

APUNTES SOBRE TRABAJO CON AGENTES BIOLÓGICOS Y MANEJO DE ANIMALES DE EXPERIMENTACIÓN EN LABORATORIOS.

(la información que aquí se recoge ha sido extractada de la página del Servicio Integrado de Prevención y Salud Laboral de la Universidad Politécnica de Valencia)

1. Operaciones seguras en los laboratorios donde se manipulan agentes biológicos

- 1.1 Definición y clasificación de los agentes biológicos
- 1.2 Vías de transmisión
- 1.3 Manipulación segura de agentes biológicos
- 1.4 Elementos de protección colectiva
- 1.5 Equipos de protección individual
- 1.6 Medidas de protección a tener en cuenta en función del nivel de contención del laboratorio
- 1.7 Consideraciones acerca de la vigilancia de la salud del personal de los laboratorios de biotecnología y de tipo biológico
- 1.8 Enlaces de interés en INTERNET sobre riesgo biológico

2. Operaciones seguras en estabularios y en el manejo de animales de laboratorio

- 2.1 Espacios destinados a los animales de experimentación
- 2.2 Riesgos derivados de la manipulación de animales
- 2.3 Prevención de los riesgos derivados del trabajo con animales

1. OPERACIONES SEGURAS EN LOS LABORATORIOS DONDE SE MANIPULAN AGENTES BIOLÓGICOS

Los agentes biológicos constituyen un factor de riesgo laboral por su capacidad de desencadenar enfermedades, tanto profesionales como del trabajo.

Con el fin de proteger la salud de los trabajadores frente a los riesgos que se derivan de la exposición a dichos agentes durante el desarrollo de sus actividades, se publicó el Real Decreto 664/1997, de 12 de mayo, dentro del marco normativo de la Ley 31/1995, de 8 de noviembre de Prevención de Riesgos Laborales.

1.1 Definición y clasificación de agentes biológicos

Según el mencionado Real Decreto 664/1997, los **agentes biológicos** se definen como: “microorganismos, con inclusión de los genéticamente modificados, cultivos celulares y endoparásitos humanos, susceptibles de originar cualquier tipo de infección, alergia o toxicidad”. A su vez, se entiende como microorganismo, toda entidad microbiológica, celular o no, capaz de reproducirse o de transferir material genético. Se consideran cuatro tipos básicos: **bacterias, hongos, virus y parásitos** (protozoos, helmintos, etc.). Por su parte, cultivo celular es el resultado del crecimiento in vitro de células obtenidas de organismos multicelulares.

En función del riesgo de infección, el Real Decreto 664/1997 clasifica los agentes biológicos en cuatro grupos (*que aparecen definidos en las siguientes páginas*)

Según esta clasificación, el anexo II del Real Decreto en cuestión presenta una lista de agentes biológicos, de los grupos 2, 3 y 4, ordenados según los cuatro tipos antes citados, es decir: bacterias, hongos, virus y parásitos. La lista en cuestión puede obtenerse en el siguiente enlace:

<http://www.mtas.es/insht/legislation/biologic.htm#anexo2>

1.2 Vías de transmisión

Las principales de vías de entrada en el organismo de los diferentes agentes biológicos son:

- Inhalatoria:** Es la de mayor capacidad infectiva. Los agentes biológicos susceptibles de transmitirse por esta vía se encuentran habitualmente en forma de aerosoles producidos por centrifugación de muestras o agitación de tubos y por aspiración de secreciones (tos, estornudos, etc.).
- Digestiva:** La transmisión por esta vía tiene lugar como consecuencia de la práctica de malos hábitos de trabajo, como pipetear con la boca o de actuaciones inadecuadas como beber, comer y fumar en el lugar de trabajo.
- Parenteral, piel y mucosas:** Esta vía de transmisión está propiciada por pinchazos, mordeduras, cortes, erosiones, salpicaduras, etc.

1.3 Manipulación segura de agentes biológicos

La manipulación de agentes biológicos comporta unos riesgos, cuya prevención debe responder a unas estrictas **pautas de comportamiento**. Desde la recepción de las muestras, hasta la eliminación de los residuos generados, todas las operaciones que se realizan en un laboratorio de estas características deben estar debidamente sistematizadas. Por tales motivos, presentamos a continuación las directrices a tener en cuenta en estos lugares de trabajo, con el fin de que las actividades que en ellos se realizan habitualmente, transcurran en las mejores condiciones de seguridad posibles.

1.3.1 *Recepción de muestras*

Ante la recepción de una **muestra biológica**, cualquiera que sea su naturaleza y el tipo de laboratorio, deberán tomarse las siguientes medidas preventivas:

- Recoger siempre la muestra con guantes de látex o de silicona
- Lavarse las manos tras la recogida de la muestra
- Si se sospecha que la muestra puede contener agentes infecciosos no esperados, utilizar barbijo o mascarilla y notificarlo inmediatamente al supervisor del laboratorio y al Servicio de Prevención de Riesgos Laborales

1.3.2 *Operaciones diversas de laboratorio*

Las medidas preventivas a tomar en la realización de cualquier operación que se lleve a cabo en un **laboratorio de biotecnología o de tipo biológico** (cultivos, centrifugaciones, análisis, etc.) son las siguientes:

- Precauciones generales relativas al local
 - Establecimiento de normas de seguridad en el trabajo en cada laboratorio, acordes a sus características.
 - Implicación de todo el personal del laboratorio en el cumplimiento de las normas de seguridad que se dictaminen.
 - Acceso limitado al laboratorio, permitiendo la entrada únicamente al personal autorizado.
 - Señalización de riesgo biológico en todas las áreas de los laboratorios catalogados de nivel de contención 2 en adelante.
 - Limpieza y desinfección diaria de todas las superficies de trabajo, así como siempre que se produzca un derrame.
 - Mantenimiento del laboratorio limpio y ordenado evitando utilizar los pasillos como almacén. Siempre debe quedar un espacio libre no inferior a 120 cm para poder evacuar el local en caso de emergencia.
- Precauciones durante el desarrollo del trabajo
 - Evitar el empleo de libros y material de escritorio en el área de trabajo, ya que el papel contaminado es difícil de esterilizar.

- Está rigurosamente prohibido pipetear con la boca. El pipeteo se llevará a cabo con dispositivos especialmente diseñados al efecto, debiendo entrenarse adecuadamente al personal para su correcto uso.
 - Debe limitarse el uso de agujas hipodérmicas y jeringas, debiendo utilizarse únicamente las unidades ya montadas.
 - No debe volver a ponerse la capucha a las agujas y éstas no deben ser dobladas ni separadas de la jeringa.
 - Las agujas y jeringas usadas, así como los bisturíes, deben desecharse únicamente en contenedores especiales diseñados para este propósito.
 - Cuando se centrifugue material biológico potencialmente infeccioso deben utilizarse tubos cerrados. La centrífuga deberá disponer de rotores o cestillos de seguridad que eviten la formación de aerosoles.
 - La rotura accidental de un tubo y su vertido en la cubeta representa una incidencia importante que debe ser comunicada inmediatamente al responsable del laboratorio y al Servicio de Prevención de Riesgos Laborales, procediendo inmediatamente a la desinfección segura del equipo.
 - No deben utilizarse centrífugas que no dispongan de sistema de cierre de seguridad, ni manipular tales equipos de forma que puedan abrirse mientras están en funcionamiento y formar aerosoles.
 - Si el laboratorio dispone de ultracentrífugas, es fundamental llevar a cabo el equilibrado cuidadoso del rotor.
 - Los derrames y accidentes, como cortes y pinchazos, deben ser informados inmediatamente al responsable del laboratorio y al Servicio de Prevención de Riesgos Laborales, y hacerse constar por escrito.
- Reglas de higiene personal
- Cubrir heridas y lesiones con apósitos impermeables antes de comenzar el trabajo. Si las lesiones no pueden cubrirse adecuadamente, no exponerse hasta que curen.
 - Retirar anillos y otras joyas.
 - Evitar el contacto de la piel con materiales potencialmente infecciosos. Para ello, cuando se manipulen muestras que contengan posibles agentes patógenos deberá usarse guantes de látex o de silicona, que deberán retirarse siempre antes de salir del área de trabajo.
 - Jamás se abandonará el laboratorio con los guantes puestos ni se cogerá con ellos el teléfono.
 - Tras quitarse los guantes, se procederá al lavado de manos utilizando jabones antisépticos.
 - Se usarán gafas protectoras y mascarillas faciales si existe riesgo de salpicaduras o de formación de aerosoles.
 - No deberán usarse lentes de contacto.
 - No comer, beber o fumar ni aplicarse cosméticos en las áreas de trabajo. Asimismo, queda prohibido guardar alimentos o bebidas en las citadas áreas
 - El personal con el cabello largo debe llevarlo recogido.

1.3.3 Transporte de material biológico

Se tendrán en cuenta las siguientes precauciones:

- El transporte de las muestras dentro o entre laboratorios se realizará de tal modo que, en caso de caída, no se produzcan salpicaduras.

- Se aconseja llevarlo a cabo en cajas herméticas o neveras portátiles. Estas cajas o neveras deberán ser rígidas y resistentes a los golpes, contar con materiales absorbentes en su interior y de fácil desinfección.
- Se etiquetarán o identificarán de forma oportuna y no podrán ser utilizadas para otros fines.
- Bajo ningún concepto se transportarán muestras a mano.
- Cuando sea necesario transportar material biológico que pueda presentar riesgo de infección, se recurrirá a la utilización del llamado **sistema básico de embalaje** que se compone de:
 - **Recipiente primario estanco**, a prueba de filtraciones, etiquetado, que contiene la muestra. El recipiente debe envolverse en material absorbente.
 - **Recipiente secundario estanco**, a prueba de filtraciones, que encierra y protege el recipiente primario.
 - **Recipiente externo de envío**. Es un paquete que protege el recipiente secundario y su contenido de los elementos externos.

1.3.4 Almacenamiento de muestras biológicas

- Las muestras biológicas deben almacenarse en zonas de acceso restringido, con el fin de minimizar la posibilidad de contaminación del personal o del ambiente.
- El almacenamiento en congeladores de nitrógeno líquido, debe realizarse utilizando viales que soporten las bajas temperaturas del medio sin romperse. En caso de rotura, debe vaciarse el recipiente, dejar que el nitrógeno líquido se evapore y proceder a su limpieza.
- Cuando se maneja el material almacenado en este tipo de congeladores, siempre se deberán utilizar gafas o mascarillas de protección para evitar salpicaduras de nitrógeno líquido.

1.3.5 Tratamiento de los residuos generados por los laboratorios que manipulan agentes biológicos

Todos los desechos biológicos tienen que ser descontaminados antes de su eliminación, debiendo seguirse las normas sobre gestión de residuos de ámbito nacional (Ley 10/1998, de 21 de abril, de Residuos), así como las de ámbito autonómico.

Los residuos generados por los laboratorios que manipulan agentes biológicos responden generalmente a los siguientes tipos:

- Residuos sólidos biológicos asimilables a urbanos.
- Residuos sólidos biológicos especiales.
- Residuos sólidos procedentes de cultivos microbiológicos no patógenos.
- Residuos biológicos líquidos.

A continuación se indica el tratamiento recomendado para los diferentes tipos de residuos indicados.

- **Residuos biológicos asimilables a urbanos:** Habitualmente se trata de materiales sólidos no cortantes ni punzantes, como papeles, guantes, plásticos, gasas, etc., contaminados con sangre y fluidos biológicos.

Para la recogida de estos residuos se recomienda el uso de bolsas de 220 mg/cm² de galga, en contenedores de basura especiales. Su eliminación se efectuará como residuos asimilables a los urbanos.

- **Residuos sólidos biológicos especiales:** Tienen un potencial infeccioso superior a los residuos sólidos urbanos. La gestión de estos residuos se realizará conforme a lo establecido por la Ley 10/1998, de 21 de abril y su normativa de desarrollo, así como según lo dispuesto por las normas legales de ámbito comunitario, citadas al comienzo de este epígrafe.

En este tipo de residuos se incluyen materiales punzantes y cortantes como agujas, hojas de bisturí, restos de vidrio roto, etc., que han estado en contacto con sangre y fluidos biológicos o con material procedente de actividades microbiológicas. Estos residuos especiales deben acumularse separadamente de todos los demás tipos, en envases exclusivos rígidos, impermeables e interiormente inaccesibles. Estos envases son de un solo uso y una vez cerrados no se pueden volver a abrir. Han de mantenerse intactos hasta su recogida, evitando presiones y golpes que puedan afectar su integridad durante su almacenamiento o transporte. Su eliminación final debe realizarse por una entidad autorizada.

- **Residuos sólidos procedentes de cultivos microbiológicos no patógenos:** Están constituidos por placas de Petri, tubos de ensayo, matraces, etc., que contienen medio sólido de cultivo.

Estos residuos se colocan en bolsas resistentes al autoclave para su esterilización con este medio. Una vez realizada la operación, los residuos se recogen por el personal encargado de esta actividad.

- **Residuos biológicos líquidos:** Se inactivan con lejía de uso doméstico (hipoclorito sódico al 10%) durante 30 minutos, pudiendo eliminarse a continuación por el desagüe. Conviene precisar que el uso indiscriminado de lejía puede provocar contaminación ambiental. La disolución de lejía doméstica aquí indicada es suficiente, no debiéndose utilizar disoluciones más concentradas.

1.4 Elementos de protección colectiva

Constituyen el mejor medio de protección frente a los riesgos que se derivan de la manipulación de agentes biológicos. Son las llamadas **cabinas de seguridad biológica** (CSB), cuya descripción se aborda seguidamente. Dichas cabinas son cámaras de circulación forzada de aire que, proporcionan diferentes niveles de protección, en función de sus especificaciones y diseño. Se clasifican según el nivel y tipo de protección.

Antes de entrar en el estudio y descripción de estos equipos conviene distinguir entre las campanas de extracción de gases, las cabinas de flujo laminar y las cabinas de seguridad biológica.

Las **campanas de gases** (o vitrinas extractoras de gases) son recintos ventilados que capturan los humos y vapores procedentes de la manipulación de productos químicos en el laboratorio. Si bien constituyen elementos muy útiles en la contención del riesgo químico, no ofrecen protección alguna frente a riesgos biológicos.

Las **cabinas de flujo laminar** son recintos que disponen de un ventilador para forzar el paso del aire a través de un filtro HEPA (High Efficiency Particulate Air) barriendo la superficie de trabajo. El flujo de aire puede ser vertical u horizontal. Estas cabinas ofrecen protección únicamente al material que se maneja en su interior, pero nunca al operador, por lo que no son recomendables para el trabajo en laboratorios de microbiología. Son de gran utilidad en las llamadas “zonas limpias”.

Las **cabinas de seguridad biológica** son recintos ventilados diseñados para limitar al máximo el riesgo del personal de laboratorio expuesto a agentes infecciosos. Su finalidad es reducir la probabilidad que tiene una partícula transportada por el aire, de escapar fuera de la cabina y contaminar así al trabajador y a su entorno. Algunas de ellas ofrecen además, protección al material que se manipula en su interior. Las cabinas de seguridad biológica son equipos de contención muy efectivos para reducir el posible escape de contaminantes biológicos, lo que consiguen mediante dos sistemas:

- **Las barreras de aire.** Permiten que éste fluya en una sola dirección y a una velocidad constante creando una verdadera "cortina" que se conoce como flujo de aire laminar, es decir, sin turbulencias.
- **Los filtros.** Tienen como finalidad atrapar las partículas contenidas en este flujo de aire. Habitualmente se emplean los llamados HEPA, que retienen con una eficacia del 99,97% partículas de hasta 0,3 micras de diámetro.

Dichas cabinas se dividen en tres categorías: clase I, clase II y clase III (de ellas se hablará en páginas más adelante).

Hasta el momento, no existe en España legislación alguna que regule los requisitos que deben cumplir las cabinas de seguridad biológica. La práctica más habitual consiste en exigir a los proveedores la declaración CE de conformidad con la norma británica BS 3928.

A continuación se reseñan algunas recomendaciones a tener en cuenta con estos equipos.

1.4.1 Instalación de una cabina de seguridad biológica

- Situarla lo más lejos posible de las rejillas de aire acondicionado, campanas de gases, puertas y zonas de mucho tránsito de personas, que puedan crear perturbaciones en el flujo laminar.
- Las ventanas del laboratorio han de permanecer siempre cerradas.
- Debe existir al menos 0,3 m entre la salida de aire de la cabina y el techo del laboratorio.
- Se instalará sobre una superficie sólida y nunca móvil. Si es posible, en un recinto cerrado o en una zona de acceso restringido.

1.4.2 Recomendaciones al comenzar el trabajo

- Poner en marcha la cabina durante unos 5 minutos, a fin de purgar los filtros y la zona protegida.
- Comprobar que el manómetro se estabiliza e indica la presión adecuada (varía con el modelo de cabina).
- Apagar la luz ultravioleta (si estuviera encendida) y encender la luz fluorescente.
- Limpiar la superficie de trabajo con un producto adecuado (por ejemplo, alcohol etílico al 70%).
- Utilizar batas de manga larga con bocamangas ajustadas y guantes de látex o de silicona, para minimizar el desplazamiento de la flora bacteriana de la piel hacia el interior del área de trabajo y proteger las manos y brazos del operador de toda contaminación.
- Antes de empezar las actividades, situar el material preciso en la zona de trabajo, para evitar la entrada y salida continua de material, durante el tiempo que dura la operación.
- Antes de introducir el material en la cabina, proceder a su descontaminación.

1.4.3 Recomendaciones durante el desarrollo del trabajo

- Se aconseja trabajar a unos 5 ó 10 cm por encima de su superficie y alejado de los bordes.
- Evitar la obstrucción de las rejillas del aire con materiales o residuos.
- Una vez que haya comenzado el trabajo y sea imprescindible introducir nuevo material en su interior, se recomienda esperar 2 ó 3 minutos antes de reiniciar la tarea. De este modo, se permite la estabilización del flujo de aire.
- Evitar las corrientes de aire que perturban la cortina de aire. El flujo laminar se altera fácilmente por las corrientes de aire ambientales provenientes de puertas o ventanas abiertas, movimientos de personas, sistema de ventilación del laboratorio, etc.
- El movimiento de los brazos y manos en el interior de la cabina deberá ser lento, con el fin de impedir la formación de corrientes de aire que alteren el flujo laminar.
- No debe utilizarse el mechero Bunsen, cuya llama crea turbulencias en el flujo y además puede dañar el filtro HEPA.

- Si se produce un vertido accidental de material biológico, se recogerá de inmediato, descontaminando la superficie de trabajo y todo el material que en ese momento se encuentre dentro de la cabina.
- Nunca debe utilizarse una cabina cuando esté sonando alguna de sus alarmas.

1.4.4 Recomendaciones al terminar el trabajo

- Vaciar la cabina por completo de cualquier material y limpiar su exterior.
- Limpiar y descontaminar con alcohol etílico al 70% o producto similar la superficie de trabajo.
- Dejar en marcha la cabina durante al menos 15 minutos.
- Conectar, si fuera necesario, la luz ultravioleta (UV). Conviene tener presente que la luz UV tiene poco poder de penetración por lo que su capacidad descontaminante es muy limitada.

1.4.5 Limpieza y desinfección de las cabinas de seguridad biológica

La limpieza tiene por objeto eliminar la suciedad adherida a las superficies. Al limpiar, se elimina también la materia orgánica que sirve de soporte a los microorganismos, contribuyendo de forma eficaz a la posterior descontaminación.

- Se llevará a cabo una desinfección completa en los siguientes casos:
 - Si se ha producido un vertido considerable
 - Antes de cualquier reparación
 - Antes de iniciar las revisiones periódicas
 - Siempre que se cambie el programa de trabajo
 - Cuando se sustituyan los filtros HEPA
 - Al cambiarla de lugar, incluso dentro del mismo laboratorio
- Se realizará mediante el desinfectante que recomiende el fabricante y en las condiciones indicadas por éste.
- Es conveniente levantar la superficie de trabajo, limpiando y descontaminando por debajo de ella, una vez a la semana.
- Nunca se debe utilizar la cabina como almacén transitorio de equipos o materiales de laboratorio. Esta mala práctica conduce innecesariamente a la acumulación de polvo.
- No introducir en la cabina materiales que emitan partículas con facilidad, como algodón, papel, madera y cartón.

1.4.6 Mantenimiento de las cabinas de seguridad biológica

- Limpiar la superficie de trabajo y el resto del interior de la cabina con periodicidad semanal.
- Comprobar con frecuencia semanal la lectura del manómetro.
- Limpiar mensualmente todas las superficies exteriores con un paño húmedo, a fin de eliminar el polvo acumulado.
- Revisar con periodicidad mensual el estado de las válvulas interiores con que vaya equipada.
- Proceder a su certificación por una entidad cualificada, una vez al año.
- En cualquier caso, seguir las instrucciones del fabricante que deben figurar en el manual correspondiente.

1.5 Equipos de protección individual (EPI)

Los equipos de protección individual que pueden ser necesarios en algún momento en un laboratorio de biotecnología o de tipo biológico son básicamente:

- Protectores de ojos y cara
- Protectores de manos
- Protectores de las vías respiratorias
- Protectores de la totalidad del cuerpo

Aunque existen equipos que ofrecen un alto grado de protección, nunca un EPI debe ser sustituto de una buena práctica de trabajo. Por otra parte, la utilización de un equipo equivocado puede crear un riesgo adicional al trabajador al inspirar en éste un falso sentido de seguridad. Únicamente se utilizarán aquellos equipos de protección individual que lleven la marca de conformidad CE.

- **Protectores de ojos y cara.** Las lentillas no proporcionan protección alguna a los ojos, por lo que no se recomienda su utilización durante el trabajo en los laboratorios de biotecnología y de tipo biológico. En el caso de que una persona necesitara llevarlas por prescripción facultativa, estará obligada a llevar también, siempre que se encuentre expuesta a un riesgo biológico o químico, unas gafas de seguridad.
- **Protectores de las manos.** Los guantes son quizás las prendas de protección más empleadas, aunque no siempre se siguen correctamente las normas elementales de uso. A este respecto cabe señalar las siguientes recomendaciones:
 - Las manos han de lavarse obligatoriamente al quitarse los guantes.
 - El uso de los guantes debe quedar restringido para las operaciones frente a las que es necesario protegerse. Es inadmisibles abrir puertas con los guantes puestos y coger el teléfono.
 - Cualquier tipo de guante no protege frente a cualquier factor de riesgo, lo que significa que es preciso escoger el modelo según al que se está expuesto. Para protegerse frente al riesgo biológico son adecuados los guantes de látex y los de silicona, para aquellas personas alérgicas al citado material.
- **Protectores de las vías respiratorias.** Las mascarillas en general son útiles en los laboratorios de biotecnología y de tipo biológico, especialmente para protección frente a polvo (partículas) y aerosoles. La máscara, ya sea media máscara o máscara facial, puede resultar útil en caso de protección frente vertidos accidentales de consideración. Los diferentes filtros que se pueden acoplar hay que desecharlos como material contaminado.
- **Protectores de todo el cuerpo.** Como parte del vestuario de protección se incluyen las batas, preferiblemente abrochadas a la espalda y con los puños elásticos, y los delantales. En ocasiones, es conveniente utilizar cubrezapatos. En general, deben tenerse en cuenta las siguientes recomendaciones:
 - El personal de los laboratorios de biotecnología y de tipo biológico que está en contacto con materiales contaminados no debe usar en dichos lugares de trabajo su ropa de calle.
 - El vestuario que sirve como protección personal no debe salir nunca del lugar de uso a otros lugares como la biblioteca, la cafetería o la calle.
 - En el ambiente de trabajo no se debe llevar ropa de calle que aumente la superficie corporal expuesta (pantalones cortos, sandalias, etc.).

1.6 Medidas de protección a tener en cuenta en función del nivel de contención del laboratorio

A continuación se indican las medidas preventivas requeridas en los laboratorios de niveles de contención 1, 2 y 3. Se obvian las correspondientes a los de nivel 4, por ser estos centros completamente ajenos a la Universidad.

1.6.1 Medidas preventivas de carácter general

Son de aplicación a cualquier laboratorio, con independencia de su nivel de contención, pudiendo resumirse del siguiente modo:

- Techos, paredes y suelos fáciles de lavar, impermeables a los líquidos y resistentes a la acción de los productos químicos. Los suelos deben ser antideslizantes.
- Tuberías y conducciones no empotradas, separadas de las paredes y evitando los tramos horizontales a fin de no acumular polvo.
- Superficies de trabajo impermeables y resistentes a los ácidos, álcalis y disolventes y al calor. Evitar baldosas con juntas de cemento en las poyatas y calcular unos 2 m lineales por persona.
- Iluminación adecuada y suficiente, que no produzca reflejos ni deslumbramientos. Por término medio, el nivel de iluminación recomendado para trabajos de laboratorio es de 500 lux.
- Mobiliario robusto, dejando espacios suficientemente amplios para facilitar la limpieza.
- Dotación de lavabos con agua corriente dispuestos cerca de la salida.
- Puertas protegidas contra incendios y provistas de mirillas con cristal de seguridad de 40 x 23 cm situado a la altura de los ojos.
- Vestuarios, comedores y zonas de descanso fuera de las áreas de trabajo, con espacios reservados a fumadores.
- Reservar espacio para manejar y almacenar productos peligrosos, con las debidas condiciones de seguridad.
- Deben existir medios de prevención contra incendios, a fin de evitar que se inicien y de protección para impedir que se propaguen. Asimismo, se dispondrá de sistemas de detección de humos o fuego provistos de alarma acústica y óptica.
- La instalación eléctrica será segura y con capacidad suficiente, siendo aconsejable disponer de un grupo electrógeno de reserva para alimentar los equipos esenciales en caso de corte del suministro eléctrico general.
- Disponer de botiquín de emergencia bien provisto, junto con un manual de primeros auxilios.
- Se recomienda trabajar en depresión y con una renovación de aire de 60 m³ por persona y hora.
- Evitar conexiones cruzadas entre la red de agua de abastecimiento al laboratorio y la de agua potable. Esta red deberá estar protegida contra el reflujo mediante el dispositivo adecuado.
- Debe reducirse al mínimo posible el número de trabajadores expuestos.
- Cuando haya riesgo por exposición a agentes biológicos para los que existan vacunas eficaces, deberán ponerse éstas a disposición de los trabajadores, informándoles de las ventajas e inconvenientes de vacunarse.
- Los trabajadores deberán lavarse las manos antes y después de su trabajo y utilizar el equipo de protección individual necesario en cada caso.
- Establecer la prohibición expresa de comer, beber, fumar, usar cosméticos o guardar alimentos o bebidas en el laboratorio.

1.6.2 Medidas preventivas a tener en cuenta en los laboratorios de nivel de contención 1

Este nivel no requiere dispositivo especial de contención alguno, debiendo seguirse, no obstante, las recomendaciones generales indicadas en el epígrafe anterior, además de las que se citan a continuación:

- No pipetear con la boca. Utilizar dispositivos adecuados.
- Usar guantes siempre que se manipule sangre, material infeccioso o animales infectados.
- Utilizar batas o uniformes de trabajo, para evitar la contaminación de la ropa de calle. No utilizar la ropa del laboratorio fuera de éste (cafetería, biblioteca...).

- Siempre que exista riesgo de salpicaduras, usar la protección ocular adecuada. Siempre que sea posible, recurrir al uso de material de plástico en vez de vidrio, a fin de reducir el riesgo de cortes.
- Debe evitarse el uso de agujas hipodérmicas y de jeringas. Cuando sea preciso utilizarlas, se recogerán en recipientes que prevengan los pinchazos accidentales.
- Las superficies de trabajo se descontaminarán, por lo menos, una vez al día y siempre que se produzca un derrame.
- Todo el personal se lavará las manos después de haber manipulado material o animales infecciosos, así como al abandonar el laboratorio.
- El acceso al laboratorio debe estar controlado por su responsable.
- Se pondrá en práctica un programa de lucha contra insectos y roedores.

1.6.3 Medidas preventivas a tener en cuenta en los laboratorios de nivel de contención 2

Se aplicarán siempre que se trabaje con agentes biológicos clasificados en el grupo de riesgo 2. Para ello, se tendrán en cuenta las recomendaciones generales descritas en el epígrafe anterior y las particulares establecidas para el nivel de contención 1, añadiendo las siguientes:

Instalación del laboratorio

- Disponer de un lavabo en cada unidad, que pueda ser accionado con el pie o con el codo.
- El laboratorio deberá estar separado del pasillo de circulación general por un vestíbulo, que servirá a los usuarios para cambiarse de ropa, ya que debe ser distinta de la habitual.
- El aporte de aire al laboratorio será como mínimo de 60 m³ por persona y hora. Debe impedirse el arrastre de aire al exterior para evitar contaminaciones. Las ventanas estarán herméticamente cerradas.
- Se dispondrá de un autoclave en el propio laboratorio para la descontaminación de desechos y de material biológicamente contaminado.
- Ha de haber una sala de reposo para el personal.

Equipo especial de contención

Todas las técnicas que puedan producir aerosoles, se realizarán en cabinas de seguridad biológica de tipos I y II (figuras 3 y 4) respondiendo a la norma British Standard 5726 o equivalente y explicando a todos los usuarios su modo de empleo y limitaciones.



Figura 3. Cabina de seguridad microbiológica de clase I



Figura 4. Cabina de seguridad microbiológica de clase II

Técnicas específicas de laboratorio

- Durante las manipulaciones deberán permanecer cerradas las puertas del laboratorio.
- El personal deberá lavarse las manos después de haber manipulado el material biológico y antes de abandonar el laboratorio. Será obligatorio llevar guantes apropiados durante la realización de trabajos que comporten riesgo de contacto accidental directo con el material biológico infeccioso.
- El responsable del laboratorio establecerá las reglas y procedimientos de acceso, prohibiendo la entrada a personas inmunodeprimidas o que tengan un alto riesgo de contraer infecciones.
- El empleo de agujas hipodérmicas y jeringas queda restringido a la inyección parenteral y extracción de líquidos de los animales y de los viales con membrana perforable, debiendo extremarse las precauciones en su manejo y eliminación. Por ello se utilizará material de un solo uso y se eliminará en recipientes rígidos aptos para la esterilización o la incineración.
- Se recomienda el uso de gafas de seguridad, máscara u otros dispositivos de protección.
- Las puertas de acceso al laboratorio, así como los congeladores y refrigeradores utilizados para guardar microorganismos del grupo de riesgo 2, se identificarán con la señal internacional de peligro biológico:
- Los accidentes que hayan podido ser causa de una evidente exposición a los agentes infecciosos deben comunicarse inmediatamente al responsable del laboratorio, debiendo ser investigados para conocer su alcance y eliminar sus causas.
- Se preparará y adoptará un manual de seguridad biológica para el laboratorio que deberán conocer las personas que prestan allí sus servicios. También deberán prevenirse de los riesgos a que están expuestas. La conducta a seguir en caso de accidente deberá exponerse en un lugar bien visible del laboratorio.

1.6.4 Medidas preventivas a tener en cuenta en los laboratorios de nivel de contención 3

Se requerirán cuando se manipulen o se trabaje con agentes biológicos que puedan causar enfermedad grave en el ser humano y presenten un serio peligro para los trabajadores. También se aplicará cuando se trabaje con grandes cantidades o concentraciones elevadas de agentes biológicos del grupo de riesgo 2, existiendo un peligro grave de difusión de aerosoles o de infección.

Instalación del laboratorio

- El laboratorio tendrá el acceso separado del pasillo de libre circulación, por un vestíbulo donde el personal se cambiará de ropa y de zapatos. Un sistema de seguridad impedirá que ambas puertas se abran simultáneamente.
- Deberá existir un sistema de ventilación que produzca una presión negativa dentro del laboratorio, estableciéndose una corriente de aire que vaya desde la zona no contaminada a la más contaminada, lo que deberá constatararse.
- El aire expulsado del laboratorio debe pasar a través de filtros de alta eficacia para partículas, no pudiendo ser reciclado hacia otra parte del edificio. Asimismo, el aire extraído de las cabinas de seguridad biológica será expulsado al exterior del laboratorio, después de pasar a través de los citados filtros.
- La recirculación del aire del laboratorio sólo se hará después de haberlo filtrado mediante filtros de alta eficacia comprobados y certificados.

- Las puertas del laboratorio dispondrán de cierre automático y con cerradura, aunque desde el interior sean de fácil apertura.
- Se recomienda un interfono para la comunicación con el exterior.
- No habrá conexión al gas de la red ni al sistema de vacío centralizado.

Equipo especial de contención

El laboratorio estará equipado con cabinas de seguridad biológica de tipo I, II o III, debiendo utilizarse para todos los trabajos y actividades que puedan provocar cualquier riesgo a los aerosoles infecciosos. La figura 5 muestra una cabina de seguridad microbiológica de clase III.



Figura 5. Cabina de seguridad microbiológica de clase III

Técnicas específicas de laboratorio

- En principio, el número de personas presentes en el laboratorio no deberá superar al de cabinas de seguridad biológica.
- Ninguna persona debe trabajar sola en el interior del laboratorio.
- Hay que desinfectar todo el material contaminado antes de salir del laboratorio, ya sea a través del autoclave o bien mediante productos químicos. Debe preverse la desinfección del local.
- Cuando se manipulen animales o se abran viales susceptibles de generar aerosoles fuera de las cabinas de seguridad, se utilizará un equipo de protección respiratoria.
- Cualquier accidente con exposición a agentes infecciosos debe ser notificado inmediatamente al responsable del laboratorio y al servicio de prevención.
- El responsable del laboratorio debe establecer las normas y procedimientos de autorización de acceso al recinto de trabajo. Sólo podrán acceder las personas vacunadas contra los agentes biológicos existentes y teniendo en cuenta la opinión del servicio médico. La lista de las personas autorizadas se colocará a la entrada del nivel de contención biológica 3.
- Los libros, libretas, documentos y demás materiales utilizados en el laboratorio se desinfectarán antes de salir del recinto.
- En la puerta de acceso al laboratorio de nivel 3 de contención, se situará la siguiente información:
 - Señal internacional de peligro biológico.
 - Agente biológico manipulado.
 - Nombre del director del laboratorio y de la persona o personas responsables en su ausencia.
 - Cualquier condición especial impuesta a quienes accedan a la zona de trabajo.

1.7 Consideraciones acerca de la vigilancia de la salud del personal de los laboratorios de biotecnología y de tipo biológico

Las actividades que habitualmente se desarrollan en los laboratorios de biotecnología y de tipo biológico comportan unos riesgos para la salud, cuya importancia merece una especial atención por parte del área médica del Servicio de Prevención de Riesgos Laborales de la Universidad. No obstante, para que dicha área pueda llevar a cabo eficazmente la vigilancia de la salud del personal de dichos laboratorios, requiere conocer de modo continuo y preciso, los cambios, operaciones y acontecimientos relevantes que puedan entrañar algún riesgo para la salud de dicho personal, por lo que cuando se produzca alguna de tales circunstancias, el responsable del laboratorio deberá notificarla al área médica del Servicio de Prevención de Riesgos Laborales, con la mayor brevedad posible.

1.8 Enlaces de interés en Internet sobre riesgo biológico

- CDC. Biological Agents/Diseases
<http://www.bt.cdc.gov/Agent/Agentlist.asp>
- Laboratory Biosafety Guidelines. 3rd Edition 2004 (Canadá):
<http://www.phac-aspc.gc.ca/publicat/lbg-ldmbl-04/>
- Managing Biological Risk (Canadá):
http://epe.lac-bac.gc.ca/100/200/301/ocipep-bpiepc/managing_bio-e/manbio_e.pdf
- MSDS for biological agents (Canadá)
<http://www.phac-aspc.gc.ca/msds-ftss/>
- OSU Laboratory Safety Manual. Biological Hygiene Plan:
<http://www.pp.okstate.edu/ehs/hazmat/labman/chap5.htm>
- WHO. Biosafety:
<http://www.who.int/csr/labepidemiology/projects/biosafetymain/en/>

2. OPERACIONES SEGURAS EN ESTABULARIOS Y EN EL MANEJO DE ANIMALES DE LABORATORIO EN GENERAL

Algunos trabajos de investigación requieren el uso y manipulación de animales como modelos de experimentación. Motivos éticos, económicos, prácticos y legales exigen reducir el número de individuos experimentales al mínimo posible optando, siempre que las condiciones lo permitan, por la utilización de técnicas alternativas (in vitro) que aporten un nivel de información similar al obtenido con los propios animales.

Conviene precisar además, que el trabajo con animales comporta una variada gama de riesgos para los usuarios, dependiendo del propio animal, así como de la actividad desarrollada con ellos. Golpes, arañazos, picotazos, mordiscos, etc., que se traducen en contusiones y heridas, hasta enfermedades transmisibles por parásitos y microorganismos, de los que los propios animales manipulados pueden ser portadores, son algunos de los riesgos más frecuentes que se derivan de su manipulación.

Por otra parte, la propia investigación puede requerir la manipulación de animales previamente infectados, existiendo riesgo de contaminación biológica, sin olvidar que los propios animales utilizados en tales experiencias pueden ser vectores naturales de enfermedades infecciosas y alérgicas, a través de sus secreciones y fluidos biológicos.

2.1 Espacios destinados a los animales de experimentación

El espacio destinado a los animales de experimentación debe ser confortable, higiénico y de dimensiones tales que les permita cierta libertad de movimientos. Asimismo, se les proporcionará agua, alimentos en cantidad suficiente y adecuada a su especie. Personal

cualificado se encargará de comprobar que las condiciones en que viven los animales, así como su salud, son correctas. Al final de cada experimento, debe decidirse si el animal ha de mantenerse con vida o ser sacrificado mediante métodos que impliquen el mínimo sufrimiento posible.

El área destinada a la experimentación animal debe disponer de los siguientes servicios:

- Estabulario.** Es el lugar donde se alojan los animales de forma permanente. Este espacio debe diseñarse de acuerdo con el tipo de animales almacenados, del riesgo que representan y con las medidas de protección correspondientes.
- Sala de cuarentena.** Necesaria para la prevención de posibles zoonosis. La recepción de nuevos animales no debe suponer un peligro para los que ya se encuentran en la unidad.

- Salas de experimentación.** Son los lugares donde se llevan a cabo los tratamientos. Una de estas salas debe estar equipada para realizar intervenciones quirúrgicas en condiciones asépticas. Es también aconsejable disponer de otra para periodos post operatorios.
- Sala de limpieza.** Utilizada para lavado de cajas, jaulas y material diverso.
- Almacén y vestuario para el personal.** Debe estar situado en una zona adyacente.

2.2 Riesgos derivados de la manipulación de animales

2.2.1 *Riesgos inherentes a los animales*

Tanto los que se derivan de su comportamiento agresivo o defensivo (mordiscos, arañazos, picotazos, etc.), como los que provienen de su capacidad de portar y transmitir enfermedades infecciosas, al personal que los manipula o a otros animales.

2.2.2 *Riesgos inherentes a las tareas de investigación*

Derivado del propio tratamiento, como aplicación de vacunas y fármacos y de la manipulación del instrumental quirúrgico. Por otra parte, cuando se trata de evaluar el riesgo biológico es fundamental conocer la especie animal con la que se está investigando, las infecciones que puede transmitir y la naturaleza de los agentes infecciosos, ya que cuanto más alejada filogenéticamente sea una especie del ser humano, menor suele ser el riesgo de transmisión de infecciones.

2.3 Prevención de los riesgos derivados del trabajo con animales

Las personas que manipulan animales de experimentación deben estar debidamente informadas de los riesgos inherentes al trabajo que realizan y recibir la formación sistemática necesaria en materia de técnicas, instrumentación, métodos de trabajo y equipos de protección individual, con el fin de evitar la posibilidad de contraer enfermedades, así como de impedir la dispersión de los agentes biológicos dentro y fuera del laboratorio.

Desde el punto de vista estructural, los servicios relacionados con las instalaciones de los animales, así como los vestuarios y lavabos del personal, excepto cuando el nivel de seguridad requerido indique lo contrario, deben hallarse fuera de la unidad animal, pero cerca de ella.

En el trabajo de experimentación con animales, se pueden adoptar los criterios generales aplicables a los laboratorios y centros de trabajo donde se manipulan agentes biológicos, teniendo en cuenta el tipo de microorganismo con el que se trabaja, o puede ser portador el animal y, en consecuencia, aplicando el nivel de seguridad biológica correspondiente

Riesgos de origen biológico

1. Qué es el riesgo biológico.
2. En qué tareas se puede producir el riesgo biológico.
3. Recomendaciones generales.
4. Protecciones colectivas e individuales.
5. Residuos biológicos.
6. Compendio de instrucciones operativas relacionadas con el riesgo de origen biológico.

1. Qué es el riesgo biológico

Es aquel susceptible de ser producido por una exposición no controlada a agentes biológicos. Entenderemos por agente biológico cualquier microorganismo (“microbio”), cultivo celular o endoparásito humano capaz de producir enfermedades, infecciones, alergias, o toxicidad. En el Estado español, se generó durante el año 1.997 una reglamentación en forma de Real Decreto (concretamente el R.D. 664/97) para la protección de las personas que trabajan con agentes biológicos o que pueden estar expuestos a los mismos. Si Ud. desea acceder al texto de este Real Decreto, puede encontrarlo en la siguiente dirección de la página web del Instituto Nacional de Seguridad e Higiene en el Trabajo: [R.D. 664/97](#)

2. En qué tareas se puede producir el riesgo biológico

Existe riesgo biológico en los laboratorios donde se trabaja con microorganismos (véase listado de microorganismos y su categorización, expuestos en el [RD 664/97](#) del que hemos proporcionado arriba el enlace), cultivos celulares, se experimenta con animales. También existe este riesgo cuando se efectúan actividades médicas y paramédicas con seres humanos. Las actividades de tipo agrícola, el trabajo con animales en granjas y establos, y tareas tildadas habitualmente de “sucias” (poceros, mataderos, encurtidos, similares) también conllevan riesgo de exposición a agentes biológicos: en este caso, se habla de *zoonosis*.

3. Recomendaciones generales

1. Se delimitará y señalizará las zonas de trabajo.
2. No se comerá, beberá o fumará en el laboratorio. Bajo ningún concepto se guardará alimentos o bebidas en refrigeradores del laboratorio.
3. Se extremará la higiene personal, lavándose las manos antes y después de cada tarea.
4. En caso de que las hubiere, se cubrirá las heridas cutáneas con guantes. No emplee anillos, pulseras, joyas, etc.
5. La manipulación de cualquier muestra se efectuará siempre con guantes y con gafas o pantallas antisalpicaduras.
6. Toda muestra se transportará siempre en recipiente con tapa ajustable y cierre correcto que impida la salida de fluidos.
7. Todas las tareas deben realizarse cuidadosamente para evitar la formación de gotas y aerosoles. Se utilizarán cabinas de seguridad biológica (clases I y II) en procedimientos de homogeneización y mezcla vigorosa.

8. En el caso de que durante una operación de centrifugación se produjese la ruptura de los tubos en el interior del equipo, se esperará al menos durante 5 minutos para abrir la tapa del mismo. Posteriormente se desinfectará equipos, materiales y superficies de trabajo con un producto de efectividad contrastada.
9. Se restringirá en la medida de lo posible, el uso de agujas y jeringuillas. Se desechará las jeringas y agujas de un solo uso en contenedores especiales (indeformables, no perforables, sin fisuras para evitar derrames) sin ser encapsuladas.
10. El material contaminado que deba ser descontaminado en un lugar exterior al laboratorio se colocará en un contenedor especial (indeformables, no perforables, sin fisuras para evitar derrames), debidamente señalizado.
11. Todo material de desecho o residuo biológico debe ser sometido a un programa de gestión de residuos. No mezcle los residuos contaminados biológicamente con otros tipos de residuos.

PARA TAREAS CON ANIMALES:

12. Se manipulará al animal siempre en silencio y con tranquilidad. Evitar en todo momento su sufrimiento innecesario ya que además puede inducir al animal a defenderse y a producir lesiones.
13. Se usará siempre guantes en la extracción de sangre o procedimientos invasivos, en el contacto con líquidos que requieran precauciones universales (líquido amniótico, pericardio, peritoneal, pleural, sinovial, semen, secreciones vaginales y cualquier líquido contaminado con sangre), en el contacto con mucosas, piel no intacta y para manipular objetos o superficies manchados con líquidos corporales. También se han de usar guantes cuando se tengan cortes, arañazos o lesiones en la piel de las manos.
14. Se efectuará lavado de las manos después de quitarse la bata y los guantes antes de dejar la estancia, e inmediatamente si se han ensuciado de sangre. En los trabajos en granjas y establos se extremará la higiene personal tras la realización de las tareas.
15. Se recomienda el uso de batas desechables cuando la ropa pueda ser manchada por líquidos corporales, sangre, excreciones o secreciones. El resto de ropa que se utilice para estas actividades, será lavada frecuentemente, preferiblemente sin mezclar con ropa que vaya a ser utilizada en menesteres no laborales.
16. Se debe usar pantalla antisalpicaduras, bata y mascarilla protectoras cuando haya riesgo de salpicaduras o proyección de líquidos corporales.
17. La gotas de sangre que se derramen deberán limpiarse rápidamente con un desinfectante (lejía, por ejemplo) o con glutaraldehído.
18. Las muestras de sangre y otros materiales biológicos deben ser enviadas en un contenedor doble debidamente señalizado y deben ser examinados para detectar posibles roturas o fisuras.

4. Protecciones colectivas e individuales

Dependiendo de la clasificación del agente biológico con el que se está operando (véase listado de microorganismos y su categorización, expuestos en el [R.D. 664/97](#) del que hemos proporcionado arriba el enlace) se hará necesario disponer de un laboratorio con un mínimo de infraestructuras.

5. Residuos biológicos

Los materiales de desecho contaminados biológicamente pueden ser sometidos a gestión de residuos por parte del Servicio de Radioprotección y Residuos. En el supuesto de que desconozca o dude acerca de lo que debe hacer para someter los residuos a gestión, o se produzcan acumulaciones de los mismos tales que se conviertan en un riesgo.

6. Compendio de Instrucciones Operativas relacionadas con los riesgos de origen biológico

Exposición a agentes biológicos. Generalidades.

1. Introducción

2. Definiciones

3. Clasificación

4. Acción preventiva preliminar

5. Medidas preventivas de carácter general

6. Protección de los trabajadores

7. Tratamiento de los residuos

8. Reglamentación y normativa aplicable

9. Bibliografía

1. INTRODUCCIÓN

Los agentes biológicos constituyen un factor de riesgo laboral por su capacidad de desencadenar enfermedades, tanto profesionales como del trabajo. Con el fin de proteger la salud de los trabajadores frente a los riesgos que se derivan de la exposición a agentes biológicos durante el desarrollo de sus actividades, se publicó el correspondiente Reglamento a través del Real Decreto 664/1997, de 12 de mayo, dentro del marco normativo de la Ley 31/1995, de 8 de noviembre de Prevención de Riesgos Laborales. Dicho Reglamento supuso la transposición al ordenamiento jurídico español de tres directivas de la Unión Europea: la 90/679/CEE, de 26 de noviembre, modificada posteriormente por la 93/88/CEE, de 12 de octubre y adaptada al progreso técnico por la 95/30/CEE, de 30 de junio. Recientemente, se ha producido una nueva adaptación con la publicación de la 2000/54/CEE, de 18 de septiembre.

2. DEFINICIONES

Según el Real Decreto 664/1997, de 12 de mayo, los **AGENTES BIOLÓGICOS** se definen como: "**microorganismos, con inclusión de los genéticamente modificados, cultivos celulares y endoparásitos humanos, susceptibles de originar cualquier tipo de infección, alergia o toxicidad**". A su vez, se entiende como **microorganismo**, toda entidad microbiológica, celular o no, capaz de reproducirse o de transferir material genético. Por su parte, **cultivo celular** es el resultado del crecimiento in vitro de células obtenidas de organismos multicelulares.

3. CLASIFICACIÓN

En función del riesgo de infección, se clasifican en cuatro grupos:

- **Agente biológico del grupo 1:** Aquel que resulta poco probable que cause una enfermedad en el hombre.
- **Agente biológico del grupo 2:** Aquel que puede causar una enfermedad en el hombre y puede suponer un peligro para los trabajadores, siendo poco probable que se propague a la colectividad y existiendo generalmente profilaxis o tratamiento eficaz.
- **Agente biológico del grupo 3:** Aquel que puede causar una enfermedad grave en el hombre y presenta un serio peligro para los trabajadores, con riesgo de que se propague a la colectividad y existiendo generalmente una profilaxis o tratamiento eficaz.
- **Agente biológico del grupo 4:** Aquel que causando una enfermedad grave en el hombre, supone un serio peligro para los trabajadores, con muchas posibilidades de que se propague a la colectividad y sin que exista generalmente una profilaxis o tratamiento eficaz.

De acuerdo con esta clasificación, el anexo II del Real Decreto 664/1997 presenta una lista de agentes biológicos, de los grupos 2, 3 y 4, ordenados según cuatro diferentes tipos: *bacterias y afines, virus, parásitos y hongos*. La lista en cuestión puede obtenerse en el siguiente enlace: <http://www.mtas.es/insht/legislation/biologic.htm#anexo2>

4. ACCIÓN PREVENTIVA PRELIMINAR

Antes de comenzar cualquier actividad relacionada con la manipulación de agentes biológicos debe realizarse un inventario, a fin de identificar los agentes utilizados, clasificarlos de acuerdo con el criterio reseñado en la tabla anterior y establecer las medidas preventivas a tener en cuenta en función del nivel de contención requerido. En este sentido, el diseño y medios de contención biológica de los laboratorios se orientarán en función de los cuatro grupos de riesgo citados en el punto anterior, es decir:

- **NIVEL DE CONTENCIÓN BIOLÓGICA 1**, para microorganismos del grupo de riesgo 1.
- **NIVEL DE CONTENCIÓN BIOLÓGICA 2**, para microorganismos del grupo de riesgo 2.
- **NIVEL DE CONTENCIÓN BIOLÓGICA 3**, para microorganismos del grupo de riesgo 3.
- **NIVEL DE CONTENCIÓN BIOLÓGICA 4**, para microorganismos del grupo de riesgo 4.

5. MEDIDAS PREVENTIVAS DE CARÁCTER GENERAL

Son de aplicación a cualquier laboratorio, con independencia de su nivel de contención, pudiendo resumirse del siguiente modo:

- Techos, paredes y suelos fáciles de lavar, impermeables a los líquidos y resistentes a la acción de los productos químicos. Los suelos deben ser antideslizantes.
- Tuberías y conducciones no empotradas, separadas de las paredes y evitando los tramos horizontales a fin de no acumular polvo.
- Superficies de trabajo impermeables y resistentes a los ácidos, álcalis y disolventes y al calor. Evitar baldosas con juntas de cemento en las poyatas y calcular unos 2 m lineales por persona.
- Iluminación adecuada y suficiente, que no produzca reflejos. El nivel de iluminación recomendado para trabajos de laboratorio es de 500 lux.

- Mobiliario robusto, dejando espacios suficientemente amplios para facilitar la limpieza.
- Dotación de lavabos con agua corriente dispuestos cerca de la salida.
- Puertas protegidas contra incendios y provistas de mirillas con cristal de seguridad de 40 x 23 cm situado a la altura de los ojos.
- Vestuarios, comedores y zonas de descanso fuera de las zonas de trabajo, con espacios reservados a fumadores.
- Reservar espacio para manejar y almacenar productos peligrosos, con las debidas condiciones de seguridad.
- Deben existir medios de prevención contra incendios a fin de evitar que se inicien y de protección para impedir que se propaguen. Asimismo, se dispondrá de sistemas de detección de humos o fuego provistos de alarma acústica y óptica.
- La instalación eléctrica será segura y con capacidad suficiente, siendo aconsejable disponer de un grupo electrógeno de reserva para alimentar los equipos esenciales en caso de corte del suministro eléctrico general.
- Disponer de botiquín de emergencia bien provisto, junto con un manual de primeros auxilios.
- Se recomienda trabajar en depresión y con una renovación de aire de 60 m3 por persona y hora.
- Evitar conexiones cruzadas entre la red de agua de abastecimiento al laboratorio y la de agua potable. Esta red deberá estar protegida contra el reflujó mediante dispositivo adecuado.

6. PROTECCIÓN DE LOS TRABAJADORES

- Debe reducirse al mínimo posible el número de trabajadores expuestos.
- Cuando exista riesgo por exposición a agentes biológicos para los que existan vacunas eficaces, deberán ponerse éstas a disposición de los trabajadores, informándoles de las ventajas e inconvenientes de vacunarse.
- Los trabajadores deberán lavarse las manos antes y después de su trabajo y utilizar el equipo de protección individual necesario en cada caso.
- En el laboratorio no se debe comer, beber, fumar, usar cosméticos ni guardar alimentos o bebidas.

7. TRATAMIENTO DE LOS RESIDUOS

Todos los desechos biológicos *tienen que ser descontaminados antes de su eliminación*, debiendo seguirse las normas existentes sobre gestión de residuos. El material que deba ser descontaminado fuera del laboratorio, se colocará en un contenedor especial debidamente señalizado y se cerrará antes de su salida al exterior.

Exposición a agentes biológicos.
Nivel de contención biológica 1.

1. Características de este nivel de contención
2. Técnicas de laboratorio

1. CARACTERÍSTICAS DE ESTE NIVEL DE CONTENCIÓN

Este nivel no requiere dispositivo especial de contención alguno, debiendo seguirse, para cualquier laboratorio. En cualquier caso, se tendrán cuenta las indicaciones que se citan a continuación.

2. TÉCNICAS DE LABORATORIO

- No pipetear con la boca. Utilizar dispositivos adecuados.
- Usar guantes siempre que se manipule sangre, material infeccioso o animales infectados.
- Utilizar batas o uniformes de trabajo, para evitar la contaminación de la ropa de calle. No utilizar la ropa del laboratorio fuera de éste (cafetería, biblioteca...).
- Siempre que exista riesgo de salpicaduras, usar la protección ocular adecuada.
- Siempre que sea posible, recurrir al uso de material de plástico en vez de vidrio, a fin de reducir el riesgo de cortes.
- Debe evitarse el uso de agujas hipodérmicas y de jeringas. Cuando sea preciso utilizarlas, se recogerán en recipientes que prevengan los pinchazos accidentales.
- Las superficies de trabajo se descontaminarán, por lo menos, una vez al día y siempre que se produzca un derrame.
- Todo el personal se lavará las manos después de haber manipulado material o animales infecciosos, así como al abandonar el laboratorio.
- El acceso al laboratorio debe estar controlado por su responsable.
- Se pondrá en práctica un programa de lucha contra insectos y roedores.

Exposición a agentes biológicos.
Nivel de contención biológica 2.

1. Características de este nivel de contención
2. Instalación del laboratorio
3. Equipo especial de contención
4. Técnicas específicas de laboratorio

1. CARACTERÍSTICAS DE ESTE NIVEL DE CONTENCIÓN

Se aplicará siempre que se trabaje con agentes biológicos clasificados en el grupo de riesgo 2. A las condiciones de seguridad en laboratorio para nivel inferior se añadirán estas:

2. TÉCNICAS DE LABORATORIO

- Disponer en cada unidad de un lavabo, accionado con el pie o con el codo.
- El laboratorio deberá estar separado del pasillo de circulación general por un vestíbulo, que servirá a los usuarios para cambiarse de ropa, ya que debe ser distinta de la habitual.
- El aporte de aire al laboratorio será como mínimo de 60 m³ por persona y hora. Impedir el arrastre de aire al exterior para evitar contaminaciones. Las ventanas estarán herméticamente cerradas.
- Se dispondrá de un autoclave en el propio laboratorio para la descontaminación de desechos y de material biológicamente contaminado.
- Ha de haber una sala de reposo para el personal.

3. EQUIPO ESPECIAL DE CONTENCIÓN

Todas las técnicas que puedan producir aerosoles, se realizarán en cabinas de seguridad biológica de tipos I y II, respondiendo a la norma British Standard 5726 o equivalente, explicando a todos los usuarios su modo de empleo y limitaciones.

4. TÉCNICAS ESPECÍFICAS DE LABORATORIO

- Durante las manipulaciones deberán permanecer cerradas las puertas del laboratorio.
- El personal deberá lavarse las manos después de haber manipulado el material biológico y antes de abandonar el laboratorio. Será obligatorio llevar guantes apropiados durante la realización de trabajos que comporten riesgo de contacto accidental directo con el material biológico infeccioso.
- El responsable del laboratorio establecerá las reglas y procedimientos de acceso, prohibiendo la entrada a personas inmunodeprimidas o que tengan un alto riesgo de contraer infecciones.
- El empleo de agujas hipodérmicas y jeringas queda restringido a la inyección parenteral y extracción de líquidos de los animales y de los viales con membrana perforable, debiendo extremar las precauciones en su manejo y eliminación. Por ello se utilizará material de un solo uso y se eliminará en recipientes rígidos aptos para la esterilización o la incineración, siguiendo las prescripciones indicadas en el epígrafe 7 de la IOP AB 01.
 - Las puertas de acceso al laboratorio, así como los congeladores y refrigeradores utilizados para guardar microorganismos del grupo de riesgo 2, se identificarán con la



señal internacional de peligro biológico:

Se recomienda el uso de gafas de seguridad, máscara u otros dispositivos de protección.

- Los accidentes que hayan podido ser causa de una evidente exposición a los agentes infecciosos deben comunicarse inmediatamente al responsable del laboratorio, debiendo ser investigados para conocer su alcance y eliminar sus causas.
- Se preparará y adoptará un manual de seguridad biológica para el laboratorio que deberán conocer las personas que prestan allí sus servicios. También deberán prevenirse de los riesgos a que están expuestas. La conducta a seguir en caso de accidente deberá exponerse en un lugar bien visible del laboratorio.

Exposición a agentes biológicos.
Nivel de contención biológica 3.

1. Características de este nivel de contención
2. Instalación del laboratorio
3. Equipo especial de contención
4. Técnicas específicas de laboratorio

1. CARACTERÍSTICAS DE ESTE NIVEL DE CONTENCIÓN

Se requerirá cuando se manipulen o se trabaje con agentes biológicos que puedan causar enfermedad grave en el ser humano y presenten un serio peligro para los trabajadores. También se aplica cuando se trabaja con grandes cantidades o concentraciones elevadas de agentes

biológicos del grupo de riesgo 2, existiendo un peligro grave de difusión de aerosoles o de infección.

2. INSTALACIÓN DEL LABORATORIO

- El laboratorio tendrá el acceso separado del pasillo de libre circulación, por un vestíbulo donde el personal se cambiará de ropa y de zapatos. Un sistema de seguridad impedirá que ambas puertas se abran simultáneamente.
- Deberá existir un sistema de ventilación que produzca una presión negativa dentro del laboratorio, estableciéndose una corriente de aire que vaya desde la zona no contaminada a la más contaminada, lo que deberá constatarse.
- El aire expulsado del laboratorio debe pasar a través de filtros de alta eficacia para partículas, no pudiendo ser reciclado hacia otra parte del edificio. Asimismo, el aire extraído de las cabinas de seguridad biológica será expulsado al exterior del laboratorio, después de pasar a través de los citados filtros.
- La recirculación del aire del laboratorio sólo se hará después de haberlo filtrado mediante filtros de alta eficacia comprobados y certificados.
- Las puertas del laboratorio dispondrán de cierre automático y con cerradura, aunque desde el interior sean de fácil apertura.
- Se recomienda un interfono para la comunicación con el exterior.
- No habrá conexión al gas de la red ni al sistema de vacío centralizado.

3. EQUIPO ESPECIAL DE CONTENCIÓN

El laboratorio estará equipado con cabinas de seguridad biológica de tipo I, II o III, debiendo utilizarse para todos los trabajos y actividades que puedan provocar cualquier riesgo a los aerosoles infecciosos.

4. TÉCNICAS ESPECÍFICAS DE LABORATORIO

- En principio, el número de personas presentes en el laboratorio no deberá superar al de cabinas de seguridad biológica.
- Ninguna persona debe trabajar sola en el interior del laboratorio.
- Hay que desinfectar todo el material contaminado antes de salir del laboratorio, ya sea a través del autoclave o bien mediante productos químicos. Debe preverse la desinfección del local.
- Cuando se manipulen animales o se abran viales susceptibles de generar a aerosoles fuera de las cabinas de seguridad se utilizará un equipo de protección respiratoria.
- Cualquier accidente con exposición a agentes infecciosos debe ser notificado inmediatamente al responsable del laboratorio y al servicio de prevención.
- El responsable del laboratorio debe establecer las normas y procedimientos de autorización de acceso al recinto de trabajo. Sólo podrán acceder las personas vacunadas contra los agentes biológicos existentes y teniendo en cuenta la opinión del servicio médico. La lista de las personas autorizadas se colocará a la entrada del nivel de contención biológica 3.
- Los libros, libretas, documentos y demás materiales utilizados en el laboratorio se desinfectarán antes de salir del recinto.

- En la puerta de acceso al laboratorio de nivel 3 de contención, se situará la siguiente información:
 - Señal internacional de peligro biológico.
 - Agente biológico manipulado.
 - Nombre del director del laboratorio y de la persona o personas responsables en su ausencia.
 - Cualquier condición especial impuesta a quienes accedan a la zona de trabajo.

**Exposición a agentes biológicos.
Nivel de contención biológica 4.**

1. Características de este nivel de contención
2. Instalación del laboratorio
3. Equipo especial de contención
4. Técnicas específicas de laboratorio

1. CARACTERÍSTICAS DE ESTE NIVEL DE CONTENCIÓN

Se denomina también *nivel de contención máxima*. Se requerirá cuando se trabaje con agentes biológicos que puedan causar enfermedad grave en el ser humano, su manipulación suponga un grave peligro para quienes lo manejan y para la comunidad y existan muchas probabilidades de que se propague a la colectividad, no existiendo profilaxis ni tratamiento eficaz.

Antes de construir y poner en funcionamiento un laboratorio de estas características, se precisa realizar las consultas necesarias a instituciones que hayan adquirido la suficiente experiencia en este tipo de centros.

Los laboratorios de contención máxima en funcionamiento deben estar supervisados por las autoridades sanitarias.

2. INSTALACIONES DEL LABORATORIO

- Este tipo de laboratorios deben estar situados en un local con acceso limitado y aislados del resto de laboratorios por tabiques.
- La entrada y la salida del personal se hará a través de vestíbulos independientes. Al entrar, el personal se cambiará completamente de ropa y al salir se duchará antes de ponerse la ropa de calle.
- El laboratorio estará construido de tal manera que sea un recinto cerrado herméticamente, permitiendo la descontaminación por vaporización e impidiendo la entrada y salida indeseada de animales, como insectos, roedores, etc.
- Las puertas del laboratorio deben cerrar automáticamente y con cerradura. Las ventanas deben ser de material irrompible, además de cerrar herméticamente.
- El sistema de vacío propio del laboratorio debe utilizarse fuera de la cabina de seguridad biológica.
- Los líquidos de desecho provenientes de los fregaderos, cabinas de seguridad y autoclaves hay que descontaminarlos antes de evacuarlos y lo mismo debe hacerse con los efluentes que proceden de duchas y lavabos. Dentro del sistema de descontaminación de residuos líquidos, se tratarán por calor o mediante productos químicos.
- El laboratorio dispondrá de un sistema de ventilación propio que lo mantendrá en depresión, mediante un equipo de entrada. La expulsión de aire, se llevará a cabo a través de filtros de alta eficacia, con provistos de sistema de alarma para que se accione en caso

de mal funcionamiento. La salida al exterior estará apartada de tomas de aire y de lugares habitados.

- El aire procedente de las cabinas de seguridad debe ser evacuado hacia el exterior por el propio sistema de ventilación del laboratorio. Las ramificaciones del sistema de salida no deben interferir con el sistema de depresión del laboratorio.

3. EQUIPO ESPECIAL DE CONTENCIÓN

Un laboratorio de esta clase estará equipado de seguridad biológica tipo III. Se puede trabajar con cabinas de tipo I y II, si el laboratorio está preparado para acoger trabajadores con trajes aislantes con presión positiva.

4. TÉCNICAS ESPECÍFICAS DE LABORATORIO

- Las superficies de trabajo serán desinfectadas después de cada experiencia e inmediatamente después de cualquier derrame de material con riesgo biológico. El tipo de desinfectante a utilizar, su concentración y el tiempo de contacto deben estar claramente especificados y a la vista.
- El material biológico que deba salir del laboratorio tiene que estar emplazado en un embalaje formado por tres capas:
 - Un recipiente primario estanco, donde se coloca la muestra.
 - Un recipiente estanco secundario que contiene material absorbente en cantidad suficiente.
 - Una envoltura exterior con la adecuada protección.
- Exceptuando el material biológico que deba mantenerse viable, no puede salir del laboratorio ningún material o equipo, sin antes haber sido esterilizado o descontaminado. Los muebles o equipos que se puedan estropear a altas temperaturas o con el vapor, antes de salir del laboratorio, se desinfectarán por inmersión o fumigación.
- Sólo podrán entrar en el laboratorio las personas autorizadas, cuyo nombre deberá figurar en una lista colocada en la puerta de entrada.
- El personal podrá entrar y salir únicamente por el vestuario y la ducha de seguridad. El vestíbulo se usará sólo en caso de urgencia.
- La ropa de calle se guardará en el vestuario y estará a disposición de los usuarios un equipo completo de ropa y prendas de laboratorio, que deberán desinfectarse antes de salir del vestuario.
- La enorme complejidad del trabajo en estos laboratorios exige la elaboración de un manual detallado de operaciones que se ensayará en el curso de programas de prácticas.

8. REGLAMENTACIÓN Y NORMATIVA APLICABLE

Real Decreto 664/1997, de 12 de mayo, por el que se aprueba el Reglamento sobre protección de los trabajadores contra los riesgos relacionados con la exposición a agentes biológicos durante el trabajo.

<http://www.mtas.es/insht/legislation/biologic.htm>

Directiva 2000/54/CE del Parlamento Europeo y del Consejo, de 18 de septiembre de 2000 (DOCE de 17 de octubre de 2000), sobre protección de los trabajadores contra los riesgos relacionados con la exposición a agentes biológicos durante el trabajo. Séptima Directiva específica con arreglo al apartado 1 del artículo 16 de la Directiva 89/391CEE.

http://www.cde.ua.es/dsi/elpdf/1_26220001017es00210045.pdf

Ley 10/2000, de 12 de diciembre, de Residuos de la Comunidad Valenciana. (DOGV nº 3898, de 15 de diciembre de 2000)

<http://www.gva.es/cidja/c-normas/10-2000.htm>

9. BIBLIOGRAFÍA

Hernández A. y Martí M. C. Evaluación y control de agentes biológicos en ambientes laborales. INSHT.

Martí M. C. y otros. Prevención de riesgos biológicos en el laboratorio. INSHT. 1997.

Exposición a agentes biológicos. Cabinas de seguridad biológica

1. Características de este tipo de cabinas
2. Cabinas de seguridad biológica de clase I
3. Cabinas de seguridad biológica de clase II
 - 3.1 Cabina de seguridad biológica de tipo II clase A
 - 3.2 Cabina de seguridad biológica de tipo II clase B
4. Cabinas de seguridad biológica de clase III
5. Selección de una cabina de seguridad biológica
6. Reglamentación y normativa aplicable
7. Enlaces de interés sobre cabinas de seguridad biológica
8. Bibliografía

1. CARACTERÍSTICAS DE ESTE TIPO DE CABINAS

Constituyen el principal elemento del equipo de contención física del laboratorio, sirviendo de barreras primarias para evitar el paso de aerosoles a la atmósfera de trabajo.

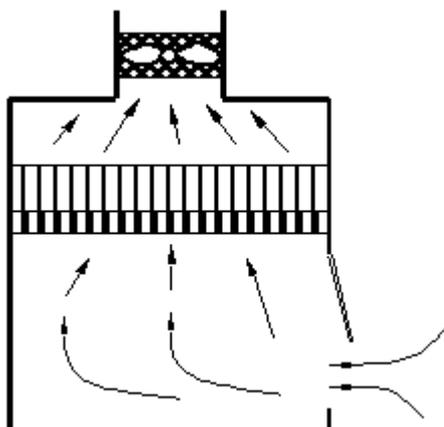
Deben utilizarse siempre que se desarrollen procedimientos con riesgo de producir aerosoles peligrosos, como centrifugación, trituración, mezclado, agitación energética, apertura de envases cuya presión interior difiera de la exterior, etc.

Están diseñadas para proteger al usuario y al ambiente de los riesgos asociados al manejo de material infeccioso y otros materiales biológicos peligrosos, excluyendo productos radiactivos, tóxicos y corrosivos, para los cuales se recomiendan otros tipos de cabinas.

Hay de tres clases: I, II y III.

2. CABINAS DE SEGURIDAD BIOLÓGICA DE CLASE I

Están destinadas al trabajo con agentes biológicos que entrañan un riesgo leve o moderado. El uso de estas cabinas no garantiza la protección del producto manipulado ni la exposición por contacto a materiales peligrosos. Están parcialmente abiertas por delante y van provistas de un sistema de extracción de aire que arrastra las partículas hacia adentro, alejándolas del operador y pasando por un filtro de alta eficacia antes de salir al exterior. Suelen incluir también un prefiltro para la retención de contaminantes químicos.

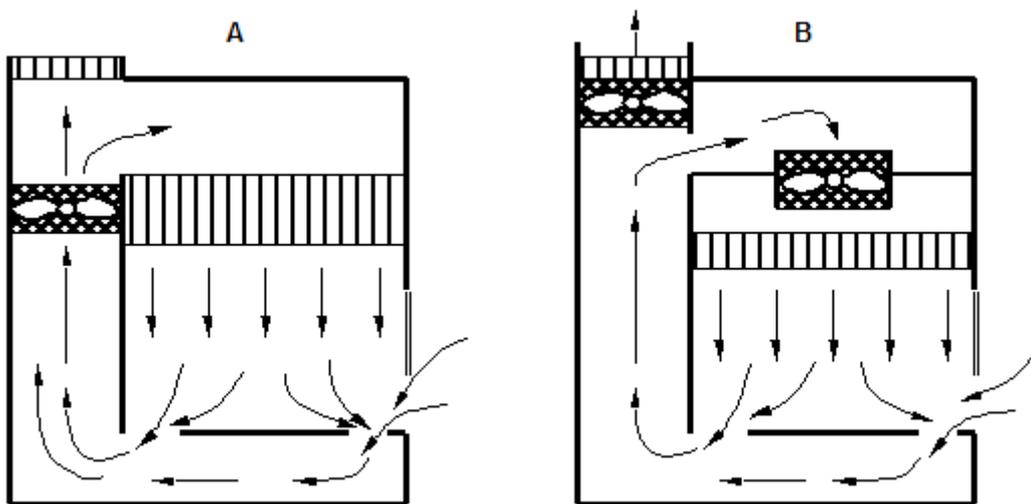


Esquema de una cabina de seguridad biológica de clase I.

Para un empleo satisfactorio de este tipo de cabinas, la velocidad de entrada del aire por la parte frontal debe estar comprendida entre 0,4 y 1,0 m/s, con aberturas no superiores a 20 cm, con el fin de evitar la producción de turbulencias y posibles retornos. Se asemejan a las cabinas convencionales de laboratorio químico.

3. CABINAS DE SEGURIDAD BIOLÓGICA DE CLASE II

Están destinadas a proteger a los usuarios, a los materiales manipulados y al medio ambiente, de los riesgos biológicos leves o moderados.



Cabina de seguridad biológica de clase II con un sólo motor (A) y con dos motores (B).

Estas cabinas están abiertas parcialmente por delante, existiendo una corriente de aire descendente de flujo laminar, uniforme y unidireccional, que atraviesa un filtro de alta eficacia. El flujo laminar que proviene del filtro protege el producto, mientras que el procedente del exterior de la cabina protege al operador. Ambos flujos de aire son conducidos a través de unas rejillas situadas en la parte delantera y trasera de la superficie de trabajo hasta un pleno desde donde se redistribuye el aire.

Existen dos tipos básicos de cabina de seguridad de clase II: Tipo A con un solo motor y tipo B con dos motores, si bien ninguno de los dos tipos previene de las exposiciones por contacto de los materiales infecciosos.

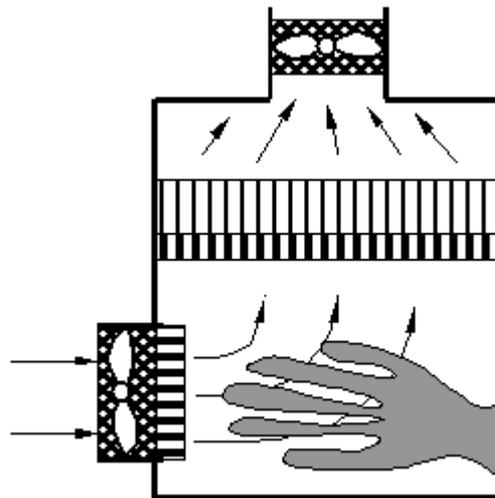
3.1 Cabina de seguridad biológica de tipo II clase A: El volumen de aire recirculado sobre el área de trabajo en estas cabinas es del 70%, siendo extraído el 30% restante. La velocidad del aire de entrada, para una abertura frontal de 20 cm, debe ser del orden de 0,4 m/s. En cuanto a la velocidad del aire del flujo laminar descendente se recomienda que no sea inferior a 0,4 m/s.

3.2 Cabina de seguridad biológica de tipo II clase B: En estas cabinas, el volumen de aire recirculado sobre el área de trabajo es del 30%, mientras que el 70% restante es extraído. La velocidad del aire de entrada para una abertura frontal de 20 cm debe ser de unos 0,5 m/s y la del aire del flujo laminar descendente de 0,25 m/s, aproximadamente.

4. CABINAS DE SEGURIDAD BIOLÓGICA DE CLASE III

Estas cabinas se hallan herméticamente cerradas, separando completamente al operador del trabajo que esta realizando, mediante barreras físicas como panel frontal completamente cerrado o manipulación a través de guantes de goma. El recinto se mantiene en depresión y es alimentado por aire tomado del local y filtrado por un filtro de alta eficacia. El aire extraído, que es el 100% del aspirado, atraviesa uno de los filtros de alta eficacia para su completa purificación. También puede incluir un prefiltro para la adsorción de contaminantes químicos.

Estas cabinas están diseñadas para manipular agentes biológicos de los grupos de riesgo 3 y 4.



Esquema de una cabina de seguridad biológica de clase IV.

5. SELECCIÓN DE UNA CABINA DE SEGURIDAD BIOLÓGICA

A la hora de elegir una cabina de seguridad biológica es preciso tener en cuenta tres cuestiones esenciales:

- Grupo de riesgo al que pertenece el material manipulado.
- Riesgo de generación de aerosoles al manipular el material.

- Grado de protección que se pretende obtener frente al ambiente.

La siguiente tabla muestra, a modo de esquema, la cabina más idónea a elegir en función

GRUPO DE RIESGO	CLASE I	CLASE II A	CLASE II B	CLASE III
1	TI	TI	TI	TI
2	TI	TI	TI	TI
3	NR	PU	PU	TI
4	NR	NR	NR	TI

TI: Totalmente indicada **PU:** Puede utilizarse **NR:** No recomendable

6. REGLAMENTACIÓN Y NORMATIVA APLICABLE

Real Decreto 664/1997, de 12 de mayo, por el que se aprueba el Reglamento sobre protección de los trabajadores contra los riesgos relacionados con la exposición a agentes biológicos durante el trabajo.

<http://www.mtas.es/insht/legislation/biologic.htm>

Orden de 25 de marzo de 1998, por la que se adapta en función del progreso técnico, el Real Decreto 664/1997, de 12 de mayo, sobre la protección de los trabajadores contra los riesgos relacionados con la exposición a agentes biológicos durante el trabajo.

<http://www.mtas.es/insht/legislation/OMbiolo.htm>

Directiva 2000/54/CE del Parlamento Europeo y del Consejo, de 18 de septiembre de 2000 (DOCE de 17 de octubre de 2000), sobre protección de los trabajadores contra los riesgos relacionados con la exposición a agentes biológicos durante el trabajo. Séptima Directiva específica con arreglo al apartado 1 del artículo 16 de la Directiva 89/391CEE.

http://www.cde.ua.es/dsi/elpdf/1_26220001017es00210045.pdf

7. ENLACES DE INTERÉS SOBRE CABINAS DE SEGURIDAD BIOLÓGICA

British Standards. Biosciences: guide to resources

<http://www.staffs.ac.uk/sands/libs/bsb.htm>

Loughborough University. Appendix XXIV. Code of practice on hazardous biological agents.

<http://www.lut.ac.uk/admin/hse/app24.html>

University of Bath. Safety Manual - Section 4. Part 2 - Applicable to some Departments. 4.2.7 Biological Safety.

http://www.bath.ac.uk/Admin/Safety/1section_4-2-07.htm

MRCPath Course - Health & Safety. The difference between a class I, II and III microbiological cabinet, filter type and exhaust type chemical fume cabinets.

<http://www.ich.ucl.ac.uk/cmgs/cabs99.htm>

Metrotech Services Ltd. Atlas Clean Air

<http://ireland.iol.ie/~metrotec/Atlas/atlas.htm>

8. BIBLIOGRAFÍA

Hernández A. y Martí M. C. Evaluación y control de agentes biológicos en ambientes laborales. INSHT.

Martí M. C. y otros. Prevención de riesgos biológicos en el laboratorio. INSHT. 1997.

Instituto Nacional de Seguridad e Higiene en el Trabajo. NTP-233. INSHT. 1989.