



Universidad de Sevilla.  
Escuela Politécnica Superior



TRABAJO FIN DE GRADO DEL DOBLE GRADO EN INGENIERÍA EN  
DISEÑO INDUSTRIAL E INGENIERÍA MECÁNICA

# Asistente para el Diseño Modular de una Explotación Ganadera Porcina Intensiva de Cebo.

Autor: Julián Páez García.

Tutor: D. Arturo Fernández de la Puente Sarriá.

Junio de 2022

**MEMORIA**

## INDICE DE MEMORIA.

1.	CAPÍTULO 1: RESUMEN. ....	1
2.	CAPÍTULO 2: OBJETO. ....	2
3.	CAPÍTULO 3: ALCANCE. ....	4
3.1.	Alcance funcional de la solución propuesta por el asistente. ....	4
3.2.	Alcance normativo de la solución desarrollada por el asistente. ....	4
3.3.	Alcance funcional del asistente de diseño. ....	4
4.	CAPÍTULO 4: ANTECEDENTES. ....	6
4.1.	Descripción de la solución que desarrollará el asistente. ....	7
4.2.	Ganadería Intensiva. ....	8
4.3.	Diseño modular y diseño paramétrico. ....	9
4.4.	Procesos de automatización del diseño. ....	10
5.	CAPÍTULO 5: NORMAS Y REFERENCIAS. ....	11
5.1.	Referencias de Normalización. ....	11
5.2.	Normativa Vinculada a la Ganadería Porcina Intensiva. ....	11
5.3.	Referencias Bibliográficas y Recursos. ....	11
6.	CAPÍTULO 6: DEFINICIONES Y ABREVIATURAS. ....	13
7.	CAPÍTULO 7: REQUISITOS DE DISEÑO. ....	16
7.1.	Requisitos funcionales. ....	16
7.2.	Requisitos tecnológicos. ....	17
7.3.	Requisitos normativos. ....	18
7.4.	Requisitos ergonómicos. ....	18
7.5.	Requisitos Estético-Formales. ....	18
7.6.	Requisitos Económicos. ....	18
8.	CAPÍTULO 8: ANÁLISIS DE SOLUCIONES. ALTERNATIVAS. ....	19
9.	CAPÍTULO 9: RESULTADOS FINALES. ....	21
9.1.	Solución Genérica. ....	21
9.2.	Caso Práctico Desarrollado. ....	30
10.	CAPÍTULO 10: LÍNEAS DE FUTURO. ....	33
11.	CAPÍTULO 11: CONCLUSIONES. ....	34

## 1. CAPÍTULO 1: RESUMEN.

La falta de planificación en la fase de diseño de las naves ganaderas conlleva a que los resultados alcanzados no cumplen con las expectativas del ganadero.

Además, los componentes de la misma seleccionados de catálogo no se adaptan a las características dimensionales de la misma. Esto conlleva a que tienen que ser modificados in situ y un retraso de las obras y ensamblaje de los mismos, que se traduce a su vez a un incremento del coste de los mismos.

Es por ello, que en este Trabajo Fin de Estudios se ha desarrollado una metodología que permite seleccionar de catálogo los componentes que conformarán el interior de la nave de acuerdo a unas condiciones de partida.

Una vez desarrollada esa metodología fundamentada en el diseño modular, fue implementada en una hoja de cálculo Excel para proceder a la automatización de este proceso de selección, registrando los resultados en tablas de diseño.

Por otro lado, el potencial de los softwares de modelado paramétrico permite asociar los valores de las tablas de diseño a los de los parámetros dimensionales de modelos genéricos de cada uno de los componentes.

Todo lo expuesto anteriormente, ha permitido crear un asistente informático para el diseño modular de naves ganaderas porcinas que:

- Ofrece una previsualización del diseño realizado.
- Garantiza el cumplimiento de la Normativa de Bienestar Animal.
- Optimiza la solución desarrollada a partir de las condiciones de partida.
- Automatiza el proceso de diseño en las fases iniciales del proyecto.

## 2. CAPÍTULO 2: OBJETO.

La distribución interior de las naves destinadas a la ganadería intensiva, está constituida en su mayor parte de elementos prefabricados.

Los catálogos que ofertan los fabricantes están compuestos de elementos con unas dimensiones ya fijadas, o bien se puede dar la posibilidad de elegir las dimensiones sus productos dentro de unos rangos que ellos mismos establecen.

En las naves ganaderas de nueva construcción, pocas veces, se consideran los siguientes aspectos:

- Distribución de la planta o Lay-out.
- Qué elementos conformarán la distribución interior de la nave.
- Las dimensiones y distribución de dichos elementos.

Además, la administración regula el espacio libre en el que se desarrolla la crianza de un animal garantizando las condiciones óptimas de bienestar del mismo.

Este último aspecto, más los tres puntos que se expusieron en el párrafo anterior, condicionan la capacidad de la nave.

Durante la fase de diseño de la misma, pocas veces se tienen en cuenta dichos aspectos, de manera durante la construcción de la misma se producen incidentes como:

- Los elementos que ya vienen fabricados para ser instalados, tienen que readaptarse (cortes, taladros, soldaduras, etc.) por una mala planificación.
- Retraso en la ejecución de las obras y su correspondiente retraso en la puesta en marcha de la explotación ganadera.
- Mayores costes de producción y mano de obra.

Cuando se finaliza la construcción y se procede a la legalización de la misma, la administración hace las mediciones pertinentes para establecer la capacidad (en función de los criterios establecidos en la legislación).

De este modo, al no contemplarse los aspectos legales de espacio durante la fase de diseño, al finalizar la construcción se tiene como resultado una nave con una capacidad inferior legal a la deseada.

Estos aspectos suponen para el ganadero:

- Mayor desembolso en cuanto a materiales durante la inversión inicial.
- Al tener una menor capacidad la nave, el tiempo de amortización de la inversión se incrementará.

Es por ello, que el objetivo de este proyecto será el desarrollo de un asistente para el diseño modular de una nave ganadera que permita una previsualización de la solución de diseño más óptima posible en función de unos datos de entrada.

### 3. CAPÍTULO 3: ALCANCE.

Una vez definido el objetivo del proyecto, se definirá con un mayor grado de detalle, estableciendo aquellos datos que acotarán la solución desarrollada hasta el objetivo específico.

#### 3.1. Alcance funcional de la solución propuesta por el asistente.

Alcance funcional de la solución desarrollada por el asistente.

Desde el punto de vista funcional, se desarrollará una nave ganadera destinada al engorde de cerdos en su etapa de cebo (desde los 20 kg hasta los 110 kg aproximadamente).

#### 3.2. Alcance normativo de la solución desarrollada por el asistente.

Desde el punto de vista normativo, se atenderá a la normativa y reglamentos que regulan y controlan dentro del territorio nacional:

- Las buenas prácticas ganaderas.
- Los requisitos de las explotaciones ganaderas para garantizar el bienestar animal.

#### 3.3. Alcance funcional del asistente de diseño.

El asistente será válido tanto para desarrollar la distribución interior de una nave de nueva construcción como para desarrollar la de una nave a reformar con los cerramientos exteriores ya construidos.

Por defecto el programa mostrará la solución con los cerramientos, tanto para el caso de reforma como para el de nueva construcción, para visualizar y tener una mejor comprensión de los resultados de diseño en ambos casos. Además de ello permitirá otras funciones como:

- Optimizar el espacio disponible de manera que se consiga la mayor capacidad posible.
- Realizar un recuento de materiales prefabricados necesarios.
- Realizará un recuento de la capacidad total legal permitida en la nave.

- Mostrar una previsualización del diseño de la misma, ofreciendo información de los elementos y módulos que compondrán la nave.

#### 3.4. Alcance a nivel de usuarios.

El uso de este asistente está destinado a proyectistas que en fase de ingeniería de detalle del proyecto de una nave ganadera necesiten recurrir a la ayuda del mismo. A su vez podrá ser usado por técnicos veterinarios para hacer valoraciones en las fases iniciales y de replanteo de los proyectos de este tipo de naves ganaderas.

#### 3.5. Alcance sociocultural.

En cuanto al ámbito sociocultural, el asistente se regirá por las soluciones constructivas de granjas intensivas que se adoptan dentro de España, desarrollando una solución que pueda ser implantada en la zona sur del país, de una manera más concreta en la región de Andalucía, Murcia y Badajoz.

#### 4. CAPÍTULO 4: ANTECEDENTES.

La actividad que se desarrollará en la nave será la cría intensiva de cerdos durante la etapa de cebo (engorde desde los 20 kg aproximadamente hasta su sacrificio).



*Figura 1: Lechones de 20 kg aprox.*



*Figura 2: Cerdos de 80 kg aprox.*

Como se ha mencionado en el apartado 2.1., el objeto de este proyecto es el desarrollo de un asistente para el diseño de una nave ganadera.

Atendiendo al objeto de este proyecto se realizará un análisis de donde se podrá conocer cuáles son las condiciones de partida, que determinarán el proceso de diseño y desarrollo del asistente.

Dentro de estos condicionantes se puede diferenciar entre:

- a) Descripción de la solución que desarrollará el asistente.
- b) Ganadería intensiva.
- c) Diseño modular y diseño paramétrico.
- d) Procesos de automatización del diseño.

Seguidamente se desarrollarán con mayor detalle.

#### 4.1. Descripción de la solución que desarrollará el asistente.

Como solución se desarrollará una nave de planta rectangular donde las características generales de la distribución interior serán las siguientes:

- Longitudinalmente quedará dividida en dos partes iguales y simétricas, respecto al plano medio de la misma.
- Los elementos que conforman la distribución interior serán elementos prefabricados, predominando un modelo de cada tipo de elemento que conformará la solución.
- Estará dotada con sistemas de alimentación y suministro de agua a animales automatizados.
- La nave se dispone de fosos de almacenamiento de los purines generados por los animales durante su periodo de engorde.
- Los purines al final de cada camada, irán conducidos a una balsa exterior mediante canalizaciones subterráneas.
- Dispondrá de sistemas de ventilación natural garantizando que las condiciones interiores son las idóneas para desarrollar la vida del animal.



*Figura 3: Ejemplo de Nave Ganadera de Cerdos*

#### 4.2. Ganadería Intensiva.

La población mundial se encuentra en constante crecimiento, es la razón por la que el sector primario está en continua regeneración, optimizando y buscando la mayor productividad y rendimiento en sus explotaciones.

De ahí surgió la ganadería intensiva, cuya finalidad es incrementar la producción para satisfacer la demanda global a la vez que se reducen costes.

La actividad ganadera se encuentra regulada. Cada región establece un marco normativo donde aparece reflejado cuáles son las buenas prácticas ganaderas que garantizan el bienestar animal y la máxima calidad en los productos resultantes de esta actividad.

En el caso del cerdo, la crianza intensiva de este tipo de animales pasa por varias fases.

- Nacimiento.
- Recría.
- Cebo.

El animal pasa por cada una de estas etapas desde su nacimiento hasta su sacrificio.

A su vez, en cada etapa el animal requiere unos cuidados y necesidades diferentes. Es por ello, que cada etapa se desarrolla en explotaciones con unas características determinadas.

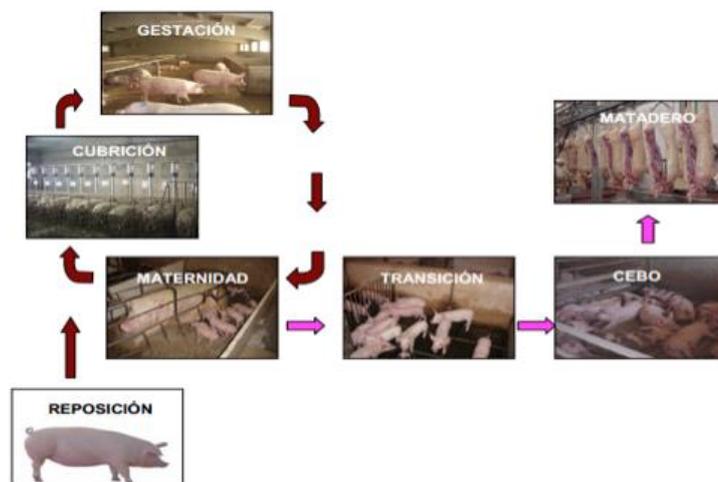


Figura 4: Esquema del proceso de cría intensiva de cerdos.

#### 4.3. Diseño modular y diseño paramétrico.

Según Ali K. Kamrani & Sa'ed M. Shalhied (2002). *Modular Design, Product Design for Modularity Second Edition (45-84)*. Kluwer Academic Publishers; el diseño modular es una técnica que permite resolver problemas complejos, dividiendo estos en problemas simples y unificando la solución de estos problemas.

Los componentes usados en un diseño modular no son capaces de resolver el problema global planteado, sin embargo, la unión de estos componentes si permite su resolución.

Por tanto, la ejecución de una nave ganadera mediante piezas prefabricadas se trata como un problema modular, dividiendo el problema a resolver en necesidades básicas a satisfacer.

La unificación de las soluciones simples constituirá módulos y estos a su vez agrupándolos darán lugar a la solución del problema planteado, que en nuestro caso será permitir la cría de cerdos dentro de una nave optimizando el espacio mediante elementos prefabricados de hormigón.

Por otro lado, tal y como menciona Álvarez Cuervo, R. & Roces García, J. (2005). *Diseño Paramétrico, Introducción al Diseño Paramétrico con Autodesk Mechanical Desktop (17-44)*. Ediciones de la Universidad de Oviedo, los componentes de un diseño pueden mantener la misma forma, sin embargo, pueden presentar dimensiones diferentes.

Es el concepto de diseño paramétrico, con tan solo variar las dimensiones de un elemento, manteniendo la forma, se pueden tener componentes diferentes que cumplen la misma función, pero atendiendo a necesidades dimensionales diferentes.

En nuestro caso será aplicado, las piezas que constituirán los módulos serán de catálogo y muchas de ellas están definidas dentro de un rango de valores y medidas que ofrece el fabricante, seleccionando un modelo u otro de producto en función de nuestras necesidades.

#### 4.4. Procesos de automatización del diseño.

El funcionamiento del asistente a desarrollar se resume en seleccionar y calcular una serie de parámetros a partir de unas condiciones de entrada, de manera que con ellos se pueden establecer las dimensiones y modelos de componentes que formarán parte de la solución que desarrollará el programa.

Pues bien, ese proceso de cálculo y selección se puede automatizar, permitiendo obtener varios diseños de soluciones al problema planteado con una gran agilidad y exactitud.

Existen metodologías que permiten dicha automatización. En el apartado 2.7. Alternativas se exponen los puntos fuertes y débiles de algunas de ellas, justificando la solución adoptada.

## 5. CAPÍTULO 5: NORMAS Y REFERENCIAS.

### 5.1. Referencias de Normalización.

- UNE 157001:2002 “Criterios generales para la elaboración de proyectos”.

### 5.2. Normativa Vinculada a la Ganadería Porcina Intensiva.

- Real Decreto 306/2020, de 11 de febrero, por el que se establecen normas básicas de ordenación de las granjas porcinas intensivas, y se modifica la normativa básica de ordenación de las explotaciones de ganado porción extensivo.
- Real Decreto 1135/2002, de 31 de octubre, relativo a las normas mínimas para la protección de cerdos.

### 5.3. Referencias Bibliográficas y Recursos.

- Normativa cuidados Animales y Bienestar Animal.
  - <https://www.juntadeandalucia.es/organismos/agriculturaganaderia/pescaydesarrollosostenible/areas/ganaderia/produccion-animal/paginas/produccion-integrada-ganaderia-integrada.html>
  - [http://www.anrogapor.es/asociacion-nacional-ganado-porcino/descargas/guia-de-buenas-practicas-de-cerdas-en-grupo-tcm7-310563-1\\_29\\_6\\_34\\_0\\_1\\_in.html](http://www.anrogapor.es/asociacion-nacional-ganado-porcino/descargas/guia-de-buenas-practicas-de-cerdas-en-grupo-tcm7-310563-1_29_6_34_0_1_in.html)
- Uso de programas informáticos.
  - <https://ingenieriasamat.es/blog/que-es-configurador-de-producto>
  - <https://www.excel-avanzado.com/40395/ventajas-y-desventajas-de-vba.html>
  - <https://www.cadems.es/requisitos-caracteristicas-equipo-trabajar-sistema-cad-cae-cam/>

- Catálogos y Referencias a componentes de Naves Ganaderas.
  - [https://rosmasl.es/wp-content/uploads/2021/02/CATALOGO\\_MATERIAL\\_GANADERO\\_ROSMA\\_-2.018.pdf](https://rosmasl.es/wp-content/uploads/2021/02/CATALOGO_MATERIAL_GANADERO_ROSMA_-2.018.pdf)
  - <https://gilva.com/material/47/pdf/catalogo%20porcino.pdf>
  - [https://www.avparagon.com/pdfs/documentos/instalaciones/CCANTIN\\_DIMENSIONAMIENTO.pdf](https://www.avparagon.com/pdfs/documentos/instalaciones/CCANTIN_DIMENSIONAMIENTO.pdf)
  - <https://peigganadera.com/tipos-granjas-cerdos-maternidad-transicion-engorde/>
  - <https://peigganadera.com/equipamiento-ganadero/estructura-de-hormigon/>
  - <https://peigganadera.com/naves-porcinas-engorde-2000-plazas-alfamen/>
  
- Libros de Referencia.
  - Torrecilla Insagurbe. (2012). El gran libro de CATIA (2a ed. revisada). Marcombo.
  - Montes Martos, & Ternero Fernández, F. (2022). Excel para Ciencia e Ingeniería. Marcombo.
  - Kamrani, & Salhieh, S. M. (2002). Product design for modularity (2nd ed.). Kluwer Academic Publishers.
  - Álvarez Cuervo, & Roces García, J. (2005). Introducción al diseño paramétrico: con Autodesk Mechanical Desktop. Ediciones de la Universidad de Oviedo.

## 6. CAPÍTULO 6: DEFINICIONES Y ABREVIATURAS.

- Cuadra: Cerramiento interior donde habitará un número definido de cerdos durante su engorde.
- Dimensión Transversal de la Nave ( $T$ ): Espacio libre entre los pilares que definen un pórtico de la misma.
- Dimensión Longitudinal de la Nave ( $L_{Nave}$ ): Distancia medida entre los pórticos extremos que conforman la nave definiendo el espacio libre en el interior de la misma medido en la dirección perpendicular a la Dimensión Transversal.
- Espacio requerido por Animal ( $S_a$ ): Área que requiere un animal para su correcta crianza dentro de una cuadra cumpliendo con todas las especificaciones y recomendaciones veterinarias para tal fin.
- Anchura Disponible a ser ocupada por animales ( $A_a$ ): Parte de la Dimensión Transversal de la Nave que queda disponible al restarle la dimensión del pasillo de trabajo y los espesores de los correspondientes separadores. Es la dimensión que define la cuadra en la Dirección Transversal de la Nave.
- Área Libre necesaria en la Cuadra ( $A_c$ ): Espacio libre de obstáculos que debe tener una cuadra con una capacidad de animales definida.
- Dimensión Longitudinal ocupada por animales ( $L$ ): Es la dimensión que define la cuadra en la Dirección Longitudinal de la Nave.
- Módulo Repetitivo: Conjunto de elementos constructivos que conforman la mayor parte de la distribución interior, mediante una unidad definida que se repite un número definido de veces.
- Módulo Inicial: Semejante al Módulo Repetitivo, pero este está constituido por un elemento constructivo adicional que es el elemento de cierre de la primera cuadra.
- Módulo Final o Distinto: Conjunto de elementos constructivos que se añaden al conjunto de los Módulos Repetitivos, permitiendo adaptar la estructura interior de la nave a las dimensiones de partida de la misma. Los elementos constructivos de este módulo son diferentes a los del Módulo Repetitivo.

- Módulos Semejantes: Denotación que se hace para referirse a los Módulos Inicial y Repetitivos de manera indiferente, al estar constituidos por cuadras de las mismas características.
- Longitud de referencia para selección de Rejilla (l'): Dimensión que se utilizará como referencia para seleccionar las rejillas que ofrece el fabricante en su catálogo.
- Longitud de Rejilla de Últimas Cuadras (lrejilla''): Dimensión que se utilizará como referencia para seleccionar las rejillas de las cuadras del Módulo Final que ofrece el fabricante en su catálogo.
- Número de Animales en las Cuadras Semejantes (Na'): Número de animales que puede albergar una cuadra una vez establecidos y seleccionados sus componentes constructivos.
- Número de Animales en las Cuadras Semejantes (Na''): Número de animales que puede albergar una cuadra del Módulo Final una vez establecidos y seleccionados sus componentes constructivos.
- Número Total de Cuadras en el Lateral de la Nave (Nlateral): Número de cuadras que se disponen en la nave a un lado del pasillo de trabajo.
- Número de Cuadras Semejantes en el Lateral de la Nave (Nlateral'): Número de cuadras que se disponen en la nave a un lado del pasillo de trabajo, caracterizándose por tener dimensiones similares.
- Número de Cuadras Distintas en el Lateral de la Nave (Nlateral''): Número de cuadras que se disponen en la nave a un lado del pasillo de trabajo, caracterizándose por tener dimensiones distintas a las anteriores y estar compuesta a su vez por elementos constructivos de diferentes dimensiones.
- Rejilla: elemento constructivo prefabricado en hormigón armado que conforma el suelo de la cuadra. Posee unas rendijas que permiten la deposición del estiércol generado por los animales en los fosos, quedando el suelo de la cuadra totalmente drenado.
- Separador Frontal: Elemento constructivo prefabricado en hormigón armado que delimita la cuadra respecto al pasillo de trabajo.

- Separador Lateral: Elemento constructivo prefabricado en hormigón armado que separa y delimita una cuadra con la consecutiva en la dirección longitudinal.
- Foso: Espacio que se dispone entre el suelo de planta de la nave y el suelo enrejillado de las cuadras que albergarán los animales, donde se almacenará el estiércol generado durante el engorde de los mismos.
- Pasillo de Trabajo: Espacio libre de obstáculos por el que acceden los animales y los operarios a la nave.

## 7. CAPÍTULO 7: REQUISITOS DE DISEÑO.

Atendiendo a los antecedentes desarrollados en el apartado 2.3. se definirán los siguientes requisitos a cumplimentar:

### 7.1. Requisitos funcionales.

- Cada animal generará anualmente 2,15 m<sup>3</sup> de estiércol, que interpolando en 4 meses (periodo de tiempo que abarca el engorde del animal pasando este de 20 a 120 kg.) será 0,716 m<sup>3</sup> de estiércol. De esta manera, los fosos que albergarán el estiércol durante la camada (o periodo de engorde) deben tener capacidad suficiente para que el área de reposo del animal se mantenga drenada y limpia.
- Al final de cada periodo de engorde el estiércol generado, deberá ser evacuado mediante canalizaciones y sin fugas a una balsa de almacenamiento situada en el exterior de la nave.
- Las rejillas del forjado de la nave se podrán desmontar con facilidad sin que ningún separador lateral se interponga en ello.
- Las tolvas deberán tener la capacidad suficiente para alimentar a los animales, al menos una vez al día.
- Los materiales usados deberán ser resistentes a ambientes corrosivos.
- Se recomienda el agrupamiento de animales entre 15-20 cabezas de ganado (este punto es una recomendación, pero no es un requisito de obligado cumplimiento, por ello solamente se dará la limitación de este parámetro en la entrada de datos).
- La solución adoptada, tendrá al menos un muelle de carga que facilite las labores del manejo de animales durante la entrada y salida de animales de la nave.
- Limitación de los datos de entrada, impidiendo que el usuario o cliente adopte una solución incompatible con los Requisitos Legales que debe satisfacer la solución.

- La aplicación mostrará por pantalla de forma clara y concisa los resultados del diseño desarrollado. Se mostrarán los siguientes datos:
  - Número de cuadras semejantes y distintas de la que estará compuesta.
  - El número máximo de animales por cuadra permitido
  - Número de pasillos de trabajo que tendrá la misma.
  - Capacidad total.
- Se mostrará un modelo 3D del diseño resultante, por lo que la solución podrá ser implementada en un sistema de diseño paramétrico que genere este modelo.
- Será posible mostrar un listado de los elementos prefabricados necesarios para su construcción y con ello crear una lista de compra.

## 7.2. Requisitos tecnológicos.

Hacen referencia a las características tecnológicas del equipo y programas de los que se debe disponer para trabajar con el asistente.

Se deberá disponer de los siguientes programas informáticos:

- CATIA V5R21.
- Microsoft Excel 2010 o la versión más reciente.

Con respecto a las características necesarias mínimas del equipo destacar las siguientes:

- 8G como mínimo de memoria RAM.
- Procesador de 3 GHz.
- Evitar las tarjetas gráficas para juegos.
- Al menos 20 Gb de disco duro.

### 7.3. Requisitos normativos.

- Cada animal deberá disponer de un espacio libre durante su engorde de 0,65 m<sup>2</sup>, de manera que el animal pueda descansar y levantarse con frecuencia.
- Los suelos serán lisos y no resbaladizos.
- Los elementos de separación tendrán huecos que permiten la visualización de otros cerdos de locales de estabulación vecinos.

### 7.4. Requisitos ergonómicos.

- La Nave tendrá al menos un sistema de ventilación Natural que permita la entrada de aire limpio del exterior a través de ventanas en el cerramiento y salida del aire concentrado por el tejado.
- Dotación de al menos 1 pasillo de trabajo que permita el fácil manejo de los animales.

### 7.5. Requisitos Estético-Formales.

- El ensamblaje de todos los elementos que conforman la estructura interior de la nave deberá mostrar una imagen de unidad, aunque cada componente mantenga su individualidad se debe apreciar la nave como un conjunto.
- Las dimensiones y disposición de los elementos constructivos deben estar proporcionados.

### 7.6. Requisitos Económicos.

El precio de la Nave desarrollada como solución tiene que adaptarse al de las soluciones actuales de naves ganaderas que se están desarrollando a nivel nacional. Es más, uno de los objetivos de este software es el de reducir los costes mediante la optimización de los componentes usados para la construcción.

El precio de la solución desarrollada no debe superar los 180€/m<sup>2</sup>construido.

## **8. CAPÍTULO 8: ANÁLISIS DE SOLUCIONES. ALTERNATIVAS.**

Para automatizar el proceso de diseño, se han planteado tres alternativas metodológicas con las cuales se puede poner solución al problema planteado. Son las siguientes:

- Tablas Dinámicas de Diseño.
- Macros/programación (Lenguaje VBA de Excel).
- Configuradores de Producto (Driveworks).

En relación al objeto de este proyecto, se ha realizado un estudio, del cual se han extraído los puntos fuertes y débiles de cada una de ellas. Se presentan en la tabla de la página siguiente.

Finalmente, el Asistente de Diseño se ha desarrollado con Tablas Dinámicas de Diseño. Las razones de esta elección se exponen en los siguientes puntos:

- Disponibilidad de software CAD.
- Facilidad de uso.
- No es necesario el conocimiento de lenguaje de programación.

	<b>PUNTOS FUERTES</b>	<b>PUNTOS DÉBILES</b>
<b>PROGRAMACIÓN CON MACROS (Excel)</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Menor tasa de error.</li> <li>- Agiliza el trabajo repetitivo.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Requiere de conocimientos de programación en lenguaje VBA.</li> <li>- En la mayor parte de los casos las Macros en Office se encuentran desactivadas por que se utilizan para distribuir códigos maliciosos.</li> <li>- Los códigos VBA se actualizan continuamente.</li> </ul>
<b>TABLAS DINÁMICAS DE DISEÑO</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- No precisa conocimientos de programación.</li> <li>- Fácil de usar.</li> <li>- Permite trabajar en varias dimensiones.</li> <li>- Facilita la introducción de cambios en el diseño.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Menor agilidad.</li> <li>- Poco dinámicas (no es posible el cálculo y la elección de datos de manera simultánea).</li> </ul>
<b>CONFIGURADORES DE PRODUCTOS (Driveworks)</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- No precisa conocimientos de programación.</li> <li>- Permite la automatización del proceso de diseño de productos personalizados.</li> <li>- Facilita la creación de una interfaz con el usuario.</li> <li>- Se integra con un sistema CAD.</li> <li>- Recopila información de varias bases de datos.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Más adecuado para aquellas empresas que ya tienen implantado un sistema de Fabricación automatizado.</li> <li>- Orientado a productos y empresas.</li> </ul>

Figura 5: Tabla comparativa de las alternativas para automatizar el proceso de diseño.

## 9. CAPÍTULO 9: RESULTADOS FINALES.

### 9.1. Solución Genérica.

Como menciona Ali K. Kamrani & Sa'ed M. Shalhied (2002). Modular Design, *Product Design for Modularity Second Edition* (45-84). Kluwer Academic Publishers; para desarrollar un sistema modular es necesario descomponerlo en sus elementos básicos.

Con esto se consigue una división del problema global en subproblemas con una menor complejidad. Una vez resueltos estos últimos, las soluciones propuestas a estos problemas más simples se unificarán en una solución global, de manera que pondrán solución al problema en estudio.

Será así como, se pondrá solución al diseño de la Estructura Interior de la nave ganadera.

Una nave ganadera de cebo es un recinto cerrado, que cuenta con el equipamiento suficiente para que los animales desarrollen su vida en condiciones óptimas en términos de bienestar animal.

La nave se divide en pequeñas estancias o cuadras y en cada una de ellas se tienen que cumplir las condiciones citadas.

El problema global se define como: Hacer que un espacio cerrado esté dotado de esas condiciones óptimas para la cría de animales, en este caso cerdos. Atendiendo a los requisitos funcionales que se desarrollaron anteriormente, se pueden plantear los siguientes subproblemas a resolver:

- Suelo perfectamente drenado.
- Agrupamiento de animales en un número adecuado que garantice la convivencia y el correcto manejo de los animales.
- Disponibilidad comida.
- Disponibilidad de agua.
- Ventilación.

Los elementos o componentes que darán solución a estos subproblemas son los siguientes:

- Suelo drenado antideslizante.
  - Suelo antideslizante → Rejillas de Hormigón prefabricado.
  - Drenado y almacenamiento de estiércol → Fosos de almacenamiento, debajo del forjado de rejillas.
- Correcto manejo de animales.
  - Agrupamiento de animales → Cerrados o cuadras que permitan albergar un número adecuado de animales, aisladas unas de otras con separadores laterales y de los pasillos de trabajo con separadores frontales.
  - Fácil acceso a las cuadras → Puertas y pasillos de trabajo.
- Alimentación.
  - Disponibilidad comida → Tolvas de pienso de Hormigón.
  - Disponibilidad de agua → Bebederos de Acero Inoxidable.
- Condiciones Ambientales adecuadas.
  - Sistema de Ventilación Natural con ventanas en los cerramientos y cumbrera de la cubierta abierta.

En el siguiente esquema se presentará una división del problema global en subproblemas, donde en color verde aparecerán los elementos dichos elementos.

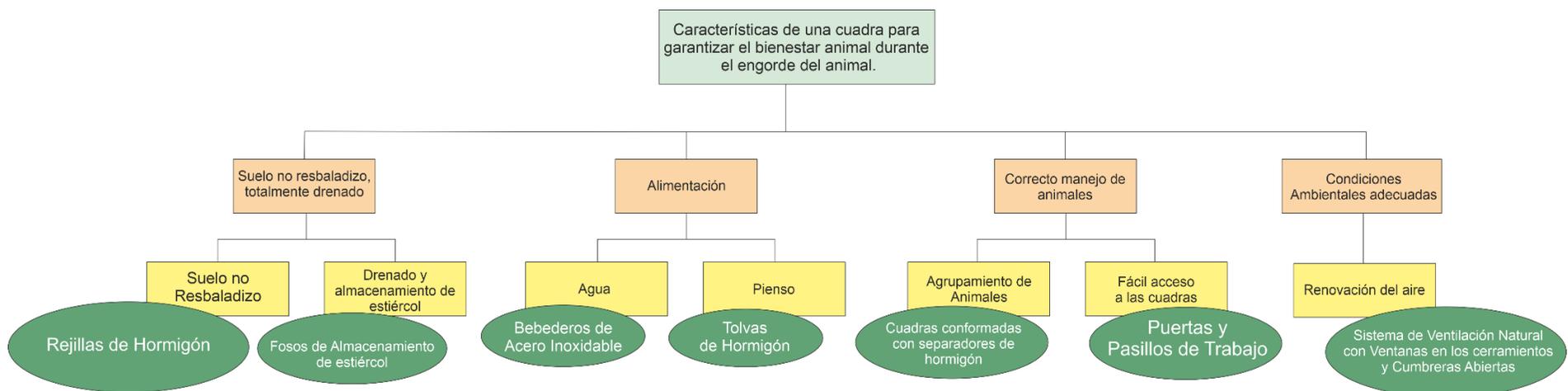


Figura 6: Esquema de los distintos subproblemas simplificados a resolver.

Una vez definidos los componentes que pondrán solución al problema global, hay que percatarse de que estos elementos se usan de manera repetida. Se establece un patrón estructural que se repite.

Ese patrón estructural es una unidad funcional que está constituida por los elementos que ponen solución al problema global y recibirá el nombre de Módulos. La disposición de estos resolverá el problema espacial de la nave.

Habrán los siguientes tipos de Módulos:

- Módulos Semejantes → estarán dotados de dos cuadras laterales cada uno de ellos, o dicho de otra manera de un total de 4 u 8 cuadras (para 1 ó 2 pasillos de trabajo, respectivamente). Por cada pareja de cuadra lateral habrá los siguientes elementos que la delimiten:

- 2 puertas.
- 2 separadores frontales.
- 1 conjunto separador lateral con tolva.
- 1 conjunto de separadores frontales.
- 2 apoyos de los separadores laterales

Estos elementos se encontrarán multiplicados por 2 o por 4 en función de si la nave es de 1 ó 2 pasillos de trabajo (respectivamente).

El suelo estará compuesto por una matriz de rejillas de hormigón de 2 filas por un número “n” de rejillas, de manera que ocupará todo el ancho de la nave.

Dentro de esta gama de módulos estarán los módulos Inicial y Repetitivo.

- Módulo Inicial: constará de los elementos mencionados anteriormente más un elemento de cierre inicial en cada pareja de cuadra de cuadras laterales.
- Módulo Repetitivo: constará de los elementos mencionados por cada pareja de cuadras laterales.

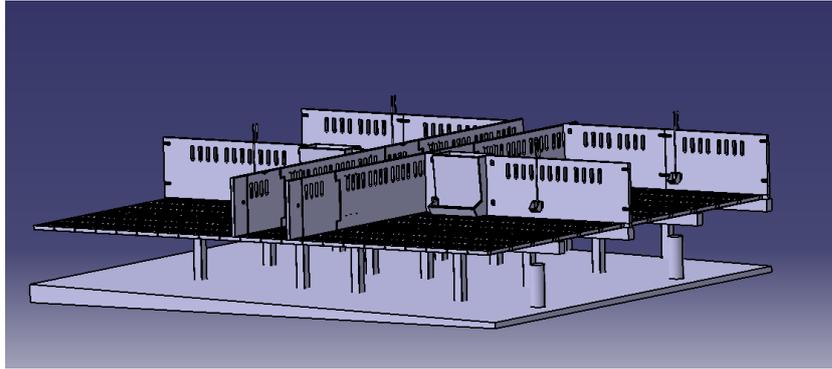


Figura 7: Modelo CAD del Módulo Inicial.

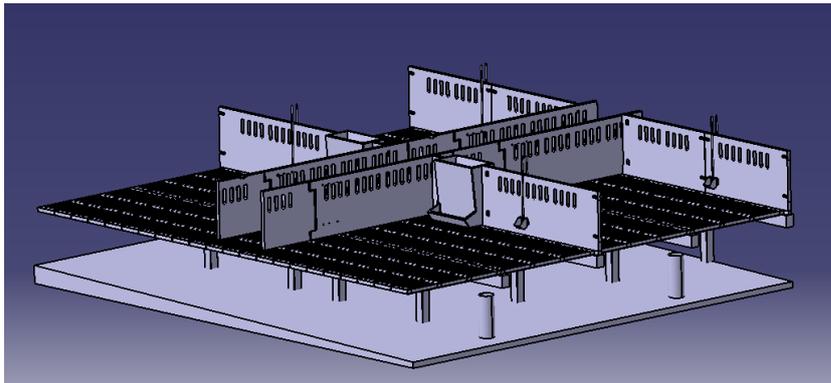


Figura 8: Modelo CAD del Módulo Repetitivo.

- Módulos Distintos → Es el último módulo de la nave. Se distinguen dos casos:
  - Aquellos que tienen una cuadra lateral (en total 2 cuadras para 1 pasillo de trabajo y 4 para 2): los elementos que componen al módulo son:
    - 1 puerta.
    - 1 separador frontal.
    - 1 tolva.
    - 1 forjado de rejillas de hormigón.
    - 1 elemento de relleno que completa el forjado de la nave.

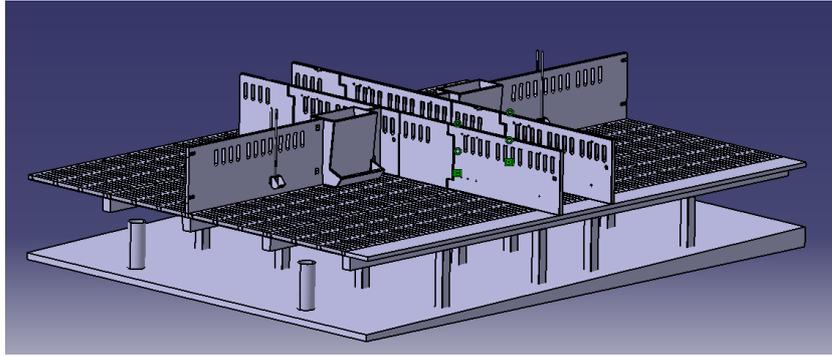


Figura 9: Modelo CAD del Módulo Final de 2 Cuadras Laterales.

- Aquellos que tienen dos cuadras laterales (en total 4 cuadras para 1 pasillo de trabajo y 8 para 2):
  - 2 puertas.
  - 2 separadores frontales.
  - 1 conjunto separador lateral con tolva.
  - 1 conjunto de separadores frontales.
  - 1 apoyo de separador lateral.
  - 1 elemento de relleno que completa el forjado de la nave.

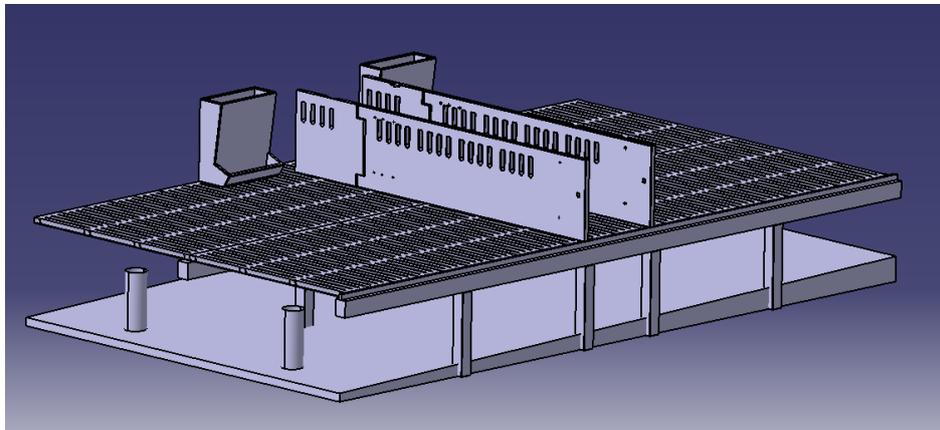


Figura 10: Modelo CAD del Módulo Distinto con 1 Cuadra Lateral.

Estos elementos están presentes por cada pareja de cuadra lateral. Para conocer el total de elementos, se multiplicarán por 2 si hay un pasillo de trabajo y por 4 si hay dos pasillos de trabajo.

En la página siguiente se mostrará un diagrama de clases en el que aparecerán los tipos de módulos y los elementos que los compondrán.

Por otro lado, todos estos componentes serán prefabricados, permitiendo un ensamblaje fácil y rápido de los elementos que componen la distribución interior de la nave. Será por excelencia, el hormigón armado el que mejores prestaciones ofrece en cuanto a resistencia a tracción y flexibilidad.

Además, con el correcto recubrimiento es el material idóneo, pues el interior de las naves ganaderas de este tipo es un ambiente altamente corrosivo debido a que el estiércol contiene en gran cantidad componentes químicos como el amoníaco, nitratos, sulfatos, cloruros, entre otros.

También algunos de los elementos se pueden fabricar en materiales poliméricos. Sin embargo, el hormigón ofrece una mayor durabilidad, por eso la solución se desarrollará con elementos de este material.

En la imagen siguiente se puede ver un separador de material polimérico y otro prefabricado en hormigón.



*Figura 11: Separadores Laterales de Material Polimérico.*



*Figura 12: Separadores Laterales de Hormigón Prefabricado.*

Los elementos son elegidos de catálogo, pues bien, la elección de un modelo u otro de un elemento determinado tiene influencia directa en las dimensiones y modelos compatibles del resto de componentes que componen los módulos. Es por ello que es necesario establecer un orden a la hora de elegir los componentes y de establecer cuáles son los parámetros necesarios para la elección de estos. En el siguiente esquema se presenta un resumen del proceso. Los cálculos justificados y desarrollados se presentan en el Anexo 1.

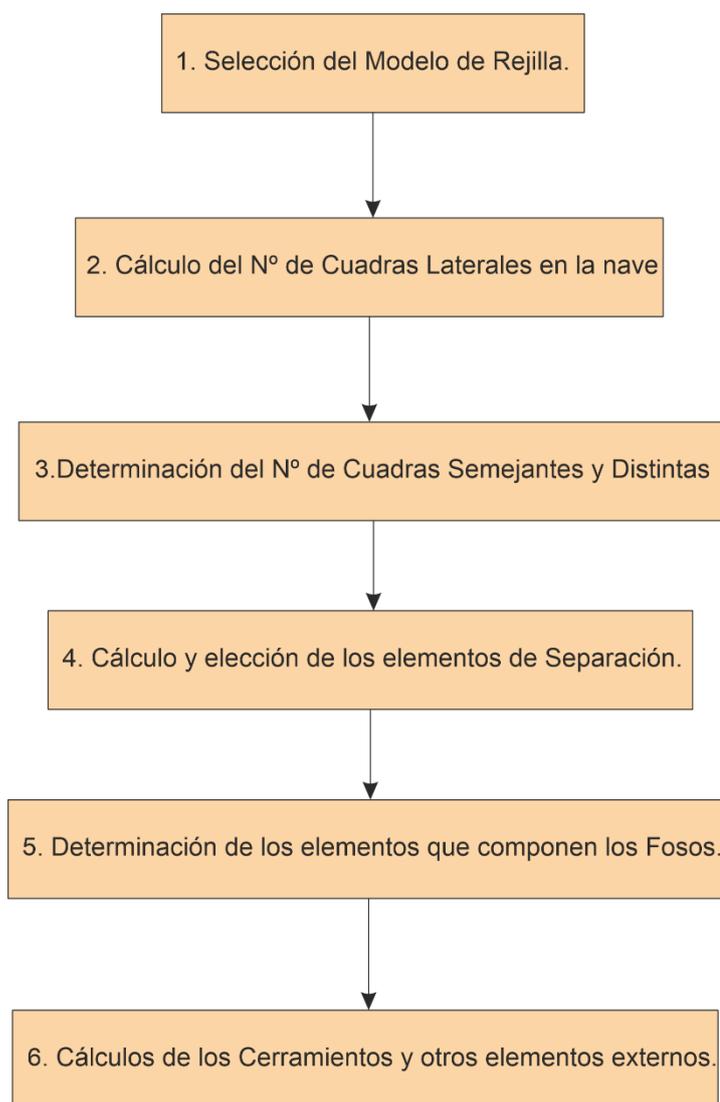


Figura 13: Esquema Resumen del Proceso de Diseño y Selección de Componentes.

En el Anexo 2 se explica detalladamente cómo se calcula la capacidad total de la nave.

Para tener una imagen global de la solución genérica adoptada se presenta el siguiente diagrama de clases. En este, se muestra las relaciones existentes entre los módulos que compondrán la nave y sus componentes, además del resto de elementos que constituyen la solución que mostrará por pantalla el asistente.

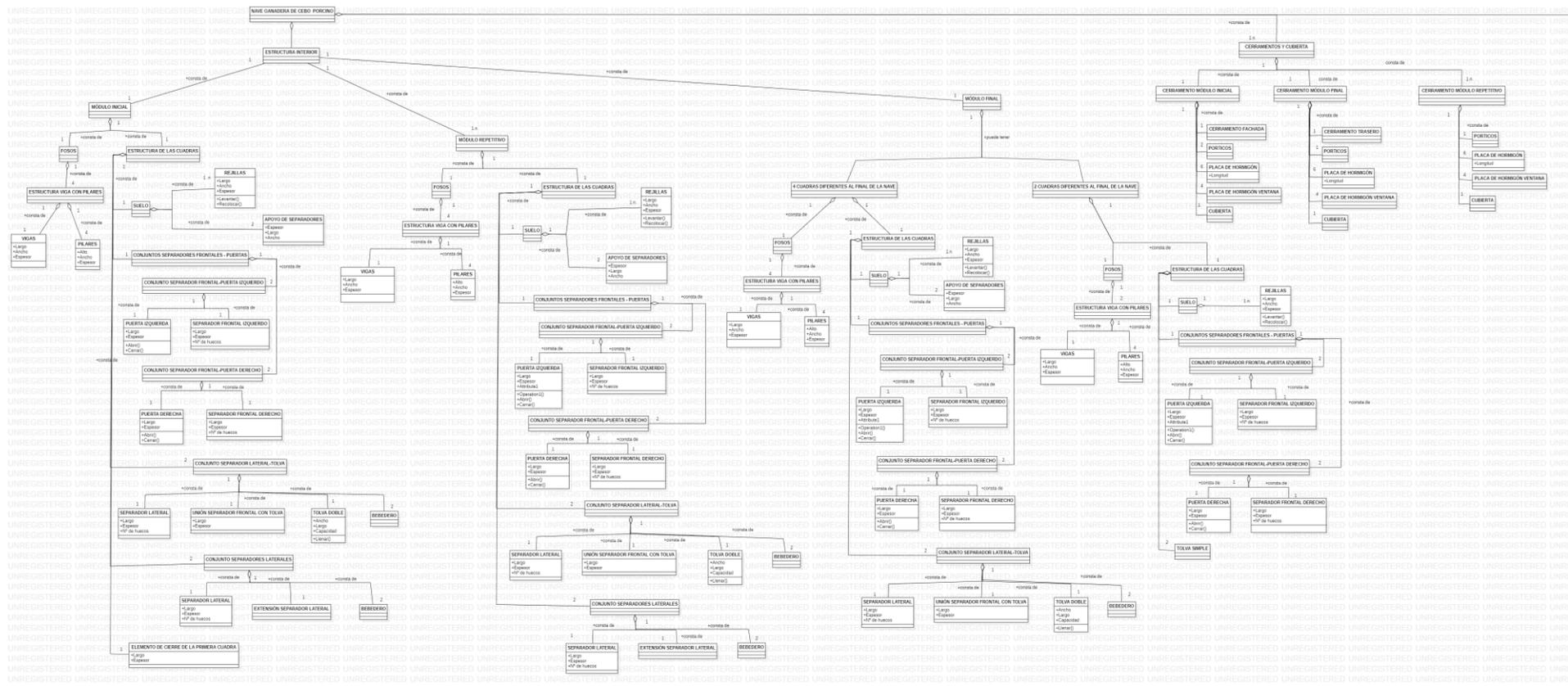


Figura 14: Diagrama de Clases de la Nave Ganadera

## 9.2. Caso Práctico Desarrollado.

En este apartado se va a explicar mediante un caso práctico una solución a modo de ejemplo que ha desarrollado el asistente.

Se supone que se quiere construir una nave con 70 metros de longitud y 9 metros de anchura. El ganadero desea que como mínimo haya 20 animales en cada cuadra y que el pasillo de trabajo tenga 1 metro de anchura.

Estos datos se introducirán en la tabla de “Datos de Entrada” de la hoja 1 del archivo “Explotación Ganadera Intensiva de Cebo.exe”.

<b>DATOS DE ENTRADA DE LA NAVE A REFORMAR</b>		
DIMENSIONES NAVE	Dimensión Longitudinal (m)	70
	Dimensión Transversal (m)	9
OPCIONES A ELEGIR	Anchura del Pasillo de Trabajo (m)	1
	Nº de Animales por Cuadra	20

Figura 15: Tabla de Introducción de Datos de Partida.

Tras introducirlos el programa ya habrá desarrollado automáticamente la solución. Se mostrará por pantalla automáticamente, las características de la nave desarrollada. Se puede apreciar en la tabla verde.

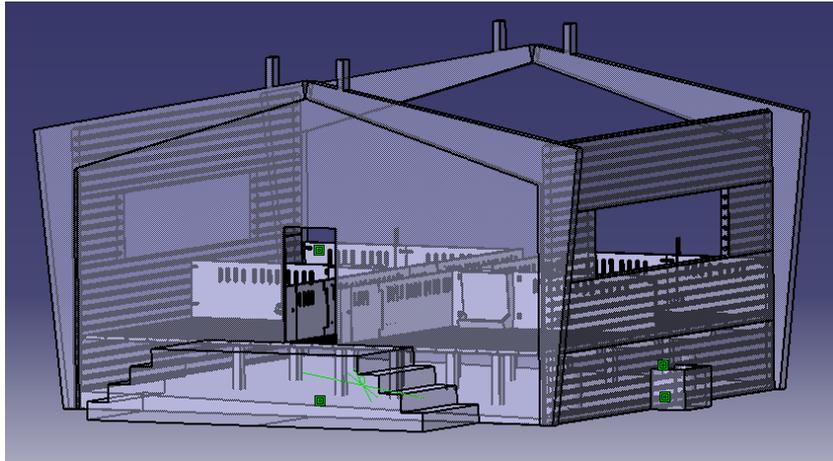
<b>SOLUCIÓN ADOPTADA</b>	
Nº de Pasillos de trabajo	1
Nº de Cuadras Laterales	17
Nº de Cuadras Totales en la Nave	34
Nº de Cuadras Semejantes	32
Nº de Animales en las cuadras Semejantes	23
Nº de Cuadras Distintas al Final de la Nave	2
Nº de Animales en las cuadras Distintas	29
<b>Capacidad total de la nave</b>	<b>794</b>

Figura 16: Tabla de Descripción de Resultados.

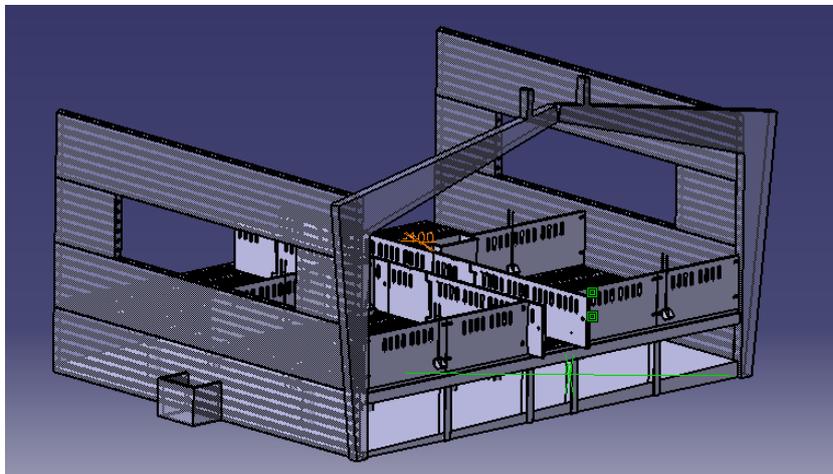
El asistente ha desarrollado una Nave con 1 pasillo de trabajo, con un total de 34 cuadras o lo que es lo mismo, 17 cuadras laterales. De esas cuadras 32 cuadras son semejantes y 2 son distintas.

Puesto que cada módulo semejante consta de 4 cuadras, se habrán implementado 8 módulos semejantes, de los cuales uno de ellos será el módulo inicial y 7 serán módulos repetitivos.

En las siguientes imágenes se mostrarán los módulos semejantes que ha desarrollado el asistente para desarrollar la nave con los datos de partida anteriormente mencionados.

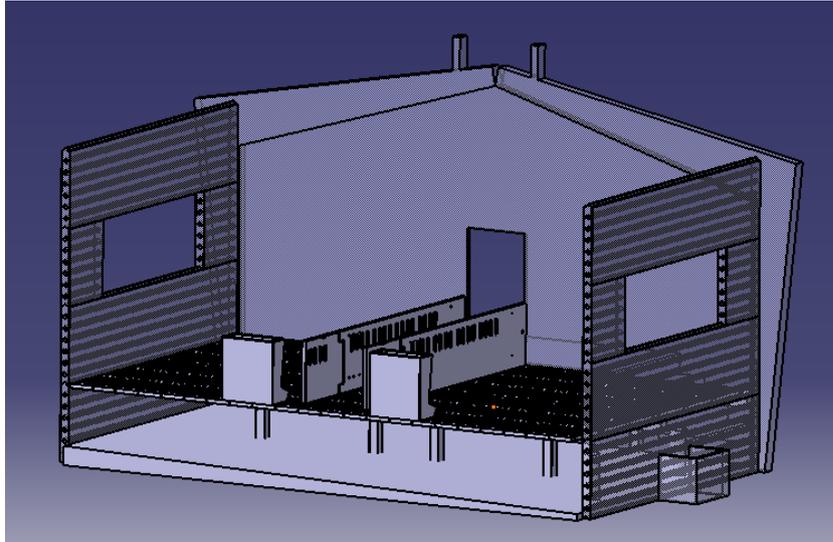


*Figura 17: Modelo CAD de Módulo Inicial con Cerramientos.*



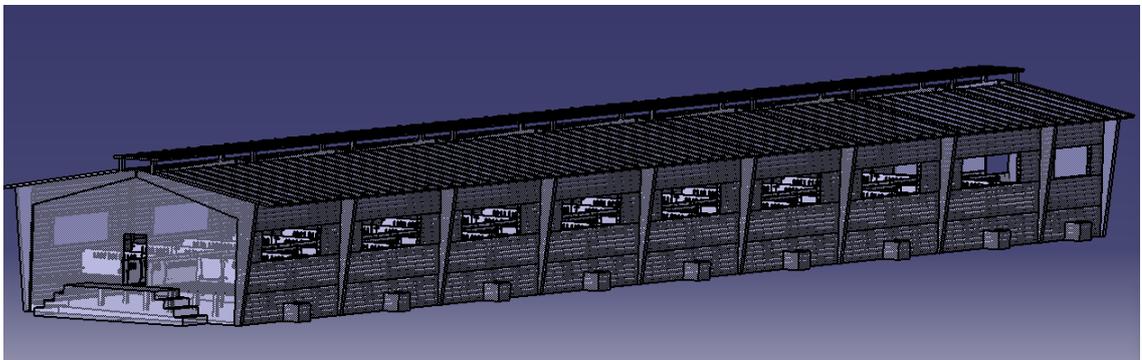
*Figura 18: Modelo CAD del Módulo Repetitivo con Cerramientos.*

Para todas las soluciones habrá un módulo distinto, en este caso al haber dos cuadras distintas, este estará dotado de dos cuadras distintas. Ello se puede verificar comprobando que en las cuadras de este módulo hay una tolva simple, en lugar de una tolva doble.



*Figura 19: Modelo CAD del Módulo Final con Cerramientos.*

La nave desarrollada como solución a partir de los datos de entrada tiene asignada una capacidad legal de 794 animales. En la siguiente imagen se muestra el modelo 3D de la solución.



*Figura 20: Modelo CAD de la Nave Completa.*

## **10. CAPÍTULO 10: LÍNEAS DE FUTURO.**

Haciendo una visión hacia el futuro, se podría incrementar la versatilidad del asistente.

Así, el mismo podría desarrollar otras instalaciones de la nave, como el sistema de suministro de pienso, alumbrado ..., entre otros. Esto podría dar una visión más completa al cliente de la nave y hacer la aplicación mucho más atractiva a nivel de usuario.

Desde un punto de vista más técnico, se podría programar la misma para que desarrolle automáticamente los planos de detalle de la solución, además de crear un presupuesto detallado y una lista de compra de los componentes necesarios. De esta manera, el asistente sería mucho más atractivo para empresas que se dediquen a desarrollar proyectos de este tipo de naves llave en mano.

Por último, con una visión a largo plazo, se podría conseguir la mayor versatilidad del mismo, desarrollando soluciones para varios tipos de ganado en sus distintas etapas de cría.

## **11. CAPÍTULO 11: CONCLUSIONES.**

Una vez finalizado este proyecto cabe mencionar que la automatización del diseño se puede aplicar de una manera bastante fácil siempre se dé la repetición de un patrón de unidades funcionales.

El uso de esta aplicación conlleva una mayor rapidez y eficiencia en los momentos en los que hay que introducir cambios en un diseño puesto que la modificación de un parámetro hará que el resto de elementos se adecúen al cambio introducido.

Es una de las mayores ventajas, en tan solo unos minutos, se obtiene un diseño totalmente nuevo, que puede llegar a tardar varias semanas en realizarse por otros métodos tradicionales.

**ANEXOS**