

# SALAS BLANCAS

## 1. Origen de las salas blancas

Las salas blancas aparecieron hace aproximadamente 100 años en dos áreas, la hospitalaria para controlar las infecciones en hospitales y la industria de armamento, posteriormente fueron aplicadas a la industria de la microelectrónica, posteriormente se observó su utilidad en la fabricación de semiconductores, microchips, etc. ya que debido a su minúsculo tamaño necesitan de ambientes libres de partículas, con el paso de los años su uso se fue extendiendo a muchos otros ámbitos como el farmacéutico, alimentario, nanotecnológico, químico, etc...

La definición de sala blanca según la Federal Standard 209 D es: "*Una habitación donde la concentración de partículas en el aire es controlado por límites especificados*".

La definición de sala blanca según la British Standard 5295 es: "*Una habitación con control de partículas contaminantes, construida y usada minimizando la introducción, generación y retención de partículas; y donde la temperatura, humedad y presión es controlada según necesidades*".

Así, podemos resumirlo como una zona en la que ciertos parámetros críticos se mantienen alrededor de unos valores de consigna necesarios para una determinada función independientemente de las condiciones exteriores y el proceso de producción que se realice en su interior. Los parámetros generales a controlar son los siguientes: número y dimensiones de partículas en el aire, temperatura seca y húmeda y distribución de la misma, flujo del aire (velocidad, dirección y distribución), presión interior del aire y su distribución, geometría y acabados interiores, iluminación, protección contra incendios, protección electrostática, control y seguridad sobre la gestión, control energético y comunicación.

## 2. Aplicaciones de las salas blancas

Se encuentran salas blancas en las siguientes áreas:

La industria electrónica: Ordenadores, televisores, etc.

La industria de semiconductores: Producción de circuitos integrados, etc.

La industria micromecánica: Giróscopos, equipos compact-disc, etc.

La industria óptica: Equipos láser, lentes, etc.

La industria química: Producción materias primas para industria farmacéutica, etc.

La industria farmacéutica: Investigación y desarrollo, producción, etc.

La industria de equipos médicos: Válvulas cardiacas, sistemas by-pass, etc.

La industria alimentaria: Comida y bebida procesada, producción de bebidas, etc.

Hospitales y clínicas: Terapias inmunodeprimidos, quirófanos, etc.

Todos estos ámbitos persiguen una alta calidad en el aire, la diferencia entre una aplicación u otra reside en si queremos proteger al producto, al operador, al ambiente o combinaciones de ellos. En electrónica, micromecánica, semiconductores, óptica, etc. se persigue la protección del producto contra partículas que interfieran, en industria farmacéutica y química se debe proteger al producto pero también al operario y al ambiente, en alimentaria se busca proteger al producto y al operador, en hospitales y clínicas se debe proteger tanto al paciente como al personal y al ambiente, etc.

## 3. Clasificación de las salas blancas

### 3.1. Por número y tamaño de partículas

Las salas limpias se clasifican según el número y tamaño de partículas permitidas por el volumen de aire. Una alta clasificación como "Clase 100" o "clase 1000" (según FED-STD-209E), enumera el número de partículas de tamaño 0,5 micras más grande permitida por el pie cúbico.

Según la norma ISO 14644-1, la clasificación que va desde 1 al 6 se especifica con el logaritmo decimal del número de partículas de 0.1 micras o más grande permitido por metro cúbico de aire. Así, por ejemplo, una sala blanca ISO clase 5 ha en la mayoría de  $10^5 = 100.000$  partículas por  $m^3$ .

## ISO 14644-1 cleanroom standards

Class	maximum particles/m <sup>3</sup>						FED STD 209E equivalent
	≥0.1 μm	≥0.2 μm	≥0.3 μm	≥0.5 μm	≥1 μm	≥5 μm	
ISO 1	10	2					
ISO 2	100	24	10	4			
ISO 3	1,000	237	102	35	8		Class 1
ISO 4	10,000	2,370	1,020	352	83		Class 10
ISO 5	100,000	23,700	10,200	3,520	832	29	Class 100
ISO 6	1,000,000	237,000	102,000	35,200	8,320	293	Class 1000
ISO 7				352,000	83,200	2,930	Class 10,000
ISO 8				3,520,000	832,000	29,300	Class 100,000
ISO 9				35,200,000	8,320,000	293,000	Room air

Tabla 1: clasificación salas limpias según ISO 14644-1 y equivalencia con FED STD 209E

### 3.2. Por tipo de flujo de aire

Básicamente se dividen en flujo multidireccional y unidireccional.

#### *Flujo multidireccional*

En el flujo multidireccional como su nombre indica, se trata de un flujo no direccionado que se impulsa a la zona desde un punto o puntos y se aspira por otro punto o puntos situados de diferente forma, en el camino desde la entrada hasta la salida este aire puede realizar cualquier camino y dirección.

No se evitan las contaminaciones cruzadas en este tipo de flujo y la manera de conseguir un grado de pureza del aire es mediante la renovación constante del volumen de la sala.

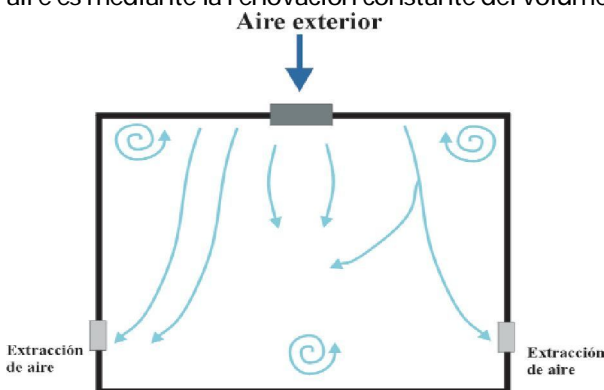


Ilustración 1: flujo multidireccional o turbulento

#### *Flujo unidireccional*

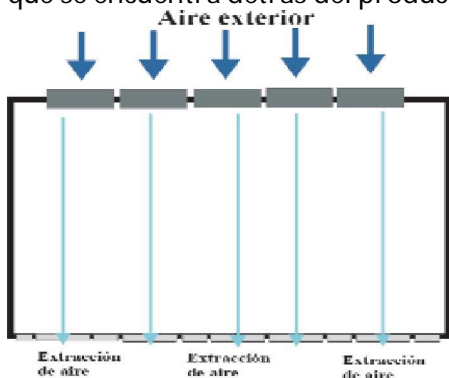
El aire es introducido por una superficie que puede ser vertical u horizontal a una velocidad constante (0.45m/s±20% según ISO 14644-1), recorriendo uniformemente toda la sala produciendo un barrido efecto pistón continuo y siendo extraído por un punto opuesto que idealmente debería ser simétrico a la superficie de impulsión. Este barrido no es totalmente uniforme debido a la presencia en la sala de equipamiento y personas que produce pequeñas turbulencias, de aquí la importancia del diseño de los elementos y de su posición.

De todas formas la trayectoria del aire en el interior de la sala es predecible con una exactitud aceptable, garantizando la no contaminación por contaminaciones cruzadas de los componentes o productos de fabricación.

Hay dos tipos de flujo laminar unidireccional, el vertical y el horizontal.

En el flujo vertical el sentido del flujo es de arriba hacia abajo como se ve en la ilustración 2, con lo que el flujo de aire protege al operador y al producto evitando así las contaminaciones cruzadas.

En el flujo horizontal el flujo sale desde una pared a la otra con lo que no evitamos la contaminación del operario que se encuentra detrás del producto.



#### 4. Tratamiento del aire

El apartado del tratamiento del aire es el más complejo, se deben dominar los campos de la filtración de alta eficiencia, refrigeración, climatización y la dinámica de fluidos.

Los parámetros más importantes a tener en cuenta en el diseño de la sala limpia son:

##### *Presión en el interior de la sala limpia*

El proceso de fabricación y la clase de la sala exigen una presurización determinada según normativa (saltos de entre 10Pa a 15Pa para salas de diferente clasificación según ISO 14644-1), se debe diseñar el escalonado de presiones de mayor clasificación a menor clasificación donde las salas con la clase más elevada serán las que tengan la mayor presión respecto al exterior y siempre garantizando un escalonado de presiones adecuado desde mayor clase hasta el exterior sin clasificar.

El sentido de la presurización es muy importante debido a la peligrosidad del producto que se esté manipulando. Esta protección por direccionalidad de presiones irá acompañada por captaciones puntuales necesarias en los puntos de mayor concentración.

Resulta necesaria la introducción de equipos de medida, de transmisión de datos, de capacidad de respuesta y de control y regulación muy sensibles para mantener la presión dentro de tolerancias requeridas y poder detectar cualquier desviación o anomalía.

Es necesario señalar que un sistema de presurización estándar no tiene un tiempo de respuesta suficientemente rápido como para compensar bruscas variaciones en la presión diferencial por lo que es necesario diseñar esclusas que puedan presurizarse previamente y que atenúen los cambios bruscos que podrían producirse en caso contrario. Resulta, por tanto, imprescindible la utilización de esclusas presurizables (SAS), sobre todo en los vestuarios y en las entradas con el fin de no conectar directamente dos salas con clasificaciones diferentes y no descompensar más de dos salas a la vez.

##### *Temperatura*

La temperatura puede ser diferente dependiendo del proceso a realizar, del producto o de las personas que van a utilizar la zona.

Suele ser el proceso el que determina el rango de temperaturas de trabajo y por tanto, la temperatura más adecuada para el entorno, según el producto a fabricar o manipular condiciona la temperatura de la sala o en el caso en que la vestimenta del personal sea muy pesada y pueda generar calor a los operarios.

Mantener temperaturas bajas y tolerancias pequeñas exige un sobre dimensionamiento del equipo térmico y necesita de una instalación de control y regulación muy sensible a pequeñas variaciones de carga térmica. También es necesario que las condiciones climáticas exteriores no influyan en la carga térmica del local, por lo que es usual la colocación de salas blancas en el interior de otras salas donde la temperatura sea prácticamente constante y del uso de materiales con gran aislamiento térmico.

##### *Humedad*

El parámetro de humedad dependerá también del proceso y del producto y no tanto del personal.

Debe evitarse la condensación en el interior de la zona, según el proceso y el producto podemos necesitar valores de humedad fuera de los rangos comunes de entre 45-65%, por ejemplo en la fabricación y manipulación de productos higroscópicos, efervescentes, etc. También se debe tener en cuenta que valores bajos de humedad, inferiores al 40% pueden causar problemas de electricidad estática y problemas de salud para el personal.

## *5. Materiales*

Las salas limpias deben estar diseñadas y construidas con materiales de una calidad superior a los empleados en la ejecución de cualquier otro tipo de edificación.

Materiales de uso común en otro tipo de construcciones (ladrillos, bloques de hormigón, placas de yeso, etc.) son inadmisibles. Las salas limpias, sean de presión positiva como de presión negativa, deben asegurar la estanqueidad. Esto sólo es posible con materiales no porosos que faciliten el sellado en las juntas. La facilidad de limpieza y, aún más, el diseño de las superficies de modo que retengan la menor suciedad posible, es otra característica fundamental en los materiales de construcción. Por ello, se deben usar materiales con superficies totalmente lisas y no porosas, sin rugosidades ni resaltes.

Las superficies de los materiales deben poseer la suficiente dureza y estabilidad como para que un golpe no facilite que se desprendan partículas que afecten a la limpieza de la sala. Al mismo tiempo, estas superficies deben resistir la acción de agentes químicos normalmente utilizados en operaciones de limpieza o en el propio proceso. En ocasiones debe recurrirse a paneles con acabados especiales debido a las operaciones que se desarrollan en la sala. Los materiales que permiten una correcta "puesta a tierra" facilitan la descarga electrostática de las superficies, lo que incide en su mayor facilidad de limpieza.

A continuación se detallan las características que deben cumplir los materiales más importantes:

### *Paredes*

Están formadas por paneles de material compuesto, construido por dos caras exteriores que aseguren las condiciones que se han comentado anteriormente y un núcleo interno que aporta rigidez al conjunto. Las caras exteriores del panel suelen ser chapas metálicas galvanizadas y lacadas, o bien, recubiertas de PVC. También pueden utilizarse aceros inoxidables u otros materiales como resinas fenólicas, poliéster, etc.

El núcleo interno del panel, además de aportar la rigidez necesaria, se utiliza para dotar al panel de cualidades adicionales como, por ejemplo, un buen comportamiento en caso de incendio y buen aislamiento térmico. Se aconsejan ir a clasificaciones contra el fuego M1 o M0.

### *Aislamiento térmico*

Está confinado entre capas de otro material impermeable que lo aíslen del interior de la sala. Con coeficiente transmisión térmico  $K < 0,5 \text{ kcal/m}^2 \cdot \text{h} \cdot ^\circ\text{C}$ , son materiales de resistencia al fuego de mínimo M1.

### *Techos*

Se usa el mismo panel que el usado en las paredes debiendo cumplir las mismas características que las paredes pero en el caso de que sea techo transitable para mantenimiento deberá tener mayor resistencia mecánica.

### *Suelos*

Están fabricados a partir de recubrimientos vinílicos soldados entre sí, resinas epoxy o poliéster autonivelables. Se puede diseñar este recubrimiento para que sea conductor de la electricidad en las zonas que así lo requieran. En salas con flujos unidireccionales, con paso de aire a través del suelo, éste se forma con piezas sujetas sobre soportes (dejando los espacios necesarios para el paso del aire). Los materiales deben tener una resistencia al fuego mínima M1. Sobre todo deben ser lisos, continuos, sin juntas ni resaltes donde se pueda acumular suciedad o focos de contaminación y fácilmente limpiables.

### *Puertas y ventanas*

Las puertas deben cumplir con su función de elemento de paso entre dos áreas adyacentes y además resolver las particularidades que supone su ubicación en salas limpias, deben ser de fácil limpieza por lo que tienen que estar enrasadas a ambas caras del panel, las bisagras se diseñan de modo que no se acumule suciedad sobre ellas, en caso de estar acristaladas, los visores debe estar enrasados a ambas caras de la hojas, en ocasiones, y al formar parte de esclusas de entrada, deben venir dotadas de cierres electromecánicos, deben diseñarse para adaptarse a las condiciones de presurización, positiva o negativa, de la sala. Los materiales deben tener una resistencia al fuego mínima M1.

Las ventanas, al igual que en el caso anterior, se diseñan de modo que queden enrasadas a ambas caras del panel, preferentemente sin perfilera. En función de las necesidades pueden incorporar una cámara estanca que haga posible su ubicación separando áreas con condiciones de temperatura y humedad muy diferentes evitando condensaciones.

### *Iluminación*

Florescentes de luz blanca neutra, la necesaria según las tareas a ejecutar. (Mínimo 500 Lux). Deberán ser estancas con una clasificación IP65.

NOTA IMPORTANTE: LA INFORMACION ANTERIOR HA SIDO RECOPIADA Y EXTRAIDA DE VARIAS PUBLICACIONES TECNICAS EXISTENTES EN EL MERCADO.

**Autores:**

AVELINO GANDARA PEREZ y

MIGUEL ANGEL DIAZ VENTOSO del

***Departamento Técnico de CALOR Y AMBIENTE S.L.***