

# Análisis del diseño del área de experimentación convencional de animal pequeño a través de tres modelos organizativos

## *Analysis of the design of conventional research facilities for small animals through three different cases*

Aitziber Goikoetxea Ibarrondo (\*), Pedro Berroya Ortiz de Urbina (\*\*), M. Mercedes Valiente López (\*\*\*), Francisco J. Domouso de Alba (\*\*\*\*)

### RESUMEN

Las unidades de experimentación convencional de animal pequeño son instalaciones complejas de planificar y diseñar. Es por ello que a la hora de diseñar una nueva unidad puede resultar muy valioso recopilar la información que se encuentra disponible sobre unidades similares ya construidas para así poder analizar los diferentes modelos conceptuales y los flujos de trabajo que puedan servir de referencia para su diseño. En este trabajo, a través de expresiones gráficas estandarizadas, se estudia el modelo organizativo y el diseño conceptual de la unidad de experimentación convencional de animal pequeño de tres Institutos de Investigación Sanitaria acreditados por el Instituto de Salud Carlos III. A partir de la puesta en común de los resultados obtenidos del análisis de varios casos, se pueden sacar conclusiones que pueden ser de utilidad en el diseño de futuros centros, tanto para los investigadores como para los profesionales responsables de la programación funcional, diseño, construcción y puesta en funcionamiento de nuevos centros de experimentación convencional de animal pequeño.

**Palabras clave:** diseño, experimentación animal pequeño; estabulación convencional; animalario; animales de laboratorio.

### ABSTRACT

*Conventional research facilities for small animals are complex for planning and designing. That is why when designing a new unit, it is valuable to collect the information that is available on similar units already built, in order to be able to analyze the different conceptual models and workflows that could serve as a reference for the design. In this work, through standardized architectural plans, we study the organizational model and the conceptual design of three different conventional research facilities for small animals belonging to Health Research Institutes accredited by the Carlos III Health Institute. The conclusions drawn from the analysis of several cases may be useful in the design of future facilities, both for researchers and professionals responsible for the functional program, design, construction and start-up of new conventional research units for small animals.*

**Keywords:** design, small animal research, conventional housing, animal facility, laboratory animals.

(\*) Dra. Ingeniera de Edificación. Universidad Politécnica de Madrid, Madrid (España).

(\*\*) Ingeniero de Edificación. Universidad Politécnica de Madrid, Madrid (España).

(\*\*\*) Dra. Arquitecta. Catedrática de Dibujo Arquitectónico. Universidad Politécnica de Madrid, Madrid (España).

(\*\*\*\*) Dr. Arquitecto. Profesor Titular de Construcciones Arquitectónicas. Universidad Europea de Madrid, Madrid (España).

**Persona de contacto/Corresponding author:** [aitziber.goikoetxea@gmail.com](mailto:aitziber.goikoetxea@gmail.com) (A. Goikoetxea)

**ORCID:** <https://orcid.org/0000-0001-5884-9187> (A. Goikoetxea); <https://orcid.org/0000-0001-9957-903X> (P. Berroya); <https://orcid.org/0000-0001-8643-7921> (M. Valiente); <https://orcid.org/0000-0002-0392-9582> (F. Domouso)

---

**Cómo citar este artículo/Citation:** Aitziber Goikoetxea Ibarrondo, Pedro Berroya Ortiz de Urbina, M. Mercedes Valiente López, Francisco J. Domouso de Alba (2023). Análisis del diseño del área de experimentación convencional de animal pequeño a través de tres modelos organizativos. *Informes de la Construcción*, 75(570): e493. <https://doi.org/10.3989/ic.6113>

**Copyright:** © 2023 CSIC. Este es un artículo de acceso abierto distribuido bajo los términos de la licencia de uso y distribución Creative Commons Reconocimiento 4.0 Internacional (CC BY 4.0).

Recibido/Received: 21/03/2022  
Aceptado/Accepted: 15/12/2022  
Publicado on-line/Published on-line: 08/06/2023

## 1. INTRODUCCIÓN

Los Institutos de investigación sanitaria son entidades dedicadas a la investigación básica y aplicada, creadas mediante la asociación a los hospitales del Sistema Nacional de Salud, de las universidades, organismos públicos de investigación y otros centros públicos o privados de investigación. Su objetivo principal es realizar investigación traslacional, de manera que todo el conocimiento generado a partir de la investigación biomédica de excelencia se traduzca, finalmente, en el tratamiento y prevención de enfermedades, en definitiva, en la mejora de la salud y calidad de vida de la población. La acreditación como IIS es un reconocimiento de la excelencia de los resultados científicos y de los retornos beneficiosos (sanitarios, sociales y económicos) producto de la labor investigadora en el entorno hospitalario (1).

### 1.1. El Centro de Experimentación Animal

Entre las diferentes plataformas que componen estos institutos se encuentra el Centro de Experimentación Animal, que se concibe como un área de investigación biomédica multidisciplinar y traslacional orientada a la investigación básica, clínica, epidemiológica y a los servicios de salud. Cada instituto define sus propias áreas de investigación, siendo muy habitual que el estudio se centre en las áreas de enfermedades cardiovasculares, neurociencias y salud mental, enfermedades infecciosas y sida, oncología, epidemiología y salud pública o bioingeniería, entre otros.

Para llevar a cabo este tipo de investigación es necesario el empleo de animales de laboratorio; además, es muy importante escoger la especie animal que mejor se adapte al tipo de estudio que se pretende llevar a cabo y, para ello, hay que tener presente al menos los siguientes aspectos: la enfermedad que se desea estudiar, el tipo, tamaño y facilidad o no para la obtención de las muestras que son necesarias en el estudio y las características anatómicas o fisiológicas de la especie con la que se desea trabajar (2). Por otra parte, los animales para ser utilizados en procedimientos experimentales deben ser criados para tal fin, debiendo proceder de establecimientos registrados y autorizados (3).

El centro de experimentación animal, normalmente, está compuesto por dos áreas específicas determinadas por el tamaño del animal con el que se va a experimentar: área de experimentación de animal pequeño y área de experimentación de animal grande.

El área de experimentación de animal pequeño es una zona específica destinada a la investigación con animales que por su tamaño se consideran pequeños como son, los roedores (ratones, ratas, hámsteres, cobayas o jerbos), los logomorfos (conejos), los animales acuáticos (peces) e insectos (moscas) (4). Dentro de los animales pequeños, cada especie animal tiene unas necesidades concretas, que hacen que las instalaciones sean diferentes entre sí. Es por ello que el presente estudio se centra específicamente en las instalaciones necesarias para investigar con roedores y logomorfos.

### 1.2. Áreas que componen el Centro de Experimentación Animal

Los animalarios se clasifican teniendo en cuenta el grupo de riesgo al que pertenecen los microorganismos con los que se

va a investigar y la evaluación de riesgos de los trabajos a desarrollar en el centro. De manera que se clasifican en cuatro niveles de bioseguridad, siendo el nivel 1 el de menor riesgo y el 4 el de máximo (5).

Por otra parte, es muy habitual que el área de experimentación de animal pequeño esté compuesta por diferentes áreas de investigación, que dependerá del estado sanitario exigible al animal, de manera que nos podemos encontrar las siguientes áreas: convencional, en barrera y de contención del riesgo biológico.

La instalación convencional es aquella que no está diseñada para procedimientos especiales en los que se requiere el aislamiento de los animales y en la que los animales alojados no requieren mantener un determinado estado sanitario para garantizar el éxito de la investigación. Son apropiados para mantener los animales después de la cuarentena y para los animales inoculados con microorganismos con agentes del grupo de riesgo 1, que son aquellos que tienen pocas probabilidades de provocar enfermedades en el ser humano o los animales. A pesar de ello, los accesos deben estar controlados, y debe estar diseñada para reducir la probabilidad de contaminación en la instalación. Además, se debe contemplar las especies con las que se va a experimentar, así como la complejidad de los procedimientos que se quieran realizar, teniendo en cuenta que la instalación será más grande y más compleja en función del número y tamaño de los animales o de la complejidad de los procedimientos.

Las instalaciones en barrera son aquellas utilizadas para alojar y experimentar con animales de un estado sanitario definido y, por lo tanto, deben estar diseñadas y construidas para evitar la introducción de agentes patógenos que puedan infectar a los animales en esa zona alojados.

La unidad de experimentación de contención del riesgo biológico es necesaria para poder llevar a cabo experimentos en los que es necesario infectar intencionadamente a los animales con patógenos humanos o animales que pueden provocar enfermedades en los humanos o animales.

Aunque en el estudio se hará referencia a qué unidades de experimentación de animal pequeño dispone cada instituto, el presente trabajo se centra específicamente en los centros de experimentación convencional destinados a experimentar con roedores y logomorfos, por lo tanto, se excluye del estudio las instalaciones en barrera y las de contención del riesgo biológico.

### 1.3. Locales que componen la unidad de experimentación convencional de animal pequeño

La unidad de experimentación convencional de animal pequeño lo componen básicamente los locales de alojamiento, que son el lugar donde van a vivir normalmente los animales, las salas destinadas a la experimentación y las áreas de servicio necesarias para llevar a cabo la investigación; que deben estar diseñadas para garantizar tanto el cuidado y bienestar animal como las condiciones de trabajo y seguridad del personal.

Los principales locales que componen esta área son:

- a. Sala de cuarentena y aislamiento
- b. Salas de alojamiento o estabulación
- c. Salas de procedimientos

- d. Salas de comportamiento
- e. Salas de microcirugía
- f. Salas necropsias
- g. Zona de imagen
- h. Almacenes de servicio
- i. Salas de lavado y esterilización
- j. Vestuarios, aseos y duchas
- k. Zona administrativa

*a) Sala de cuarentena y aislamiento.* Esta zona permite el aislamiento de los animales recién llegados al centro hasta que se determine su estado sanitario y se evalúe y minimice el potencial riesgo sanitario para los demás animales, y también para poder alojar por separado los animales enfermos o heridos (3).

*b) Salas de alojamiento o estabulación.* Son los locales donde van a vivir normalmente los animales con los que se va a experimentar y que se utilizarán para cría y mantenimiento durante la realización de un procedimiento. Los animales deben estar alojados en locales dedicados para ese propósito y se debe tratar como local de alojamiento cualquier área donde los animales vayan a permanecer durante más de 24 horas (6). Además, estas salas deben ser capaces de controlar los parámetros ambientales, tales como, la temperatura, la humedad, la iluminación, el nivel sonoro, incluso los olores, ya que, además de ser críticos para el bienestar de los animales, también es necesario para la validez de la investigación, incluso para el confort del personal.

Dentro de estas salas, los animales se alojan en jaulas que tienen que permitir su observación diaria con una perturbación mínima y ser capaces de satisfacer las necesidades fisiológicas y etológicas básicas de los animales (7). Además, los animales deben tener acceso a alimento y bebida en todo momento y se debe proporcionar un lecho realizado a base de viruta de madera de pequeño calibre, pedacitos de celulosa y tiras de papel.

Las jaulas pueden ser estáticas o ventiladas individualmente (8) (Figura 1). La ventaja de estas últimas es que se genera un microambiente independiente en cada jaula que permite proteger a los animales de enfermedades, ya que proporcionan una ventilación controlada individualmente filtrando el aire de la sala en la que se alojan, en las que puede ajustarse a presión negativa o positiva según las necesidades, y que además



Figura 1. Jaulas estáticas y jaulas ventiladas individualmente.

reducen la exposición humana a alérgenos. El uso de jaulas ventiladas conlleva el uso de cabinas de cambio para hacer el cambio de jaulas de los animales.

*c) Salas de procedimientos.* En general, todos los procedimientos que puedan causar angustia al animal deberían realizarse fuera de las salas de alojamiento de animales en salas específicamente destinadas para ello, ya que pueden transmitir alarma y producir un estrés innecesario al resto de los animales alojados en la sala.

*d) Salas de comportamiento.* El área de comportamiento animal es una infraestructura preparada para el análisis comportamental de animales de experimentación. En estas salas, con frecuencia, suele ser necesario mantener a los animales en un ambiente con estricto control sobre los estímulos auditivos, visuales, táctiles y olfativos, de manera que, al planificar estas salas, se debe poner especial cuidado para minimizar la transmisión aérea del ruido y la transmisión terrestre de la vibración.

*e) Salas de microcirugía.* Las instalaciones para la cirugía animal es una unidad básica en los institutos de investigación sanitaria. El grado de complejidad de esta área dependerá de las especies que se van a utilizar, así como de los procedimientos necesarios. De esta manera, la microcirugía destinada a la realización de prácticas quirúrgicas con roedores puede llevarse a cabo en laboratorios específicamente diseñados para tal fin. En general, es recomendable que las instalaciones quirúrgicas estén distribuidas junto a las salas de estabulación animal, para evitar el traslado de los animales y, así facilitar la supervisión y el cuidado post-operatorio de los animales por parte del personal investigador (9).

*f) Salas necropsias.* En un animalario se deben monitorizar las causas de la muerte de los animales como parte del sistema de la vigilancia de la salud, ya que esa información post mortem suele ser necesaria para fines científicos, especialmente en el caso de los animales modificados genéticamente. En función del propósito de esta área, esta sala puede no ser necesaria, en cuyo caso las tareas de necropsia se pueden llevar a cabo en cabinas de seguridad integradas en la propia área de microcirugía.

*g) Zona de imagen.* El diagnóstico por imagen y radiología cada vez tiene más peso específico en los animalarios de investigación. Esta unidad ofrece la posibilidad de realizar estudios de imagen para el aporte de datos objetivos en el estudio de la investigación en salud animal, teniendo aplicación en diferentes disciplinas de investigación biomédica (10). Cada unidad vendrá definida por el tipo de investigación que se quiera realizar, siendo muy habitual investigar con este tipo de equipos: PET-TAC, SPECT, Resonancia magnética, Bioluminiscencia y NanoPET (Figura 2).



Figura 2. Área de microcirugía y área de imagen.

h) *Almacenes de servicio*. Los locales de servicio son los destinados a almacenar todo el material necesario para el funcionamiento, la ropa de cama, los suministros, los equipos, los residuos y los útiles de limpieza entre otros. En los almacenes de material limpio habitualmente se guarda el pienso de los animales, así como el material de cama. Los materiales de otro tipo, que puedan estar contaminados o suponer un peligro para los animales o el personal, deben almacenarse por separado.

i) *Salas de lavado y esterilización*. En la sala de lavado y esterilización de la unidad de experimentación animal pequeño se receptionan todas las jaulas sucias de los animales para lavarlas y prepararlas para poder volver a alojar los animales en ellas. Las actividades habituales suelen ser vaciar las jaulas y biberones, lavarlos y esterilizarlos en caso necesario, preparar las camas y llenar los biberones en el caso de que así sea el suministro de agua. Son salas que tienen una gran importancia en el diseño de la instalación, ya que su dimensionamiento debe ser lo suficientemente grande para que sea posible alojar en ellas los equipos diseñados y poder lavar el número de jaulas previsto cada día. En la Figura 3 se observa la organización básica y flujos de trabajo del área de lavado y esterilización.

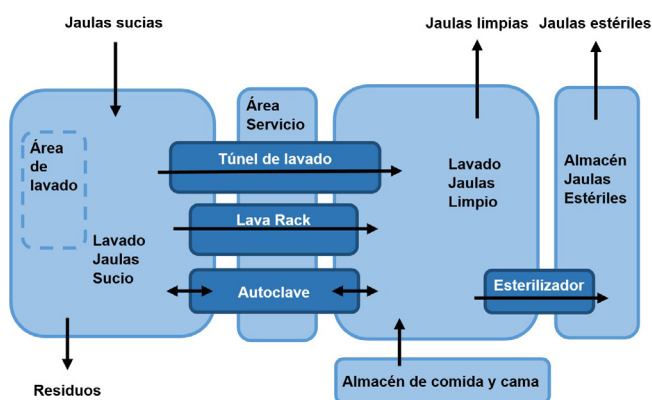


Figura 3: Flujo de trabajo sala lavado y esterilización (12).

j) *Vestuarios, aseos y duchas*. Considerada como zona de frontera situada a la entrada del animalario y destinada a realizar un cambio de ropa para reducir el riesgo de la introducción de agentes nocivos en las zonas de experimentación, así como para facilitar y propiciar la higiene personal de los trabajadores, además de para garantizar las condiciones de seguridad de los trabajadores del centro de experimentación.

k) *Zona administrativa*. Destinada al desarrollo de los trabajos administrativos, para realizar reuniones, así como centro de información para el personal en el que poder incluir libros, revistas, boletines informativos y catálogos, entre otros, incluso para que los trabajadores puedan tomar su descanso.

#### 1.4. Criterios generales de organización de la unidad de experimentación convencional

A pesar de que no existe una normativa específica que determine el esquema u organización interna para el desarrollo de estas unidades, sí podemos encontrar guías o manuales que nos pueden orientar para definir su organización (11-15).

Es habitual que en los centros de experimentación animal de animal pequeño existan las dos unidades anteriormente mencionadas: convencional y en barrera, por lo que, a la hora de diseñar y organizar el conjunto del área, se deberían considerar los siguientes conceptos generales:

- En general, tanto las personas como los animales y los suministros pueden dividirse en “limpios” y “sucios”. Estos términos se usan para diferenciar los objetos animados e inanimados que pueden ser potenciales transportadores de infecciones o sustancias nocivas de un lugar a otro, de aquellos que no están contaminados y que no generan amenaza.
- Es fundamental considerar la organización de los flujos de trabajo desde el inicio, para facilitar el movimiento lógico del personal, de los animales, de los suministros y de los equipos dentro y fuera de la instalación, así como para decidir la ubicación de las salas de alojamiento, con el fin de evitar la contaminación de los animales considerados limpios.
- En general, los animales más limpios de la instalación (barrera) deberían ser atendidos fácilmente desde el lado limpio de la zona de lavado de jaulas o las áreas de almacenamiento de jaulas limpias, mientras que las salas de alojamiento de los animales más sucios de la instalación deberían estar bien comunicados con la zona sucia del área de lavado.
- La sala de cuarentena se considera zona sucia, de manera que se recomienda que esté ubicada cerca de la zona sucia y de la zona de descarga de animales. Por otra parte, algunos proyectos de investigación requieren visitas frecuentes de los investigadores por lo que están mejor ubicados cerca de la entrada a la instalación.
- Se deberán diseñar las barreras físicas necesarias y garantizar que el aire circule en el sentido adecuado en aras a minimizar la contaminación cruzada.

La complejidad de la organización básica de la unidad convencional, la observamos en la Figura 4. Vemos que se plantean dos accesos diferenciados: uno para el personal responsable del cuidado y bienestar de los animales y del personal investigador; y otro diferente para introducir los animales y los suministros y retirar los residuos generados. Ambos accesos disponen de un vestíbulo previo de entrada al área de experimentación animal que hace la función de frontera. Dentro de la propia unidad observamos cómo hay una zona delimitada en rojo destinada a la experimentación animal que se desarrolla en torno al área de estabulación y procedimientos; y, en la que el trasiego de las jaulas sucias desde la sala de estabulación a la sala de lavado, para una vez limpias volver a retornarlas a la sala de estabulación, adquiere una gran importancia. Estos flujos de trabajo quedan identificados mediante las flechas representadas en negro.

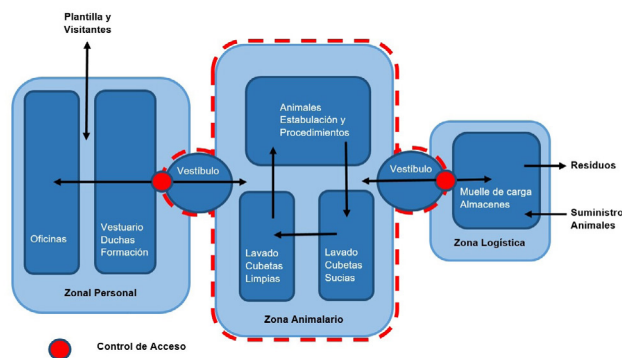


Figura 4: Organización área experimentación animal pequeño (12).



## 2. OBJETIVOS

Los centros de experimentación animal son instalaciones complejas de planificar y diseñar. Es por ello que, a la hora de diseñar una nueva unidad, resulta muy valioso recopilar la información que se encuentra disponible sobre unidades similares ya construidas, con el fin analizar los diferentes conceptos de organización y flujos de trabajo que puedan servir de referencia.

El objetivo de este estudio es analizar el contexto global de la complejidad del programa del área de experimentación convencional de animal pequeño. Se trata de analizar cómo se ha organizado esta área en su conjunto, analizando primeramente las diferentes unidades que lo componen y los condicionantes generales de la organización del área, para a continuación, a partir de las representaciones gráficas estandarizadas, realizar un análisis y puesta en común de las diferentes soluciones planteadas en los tres institutos analizados: i+12, IIS Biodonostia e IIS Biocruces.

El interés del presente trabajo es que, a partir de la puesta en común de los resultados obtenidos del análisis de varios centros, se pueden sacar conclusiones que pueden ser de utilidad tanto a los investigadores como a los profesionales responsables de la elaboración del plan funcional, del diseño, construcción y puesta en funcionamiento de nuevos centros de experimentación convencional de animal pequeño.

## 3. METODOLOGÍA

### 3.1. Tipo de estudio

El presente estudio es de tipo descriptivo ya que se trata de describir las propiedades y características del elemento sometido a análisis. Se han recogido y evaluado datos sobre diversos conceptos, para a partir de la puesta en común de los resultados, analizar las soluciones planteadas.

### 3.2. Casos de estudio

Con la intención de investigar los centros de vanguardia en el ámbito de la investigación biomédica, de los 34 institutos acreditados, en este trabajo se analizan los centros de experimentación convencional de animal pequeño de los siguientes tres Institutos de Investigación Sanitaria Acreditados por el Instituto de Salud Carlos III (16): el Instituto de Investigación Sanitaria 12 de Octubre (i+12, Madrid), el Instituto de Investigación Sanitaria Biocruces (IIS Biocruces, Bizkaia) y el Instituto de Investigación Sanitaria Biodonostia (IIS Biodonostia, Gipuzkoa).

Estos casos de estudio se han extraído del trabajo de investigación plasmado en la tesis doctoral titulada "Análisis del diseño conceptual de centros de experimentación animal en el ámbito de los Institutos de Investigación Sanitaria" (17).

La elección de estos tres centros se ha realizado porque como veremos en el estudio, plantean diseños muy diferentes entre sí. Todos ellos están ubicados en los hospitales universitarios de referencia de los institutos a los que corresponden, y aunque en la acreditación no se consideran los recursos físicos, instalaciones o equipamiento utilizados para la investigación, disponer de ella, supone para el instituto situarse en la élite de la investigación sanitaria a nivel estatal, y, por lo tanto, pasar a ser una instalación de referencia.

## 3.3. Recogida y análisis de datos

Para conocer de primera mano los centros, se realizaron visitas guiadas en las que se materializó la toma de datos de las instalaciones, se solicitó la documentación gráfica de las plantas del centro de experimentación animal y se mantuvo una entrevista con los responsables de la misma. Las entrevistas con los agentes involucrados en el uso diario de las instalaciones han resultado una aportación realmente interesante para el estudio, ya que ha permitido conocer sus opiniones sobre las bondades y deficiencias detectadas en la organización y construcción de las instalaciones que usan a diario.

Por otra parte, a partir de la documentación gráfica de la distribución de plantas se han elaborado unos planos estandarizados que contienen codificación numérica y de color comunes que reflejan la organización y distribución de las diferentes áreas, la identificación de los locales que lo conforman, así como los flujos de trabajo establecidos para el suministro de materiales, animales, personal responsable del cuidado de los animales y personal investigador, así como la retirada de residuos.

Fruto de la investigación realizada, y utilizando representaciones gráficas estandarizadas, en este trabajo se analizan el diseño conceptual y modelo organizativo de tres áreas de experimentación convencional de animal pequeño.

## 4. ANÁLISIS DE LOS RESULTADOS

### 4.1. Análisis de las características generales del área de experimentación de animal pequeño

A continuación, se analizan las principales características que componen el área de experimentación de animal pequeño y que se resumen en la tabla 1.

En el estudio hemos observado que las especies animales habitualmente utilizadas en esta unidad son el ratón y la rata (Figura 5). En general, el ratón es el modelo animal más utilizado en experimentación animal y se selecciona para muchos tipos de estudios porque presenta características muy interesantes debido a la amplia variedad de cepas y modelos de ratones disponibles, su pequeño tamaño, a que su vida útil es relativamente corta, de dos años de media, y por su corto tiempo de generación (17).

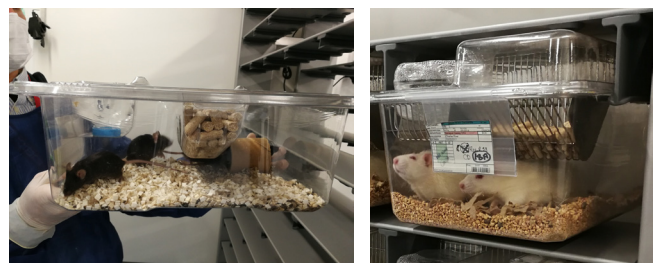


Figura 5. Rata y ratón de experimentación.

Aparte de estos modelos animales, observamos algunos centros (i+12, IIS Biodonostia) en los que eventualmente también se utilizan otras especies animales, tales como, la cobaya, el jervo o el hámster. Por otra parte, observamos cómo el conejo también es un modelo animal muy utilizado en experimentación animal, ya que se utiliza en los tres centros estudiados (i+12, IIS Biodo-

nostia, IIS Biocruces). Esta especie animal está en una categoría entre los animales pequeños y grandes, ya que se considera animal grande debido a que los requisitos para la cirugía siguen las directrices de animales grandes; sin embargo, como hemos visto en este estudio, en la mayoría de los casos, los conejos se alojan en el área de experimentación convencional de animal pequeño junto a las salas de estabulación de los roedores.

La superficie destinada al área de experimentación convencional de animal pequeño es muy variable, de tal manera que mientras que el i+12 es un animalario más bien pequeño con una superficie inferior a 500 m<sup>2</sup>, los institutos IIS Biodonostia y IIS Biocruces destinan a esta área una superficie comprendida entre los 500-1.000 m<sup>2</sup>.

Analizando el dimensionamiento de la superficie global destinada a la estabulación convencional de animal pequeño, observamos que lo habitual es que sea superior a 100 m<sup>2</sup>. Para el cómputo de esta superficie se ha considerado la superficie útil de estabulación de la zona de cuarentena, la superficie destinada al alojamiento de roedores convencional, así como la superficie destinada al alojamiento de los conejos.

Para la distribución de esta superficie incluidas las destinadas a la cuarentena de los animales, observamos que lo habitual es que los centros dispongan de cinco salas o menos de estabulación. En cambio, para el alojamiento de los conejos lo habitual es que exista un único local o como máximo dos. En los casos en los que existe un único local para estabulación de estos animales, observamos que la zona de cuarentena para roedores es compartida también con los logomorfos.

**Tabla 1.** Características generales experimentación convencional.

Parámetros	Características	Institutos
Superficie experimentación	< 500 m <sup>2</sup>	i+12
	500 – 1.000 m <sup>2</sup>	IIS Biocruces, IIS Biodonostia
Superficie estabulación	< 100 m <sup>2</sup>	i+12, IIS Biocruces, IIS Biodonostia
Modelos animales experimentación	Roedores	i+12, IIS Biocruces, IIS Biodonostia
	Logomorfos	i+12, IIS Biocruces, IIS Biodonostia
Nº salas roedores	≤ 5 Ud	i+12, IIS Biocruces, IIS Biodonostia
Nº salas conejos	= 1 Ud	i+12, IIS Biocruces
	> 1 Ud	IIS Biodonostia
Tipo de jaula	Reutilizable	i+12, IIS Biocruces, IIS Biodonostia
	Estática+ventilada	i+12, IIS Biocruces, IIS Biodonostia

El tipo de jaula utilizado para los roedores en este tipo de instalaciones no es un criterio unificado. Observamos que los conejos se alojan en todos los casos en jaulas estáticas. En cambio, en el caso del alojamiento de los roedores, en todos los centros existe una combinación del uso de las jaulas estáticas y jaulas ventiladas individualmente, si bien no existe un único criterio de distribución de las mismas. De esta manera, podemos encontrar un caso (IIS Biodonostia) en el que la sala de cuarentena de roedores dispone de jaulas estáticas, mientras que las salas de alojamiento disponen de jaulas ventiladas individualmente. Justo el

caso contrario nos encontramos en el (IIS Biocruces) en el que, si bien las salas de alojamiento convencional tienen jaulas estáticas, la sala de cuarentena dispone de jaulas autoventiladas. En el caso del i+12 se observa cómo en general se disponen jaulas estáticas, y solo en alguna sala de alojamiento específica se han instalado jaulas ventiladas individualmente.

Las jaulas deben permitir la observación diaria de los animales con una perturbación mínima. En este sentido, se observa que las jaulas utilizadas en todas las unidades de experimentación convencional son de plástico transparente, lo que permite una observación directa de los animales desde el exterior. Además, lo habitual es que las jaulas sean del tipo reutilizable, de manera que una vez vaciadas, lavadas, esterilizadas y preparadas se vuelvan a utilizar en la instalación. En instalaciones de mayor dimensión puede ser una solución muy competitiva a nivel de funcionamiento de centro plantear las jaulas desechables. Estas jaulas, una vez utilizadas son retiradas del centro y los animales se alojan en unas nuevas, por lo que requiere una menor inversión tanto en equipos de lavado y esterilización, como en su mantenimiento, incluso del personal responsable del lavado.

El alimento normalmente se suministra en los comederos de la jaula; en cambio, la bebida se puede suministrar en biberones o de manera automática. El sistema de suministro de bebida empleado en los tres institutos es a base de biberones, solución que permite tener un mayor control sobre el de agua suministrado.

En general, es recomendable diseñar una sala de procedimientos cada tres o cuatro salas de estabulación de animal pequeño. En todos los centros nos encontramos con salas de procedimientos que sirven para realizar tareas varias, incluso para realizar las necropsias en los casos en los que no existe una zona específica para el desarrollo de esa tarea, y vemos cómo este rango se cumple en todos ellos.

Por otra parte, observamos que el área de microcirugía, destinada a realizar prácticas quirúrgicas con roedores, la encontramos en todos los institutos. Otra de las áreas de experimentación específica que nos encontramos en los institutos es el área de comportamiento (IIS Biodonostia). Por otra parte, una de las áreas que cada vez está adquiriendo mayor importancia en la experimentación con roedores es el área de imagen. En este sentido, el IIS Biocruces dispone de un área reservada para la implantación futura de la unidad de imagen.

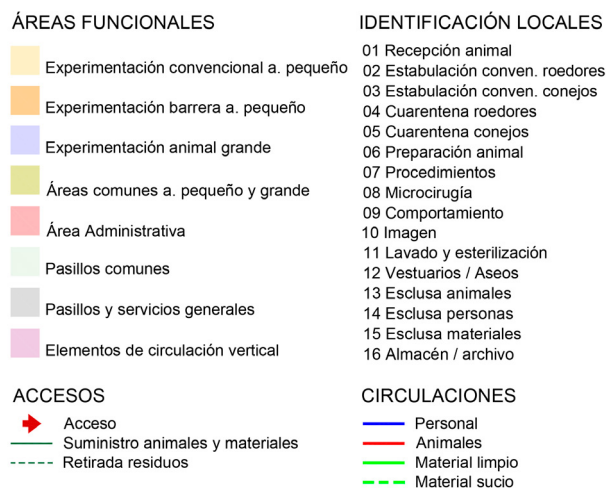


Figura 6. Leyenda identificación colores, numeración y líneas (17).

En este tipo de instalaciones, lo habitual es que los residuos animales se almacenen en frigoríficos que se ubican en las propias salas de experimentación, o bien en la sala de residuos animal de todo el centro de experimentación.

#### 4.2. Análisis de las representaciones gráficas de la configuración de la unidad de experimentación convencional

Se ha considerado que la mejor manera de realizar un análisis de la organización y distribución planteada es a través de la representación gráfica de las áreas de experimentación de animal que dispone cada uno de los institutos investigados.

Para ello, se ha identificado por código de colores el área funcional al que pertenece y por código numérico el tipo de local que es (Figura 6). Con el fin de realizar una lectura sencilla de las circulaciones también se representan mediante líneas de diferentes colores y trazos los accesos así como los flujos de trabajo del personal investigador, de los animales, y del material limpio, sucio y de los residuos generados. Junto a cada una de las representaciones gráficas, se hace una breve descripción de la configuración del área, de la disposición de los locales, de la tipología de distribución que se ha aplicado, así como del criterio de circulaciones establecidas.

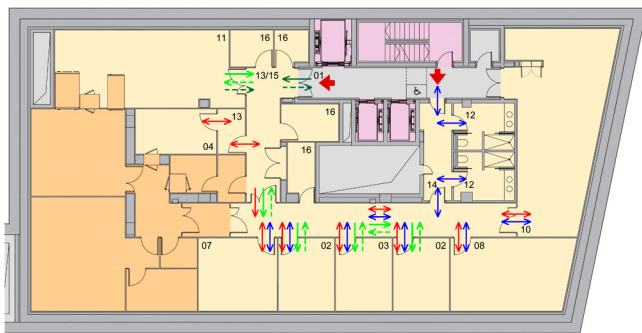


Figura 7. Unidad experimentación convencional animal pequeño IIS Biocrucés (S/E) (17).

El área de experimentación de animal pequeño del *Instituto de Investigación Sanitaria Biocrucés*, IIS Biocrucés, se distribuye en una única planta bajo rasante, por lo que para acceder a ella es necesario hacer uso de elementos de comunicación vertical. Para ello se dispone de un núcleo compuesto por un montacargas destinado al uso de animales, materiales y residuos; y, por la otra, se dispone de un núcleo de ascensores para el uso del personal. El área se configura como una entidad independiente al resto del centro de experimentación animal, de manera que en esta planta se distribuye tanto la unidad de experimentación convencional como la unidad de experimentación en barrera. Por otra parte, para el acceso al área, en la propia planta se disponen de dos accesos diferenciados: uno para el personal; y otro para el suministro de animales, materiales y la retirada de residuos.

En relación a la unidad de experimentación convencional de animal pequeño (Figura 7), vemos que se distribuye en una única planta bajo rasante y se desarrolla a través de un único pasillo interior destinado al alojamiento y experimentación con animal convencional, en el que hay un área de procedimientos, microcirugía, y un espacio disponible para un desarrollo futuro de la unidad de imagen. La configuración de

pasillo en forma de “U” permite por una parte la disposición de un núcleo de vestuarios para acceso directo del personal, y, por la otra, un segundo punto de acceso para los animales, los suministros y la retirada de residuos.

El área de experimentación de animal pequeño del *Instituto de Investigación Sanitaria Hospital 12 de octubre*, i+12, se configura en una única planta con dos accesos directos desde el exterior en el que se segregan los accesos para el personal del de los animales, el suministro de materiales y la retirada de residuos. No se desarrolla como una entidad independiente, sino que se integra en el conjunto del centro de experimentación animal junto con el área de experimentación de animal grande.

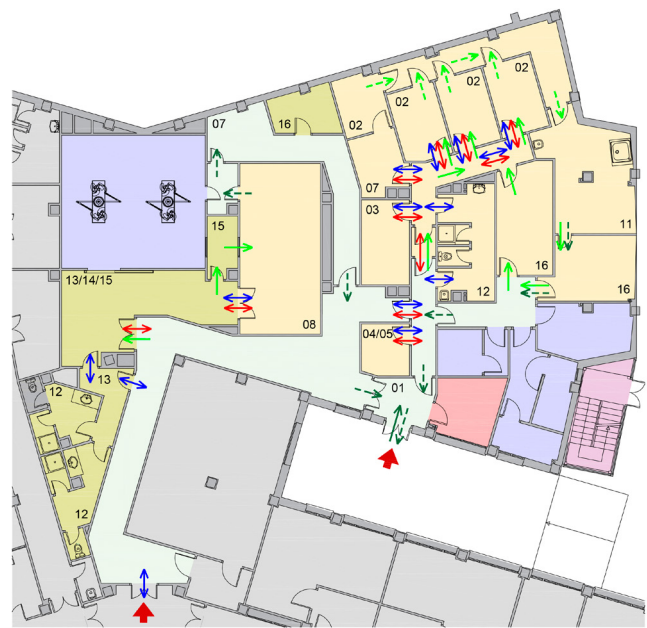


Figura 8. Unidad experimentación convencional animal pequeño i+12 (S/E) (17).

Centrándonos en la unidad de experimentación convencional de animal pequeño (Figura 8), esta se configura en una única planta con acceso directo desde el exterior. La zona de estabulación y experimentación se desarrolla en un núcleo compacto distribuido con doble pasillo en el que se integran tanto los vestuarios, como los locales de servicio y la zona de lavado y esterilización. En cambio, tanto la zona de cuarentena como el área de microcirugía se ubican en una zona periférica, por lo que los animales tienen que ser trasladados a través de pasillos comunes a la zona de experimentación de animal grande.

El área de experimentación de animal pequeño del *Instituto de Investigación Sanitaria Biodonostia*, IIS Biodonostia, se desarrolla en una única planta con varios accesos directos desde el exterior para independizar los accesos del personal del de los animales, el suministro de materiales y la retirada de residuos. Esta área se integra en la misma planta que el área de experimentación de animal grande, de manera que ambas actividades comparten pasillos de distribución interior, locales de servicios varios, incluso el área de preparación animal. El área de experimentación de animal pequeño se desarrolla en dos áreas diferenciadas: una convencional y otra pequeña zona de experimentación en barrera.

En cuanto a la unidad de experimentación convencional de animal pequeño (Figura 9), vemos que se desarrolla en una



única planta. La zona de estabulación se distribuye en un núcleo compuesto a base de doble pasillo, uno exterior para el acceso de los animales y otro interior correspondiente al área de experimentación en el que se integra el área de lavado y esterilización. En cambio, la zona de experimentación dedicada a la microcirugía y comportamiento, se encuentra en una zona exterior, a la que se accede a través de pasillos compartidos con el personal de experimentación de animal grande.

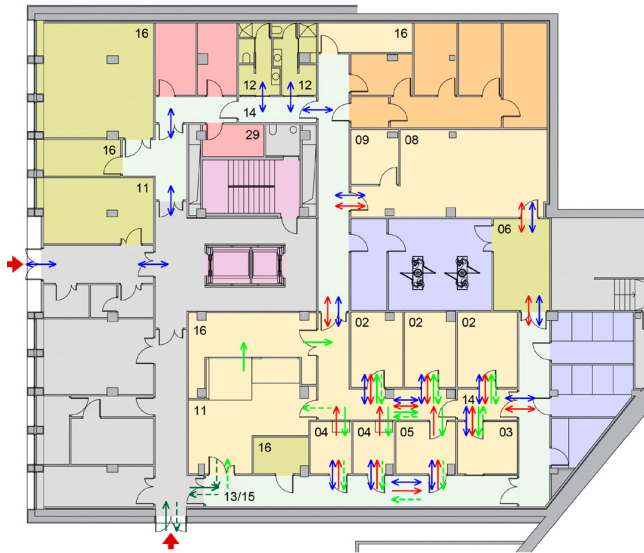


Figura 9. Unidad experimentación convencional animal pequeño IIS Biodonostia (S/E) (17).

### 4.3. Análisis de la organización de la unidad de experimentación convencional

A continuación, se analizan las principales características que conforman la organización de la unidad de experimentación convencional de animal pequeño y que se resumen en la tabla 2.

Como criterio general, la unidad de experimentación convencional de animal pequeño debe estar diseñada para independizar los accesos del personal responsable al cuidado de los animales y los investigadores, de los animales, suministros y retirada de residuos, además de permitir la circulación desde la zona limpia de la instalación a la sucia para evitar al máximo la contaminación cruzada. En el caso de los roedores, además de tener en cuenta el desplazamiento de los animales desde la zona de alojamiento a la zona de experimentación, también hay que tener en cuenta el tránsito continuo de las jaulas desde la sala de estabulación a la sala de lavado y viceversa.

En este tipo de instalaciones, las zonas limpias corresponden fundamentalmente a los vestuarios de cambio, salas de estabulación, salas de experimentación, sala de lavado limpio y los almacenes de comida y cama. Las zonas sucias corresponderían a la zona de cuarentena, sala de necropsias, sala de lavado sucio y los almacenes de residuos. En la Figura 10 se muestra de manera esquemática los flujos de trabajo necesarios a tener en cuenta en la fase de diseño.

En los tres casos estudiados, las unidades de experimentación convencional de animal pequeño se desarrollan en una única planta. En el caso del IIS Biocruces en una planta bajo rasante, mientras que en los otros dos casos en plantas a cota

“o”. Además, observamos que excepto en el caso del IIS Biocruces se desarrollan en el conjunto del centro de experimentación animal, compartiendo con el área de animal grande pasillos y locales de servicio.

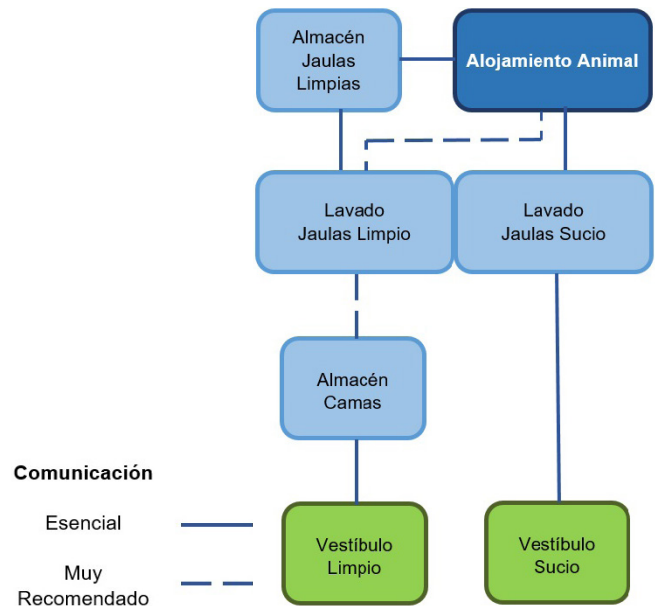


Figura 10. Flujos de trabajo esenciales (9).

En los casos del instituto IIS Biocruces e ISS Biodonostia, el área de experimentación de animal pequeño se compone de la unidad convencional y de la unidad en barrera. En ambos casos la organización se desarrolla para que la sala de lavado y esterilización sea compartida con esas dos unidades. Estas unidades deben estar organizadas de manera que la circulación se realice siempre desde las zonas limpias hacia las sucias, y este principio se debe aplicar tanto a las personas como a los materiales y animales. Igual que ocurre en la organización de los quirófanos, el sistema de distribución mediante doble pasillo es una expresión de organización de este concepto.

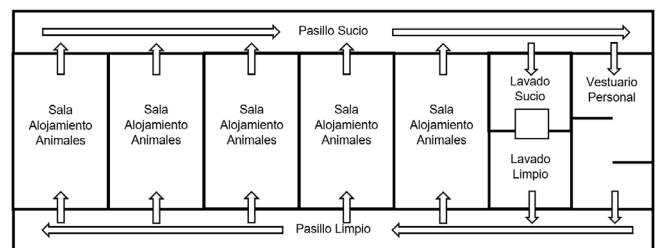


Figura 11. Organización área estabulación con pasillo doble (9).

El criterio de doble pasillo (Figura 11) está basado en la idea de que a través de un pasillo limpio solo los materiales y equipos limpios y personas pueden ser trasladados a la sala de alojamiento de animales, de manera que al pasillo sucio se accede a través de una segunda puerta ubicada en el extremo opuesto de la sala de alojamiento para la retirada de los residuos. Desde este pasillo sucio se traslada todo el material a la zona sucia de lavado para, a continuación, trasladarlo a la zona limpia de la sala de lavado que, a su vez, se comunica con el pasillo limpio. Al pasillo sucio solo se le permite acceder al personal específicamente designado, que no debe acceder a ningún otro lugar de la instalación a no ser que se



descontamine y se cambie de ropa; para ello, en el esquema vemos cómo se ha diseñado paralela a la sala de lavado una zona de vestuarios que permite al personal descontaminarse y cambiarse de ropa para poder acceder a la zona limpia. El control de la contaminación es la principal razón para elegir el sistema de doble pasillo, ya que desde el punto de vista de aprovechamiento del espacio no es la solución más adecuada.

Este criterio de organización de espacios a base de doble pasillo, tal y como se refleja en el esquema anterior lo observamos en el i+12. En este caso, a pesar de disponer físicamente la distribución de doble pasillo, la realidad es que el uso tal y como se ha expuesto no se desarrolla en el momento de la visita, ya que el personal que trabaja en el animalario es necesario que acabe discurriendo tanto por el denominado pasillo sucio como por el limpio.

**Tabla 2.** Organización experimentación convencional animal pequeño.

Parámetros	Características	Institutos
Unidades experimentación animal pequeño	Convencional	i+12, IIS Biocruces, IIS Biodonostia
	Barrera	IIS Biocruces, IIS Biodonostia
	Contención	-
Unidad independiente a animal grande	No	i+12, IIS Biodonostia
	Sí	IIS Biocruces
Nº plantas en que se distribuye	Una única planta	i+12, IIS Biocruces, IIS Biodonostia
Tipo de planta	Bajo rasante	IIS Biocruces
	A cota "o"	i+12, IIS Biodonostia
Tipo de distribución	Pasillo simple	IIS Biocruces
	Pasillo doble	i+12, IIS Biodonostia
Cuarentena con SAS	No	i+12
	Sí	IIS Biodonostia, IIS Biocruces,
Sala de lavado y esterilización	Compartida con barrera	IIS Biodonostia, IIS Biocruces,
	Uso exclusivo convencional	i+12

En el caso del IIS Biodonostia, aunque existe una distribución de doble pasillo, la organización se desarrolla de diferente manera a la descrita anteriormente. El pasillo sucio está destinado al acceso de los animales al centro, de manera que desde este pasillo se introducen los animales a las salas de cuarentena, y a través de un SAS ubicado en estas salas y que comunica con el pasillo interior, se introducen los animales a la zona limpia.

En el caso del IIS Biocruces, que es el más moderno de los tres, se ha evitado la duplicidad de pasillos debido fundamentalmente a la gran superficie que hay que destinar para su configuración, a que requiere unas estrictas normas de funcionamiento y a que puede llegar a requerir más personal, debido a la limitación de acceso a las áreas que se impone.

En estos casos de pasillo único, el flujo del tráfico entre la sala de estabulación y la sala de lavado va en ambos sentidos y, por lo tanto, existe riesgo potencial para la contaminación cruzada

al compartir el mismo espacio las jaulas limpias y sucias. Este tipo de sistemas de distribución requiere que se minimice el contacto entre los materiales limpios y sucios, por lo que es fundamental planificar las circulaciones por pasillos y adoptar el equipamiento necesario para evitar la contaminación.

## 5. CONCLUSIONES

Los resultados de este estudio han mostrado que el área de experimentación convencional de animal pequeño puede variar en cuanto al dimensionamiento de un centro a otro, así como en el tipo de equipamiento implantado debido, entre otros motivos, a la asignación presupuestaria disponible. A pesar de ello vemos que las especies animales utilizadas son comunes, siendo las más utilizadas el ratón y la rata. Aunque en menor medida, también son utilizados la cobaya, el jerbo o el hámster, incluso el conejo.

Las áreas para experimentación que nos encontramos en todas las unidades son salas de procedimientos y de microcirugía, si bien algunos pocos centros destacan por las infraestructuras diseñadas para el diagnóstico por imagen, incluso por las salas de comportamiento.

En el diseño de las salas de estabulación, aparte del tipo y número de animales que se quieran alojar en el local, influyen otros dos factores fundamentales: por una parte, la decisión de si en el local de alojamiento de animales se van a realizar procedimientos varios; y, por otra parte, el tipo de jaula que se va a utilizar, ya que en el caso de utilizar jaulas ventiladas individualmente el dimensionamiento óptimo de la sala está condicionado por el tipo jaula y la configuración del estante donde se alojan las jaulas, y por la necesidad de disponer de espacio suficiente dentro de la sala para instalar una cabina de flujo laminar para realizar el cambio de jaulas.

En relación al tipo de jaula utilizada en esta zona hemos observado que no hay un criterio unificado. Aunque lo habitual es que exista una mezcla, de manera que en algunas salas las jaulas sean estáticas y en otras autoventiladas, no existe un consenso unificado de dónde instalar las jaulas ventiladas, ya que en algunos casos están ubicadas en la sala de cuarentena, mientras que en otros en los locales de alojamientos.

El planteamiento más básico para proporcionar alojamiento en barrera a los roedores es utilizar una sala convencional en la que se utilizan jaulas ventiladas individualmente y cabinas de flujo laminar para realizar el cambio de jaulas. Independientemente del criterio de jaula seleccionado por los investigadores del centro, debido a que las líneas de investigación y, por tanto, los requerimientos de la instalación son variables con el paso del tiempo, diseñar las salas de estabulación convencional para poder alojar en un momento determinado jaulas ventiladas individualmente proporciona a la instalación la flexibilidad que requieren este tipo de instalaciones.

Se tiende a que el sistema de suministro de bebida empleado sea a base de biberones, solución que permite convertir fácilmente una sala cualquiera en una sala de alojamiento, y quizás un mayor control sobre el tipo de agua suministrado; por el contrario, genera una tarea adicional en la preparación de los biberones que el suministro automático no conlleva, además de tener que contemplar en la sala de lavado los equipos necesarios para realizar las tareas de vaciado, limpieza y llenado de biberones.

Para que los traslados de los animales en el interior del edificio sean lo mínimo posibles, fundamentalmente para evitar molestias al resto de las plataformas de investigación, lo habitual es que esta área de experimentación se desarrolle en una única planta con acceso directo desde el exterior.

Por otra parte, el traslado de los animales a las salas de procedimientos y su posterior regreso a la sala de alojamiento aumenta el riesgo de contaminación de la instalación con agentes infecciosos. Es por ello que, aunque lo habitual es que las salas de alojamiento se destinen únicamente a este fin, en la mayoría de las unidades de experimentación, existe alguna sala de alojamiento en la que también se realizan procedimientos menores. Como criterio de distribución alternativo a los traslados, otra opción puede ser adosar la sala de procedimientos a la sala de estabulación de manera que los animales son trasladados a través de una puerta que comunica ambas salas, sin tener que discurrir por pasillos comunes.

Estas áreas de experimentación están organizadas de manera que la circulación se realiza siempre desde las zonas limpias hacia las sucias. De la misma manera que ocurre con las circulaciones de los quirófanos, históricamente el sistema de distribución mediante doble pasillo ha sido una expresión de organización de este concepto. A pesar de ello, el estudio nos muestra cómo en los animalarios construidos o reformados recientemente se tiende a evitar la duplicidad de pasillos debido fundamentalmente a la gran superficie que hay que destinar para su configuración, a que requiere unas estrictas normas de funcionamiento y a que puede llegar a requerir más personal debido a la limitación de acceso a las áreas que se impone; por el contrario, requiere considerar los equipos necesarios para minimizar el contacto de los diferentes materiales, así como una planificación exhaustiva de las circulaciones por los pasillos. Teniendo en cuenta el número de pasillos y la organización planteada, en el estudio hemos visto las siguientes tres soluciones diferentes:

1. Pasillo simple. En este caso el personal, los animales, los suministros y los residuos acceden a un único pasillo a través del cual transitan dentro de la unidad.

## REFERENCIAS

- (1) Instituto de Salud Carlos III. Institutos de investigación sanitaria acreditados. Recuperado de <https://www.isciii.es/QueHacemos/Financiacion/IIS/Paginas/Institutos-Acreditados-2015-2012.aspx>
- (2) Giráldez, A. (2008). *Breve historia de la experimentación animal*. Madrid: Instituto de España. Real Academia Nacional de farmacia. Disponible en: Real Academia Nacional de Farmacia. Breve historia de la experimentación animal (ranf.com).
- (3) Real Decreto 53/2013, de 1 de febrero, por el que se establecen las normas básicas aplicables para la protección de los animales utilizados en experimentación y otros fines científicos, incluyendo la docencia. Boletín Oficial del Estado, 20 de noviembre de 2013, núm. 280, pp. 112804-112806.
- (4) Míguez, M.P., Largo, J.D. y Pérez, M. (2016). *Perspectiva de la experimentación animal en ciencias biomédicas*. Cáceres: Colección manuales UEX-101 Universidad de Extremadura.
- (5) Organización Mundial de la Salud. (2008). *Manual de bioseguridad en el laboratorio*. Bioseguridad. Recuperado de <https://www.medigraphic.com/pdfs/medlab/myl-2008/myl081-2d.pdf>.
- (6) Division of technical resources. (2012). NIH Design requirements manual. The national institutes of health, p .2-65.
- (7) Comisión de Normas Sanitarias de la OIE. (2019). Utilización de animales en la investigación y educación. *Código sanitario para los animales terrestres*. 28th ed.
- (8) Tecbhiplast. Empresa suministradora equipamiento. Consulta (10-02-2020). Recuperado de <https://www.tecniplast.it/en/catalog/green-line.html>
- (9) Neil, D. y Mckay, D. (2003). *Guidelines on: laboratory animal facilities - characteristics, design and development*. Canada: CCAC Canadian Council on Animal Care.

2. Pasillo doble con segregación de limpio y sucio. En este caso existen dos pasillos de circulación dentro de la propia unidad: uno denominado limpio, por el que circulan el personal, los animales y los materiales limpios; y, un segundo, por el que circula el material sucio, así como el personal responsable de recogerlo.
3. Pasillo doble con segregación de pasillo exterior e interior. En este caso también existen dos pasillos de circulación, pero el área se organiza de diferente manera. Por una parte, existe un pasillo exterior a la unidad que comunica con las salas de cuarentena para introducir los animales al centro; y, por otra parte, un pasillo interior dentro de la unidad, por el que circulan el personal, los materiales limpios y sucios y a través del cual los animales son trasladados desde las salas de cuarentena a las salas de estabulación, así como a las salas de experimentación.

Estas soluciones de organización y distribución tan variadas son el resultado de las líneas de investigación establecidas por los responsables del área de experimentación animal, por la superficie disponible para su implantación, así como por los diferentes criterios de organización propuestos por los diseñadores.

Lo que este estudio aporta es una visión de las diferentes soluciones adoptadas en el diseño de tres áreas de experimentación convencional de animal pequeño. Su estudio puede permitir enfocar los proyectos futuros con una visión amplia una vez conocidas las fortalezas y debilidades de cada solución adoptada, teniendo presente el objetivo final en este tipo de instalaciones: intentar planificar, diseñar y construir lo mejor posible en aras a facilitar su funcionamiento eficiente, económico y seguro.

Debido a estos últimos años de alarma sanitaria y confinamiento obligatorio que hemos vivimos a causa del coronavirus Covid19, quizás seamos más conscientes de la importancia de la investigación biomédica, y, por tanto, del esfuerzo que es necesario que realice un país en este ámbito para poder cumplir con lo que se ha convertido en el primer y único objetivo por encima de todos los demás: preservar ante todo la salud de los ciudadanos.

- (10) Klaunberg, B.A. and Davis, J.A. (2008). Considerations for Laboratory Animal Imaging Center Design and Setup. *ILAR Journal*, 49(1), 4-16. <https://doi.org/10.1093/ilar.49.1.4>.
- (11) National Research Council. (2011). *Guide for the care and use of laboratory animals*, p. 133, Washington, D.C.: National Academy Press.
- (12) Division of technical resources. (2016). *NIH Design requirements manual*. Rev 1.4. The national institutes of health. [Consulta: 10-02-2020]. Recuperado de <https://www.orf.od.nih.gov/TechnicalResources/Pages/DesignRequirementsManual2016.aspx>.
- (13) Smith, A.J., Clutton, R.E., Lilley, E., Hansen, K.E.A. and Brattelid, T. (2018). PREPARE: guidelines for planning animal research and testing. *Laboratory Animals*, 52(2). <https://doi.org/10.1177/0023677217724823>. Epub 2017 Aug 3.
- (14) Hessler, J.R. y Lehner, N.D.M. (2009). *Planning and designing research animal facilities*. 1st ed: San Diego: Elsevier. <https://doi.org/10.1016/B978-0-12-369517-8.X0001-1>
- (15) Mani, P. y Langevin, P. (2006). *Veterinary containment facilities: design & construction handbook*. International Veterinary Biosafety Working group.
- (16) Real Decreto 279/2016, de 24 de junio, sobre acreditación de institutos de investigación biomédica o sanitaria. Boletín Oficial del Estado, núm. 161, de 5 de julio de 2016, pp. 47272 a 47283. Recuperado de <https://www.boe.es/boe/dias/2016/07/05/pdfs/BOE-A-2016-6474.pdf>.
- (17) Goikoetxea, A. (2020). Análisis del diseño conceptual de centros de experimentación animal en el ámbito de los Institutos de Investigación Sanitaria (Tesis doctoral). Madrid: Universidad Politécnica de Madrid. <https://doi.org/10.20868/UPM.thesis.65827>.
- (18) CCAC Mice Subcommittee. (2019). *CCAC guidelines: Mice*. Ottawa: Canadian Council on Animal Care.