 2012).

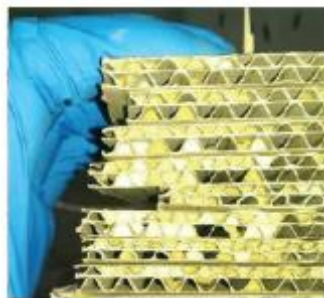
Adultos

Las hembras suelen ovipositar en lugares donde hay indicios de que las larvas podrán sobrevivir. Estos lugares suelen ser sitios donde hay materia en descomposición. En nuestro caso colocaremos unas bandejas o cubos con alimento para gallinas y lo saturaremos de agua, a los cuales les

colocaremos una rejilla encima y pondremos unos cartones donde las hembras podrán poner sus huevos, una media de 600 (Figura 12). Tras la oviposición la hembra muere.

#### Larva

Pasados 3 días se recoge el cartón, ya que al cuarto día aproximadamente empezaran a eclosionar. Los huevos obtenidos se podrán dividir en dos grupos, los que utilizaremos para mantener la colonia y los destinados a la producción.



**Figura 12.** Huevos de *H. illucens* en los catones de oviposición (Cortes Ortiz et al., 2016).

En ambos casos los cartones se retirarán y se colocarán en la parte superior en un recipiente donde irán eclosionando y cayendo al fondo. Estos recipientes estarán llenos de alimento que disfrutarán *ad libidum*, se les dará una mezcla de alimento para pollos o bagazo y agua, también se les puede aportar algún vegetal.

#### Pupa

Las larvas destinadas para reposición serán colocadas en recipientes que contengan el alimento y 2-3 cm de sustrato como puede ser tierra, para que las pupas se entierren y luego emerjan como mocas soldado negras.

Transcurridos unos 10/14 días recolectaremos las larvas para destinarlas a alimento vivo o transformación en harina. Podremos utilizar la misma maquina separadora de larvas en función de su tamaño, que se utiliza para el *Tenebrio molitor*.

#### 3.3.3. Alimentación

La alimentación de las larvas se basará en una dieta de comida para pollos o bagazo mezclada con agua y algún residuo vegetal. Los ejemplares adultos no necesitan alimento ya que su esperanza de vida es de máximo 9-10 días y son capaces de sobrevivir con las reservas acumuladas en su fase larval. Aun con todo sea ha demostrado que se obtiene mejores resultados si tienen acceso a una fuente de agua. En nuestro caso les daremos una mezcla de agua con azúcar que podrán tomar *ad libium*.

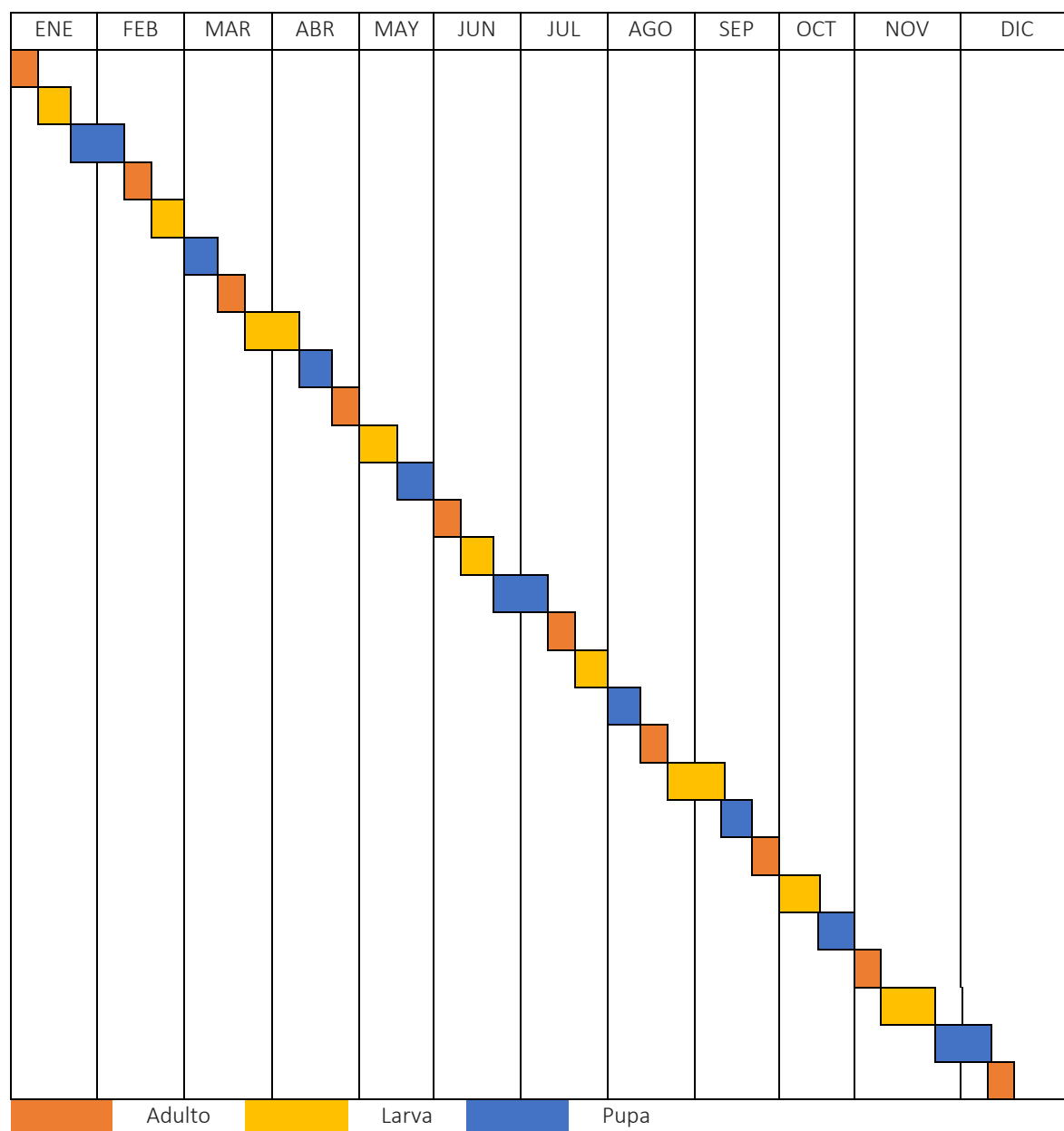


**Figura 13.** Larvas de *H. Illucens* alimentándose (Cortes Ortiz et al., 2016).

### 3.3.4. Higiene y sanidad

Debido a que las hembras fallecen tras la oviposición limpiaremos las jaulas una vez a la semana. Además, el alimento sobrante que podamos tener de la cría de larvas será reutilizado para colocar dentro de las jaulas y así poner encima los cartones ponedores. Todo el material será limpiado y desinfectado cada vez que un ciclo termine. Los desechos generados como cadáveres, residuos vegetales y sustratos se pueden transformar en abonos orgánicos llegando a alcanzar valores NPK de 3-1-3. Además, este tipo de residuo es asimilable a residuo sólidos urbano.

**Tabla 11.** Cronograma anual del manejo de *Hermetia illucens*.



## 4. Procesado

Tras la separación de los insectos del sustrato y su categorización por tamaños, procederán a ser sacrificados.

Este acto se puede llevar a cabo de varias maneras, muerte por calor: sumergiendo a los insectos en agua caliente, con baños de vapor o en hornos microondas o infrarrojos. Muerte por congelación, los insectos son sometidos a temperaturas de entre 5 y -20 °C.

En este supuesto nosotros vamos a optar por la utilización de un horno microondas (Figura 14).

- Potencia: 20-180 kW (ajustable)
- Dimensiones: 160×150×110 cm.
- Frecuencia de trabajo: 2450 MHz  $\pm$  50 Hz.
- Velocidad: 0,5-5 m/min (ajustable)
- Temperatura de secado: 85-95 °C



Figura 14. Horno microondas ("Industrial Microwave Ovens | Continuous, Batch, Generators," n.d.).

Este tipo de máquinas las podemos encontrar en forma de convoy-túnel o en lote. Nosotros vamos a optar por esta segunda opción ya que por tu tamaño nos parece que es lo que mejor se ajusta a una instalación de nuestras dimensiones. Para que el proceso sea efectivo los insectos necesitan estar de 8 a 11 minutos para secar los insectos y que estos sigan manteniendo un aspecto, textura y cualidades óptimas para el consumo, además, de esterilizarlos. A continuación, serán molido (Figura 15).

- Producción: 30-50 kg/h
- Dimensiones: 417×300×855 mm
- Potencia: 4-5 kW



Figura 15. Máquina trituradora («Molinillo de muela», s. f.)



El sacrificio de los insectos y los pasos de procesamiento adicionales necesarios para producir alimento para animales están cubiertos por la legislación de la Unión Europea sobre subproductos animales, es decir, el Reglamento (CE) 1069/2009 y su aplicación (UE) 142/2011. Tal y como determina (CE) 1069/2009, los insectos y los productos derivados de estos se tratan como materiales de "categoría 3" y, por lo tanto, están autorizados para su uso en alimentos para piensos.

Su categorización como "materiales de categoría 3" implica una serie de consecuencias en cuanto a obligaciones legales y requisitos de seguridad impuestos a los productores, incluidos los siguientes:

1. Los establecimientos de procesamiento de insectos deben estar específicamente aprobados para el procesamiento de los animales en ingredientes a base de insectos.
2. Los productores de insectos deben cumplir con los estándares y/o criterios comunes de procesamiento como se define en Reglamento (CE) 142/2011 (anexo IV - capítulo II, sección 4).
3. Normas generales aplicables al procesamiento de insectos.

Los productores de insectos para piensos deben cumplir con los métodos establecidos en el Reglamento (CE) 142/2011.

Los operadores de insectos deben elegir entre los métodos 1 a 5 o el método 7, como se menciona en el Anexo IV del Reglamento anterior.

#### *Método de transformación nº 1*

**Reducción:** Si la dimensión granulométrica de las partículas de los subproductos animales que deben transformarse es superior a 50 mm, deberá reducirse utilizando el equipo adecuado, calibrándolo de tal manera que la dimensión de las partículas después de la reducción no supere los 50 mm. Deberá controlarse diariamente la eficacia del equipo y llevarse un registro de sus condiciones. Si en los controles se detectase la existencia de partículas mayores de 50 mm, deberá detenerse el proceso y deberán realizarse las reparaciones necesarias antes de reanudarlo.

**Tiempo, temperatura y presión:** Los subproductos animales cuya dimensión granulométrica de partículas no sea superior a 50 mm deberán calentarse a una temperatura interna superior a 133 °C a una presión (absoluta) de al menos 3 bares durante un período mínimo de 20 minutos. La presión debe producirse por la evacuación de todo el aire en la cámara de esterilización y su sustitución por vapor («vapor saturado»); el método térmico puede aplicarse como proceso único o como una fase de esterilización anterior o posterior al proceso.

La transformación podrá llevarse a cabo mediante un sistema continuo o discontinuo.

#### *Método de transformación nº 2*

**Reducción:** Si la dimensión granulométrica de las partículas de los subproductos animales que deben transformarse es superior a 150 mm, deberá reducirse utilizando el equipo adecuado, calibrándolo de tal manera que la dimensión de las partículas después de la reducción no supere los 150 mm. Deberá controlarse diariamente la eficacia del equipo y llevarse un registro de sus condiciones. Si en los controles se detectase la existencia de partículas mayores de 150 mm, deberá detenerse el proceso y deberán realizarse las reparaciones necesarias antes de reanudarlo.

**Tiempo, temperatura y presión:** Tras la reducción, los subproductos animales deberán calentarse de modo que garantice una temperatura interna superior a 100 °C durante un período mínimo de 125 minutos, una temperatura interna superior a 110 °C durante un período mínimo de



120 minutos y una temperatura interna superior a 120 °C durante un período mínimo de 50 minutos. Las temperaturas internas pueden alcanzarse de forma consecutiva o a través de una combinación coincidente de los períodos indicados.

La transformación deberá llevarse a cabo mediante un sistema discontinuo.

#### *Método de transformación nº 3*

**Reducción:** Si la dimensión granulométrica de las partículas de los subproductos animales que deben transformarse es superior a 30 mm, deberá reducirse utilizando el equipo adecuado, calibrándolo de tal manera que la dimensión de las partículas después de la reducción no supere los 30 mm. Deberá controlarse diariamente la eficacia del equipo y llevarse un registro de sus condiciones. Si en los controles se detectase la existencia de partículas mayores de 30 mm, deberá detenerse el proceso y deberán realizarse las reparaciones necesarias antes de reanudarlo.

**Tiempo, temperatura y presión:** Tras la reducción, los subproductos animales deberán calentarse de modo que garantice una temperatura interna superior a 100 °C durante un período mínimo de 95 minutos, una temperatura interna superior a 110 °C durante un período mínimo de 55 minutos y una temperatura interna superior a 120 °C durante un período mínimo de 13 minutos. Las temperaturas internas pueden alcanzarse de forma consecutiva o a través de una combinación coincidente de los períodos indicados.

La transformación podrá llevarse a cabo mediante un sistema continuo o discontinuo.

#### *Método de transformación nº 4*

**Reducción:** Si la dimensión granulométrica de las partículas de los subproductos animales que deben transformarse es superior a 30 mm, deberá reducirse utilizando el equipo adecuado, calibrándolo de tal manera que la dimensión de las partículas después de la reducción no supere los 30 mm. Deberá controlarse diariamente la eficacia del equipo y llevarse un registro de sus condiciones. Si en los controles se detectase la existencia de partículas mayores de 30 mm, deberá detenerse el proceso y deberán realizarse las reparaciones necesarias antes de reanudarlo.

**Tiempo, temperatura y presión:** Tras la reducción, los subproductos animales deberán introducirse en un recipiente con grasa añadida y calentarse de modo que garantice una temperatura interna superior a 100 °C durante un período mínimo de 16 minutos, una temperatura interna superior a 110 °C durante un período mínimo de 13 minutos, una temperatura interna superior a 120 °C durante al menos 8 minutos y una temperatura interna superior a 130 °C durante un período mínimo de 3 minutos. Las temperaturas internas pueden alcanzarse de forma consecutiva o a través de una combinación coincidente de los períodos indicados.

La transformación podrá llevarse a cabo mediante un sistema continuo o discontinuo.

#### *Método de transformación nº 5*

**Reducción:** Si la dimensión granulométrica de las partículas de los subproductos animales que deben transformarse es superior a 20 mm, deberá reducirse utilizando el equipo adecuado, calibrándolo de tal manera que la dimensión de las partículas después de la reducción no supere los 20 mm. Deberá controlarse diariamente la eficacia del equipo y llevarse un registro de sus condiciones. Si en los controles se detectase la existencia de partículas mayores de 20 mm, deberá detenerse el proceso y deberán realizarse las reparaciones necesarias antes de reanudarlo.

**Tiempo, temperatura y presión:** Tras la reducción, los subproductos animales deberán calentarse hasta su coagulación y después se procederá a su prensado para separar la grasa y el

agua del material proteínico. El material proteínico deberá después ser calentado de modo que garantice una temperatura interna superior a 80 °C durante un período mínimo de 120 minutos y una temperatura interna superior a 100 °C durante un período mínimo de 60 minutos. Las temperaturas internas pueden alcanzarse de forma consecutiva o a través de una combinación coincidente de los períodos indicados. La transformación podrá llevarse a cabo mediante un sistema continuo o discontinuo.

#### Método de transformación nº 7

Todo método de transformación autorizado por la autoridad competente una vez el explotador le haya demostrado:

- La identificación de los peligros relevantes en la materia prima, a la vista de su origen, y de los riesgos a la vista de la calificación sanitaria del Estado miembro o de la zona en la que se pretende emplear el método.
- La capacidad del método de transformación para reducir dichos peligros a un nivel que no entrañe riesgos significativos para la salud pública o animal.
- La toma de muestras diaria del producto final a lo largo de un período de 30 días de producción en cumplimiento de las siguientes normas microbiológicas:
- Muestras de material tomadas directamente después del tratamiento: *Clostridium perfringens* ausente en 1 g de los productos
- Muestras del material tomadas durante el período de almacenamiento o al final del mismo: *Salmonella*: ausente en 25 g: n = 5, c = 0, m = 0, M = 0; *Enterobacteriaceae*: n=5; m=10; M=300 en 1 g; donde: n = número de muestras del ensayo; m = valor umbral del número de bacterias; el resultado se considera satisfactorio si el número de bacterias en todas las muestras no es superior a m; M = valor máximo del número de bacterias; el resultado se considera insatisfactorio si el número de bacterias en una o más muestras es igual o superior a M; y c = número de muestras cuyo recuento de bacterias puede situarse entre m y M; las muestras siguen considerándose aceptables si el recuento de bacterias de las demás muestras es igual o inferior a m.

Nosotros optaremos por el método de transformación número 5, ya que las partículas de subproducto que deben transformarse serían de un tamaño superior en algunos casos a 20 mm pero igual o inferior a 30mm.

## 5. Producción

### 5.1. *Tenebrio molitor*

La sala en la que esta especie estará alojada tendrá unas dimensiones de 4×10 m, albergará 3 filas de bandejeros, con una capacidad de unas 240 bandejas de (60×60×15 cm), nosotros vamos a realizar los cálculos con bandejas de 900 cm<sup>2</sup>. De esas 240 bandejas hábiles hemos de dividir las 48 bandejas irán destinadas para adultos y las 190 restante serán para la cría de larvas.

Como hemos mencionado anteriormente la densidad que recomiendan algunos productores es de 0,94 larvas/cm<sup>2</sup>.

Los cálculos los haremos con las bandejas de adultos. Por tanto 1 larva/cm<sup>2</sup> por 48 cajas de adultos y por 900 cm<sup>2</sup> que tiene cada caja, obtenemos una población de adultos de 43.200 ejemplares. En este punto vamos a suponer que los adultos tienen una tasa de mortalidad del 5% por tanto 41.040 adultos, de los cuales supondremos el 50% serán hembras, por tanto 20.520 ejemplares hembras. Cada hembra pone una media de 500 huevos de los cuales el 85% eclosionaran por tanto tendríamos una población de larvas de 8.721.000. De estas 8.721.000 larvas, 47.520 serán utilizadas para reposición de adultos, contando con un sobredimensionamiento del 10% ya que es la tasa de mortalidad de las pupas. Por tanto, tendremos 8673480 larvas maduras como producto final. Cada larva pesa 0,1 g por tanto obtenemos un peso de larvas vivas de *Tenebrio molitor* de 867,348 kg por ciclo.

El 62% del peso de una larva de *Tenebrio molitor* es humedad, por tanto, una vez secados habremos obtenido unos 330 kg de harina. En total 990 kg de harina al año.

### 5.2. *Acheta domestica*

La sala en la que esta especie estará alojada tendrá unas dimensiones de 4×10 m, albergará 3 filas de estanterías, en las cuales tendremos cajas de plástico de 75×55 cm obteniendo superficies un poco superiores a los 4.000 cm<sup>2</sup>. En total tendremos 96 cajas de las cuales 3 servirán para reponer la colonia y los 93 restantes para producto final.

En cada caja de adultos tendremos unos 1.000 grillos, de los cuales asumiremos que 500 serán hembras. Con una tasa de mortalidad del 10% en grillos adultos, tendremos unas 450 hembras las cuales ponen una media de 70 huevos, por lo tanto, tendremos una colonia de 31.500 ninfas. Asumiendo una mortandad del 11% durante su fase como ninfas, tendremos al final unos 25.231 grillos.

Extrapolamos los nueros a las 93 cajas restantes, y con una media de 0,4 g por grillo obtendremos una producción por ciclo de 939 kg de *Acheta domestica* vivas.

El 70% del peso de un adulto de *Acheta domestica* es humedad, por tanto, una vez secados habremos obtenido unos 280 kg de harina. En total 1.120 kg de harina al año.

### 5.3. *Hermetia illucens*

La sala en la que esta especie estará alojada tendrá unas dimensiones de 4×10 m, albergará 2 filas de bandejeros como los utilizados para la cría del *Tenebrio molitor*, en total unas 180 bandejas de 3600 cm<sup>2</sup> de superficie. Además, tendrá 5 cubos de 2m<sup>3</sup> para la cría de adultos.

La densidad estimada por criadores se estima en 6.500 adultos/m<sup>3</sup>, por tanto, en nuestros cubos tendremos una población de 13.000 adultos. Suponemos que el 50% serán hembras, por tanto, unas 6.500 hembras pondrán de media unos 600 huevos cada una, haciendo un total de 3.900.000. Asumimos una tasa de mortalidad del 20%, así que tendríamos unas 3.120.000 larvas. De las cuales 13.650 serán utilizadas para la reposición de adultos contando con un 5% más que el comentado anteriormente dado la tasa de mortalidad. De las 3.106.350 larvas restantes debemos de asumir que un 10% no llegaran a sobrevivir, por ende, nuestra producción final será de unas 2.795.715 larvas.

Cada larva de media pesará 0,1 g, así que extrapolamos los datos obtenidos de un solo cubículo y tendremos una producción de larvas de *Hermetia illucens* por ciclo de 1.397,8575 kg.

El 62% del peso de una larva madura de *Hermetia illucens* es humedad, por tanto, una vez secados habremos obtenido unos 531 kg de harina. En total 4.779 kg de harina al año.

## 6. Estudio de viabilidad económica

### 6.1. Introducción

En este apartado se va a analizar la viabilidad económica del proyecto, utilizando distintos indicadores económicos (VAN, TIR, y *payback*) que nos indicarán si el proyecto es rentable o no.

Para calcular los flujos de caja ordinarios anuales debemos calcular los cobros y los pagos de la explotación, así como definir el porcentaje de inversión que se quiere financiar, el periodo de amortización y el tipo de interés.

Los tres indicadores que hay que calcular son los siguientes:

- VAN (Valor Neto Actualizado): Se trata de un índice de rentabilidad absoluto que opera con todos los flujos de caja actualizados. Para proceder a su cálculo debe establecerse la vida útil del proyecto ( $n$ ), estimar la tasa de actualización ( $r$ ) y considerar en todo momento que el mercado de capitales es perfecto.

- TIR (Tasa Interna de Rentabilidad): Índice de rentabilidad relativo que informa sobre la rentabilidad de la inversión permitiendo comparar inversiones con desembolsos iniciales diferentes. Se define como la tasa de actualización para la que el VAN toma el valor cero y representa la rentabilidad anual por euro invertido. Una inversión se considera viable cuando su TIR es superior a la tasa de actualización.

- *Payback* (Plazo de Recuperación): Es el número de años que deben transcurrir para que el inversor recupere el importe de la inversión realizada. En ese momento, el VAN es cero.

### 6.2. Inversión y financiación

La inversión total asciende a la cantidad de CIENTO SETENTA Y OCHO MIL QUINIENTOS SETENTA Y CINCO euros (178.575 €), de los cuales ciento cincuenta y cuatro mil (154.000 €) son del montaje de la nave y doscientos cuarenta y cinco mil quinientos setenta y cinco son de la adquisición del mobiliario (24.575 €).

La financiación del proyecto consistirá en un prestamos de 100.000 €, el cual amortizaremos en 15 años y tendrá un interés del 5%.

La vida útil del proyecto será de 24 años.

### 6.3. Cobros ordinarios

La principal fuente de cobros en la explotación es la venta de insectos, tanto vivos como procesados.

El precio de estos puede llegar a ser elevado ya que la alimentación de algunas especies como reptiles, aves y animales de zoológico depende en parte de la utilización de este tipo de producto vivo, variando desde 1,50 € una caja con 30-40 unidades hasta 89,50 € una caja con 50.000 unidades. («Gryllus Assimilis | Insectos Vivos Don Tenebrio | Venta de alimento vivo para mascotas», s. f.)

Como se ha calculado en el apartado 5 Producción, de cada especie obtenemos:

**Tabla 12.** Precio por kilo y producción anual de cada especie

	kg/peso vivo/ciclo	kg/harina ciclo	kg /harina anual	€/kg	Fuente
<i>Tenebrio molitor</i>	867,35	329,59	988,78	15	(Ferrer Llagostera, Kallas, Reig, & Amores de Gea, 2019)
<i>Acheta domestica</i>	938,61	281,58	1126,33	13	(«Crickets flour», s. f.)
<i>Hermetia illucens</i>	1397,86	531,19	4780,67	3	(Ferrer Llagostera et al., 2019)

**Tabla 13.** Producción de *Tenebrio molitor*.

Año	Producción (%)	kg/harina	€/año
1	20	197,75	2.966,25
2	50	494,39	7.415,85
3	80	791,02	11.865,3
4-24	100	988,78	14.831,7

**Tabla 14.** Producción de *Acheta domestica*.

Año	Producción (%)	kg/harina	€/año
1	20	225,26	2.928,38
2	50	563,16	7.321,08
3	80	901,06	11.713,78
4-24	100	1.126,33	14.642,29

**Tabla 15.** Producción *Hermetia illucens*.

Año	Producción (%)	kg/harina	€/año
1	20	956,13	2.868,39
2	50	2.390,33	7.170,99
3	80	3.824,54	11.473,60
4-24	100	4.780,67	14.342,01

**Tabla 16.** Producción total por año de las tres especies.

Año	Producción (%)	€/año
1	20	8.763,02
2	50	21.907,92
3	80	35.052,68
4-24	100	43.816,00

## 6.4. Pagos ordinarios

Los principales pagos ordinarios en la explotación serán los siguientes:

En nuestro caso el consumo de nuestra explotación no será mayor al que pueda tener una casa de tamaño medio grande. Es por esto que contrataremos una potencia de 6,9 kW

Tabla 17. Gastos en electricidad.

	kW	h	día	€/kWh	€/año
Iluminación	0,036x24	12	365	0,112793	426,84
Aire acondicionado	3,2	12	365	0,112793	1.580,91
Máquina secadora	50	2	189	0,112793	2.030,27
Máquina moledora	4	180		0,112793	81,21
Potencia fija	6,9		365	0,133229	335,53
TOTAL					4.454,76

Tabla 18. Gastos en alimentación

	kg	€	€/año	Fuente
<i>Tenebrio molitor</i> (Salvado de trigo)	2.160	0,2	432	(«Información del mercado agropecuario de Toledo», s. f.)
<i>Acheta domestica</i> (Pienso para pollos)	800	0,3	240	(«BonÀrea Agrupa - corporate», s. f.)
	km	€		
<i>Hermetia illucens</i> (12 viajes)	17	0,2	40,8	
TOTAL			475,2 ± 500	

Como se ha comentado en apartados anteriores, el *T.molitor* se alimentará a base de salvado de trigo, la *A.domestica* de pienso para pollos y la *H.illucens* se alimentara de bagazo. Este último ha sido calculado como la distancia que separa la nave de la fábrica de cerveza por el precio del kilometraje.

Entre los gastos varios se considera el consumo de agua y reparaciones varias que puedan surgir a lo largo del año.

Entre otros gastos que pueda tener el proyecto, se encuentra un seguro y el contrato de una persona a media jornada.

Tabla 19. Resumen pagos.

	€/año
Gastos electricidad	4.454,76
Gastos alimentación	500
Gastos varios	200
Mano de obra (0,5 UTH)	7.500
Seguro	1.000
TOTAL	13.654,76

### 6.5. Pagos extraordinarios

Consideramos que la vida útil de la maquinaria y material del proyecto será de 12 años. Por lo tanto, tendremos un pago extraordinario, para la renovación de los equipos como son aires acondicionados y mobiliario. Tendrá un valor del 20% de la inversión y consideramos que no hay valor residual. Es por esto por lo que en el año 13 haremos un desembolso de 35.715 €.

### 6.6. Flujo de caja

AÑO	COBRO ORD	COBRO EXTR	COBRO FINAN	SUBVENC	PAGOS ORDINAR	EXTRAORDIN	PAGO FINAN	FLUJO DESTR	PAGO INVERS	FLUJO CAJA
0			100.000						178.575	-78.575
1	8.763				13.655		9.490			-14.381
2	21.908				13.655		9.490			-1.236
3	35.053				13.655		9.490			11.908
4	43.816				13.655		9.490			20.672
5	43.816				13.655		9.490			20.672
6	43.816				13.655		9.490			20.672
7	43.816				13.655		9.490			20.672
8	43.816				13.655		9.490			20.672
9	43.816				13.655		9.490			20.672
10	43.816				13.655		9.490			20.672
11	43.816				13.655		9.490			20.672
12	43.816				13.655		9.490			20.672
13	43.816				13.655	35.715	9.490			-15.043
14	43.816				13.655		9.490			20.672
15	43.816				13.655		9.490			20.672
16	43.816				13.655					30.161
17	43.816				13.655					30.161
18	43.816				13.655					30.161
19	43.816				13.655					30.161
20	43.816				13.655					30.161
21	43.816				13.655					30.161
22	43.816				13.655					30.161
23	43.816				13.655					30.161
24	43.816				13.655					30.161

Pay Back=9

Según estos valores la inversión es viable y rentable, pues el VAN es mayor que 0 y el TIR es superior al 6%. Además, recuperaríamos la inversión en un plazo normal para un proyecto, 9 años.

### 6.7. Costes anuales

Para calcular los costes anuales deberemos tener en cuenta: los pagos ordinarios, las amortizaciones, los costes de financiación y los costes de interés.

Pago Ordinario	13.654,76	€/año
Amortización	$\frac{178.575}{24} = 7.441$	€/año
Coste Financiero	9.490	€/año
Coste Interese	$\frac{178.575}{2} \times 0,05 = 4.464$	€/año
<b>TOTAL</b>	<b>35.049,76</b>	<b>€/año</b>



## 7. Distribución de la nave y planos

La cría de insectos no requiere de grandes superficies como el resto de las explotaciones ganaderas, ni requiere del consumo a gran escala de recursos. Debido a la novedad de esta práctica “ganadera”, la legislación española aún no contempla la cría de estos insectos en ninguna de sus leyes, por lo que actualmente se aplica la normativa europea al respecto.

El objetivo del presente proyecto es el diseño de una granja de insectos en nuestra CC.AA., con la construcción de una nave en el término municipal de Villamayor de Gállego (Zaragoza), para la cría del *Tenebrio molitor*, *Acheta domestica* y *Hermetia illucens*.

La explotación estará situada en un terreno de la localidad de Villamayor de Gallego, provincia de Zaragoza, perteneciente a la Comarca Central. Se encuentra a unos 10 km del centro de la capital aragonesa (Figura 16).



Figura 16. Localización del T.M. de Villamayor de Gállego.

La parcela en la cual pretendemos construir nuestra nave está situada en la partida Cuarteadá LA, polígono 55, parcela 751, en el término municipal de Villamayor de Gállego (Figura 17).

La parcela en la que se encuentra la instalación es de regadío y posee una pendiente suave del 3,80%.

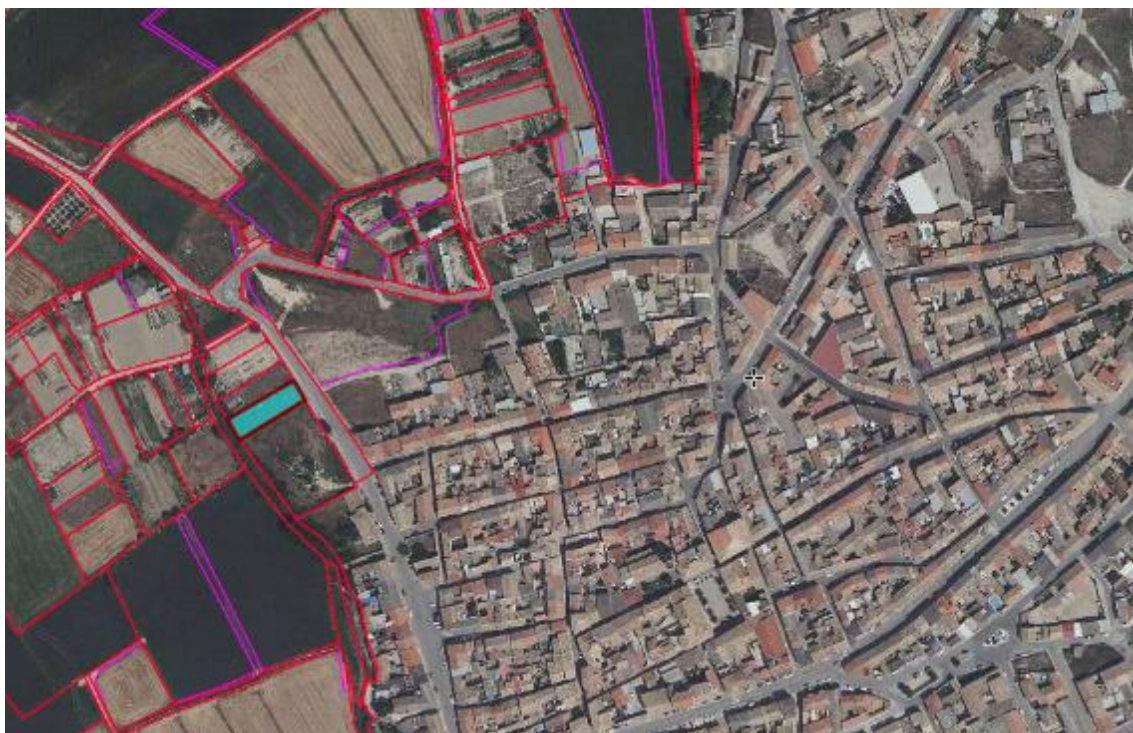


Figura 17. Localización de la parcela (en azul).

La localización de la parcela, así como los datos identificativos en SIGPAC son los siguientes:

Tabla 20. Localización de la parcela

	Parcela 751
DATUM	WGS84
Latitud	41°41'19,16"N
Longitud	0°46'3,84" W
Coordenada X (m)	685013,94
Coordenada Y (m)	4617342,05
Superficie (ha)	0.0853
Clasificación del terreno	Rustico urbanizable
Uso principal	Agrario

Tabla 21. Datos identificativos en SIGPAC

Provincia	Municipio	Agregado	Zona	Polígono	Parcela	Superficie (ha)
50	306	0	0	55	751	0.0853

El acceso a la explotación se encuentra en A-129 dirección Sariñena, tomando el desvío a mano derecha por la calle La Balsa. Aproximadamente a 300 metros a mano izquierda estará localizada nuestra nave.

La nave tendrá una superficie de poco más 220 m<sup>2</sup>, los cuales estarán contruidos con casetas de obra (Figura 18) destinadas a ser oficinas. Las dimensiones exteriores de cada caseta son 6,21×2,44×2,46 m. En total, nuestra nave contara con 18 contenedores de obra, que incluyen iluminación, una toma de agua en las habitaciones que sean necesarias y un aparato de aire acondicionado para cada sala.



Figura 18. Contenedor de obra destinado a ser oficina («Oficinas de obra - Atrax», s. f.).

- Las medidas de la nave se recogen en la Figura 19 y en la Figura 20.
- En la Figura 21 podemos ver cómo sería el aspecto exterior de la nave, formado por los contenedores de obra.
- En la Figura 22 observamos un plano interior con todos los accesorios y distribución actual de este proyecto.
- En la Figura 23 encontramos un detalle de la 1ª habitación destinada a la cría del *Tenebrio molitor*. La sala consta de 3 filas de estanterías bandejeras con capacidad para 240 bandejas y una mesa con grifo para poder realizar las labores de limpieza necesarias.
- La Figura 24 muestra la 2ª habitación, en la cual se criará la *Acheta domestica*. Esta habitación consta de una mesa con grifo y tres filas de estanterías de gran carga con una capacidad de 96 cajas para la cría de grillos.
- La Figura 25 muestra el detalle de la 3ª habitación. Esta habitación se dedicará a la cría de *Hermetia illucens*, constará de una fila de bandejeras y una fila de jaulas en las cuales se criarán las moscas adultas y una mesa con fregadero para las labores de limpieza.
- La Figura 26 muestra un detalle de lo que sería la oficina. Con una mesa, ordenador y varios departamentos para almacenaje de material.
- La Figura 27 muestra un detalle de los aseos-vestuarios, esta habitación cuenta con una ducha, dos retretes y un lavabo.
- La Figura 28 muestra un detalle del almacén-sala de procesados. En esta sala podemos encontrar la secadora microondas, una mesa para operar junto con una maquina moledora y una estantería para almacenaje.
- En la Figura 29 se recoge el plano de la instalación eléctrica.
- En la Figura 30 se recoge el plano de la instalación de fontanería.

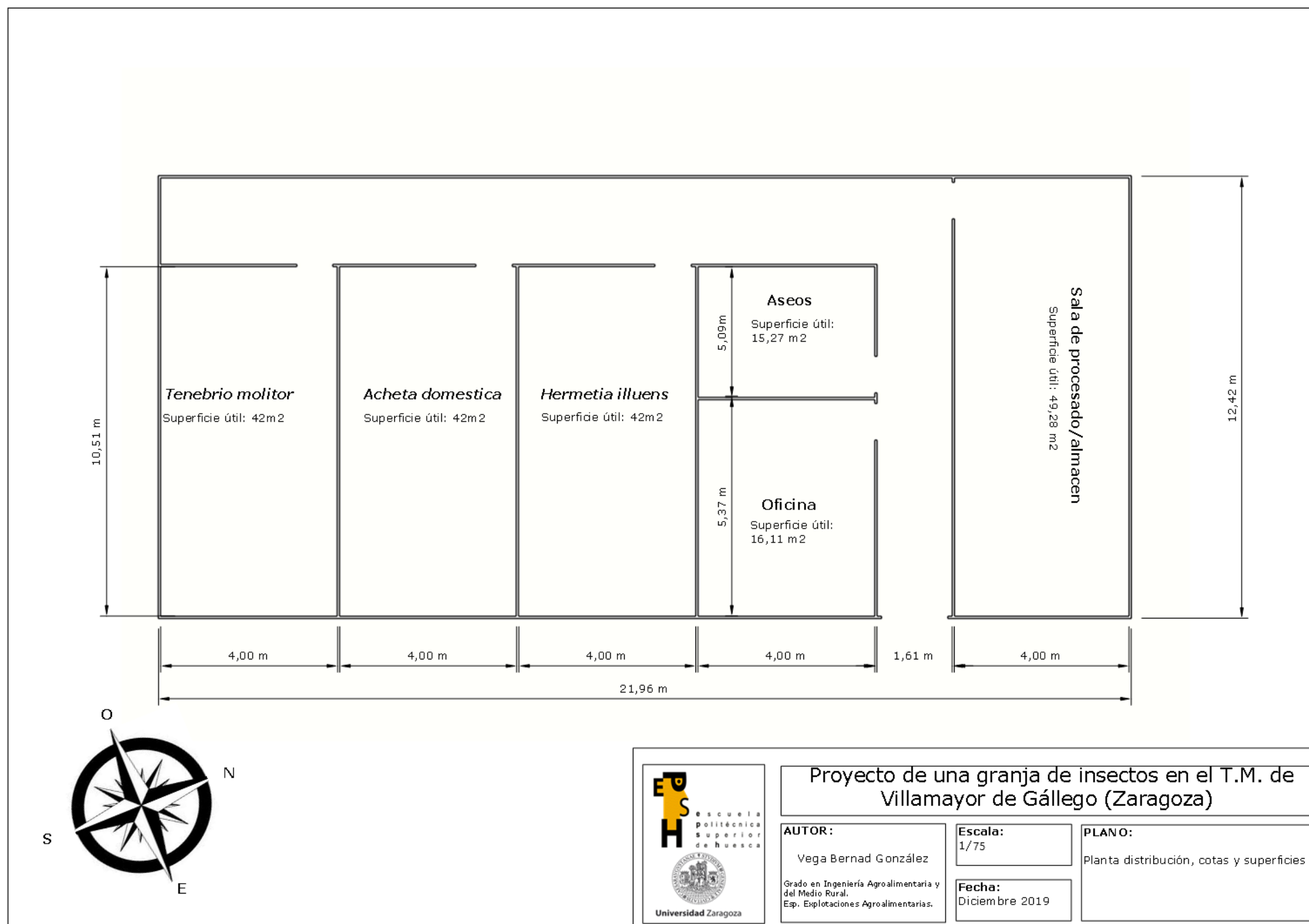
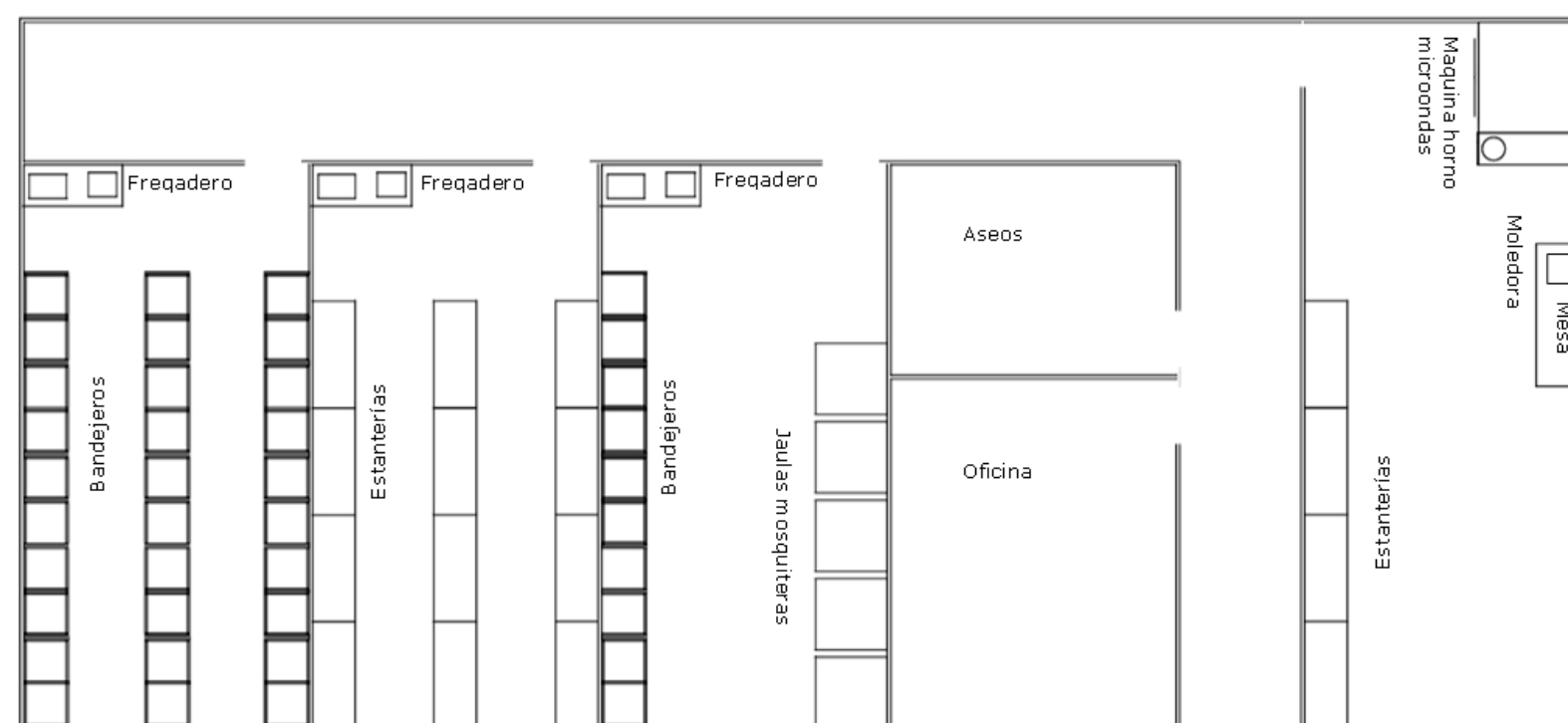


Figura 19. Planta de distribución, cotas y superficies



### Proyecto de una granja de insectos en el T.M. de Villamayor de Gállego (Zaragoza)

#### AUTOR:

Vega Bernad González

Grado en Ingeniería Agroalimentaria y del Medio Rural.  
Esp. Explotaciones Agroalimentarias.

#### Escala:

1/75

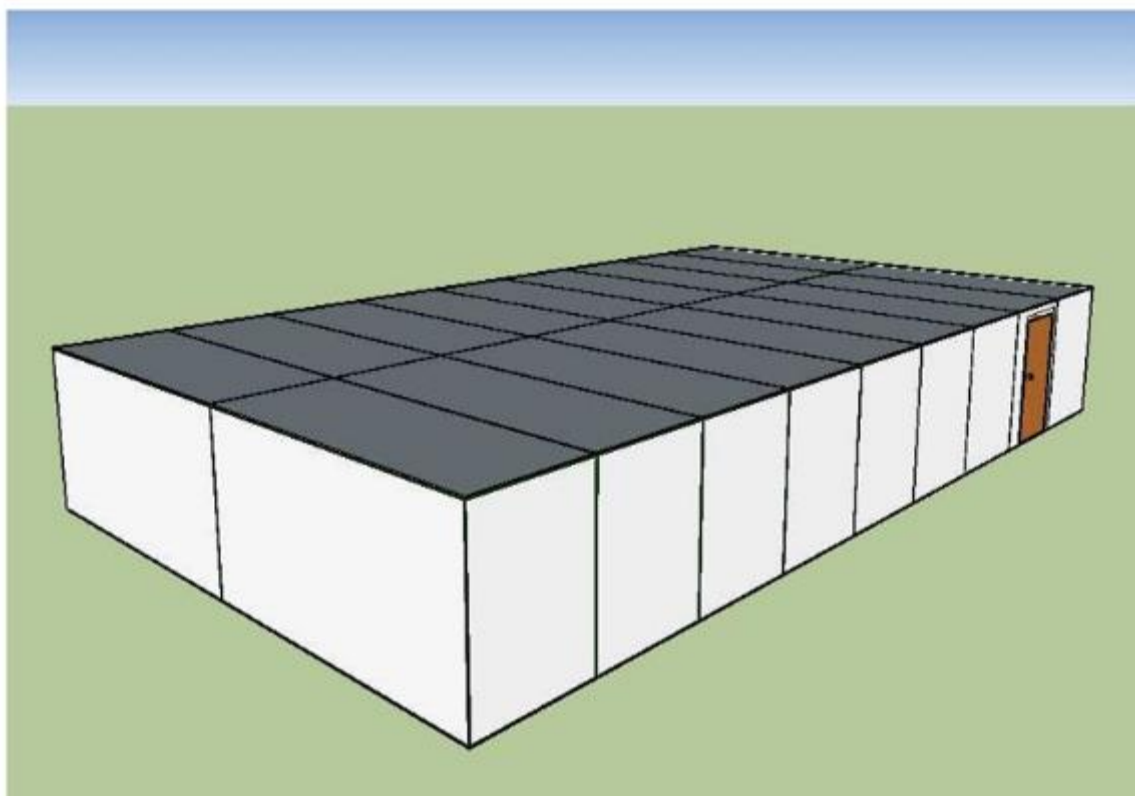
#### Fecha:

Diciembre 2019

#### PLANO:

Planta de maquinaria y equipo.

Figura 20. Planta de maquinaria y equipo.



**Figura 21.** Vista exterior de la nave compuesta por casetas



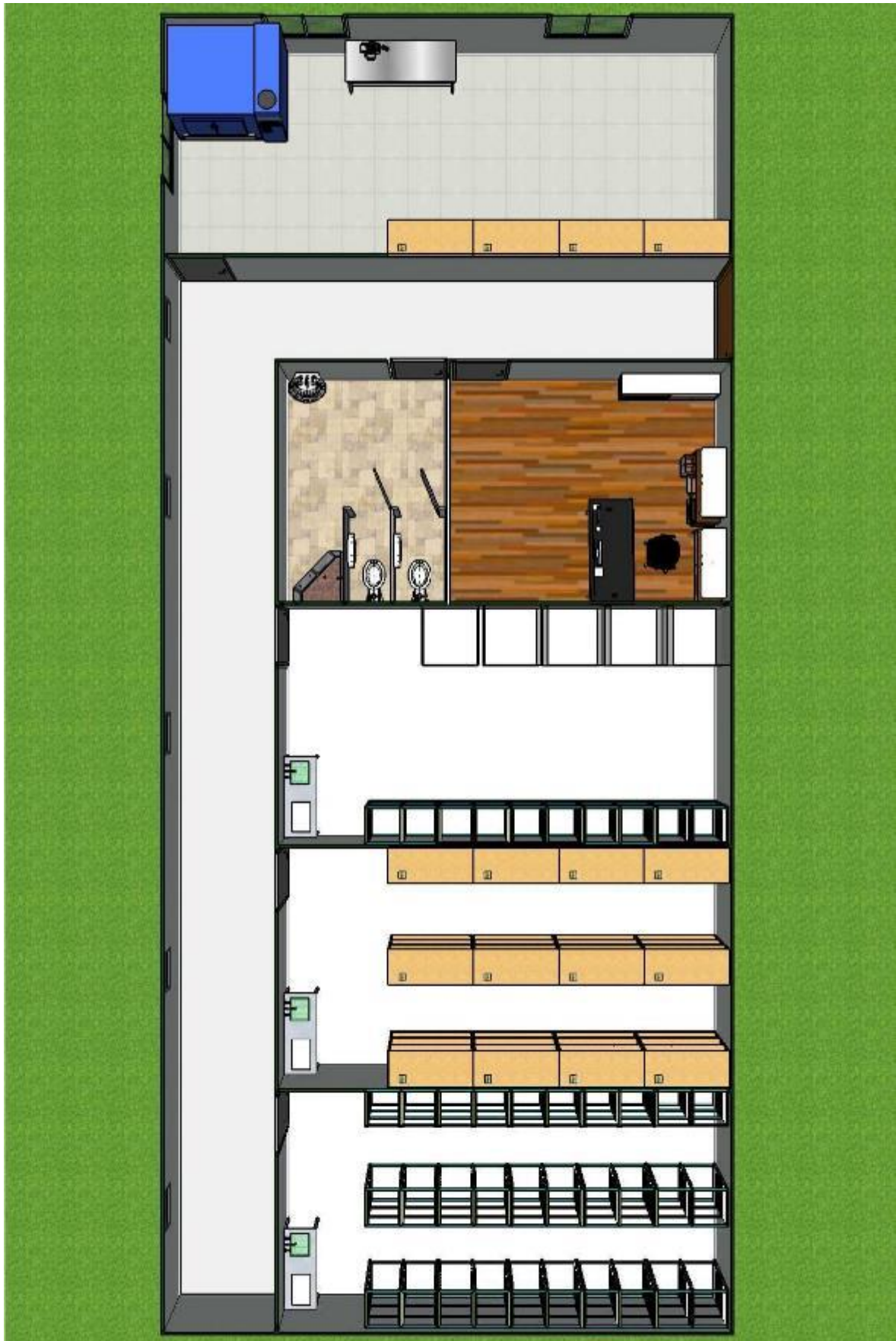


Figura 22. Planta de la distribución interior



Figura 23. Detalle de la 1ª habitación.





Figura 24. Detalle de la 2ª habitación.



**Figura 25.** Detalle de la 3ª habitación.



**Figura 26.** Detalle de la oficina



**Figura 27.** Detalle de los aseos/vestuarios



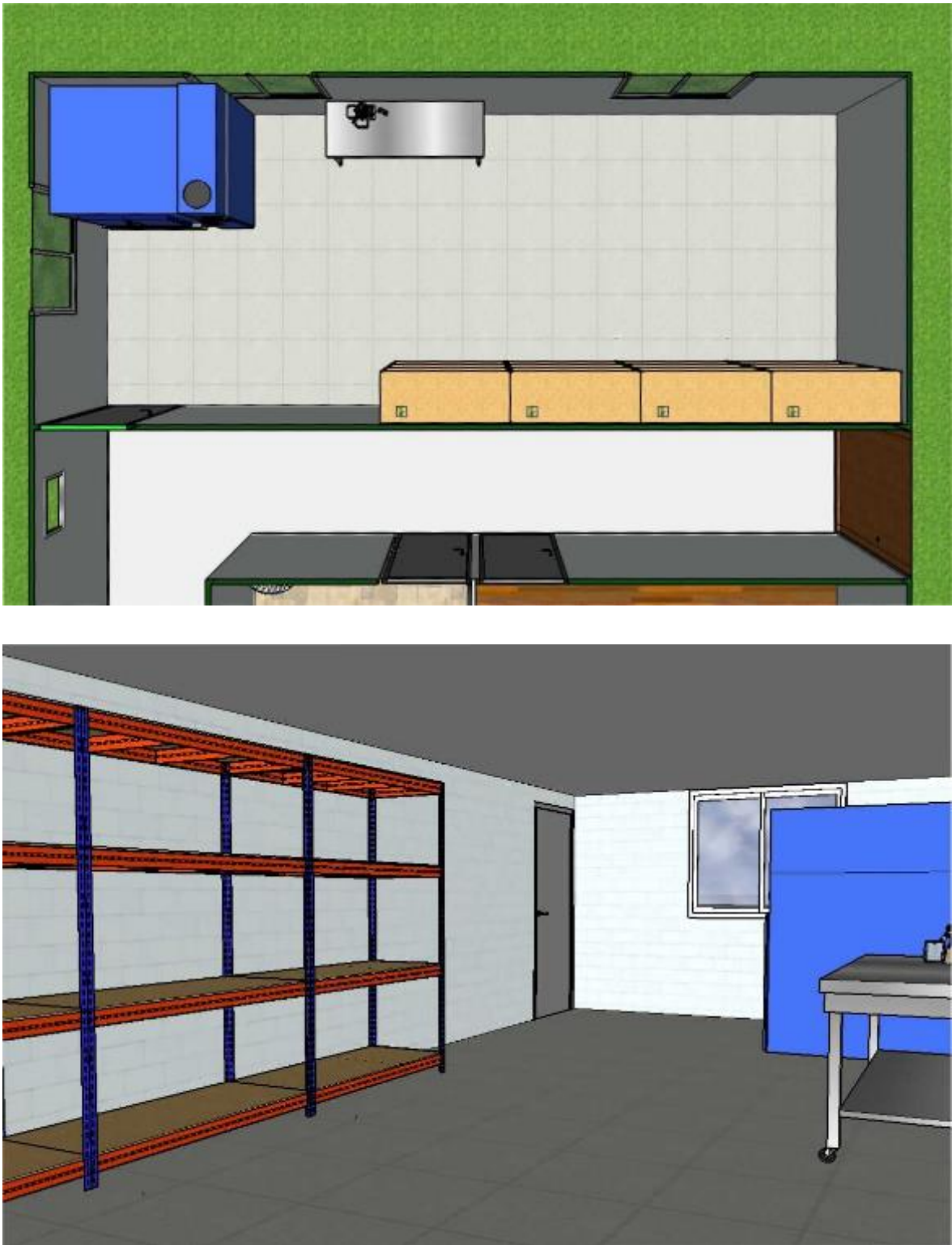


Figura 28. Detalle del almacén.

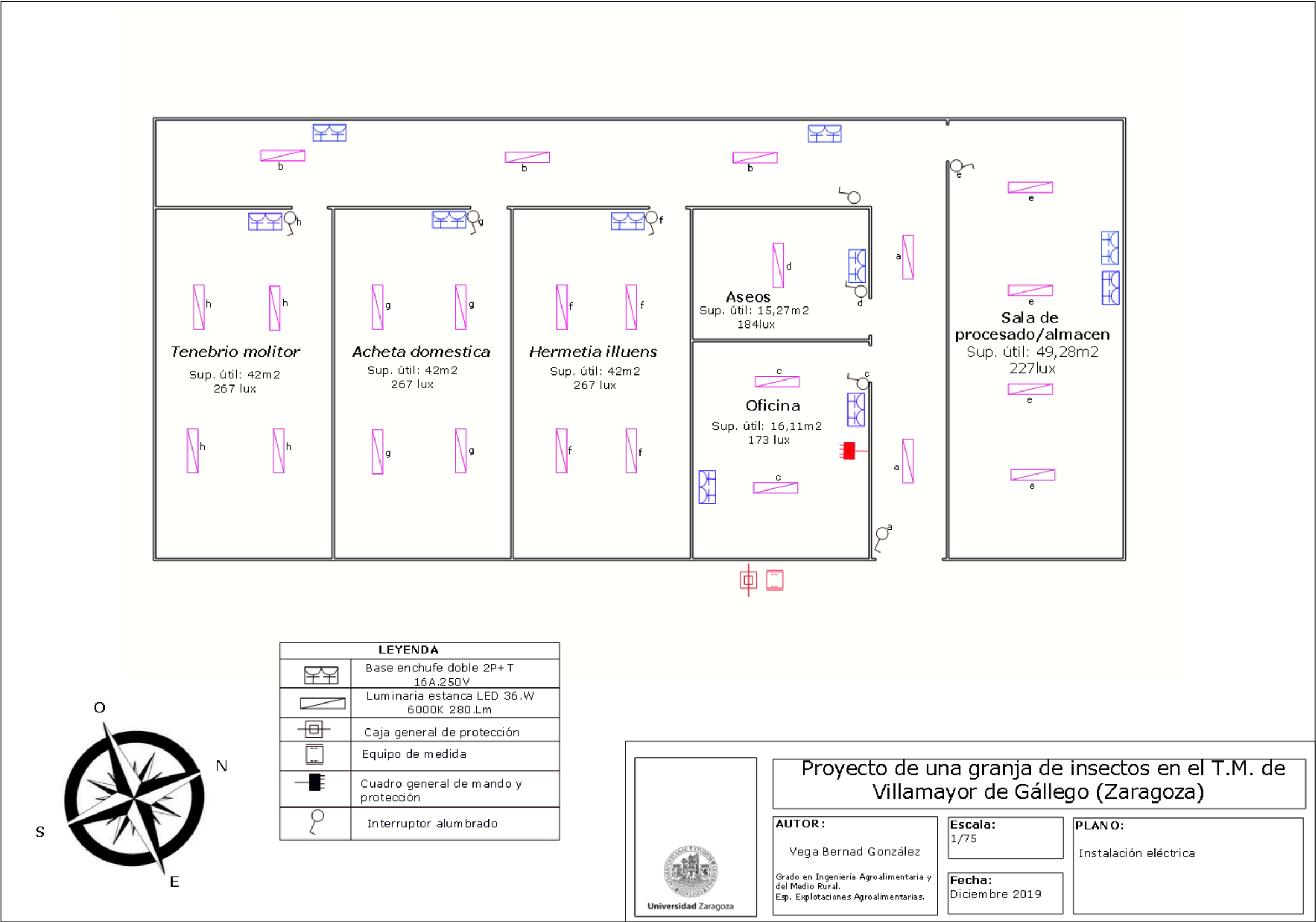


Figura 29. Instalación eléctrica.

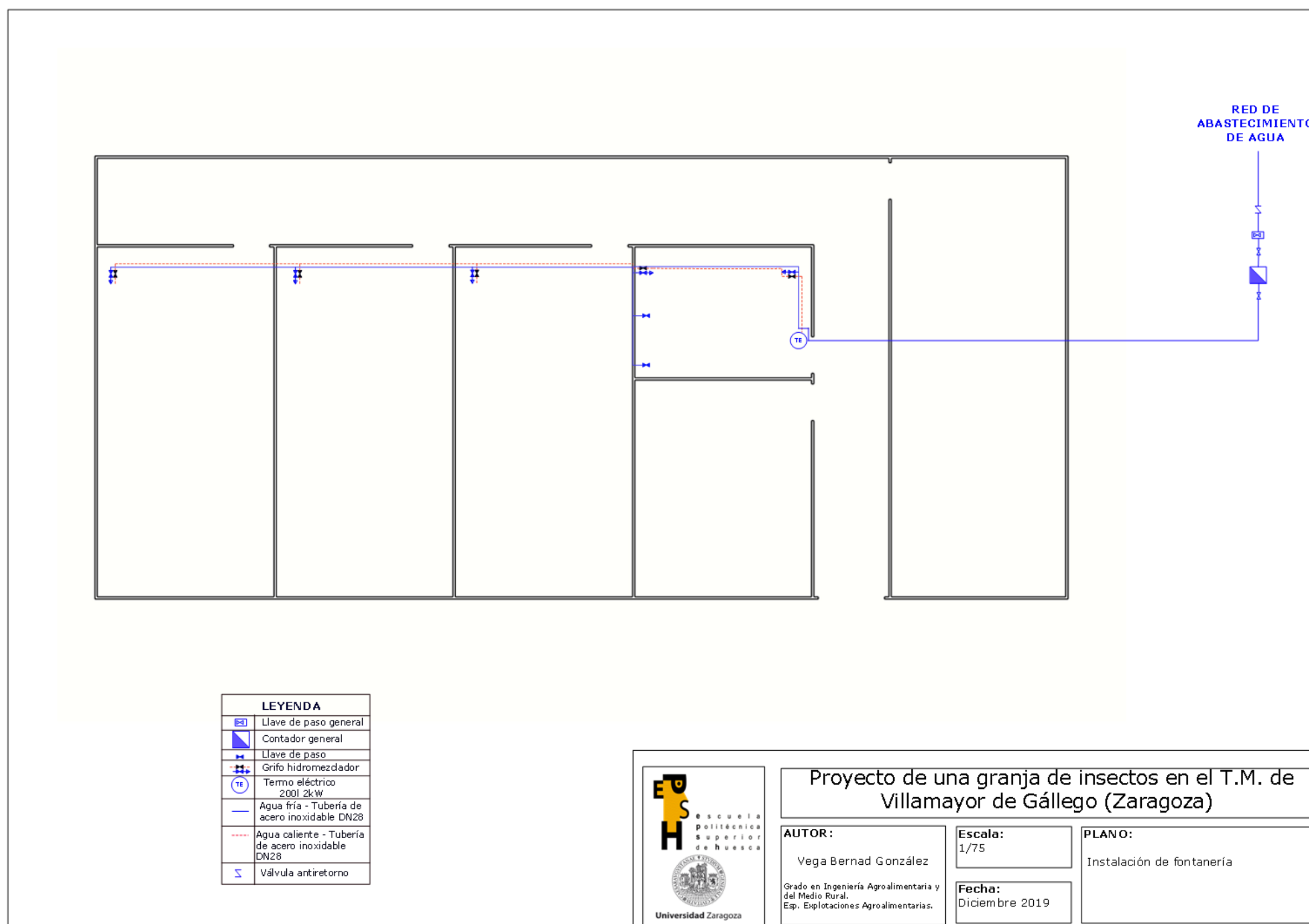


Figura 30. Instalación de fontanería

## 8. Bibliografía

- Arellano, D., & Velásquez, S. (2016). *Manual de cría de invertebrados para alimentación complementaria*. Recuperado de <http://funpza.minec.gob.ve/wp-content/uploads/2016/09/Manual-para-la-Cría-de-Invertebrados.pdf>
- Arnold van Huis, Itterbeeck, J. Van, Klunder, H., Mertens, E., Halloran, A., Muir, G., & Vantomme, P. (2019). Edible Insects - Future prospects for food and feed security. *FAO- Forestry paper 171*, p. 201. Recuperado de <http://www.fao.org/3/i3253e/i3253e.pdf>
- Barragan-Fonseca, K. B., Dicke, M., & van Loon, J. J. A. (2017). Nutritional value of the black soldier fly ( *Hermetia illucens* L.) and its suitability as animal feed – a review . *Journal of Insects as Food and Feed*, 3(2), 105-120. <https://doi.org/10.3920/jiff2016.0055>
- BAT Andrlé. (s. f.). Grillo doméstico (*Acheta domestica*). Recuperado 2 de octubre de 2019, de <http://www.bat-rodents.eu/es/grillo-domestico-acheta-domestica-sid-66-5-detail>
- BonÀrea Agrupa - corporate. (s. f.). Recuperado 22 de noviembre de 2019, de <https://www.bonarea-agrupa.com/es/public/AnimalFeedingPrices>
- Bosch, G., Zhang, S., Oonincx, D. G. A. B., & Hendriks, W. H. (2014). Protein quality of insects as potential ingredients for dog and cat foods. *Journal of Nutritional Science*, 3, 1-4. <https://doi.org/10.1017/jns.2014.23>
- Cortes Ortiz, J. A., Ruiz, A. T., Morales-Ramos, J. A., Thomas, M., Rojas, M. G., Tomberlin, J. K., ... Jullien, R. L. (2016). Insect Mass Production Technologies. En A. T. Dossey, J. A. Morales-Ramos, & M. G. Rojas (Eds.), *Insects as Sustainable Food Ingredients* (Academic p). <https://doi.org/10.1016/b978-0-12-802856-8.00006-5>
- Crickets flour. (s. f.). Recuperado 12 de noviembre de 2019, de <https://www.multivores.com/en/home/190-cricket-flour.html>
- Diclaro, J. W., & Kaufman, P. E. (2009). Black Soldier Fly *Hermetia illucens* Linnaeus (Insecta: Diptera: Stratiomyidae). En *Department of Entomology and Nematology, UF/IFAS Extension*. Recuperado de <http://edis.ifas.ufl.edu/pdf/in/in83000.pdf>
- FAO. (2018). *The future of food and agriculture - alternative pathways to 2050*. 224. Recuperado de <http://www.fao.org/3/I8429EN/i8429en.pdf>
- Ferrer Llagostera, P., Kallas, Z., Reig, L., & Amores de Gea, D. (2019). The use of insect meal as a sustainable feeding alternative in aquaculture: Current situation, Spanish consumers' perceptions and willingness to pay. *Journal of Cleaner Production*, 229, 10-21. <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2019.05.012>
- Foley, J. A., Ramankutty, N., Brauman, K. A., Cassidy, E. S., Gerber, J. S., Johnston, M., ... Zaks, D. P. M. (2011). Solutions for a cultivated planet. *Nature*, 478(7369), 337-342. <https://doi.org/10.1038/nature10452>
- Gahukar, R. T. (2016). Edible Insects Farming: Efficiency and Impact on Family Livelihood, Food Security, and Environment Compared With Livestock and Crops. En *Insects as Sustainable Food Ingredients*. <https://doi.org/10.1016/b978-0-12-802856-8.00004-1>
- Gobbi, F. P. (2012). *Biología reproductiva y caracterización morfológica de los estadios larvarios de Hermetia illucens* (L., 1758) (Diptera: Stratiomyidae). *Bases para su producción masiva en Europa*. 155.
- Gryllus Assimilis | Insectos Vivos Don Tenebrio | Venta de alimento vivo para mascotas. (s. f.). Recuperado 22 de noviembre de 2019, de <https://www.insectosvivos.com/producto/gryllus-assimilis/>
- Información del mercado agropecuario de Toledo. (s. f.). Recuperado 12 de noviembre de 2019, de 2019 website: <https://www.asajatoledo.es/lonja/>
- Michael Álvarez Kalverkamp, W. B., Becheva, S., Benning, R., Börnecke, S., Chemnitz, C., Hansen-Kuhn, K., ... Zastiral, S. (2014). *Meat atlas facts and figures about the animals we eat zoom fit width search TOC 2* (C. Chemnitz & S. Becheva, Eds.). Recuperado de [www.boell.de/fleischatlas](http://www.boell.de/fleischatlas)



- Mlček, J., Adámková, A., Adámek, M., Borkovcová, M., Bednářová, M., & Kouřimská, & L. (2018). Selected nutritional values of field cricket (*Gryllus assimilis*) and its possible use as a human food. En *Indian Journal of Traditional Knowledge* (Vol. 17). Recuperado de <http://nopr.niscair.res.in/handle/123456789/44581>
- Molinillo de muela. (s. f.). Recuperado 5 de noviembre de 2019, de <https://www.directindustry.es/prod/technopast/product-212693-2177407.html>
- Oficinas de obra - Atrax. (s. f.). Recuperado 17 de noviembre de 2019, de [http://www.acerostransformadosatrax.com/07\\_oficinas\\_de\\_obra\\_atrax.html](http://www.acerostransformadosatrax.com/07_oficinas_de_obra_atrax.html)
- Ribeiroa, J. C., Costa Limab, R., R.G. Maiac, Margarida Almeida, A. A., Fonseca, A. J. M., Cabritac, A. R. J., & Cunhaa, L. M. (2019). Impact of defatting freeze-dried edible crickets (*Acheta domesticus* and *Gryllodes sigillatus*) on the nutritive value, overall liking and sensory profile of cereal bars. *LWT- Food Science and Technology*, 113(108335), 7. Recuperado de <https://doi.org/10.1016/j.lwt.2019.108335>
- Rumpold, B. A., & Schlüter, O. K. (2013). Nutritional composition and safety aspects of edible insects. *Molecular Nutrition and Food Research*, 57(5), 802-823. <https://doi.org/10.1002/mnfr.201200735>
- Sarmiento, A. P. (2018). *Establecimiento e implementación de un protocolo de cría de gusano de harina Tenebrio molitor (Coleoptera: Tenebrionidae), como apoyo al programa de conservación de la rana venenosa dorada Phylllobates terribilis (Anura: Dendrobatidae) en el Bioparque Wak* (Universidad nacional abierta y a distancia "UNAD"; Vol. 1). Recuperado de <https://repository.unad.edu.co/handle/10596/17749>
- Skarstein, R. (1997). Development theory: a guide to some unfashionable perspectives. En *Development theory: a guide to some unfashionable perspectives*. Oxford University Press, India.
- Soriano Salazar, M. B., & Luna-Figueroa, J. (s. f.). Acuicultura. Recuperado 26 de agosto de 2019, de Hypatia: Revista de Divulgación Científico-Tecnológica del Gobierno del Estado de Morelos website: <https://revistahypatia.org/acuicultura-revista-34.html>
- Tilman, D., Cassman, K. G., Matson, P. A., Naylor, R., & Polasky, S. (2002). Agricultural sustainability and intensive production practices. *Nature*, 418, 671-677. Recuperado de [www.nature.com/nature](http://www.nature.com/nature)
- Van Huis, A. (2012). Potential of Insects as Food and Feed in Assuring Food Security. *Annual Review of Entomology*, 58(1), 563-583. <https://doi.org/10.1146/annurev-ento-120811-153704>
- Viñeta Valdelvira, J. (2017). *Diseño y acondicionamiento de una nave para la producción de insectos como piensos alimentarios*. Jaime I.