

6.- LIMPIEZA Y MANTENIMIENTO.

Las salas blancas se utilizan para proteger los productos de muchas industrias de la contaminación. Millones de euros, libras o dólares, así como años de esfuerzo, se pueden aplicar en el diseño y la construcción de una sala limpia, no obstante, un mal uso en la limpieza y el mantenimiento de la misma pueden echar a perder el trabajo de cientos de personas, sin embargo, con un poco de conocimiento y esfuerzo se puede conseguir mantener la misma dentro de los estándares de limpieza para los que fue diseñada.

6.1.- Limpieza.

¿Por qué las salas limpias deben limpiarse?

La limpieza es algo inherente en las salas limpias, de hecho, lo llevan escrito en su nombre. Todo su diseño, construcción y concepto, vienen orientados a fabricar un espacio lo más limpio posible de todo tipo de sustancias contaminantes.

Ahora bien, cabe preguntarse: ¿Por qué existe la necesidad de limpiar las salas blancas? ¿No es el aire de las mismas libre ya de partículas y bacterias?, ¿y no se utiliza ropa especial para evitar la dispersión de las mismas por parte de los trabajadores y su introducción en el interior? En verdad, la ropa de salas limpias, no evita del todo la dispersión de partículas por parte de los usuarios, ya que una persona puede dispersar con la indumentaria de las salas limpias, más de 100.000 partículas de un tamaño mayor o igual a 0,5 μm y más de 10.000 partículas iguales o mayores a 5,0 μm . Pero no sólo los usuarios de las mismas son culpables de contribuir a la contaminación de la sala. Las máquinas, en su funcionamiento, también dispersan millones de partículas.

La mayoría de las partículas más grandes se depositan con facilidad, por efecto de la gravedad, en cualquier superficie horizontal, generalmente el suelo. Otras partículas más pequeñas son lanzadas por la corriente de aire, o depositadas por el movimiento browniano, sobre otras superficies.

Para evitar este problema, se debe de prever una serie de medidas que minimicen su traslado al interior de la sala.



Imagen : Un equipo completo de limpieza de una sala limpia.

Las superficies de las salas limpias se ensucian y deben limpiarse. Si no es así, la contaminación existente puede transmitirse al producto o elementos con los que se trabaja, cuando este entra en contacto con las superficies sucias. Además, cualquier producto también puede ser contaminado por el personal que entra en contacto con una superficie de la sala que esté sucia, y luego con el producto. Las salas blancas pueden parecer limpias para cualquier persona, pero, en términos de requisitos de salas limpias y a la escala a la que se trabaja, estar en realidad muy sucias. El ojo humano no puede ver una partícula poco más pequeña de $50\text{ }\mu\text{m}$. Las partículas pequeñas se acaban viendo con el tiempo cuando su concentración aumenta y se produce una aglomeración de las mismas, cuando esto ocurre ya ha pasado un tiempo considerable en el que estas partículas han ido contaminando por sí solas los productos de la sala. Si esto llega a suceder, una sala limpia dista mucho de cumplir los requisitos para los que fue diseñada.

Las personas también pueden dispersar por minuto a cientos, o miles, de microbios que transporten a su vez grandes cantidades de partículas. Debido a que estos microorganismos se desarrollan en células de la piel, o fragmentos de células de la piel, el diámetro equivalente promediado suele estar entre 10 y $20\text{ }\mu\text{m}$. Estos organismos, suelen depositarse con facilidad, como ocurría con las partículas de gran tamaño, por efecto de la gravedad,

en las superficies de la habitación. Por tanto, es muy recomendable que las salas limpias, y sobre todo aquellas que se utilicen en la industria de la salud, sean regularmente desinfectadas para matar los microorganismos que se hayan ido depositando en las diferentes superficies.

En el caso concreto de la introducción de partículas por parte de los usuarios, existe un punto crucial; los pies. Se ha demostrado, que se puede introducir una gran cantidad de partículas al interior de la sala mediante los pies.

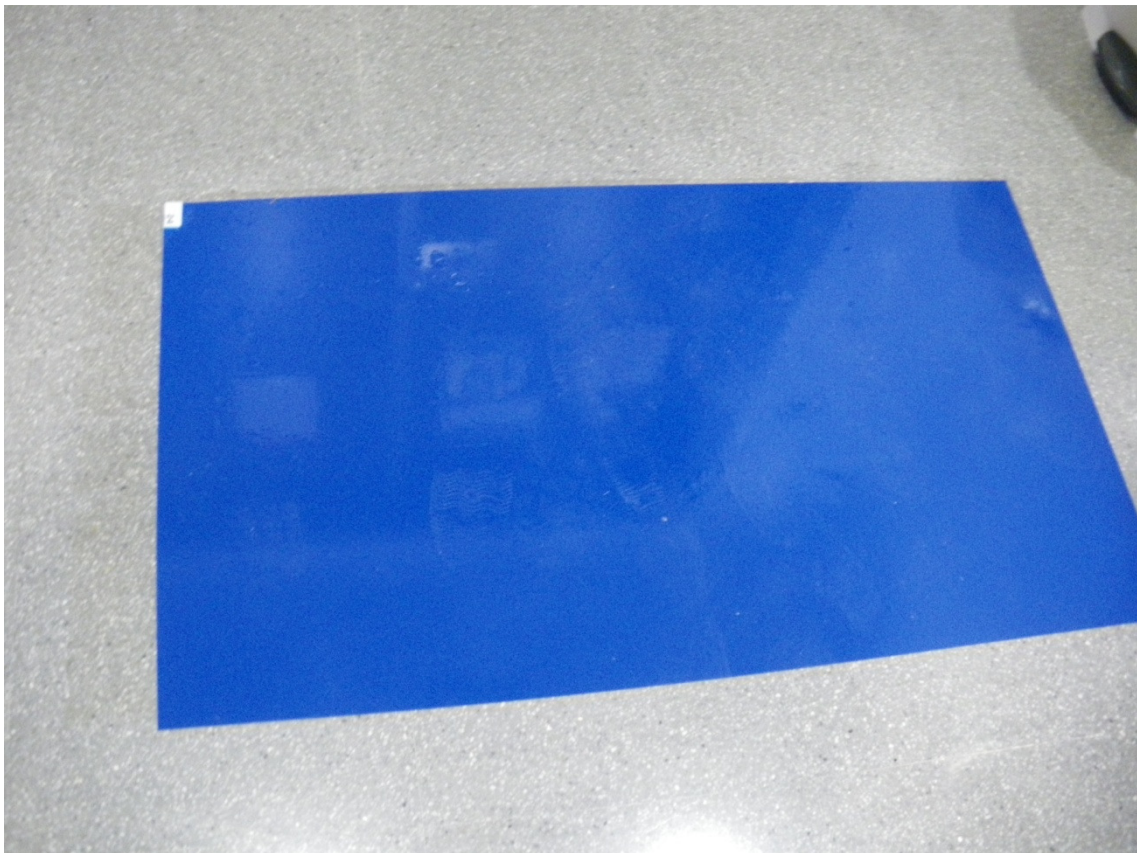


Foto X: Lámina especial para retener partículas y suciedad de los pies de los usuarios.

Por supuesto existen una gran cantidad de métodos para evitar tanto la introducción de partículas al interior de la sala, como la eliminación por métodos de limpieza de dichas partículas y suciedad con una gran eficacia. Un ejemplo es la colocación de láminas especiales que eliminan cargas electroestáticas o partículas y suciedad. En la fotografía X podemos observar una lámina que retiene partículas y suciedad en el vestuario previo a las

inmediaciones de la sala limpia situada en la UPV, en concreto en el instituto de nanotecnología.

Antes de meternos en profundidad en los métodos de limpieza que ayudan a mantener a una sala limpia en las condiciones idóneas, veremos los diferentes instrumentos y herramientas que se utilizan para su limpieza. Aunque como ahora veremos estos instrumentos no distan mucho de los utilizados comúnmente en el hogar poseen algunas diferencias, diferencias que al igual que en los métodos de limpieza tienen un porqué basado en una idea la de retirar la mayor cantidad de partículas de las diferentes superficies de la sala, contaminando lo menos posible en su uso.

Instrumentos de limpieza

Los instrumentos que se pueden utilizar de manera general para la limpieza de una sala blanca, varían en función del método escogido y son los siguientes:

- ❖ Aspiradores especiales (aspiración húmeda o seca)
- ❖ Mopa y fregona (Limpieza húmeda).
- ❖ Recolección mediante rodillos adhesivos de limpieza.
- ❖ Limpieza utilizando máquina de limpieza.

La eficiencia final de estos métodos de limpieza depende de la superficie a limpiar. Si el acabado de la superficie es áspero o con poros, entonces resultará mucho más difícil eliminar las partículas situadas dentro de estos defectos superficiales. Por lo tanto, vuelve a hacerse patente, esta vez para el correcto mantenimiento de la sala, que todas las superficies y materiales sin excepción, posean una superficie lisa y sin poros en todo su intradós.

Aspiradores especiales

Hay dos métodos de aspiración principales cuando hablamos de su uso en salas limpias: seco y húmedo.

El método en seco, depende del chorro de aire que se mueve hacia la boquilla del aspirador, y a que este chorro sea lo suficientemente potente como para que supere las fuerzas de adhesión, que mantienen a las partículas pegadas a la superficie, consiguiendo finalmente separarlas de la superficie. Sin embargo, la velocidad del aire que se puede generar, es, en muchos casos, insuficiente para eliminar las partículas más pequeñas. En el siguiente gráfico mostramos los resultados que se obtienen al utilizar la limpieza por aspiración en seco frente a diferentes tamaños de partículas de arena en una superficie lisa de vidrio.

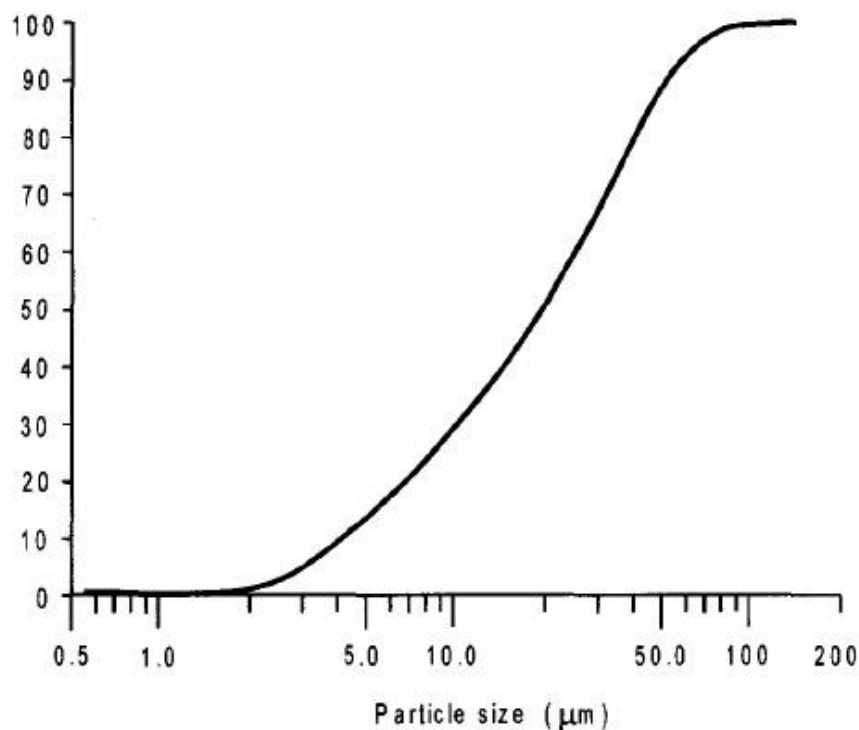


Gráfico X: Porcentaje de aspiración frente a tamaño de partículas. (Método: aspiración en seco).

Como puede observarse en el gráfico la mayoría de las partículas de más de 100 µm se consiguen eliminar, pero aquellas que son más pequeñas que estas, se eliminan de forma ineficiente, hasta el punto de que con un tamaño de 10 (micras) sólo llegamos hasta el 25%.

Este experimento demuestra que la mayoría de las partículas depositadas en superficies no se eliminan con el método de la aspiración en seco, y la experiencia, incluso la doméstica, así lo confirma. ¿Cuánta gente

se contentaría con sólo aspirar el suelo de su casa? Un piso de cocina de un color claro presentaría en muy poco tiempo unas condiciones inaceptables si sólo se le pasara la aspiradora, aunque esto se hiciera diariamente.

La solución a este problema se nos presenta de la siguiente forma: agua y disolventes tienen una viscosidad mucho más alta que el aire, de modo que las fuerzas de arrastre ejercidas por la aspiración hacia los líquidos en una superficie cualquiera son mucho mayores que si nos enfrentamos solamente a aire. Por tanto, si utilizamos un sistema de aspiración sobre una superficie previamente humedecida, las fuerzas de arrastre que este creará será la misma (no ha cambiado la fuerza del aspirador), pero su eficiencia se verá notablemente mejorada, sobre todo en las partículas de menor tamaño, que ahora se encontrarán en suspensión en el líquido utilizado.

Mopas y fregonas

La limpieza húmeda, ya sea mediante mopas o fregonas, puede limpiar eficientemente las superficies de una sala limpia. El líquido utilizado permite romper el vínculo establecido entre las partículas y la superficie, haciendo que estas floten. Esto se hace especialmente patente si se utiliza un agente tensioactivo. Sin embargo, después de este proceso, muchas partículas todavía permanecen adheridas a la superficie, interviniendo entonces la mopa o las fibras de la fregona para empujar y despegar dichas partículas. Las partículas que son desprendidas se conservan en las fibras especiales de la fregona o mopa. Por tanto, podemos concluir que una limpieza húmeda es más eficiente que una seca, ya que las fuerzas de arrastre en la solución acuosa o de disolvente son mucho mayores.

Algunas mopas y fregonas son más eficientes que otras. A medida que transcurra la tarea de empujar y arrastrar las partículas, una mopa o fregona hecha de un material fibroso fino será más eficiente que una con fibras más gruesas.



Imagen : Mopa especial utilizada en salas limpias



Imagen : Fregonas especiales para su uso en salas limpias

Los mochos o las fregonas son generalmente humedecidos con un detergente o una solución desinfectante, utilizándose en las salas blancas para limpiar las superficies y eliminar la contaminación. También se suelen utilizar para limpiar la contaminación de los productos producidos en la sala y se utilizan en seco para limpiar, líquidos que se hayan podido derramar. Las fregonas normales que se utilizan en el hogar no son aceptables en las salas limpias, ya que poseen una alta concentración de partículas, fibras y contaminación química que se puede quedar adherida en las superficies de la sala.

La elección de una fregona depende de los problemas de contaminación que se prevean en una determinada sala. Igual que no existe un limpiador, detergente o desinfectante perfecto, tampoco existe una fregona ideal. Dependiendo del uso que se le vaya a dar a la fregona, variarán las cualidades o propiedades que esta deberá presentar. Las principales propiedades que debemos tener en cuenta son las siguientes:

Absorción.

La absorción es una propiedad importante de las fregonas. Es común utilizarlas para recoger un líquido derramado o cualquier sustancia de consistencia similar. Por tanto, es necesario conocer su absorción, y cuando hablamos del término absorción, hablamos tanto en su capacidad de

absorción (la cantidad de líquido que puede absorber antes de saturarse) como en su tasa de absorción (la rapidez con que puede absorber líquido).

Esta propiedad resulta también muy importante cuando hablamos de controlar la contaminación que pueda existir en una sala y no dispersarla. Una fregona con una gran tasa y capacidad de absorción dispersará muchas menos partículas que una de peores calidades, ya que si su tasa de absorción es corta, dispersará muchas partículas mientras se esté utilizando, y si su capacidad de absorción es limitada se saturará en seguida resultando prácticamente inútil y contraproducente su uso.

La contaminación de las fregonas.

Las fregonas son uno de los elementos más sucios de una sala limpia. En comparación con otras fregonas o elementos de uso doméstico son muchísimos más limpias, pero, no obstante, y en esta escala de limpieza, una fregona específica puede contener varias veces más partículas que el aire de la habitación. Por todo esto, nos daremos cuenta de la importancia de elegir una fregona que tenga unas características específicas en absorción y durabilidad.

Cuando una fregona se moja, cualquier material o sustancia que esté presente en ella y que sea soluble se disolverá, el problema viene cuando este material se llega a transmitir a las superficies que se pretenden limpiar.

Otras propiedades de las fregonas.

Además de las propiedades que hemos visto anteriormente existen otras propiedades que deben ser consideradas, y estas son:

- La resistencia textil de sus fibras.
- Resistencia a la abrasión.
- Propiedades estáticas o antiestáticas (según su uso).
- Esterilidad (de vital importancia en laboratorios y quirófanos).

Todas las propiedades anteriores incluidas las de absorción, pueden ser evaluadas mediante las pruebas propuestas en el IEST recomendado el RP CC004.

Recolección mediante “rodillos de limpieza”

La eficiencia en la recolección de partículas de los rodillos depende de la intensidad de la fuerza adhesiva de la superficie de los mismos. Cuanto mayor sea esta fuerza, más partículas se eliminarán. No obstante, existen otros factores, tales como la suavidad de la superficie del rodillo; cuanto mayor sea esta, permitirá un mejor contacto con la superficie en cuestión, así como la eficiencia técnica que posea de fábrica el rodillo a la hora de remover partículas.

Los rodillos adhesivos utilizados para la limpieza de las salas limpias, son similares en tamaño y forma a los rodillos de pintar que se utilizan comúnmente, su diferencia radica en que poseen un material pegajoso alrededor del exterior del rodillo. Este material logra atrapar la suciedad adherida en las paredes, techos y suelos, por sus propiedades adhesivas. Un ejemplo de un rodillo adhesivo se muestra en la imagen.



Imagen : Rodillo de limpieza utilizado en salas limpias.

Máquinas de limpieza

Las máquinas de limpieza de suelos que utilizan cepillos rotatorios son una opción para la limpieza de una sala limpia. Generalmente, la máquina posee una “falda” alrededor de su exterior formada por unos cepillos y un sistema de escape que elimina las partículas producidas por el cepillado del suelo. A continuación, un filtro de alta eficiencia retiene las partículas que pasan por los filtros de este escape. Para poder utilizar estas máquinas correctamente en una sala limpia, se debe de haber previsto en su concepto, y como hemos visto en el punto 5 del presente proyecto, las esquinas deberán de ser completamente rectas para que la máquina pueda limpiarlas con facilidad. Esta herramienta de limpieza se suele utilizar en salas limpias que presenten una gran extensión en alguna de sus habitaciones. Siendo contraproducente en espacios reducidos.

Veamos ahora una serie de métodos de limpieza y la física por la que han sido ideados, para poder así entender mejor el porqué de que unos sean más o menos recomendables.

La física de limpieza de las superficies

Existen varias fuerzas las cuales hacen que las partículas, tanto “grandes” como pequeñas, que hay en una sala limpia, no sean arrastradas por el flujo de aire que regenera la sala, no pudiendo así ser filtradas.

La principal fuerza que mantiene a las partículas “pegadas” a las superficies de la sala es la fuerza conocida como de “London-van der Waal’s”, siendo esta una fuerza intermolecular.

Las fuerzas electroestáticas también pueden atraer las partículas a una superficie. La importancia que se le da a las fuerzas electrostáticas varía entre salas limpias, y depende del tipo de los materiales utilizados en el diseño y la construcción de la misma. Anteriormente hemos visto algunos detalles constructivos destinados principalmente a solucionar este problema.

Una tercera fuerza puede surgir después de la limpieza húmeda. Las partículas que se queden después de la limpieza y durante el proceso de secado, pueden adherirse al material a través del líquido utilizado para la limpieza. Si se utiliza una solución acuosa, entonces sólo las partículas que son solubles en agua se disolverán quedándose entonces el resto de partículas. Si a continuación, utilizan disolventes tales como alcoholes, los materiales orgánicos serán disueltos, evitando así que se puedan adherir a las superficies en el proceso de secado.

Sin embargo, la mayoría de las partículas que se encuentran en una sala limpia no pueden ser disueltas, y la fuerza de adhesión que las mantiene pegadas a una superficie debe ser superada. La inmersión de las partículas en un líquido, como ocurre en el proceso de mojado y posterior uso de una aspiradora, o cualquier método limpieza en húmedo ya sea con fregona o mopa, pueden disolver esta fuerza de adhesión que aparece después del secado. Si además utilizamos un detergente de base acuosa, entonces tanto la fuerza “London-van der Waal’s” como las fuerzas electrostáticas pueden ser reducidas o completamente eliminadas. En ese momento, la partículas, antes adheridas, pueden ser empujadas o retiradas

por cualquiera de los métodos comentados anteriormente, y que ahora veremos con más detenimiento.

Métodos utilizados para limpiar salas blancas

Los métodos utilizados en las salas blancas tienen una similitud a los utilizados en la limpieza de la casa. Sin embargo, existen algunas pequeñas diferencias que son muy importantes. Por ejemplo, un cepillo seco (escoba) nunca debe ser usado para barrer una sala limpia, ya que se ha demostrado que puede producir más de 50 millones de partículas $\geq 0,5 \mu\text{m}$ por minuto. Las fregonas comunes no son mucho mejores, ya que pueden producir casi 20 millones de partículas de $\geq 0,5 \mu\text{m}$ por minuto. Por ello, como hemos visto anteriormente, se deberán utilizar instrumentos especializados para esta labor. Asimismo, la forma de utilizarlos también presenta ligeras variaciones que deben ser tenidas en cuenta y que razonamos a continuación.

Sistemas de limpieza por aspiración seca o húmeda.

Pasar la aspiradora en seco es un método popular de limpieza porque es relativamente barato y, debido a que no se necesitan líquidos de limpieza, no se introducen contaminantes en la sala blanca. No obstante, los aspiradores necesitan un escape de aire para ser utilizados, y estos escapes pueden resultar contraproducentes al tirar y remover partículas en el interior de la sala. Para lograr evitar esto se puede utilizar un aspirador que pueda situar su aparato principal de succión en el exterior de la sala (esto sólo es posible si ha previsto con anterioridad este sistema). La otra opción es utilizar un aspirador portátil que posea un conducto de escape de aire equipado con un filtro HEPA o ULPA. Este filtro debe ser colocado después del motor, para asegurarse así que ninguna partícula del mismo se disperse en el ambiente.



Imagen : Aspiradora de líquidos tipo que se utiliza en salas limpias.

Una aspiradora de líquidos, como hemos explicado anteriormente, es más eficiente que una de aspiración en seco debido a las fuerzas de arrastre adicional del líquido utilizado. También es generalmente más eficaz que un sistema de limpieza húmeda mediante mopa o fregona, ya que se deja menos líquido en el suelo, de forma que se reduce el proceso de secado, el cual resulta contaminante como hemos explicado anteriormente.

Los sistemas que utilizan líquidos para retener a las partículas y/o eliminarlas, son posibles en cualquier sala limpia que posea un suelo convencional y por tanto un régimen de aire que no sea vertical unidireccional. Pero no en aquellas salas, en las que aparezcan un suelo técnico elevado microperforado, utilizado para producir una corriente de aire vertical unidireccional, no será posible el mojado/humedecido del mismo para su posterior limpieza, ya sea mediante métodos convencionales (mopa o fregona) o aspiradores de líquidos. Esto se debe de tener en cuenta a la hora de planificar el mantenimiento de la sala.

Sistemas de limpieza mediante mopa o fregona.

Las salas blancas se suelen limpiar con mopas y fregonas especiales y un balde. No se deben utilizar fregonas convencionales de hogar ya que contribuyen a introducir una gran cantidad de contaminación, así como ningún elemento sintético utilizado en el hogar, ya que a la larga se acaban rompiendo y desintegrando sus fibras por el uso. Las superficies de limpieza

de estas fregonas y mopas están hechas de materiales que no son fáciles de romper. Esto se puede hacer de un PVA o espuma de poliuretano de poro abierto, o una tela como el poliéster. La compatibilidad del material de esterilización, desinfectantes y disolventes deberán ser revisadas, ya que algunos materiales no son adecuados. Por último, para este sistema, los cubos deberán estar hechos de plástico o acero inoxidable.



Imagen : Sistema de 3 cubos (plástico)



Imagen : Sistema de 2 cubos (acero inoxidable)

Una sala blanca puede ser limpiada y desinfectada por el uso de una fregona y un balde con agua y detergente o desinfectante. Sin embargo, el nivel de limpieza alcanzado por este sistema puede no ser suficiente, ya que la suciedad recogida desde el piso se enjuaga en el cubo y se vuelve a aplicar al suelo. La experiencia en el hogar nos dice que no pasa mucho tiempo antes de que la solución de detergente y agua se ensucie y el suelo no se limpie adecuadamente.

Cuando se usan desinfectantes, especialmente a base de cloro, la contaminación del suelo puede neutralizar la eficacia del desinfectante. Cambiar la solución del cubo continuamente soluciona este problema, pero para que realmente resultara efectivo se debería realizar los cambios constantemente, lo cual no resultaría muy práctico. Existe otra solución, mucho más práctica, para conseguir una mejora sustancial de esta forma de limpieza, y es el método de los 2 o 3 cubos.

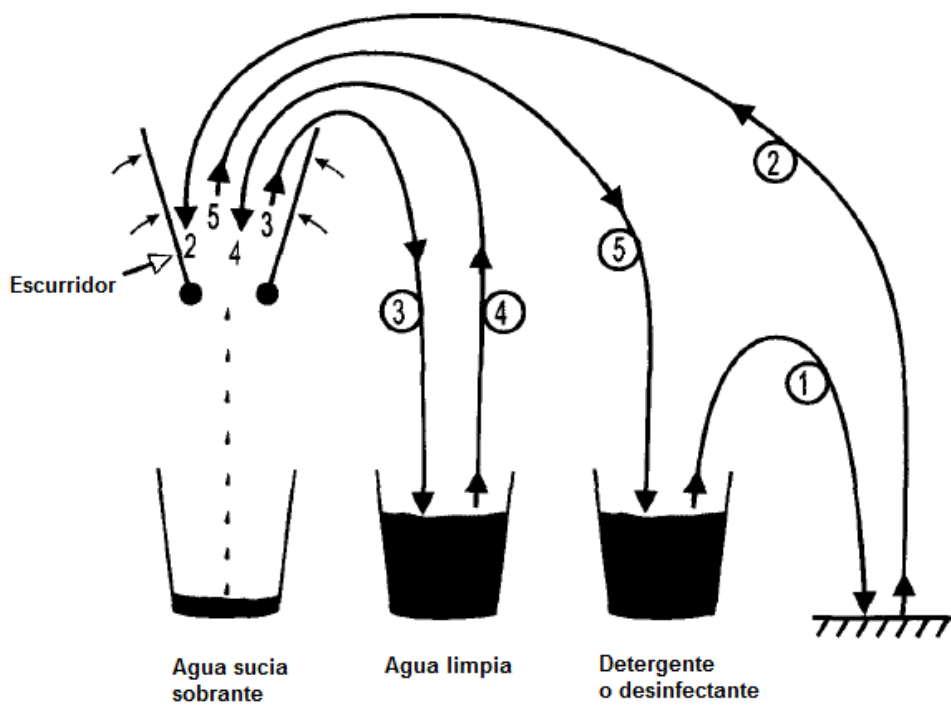


Imagen : Diagrama explicativo del método de los tres cubos.

La imagen muestra un diagrama que explica el método de los 3 cubos. El método es el siguiente:

1.- Se introduce la fregona en el 3er cubo, que contiene el producto de limpieza adecuado (detergente, desinfectante...). Posteriormente se aplica en el suelo.

2.- Se introduce la fregona en el escurridor. De esta forma el agua sucia, llena de partículas e impurezas cae en el 1er cubo, el cual estará vacío.

3.- Se limpia la fregona introduciéndola en el 2º cubo, que contiene agua limpia, reduciendo así la cantidad de impurezas que haya podido acumular la fregona.

4.- Se vuelve a escurrir la fregona. Ahora el agua limpia ha ayudado a eliminar las impurezas que pudieran quedar en las fibras de la fregona.

5.- Se vuelve a introducir la fregona en el 3er cubo, aplicándole nuevamente el detergente o desinfectante.

1.- Se vuelven a repetir todas las operaciones anteriores.

El sistema de los 2 cubos, es similar al anterior. La principal diferencia radica en que se utiliza un cubo para el detergente o el desinfectante y otro con agua limpia o vacío, para recoger las impurezas. No obstante, sea cual sea el uso de este segundo cubo, no llega a ser tan eficiente como el sistema de los tres cubos, por razones que resultan evidentes. En el sistema de los tres cubos se consigue eliminar mucho mejor las impurezas que absorbe la fregona antes de volverla a aplicar al suelo, mientras que en el sistema con un cubo menos, esta limpieza es considerablemente menor.

¿Cómo debe limpiarse una sala blanca?

Los métodos utilizados para limpiar las salas blancas variarán de acuerdo con su clasificación y su diseño. Por tanto, es necesario adaptar cada método de limpieza a cada sala limpia. La siguiente información pretende servir de ayuda en esta tarea.

Generalidades

Los siguientes puntos generales deben tenerse en cuenta al desarrollar un método de limpieza:

- Si después de limpiar una sala limpia, se pueden observar partículas o restos a simple vista, esta dista mucho de estar limpia, aunque estos restos sólo estén ubicados en una zona de la misma.
- Se debe de explicar a los miembros del personal limpieza de la sala que durante su limpieza, y aunque no observen nada, pueden estar eliminando partículas y micro-organismos que no tienen por qué ser vistos. Esto es conveniente indicarlo, puesto que al fin y al cabo, aunque no se vea suciedad, se debe limpiar sistemáticamente todos los espacios y rincones de la sala.

- La limpieza de una sala limpia puede generar muchas partículas. Por tanto, para minimizar la contaminación generada por el proceso de limpieza la instalación de filtrado de aire deberá estar a pleno rendimiento.
- El personal de limpieza debe tener el mismo nivel de ropa y vestuario que el personal de producción, es decir, perfectamente vestidos (cómo vestirse correctamente lo veremos en el siguiente punto de este proyecto).
- La limpieza de la sala debe hacerse de una manera más lenta de la que se haría en el hogar. Esto minimizará la dispersión y garantizará una limpieza más eficiente.
- Los productos de limpieza se puede diluir en un balde con agua destilada o desionizada, el agua deberá de ser tan limpia y pura como sea posible.
- Cuando utilizamos un aparato de limpieza, es conveniente colocar en su boquilla un filtro o accesorio que evite su dispersión en exceso. Se ha demostrado que su uso directo esparce más de un millón de partículas $\geq 0,5\mu\text{m}$ con cada pulverización.
- Los agentes de limpieza o de desinfección deben estar limitados a las áreas o zonas "críticas", además de que la concentración de la solución diluida deberá de ser la mínima necesaria para realizar la limpieza y/o desinfección adecuadas, evitando así daños en otras zonas o en ella misma.
- Las disoluciones de detergentes pueden ayudar al crecimiento microbiano, por lo que estas disoluciones deben estar recién preparadas a la hora de su aplicación, así como que los productos

utilizados se deberán almacenar durante el menor tiempo posible. Los recipientes utilizados para el manejo del agente diluido no deben dejarse tirados con los restos de la disolución al terminar su uso tanto permanente como por un periodo prolongado de tiempo, ya que pueden proliferar todo tipo de bacterias en el contenedor. Los cubos y recipientes de limpieza deberán ser cuidadosamente lavados después de cada uso y dejados secar.

Áreas o zonas de limpieza

Al establecer un horario para la limpieza de una habitación, se debe de tener en cuenta el hecho de que las superficies horizontales, debido a la sedimentación gravitacional de las partículas, se ensuciarán más rápidamente que las superficies verticales. Por supuesto, también se deberá en cuenta cada caso, ya que las zonas que entren más en contacto con el personal se ensuciarán con más facilidad que otras. Esto significa que las paredes y techos no recogerán tantas partículas y requerirán menos limpieza que los suelos y las puertas. Por esa misma razón las puertas requerirán una mayor limpieza que las paredes, ya que se tocan con una mayor frecuencia.

Cuando hablamos de limpieza en zonas o áreas, debemos diferenciar tres principalmente: «crítica», «general», y zonas "exteriores".

La zona o zonas "crítica/s" serán las zonas de producción donde la contaminación podría acceder directamente al producto. Estas áreas críticas se deben limpiar al más alto nivel.

La zona o zonas "general/es" serán las áreas de la sala blanca donde la contaminación no puede contaminar directamente el producto, pero podría transferirse con facilidad a las «zonas críticas», por ejemplo, paredes, pisos, etc La limpieza puede ser por lo tanto menos estricta, pero eso sí igual de eficiente.

Las zonas "exteriores" serán aquellas que aún estando en el entorno de la sala limpia, queden alejadas y separadas del entorno de trabajo, por

ejemplo, almacenes de material, áreas auxiliares, vestuarios... El método de limpieza aquí puede ser menos estricto, aunque según la actividad que se tenga puede ser necesario hacerlo con mayor frecuencia.

Los métodos de limpieza más eficientes deben ser utilizados en las áreas críticas, los métodos menos eficaces en el área o áreas generales, y los que resulten menos eficientes en las áreas exteriores. Esto significa que las superficies a limpiar en un determinado periodo de tiempo deberán ser menores en las zonas críticas, y podrán ser mayores para las zonas generales y exteriores. Existe una superposición en la eficiencia de los métodos de limpieza, pero, en general, su eficiencia se distribuye de menor a mayor de la siguiente manera:

1. Aspiración en seco.
2. Limpieza mediante mopa o rodillos de limpieza.
3. Limpieza con fregona con un solo cubo.
4. Limpieza con fregona con el método de los dos cubos.
5. Limpieza con fregona con el método de los tres cubos.
6. Limpieza mediante aspiración húmeda.

Es conveniente indicar que, la aspiración en seco en las salas blancas no debe considerarse como un método de limpieza, sino como un recurso previo a la limpieza. Se utiliza generalmente en zonas exteriores y generales y en áreas críticas que puedan presentar una acumulación rápida de fibras o partículas generadas por los procesos que se desarrollen en ellas.

Los métodos de limpieza pueden variar, pero sí que es cierto que algunos pueden estar limitados a determinadas zonas. Por ejemplo, en áreas exteriores la limpieza mediante el método de un solo cubo puede ser adecuada, pudiendo complementarse mediante el uso de mopas o rodillos de limpieza para determinadas zonas como paredes, puertas, techos... En las zonas generales cualquier método de varios cubos puede ser suficiente. En las zonas críticas deberá utilizarse cualquier método húmedo que resulte

eficiente para eliminar la mayor cantidad de partículas de acuerdo con el proceso que se desarrolle.

La limpieza de las zonas críticas debe de hacerse con mayor frecuencia. La idea de que el proceso de limpieza debe de ser realizado únicamente por el personal de limpieza designado es completamente errónea. Puede ser necesario, que el personal que trabaja en la sala blanca realice operaciones de limpieza a lo largo del día, por ejemplo, antes del comienzo de la producción de un nuevo lote, o al finalizar este.

Los espacios exteriores, debido al hecho de que estén más alejados del área donde está expuesto el producto podrían, si todos los demás factores se mantienen iguales, limpiarse con una menor frecuencia. Sin embargo, debido a la alta actividad y a los desechos acumulados en las áreas de cambio, puede ser necesario que se limpien de una manera más regular que otras áreas de la sala blanca.

Las áreas generales deben limpiarse con una frecuencia que dependerá de las condiciones de la sala limpia, pero probablemente se puede hacer, antes o justo después del período de trabajo. Estas labores se podrán realizar ya sea por el personal que trabaja en la sala, o por un personal de limpieza. Cuando existan turnos que colmen las 24 horas al día de trabajo, la limpieza deberá hacerse durante la producción. Esto es menos satisfactorio que que la limpieza se realice como un proceso aparte, pero no existe otra opción, la sala debe estar siempre limpia y correctamente mantenida. Podría ser posible detener determinados procesos para que se realice la limpieza de ciertas zonas, mientras se trabaja en otros procesos o zonas, para luego cambiar de ubicación. Esto último siempre se deberá prever con antelación para que la limpieza y el correcto funcionamiento de la sala no se vean perjudicados.

Métodos de limpieza

El proceso de limpieza puede comenzar por la eliminación de los “palos y piedras”, del inglés “sticks and stones”, es decir aquellos elementos que se

pueden ver a simple vista (pelusas, fibras, astillas de vidrio...) con un proceso de aspiración en seco. Realizando previamente este proceso podremos utilizar una menor concentración de detergente en la limpieza posterior. Si nos encontrásemos con un elemento que no se pudiese aspirar por su tamaño, deberemos utilizar un trapo húmedo, y retirarlo manualmente. La limpieza debe comenzar en las zonas más alejadas de la salida. Esto asegura un mínimo de recontaminación de las superficies. En un área crítica que presente un flujo unidireccional de aire es mejor empezar por el punto más cercano a los filtros de aire e ir alejándose de ellos progresivamente al realizar la limpieza.

Se debe prestar especial atención a la limpieza del agua. En las zonas exteriores que se limpian con un solo cubo, se puede aceptar que el agua se cambie cuando esta adquiera un color marronáceo. Si se utiliza el método de los dos o tres cubos, no es necesario controlar el agua, pero sí que será necesario cambiarla si nos cambiamos a una zona más restrictiva (general o crítica).

Se deben siempre repasar las zonas con un trapo húmedo con la solución que hayamos elegido, a fin de cerciorarnos de que la superficie está realmente limpia.

A mención del punto anterior, y para limpiezas en las que se utiliza un trapo o paño para la limpieza de superficies, deberemos de irlo doblando a medida que sus caras se ensucien, evitando así el traslado de suciedad y partículas de una zona a otra. Cuando todas sus caras estén sucias deberemos reemplazarlo por otro.

Como ya hemos comentado anteriormente, cada zona deberá de tener un tiempo de limpieza en función de si es crítica, general o exterior. Ahora bien, dentro de cada zona, existirán determinados espacios, lugares o instrumentos que deberán requerir una especial atención, y que deberán ser tenidos en cuenta a la hora de asignar sus tiempos de limpieza.

Si se usan desinfectantes con base acuosa, se debe tener en cuenta que estos no actúan de inmediato. Estos desinfectantes deberán aplicarse generosamente para asegurar que no se sequen antes de que resulten efectivos y se deben de dejar por lo menos durante dos minutos, y preferiblemente cinco minutos, para que actúen correctamente. Si utilizamos alcohol, con o sin bactericidas, no debemos tener esto en cuenta, puesto que aunque se seca rápidamente, sus propiedades bactericidas radican principalmente en este principio.

En la limpieza de las “zonas críticas” y en algunas ocasiones en las “zonas generales”, se puede completar el proceso de limpieza utilizando agua limpia para retirar los restos de detergente o de desinfectante que puedan quedar. Generalmente, como ya hemos limpiado en profundidad con un sistema de uno o dos cubos es suficiente.

En la limpieza de las zonas críticas, el proceso puede ser terminado pasando la aspiradora por la superficie tratada. De esta manera, nos aseguraremos de recoger cualquier fibra que haya podido soltar el mocho, bayeta u otro elemento que hayamos utilizado para su limpieza húmeda.

Método para la limpieza de las zonas exteriores y generales:

1. Aspiración de la zona para la recogida de partículas grandes (bastoncillos y piedras).
2. Limpieza mediante una solución desinfectante, por el método de los 2 o 3 cubos.
3. Realizar los cambios de solución que sean necesarios.
4. Dejar secar

Método para la limpieza de las zonas críticas:

1. Aspiración previa.
2. Recogida de elementos medianos mediante rodillos de limpieza.
3. Limpieza por el método de los 3 cubos.
4. Cambios de solución de manera frecuente.

5. Limpieza mediante solución acuosa por el método de uno o 2 cubos.
6. Dejar secar.

Líquidos utilizados en la limpieza de las salas limpia

Un líquido que pretenda ser utilizado para la limpieza de una sala limpia debe poseer las siguientes propiedades:

- No debe de ser tóxico para las personas.
- No debe de ser inflamable.
- Secado rápido, pero no excesivo para que no resulte contraproducente.
- Que no dañe las superficies de la sala.
- Que no deje ninguna contaminación residual.
- Efectividad en la eliminación de contaminación no deseable.
- Precio razonable.

Siendo realistas, debemos decir que ningún producto podrá satisfacer todos los aspectos antes mencionados. Por ejemplo, el agua ultrapura tiene muchas de las propiedades que hemos mencionado, pero puede corroer determinadas superficies y, sin el agregado de un tensioactivo, es relativamente poco eficaz en la limpieza.

Algunos disolventes orgánicos se acercan al “producto ideal” en cuanto a cualidades de limpieza, pero pueden ser inflamables, tóxicos o costosos (por ejemplo, la toxicidad, peligro de incendios y el coste de la limpieza de utilizar un disolvente como el etanol lo hacen inviable). La elección de un agente de limpieza correcto deberá tomarse de manera equilibrada, la elección dependerá de sus propiedades y del uso que se le pretenda dar. Para ayudar en una elección correcta, el conocimiento de las propiedades de la solución de limpieza debe ser considerado.

Las propiedades físicas que presentan diversos disolventes como, toxicidad, inflamabilidad, punto de ebullición, etc., así como los efectos que

presentan al utilizarse en diferentes materiales deben ser tenidas en cuenta a la hora de elegir uno que resulte adecuado. Cabe prestar especial atención al efecto que estos causan sobre los plásticos, puesto que muchas veces estos son muy vulnerables a los disolventes. Un ejemplo de solución al problema de la inflamabilidad, es el uso del alcohol combinado con agua para reducir sus propiedades inflamables.

Asimismo, debemos tener en cuenta que los agentes de limpieza utilizados en el hogar suelen estar combinados con productos químicos tales como perfumes, cloruro de sodio, carbonato de sodio, meta silicato de sodio, potasio tetra-formaldehído, piro-fosfato, etc, estos productos le restan pureza al agente de limpieza perjudicando sus cualidades, siendo la elección de estos tensioactivos un error. Los agentes de limpieza que son químicamente menos reactivos son los mejores.

Por último, debemos tener en cuenta la contaminación por partículas. Cuando un detergente o disolvente se seque, no debe quedar ningún resto de partículas que puedan contaminar el entorno. Estas soluciones deben ser por lo tanto libres de partículas de tamaño significativo. "Esto es particularmente importante en áreas críticas: cerca de los puntos de producción, por ejemplo, mesas, bancadas, zonas de equipos... pero de menor importancia en áreas generales que estén distanciadas de las zonas de producción, por ejemplo, puertas y ventanas, así como determinadas zonas de paredes y suelos.

Desinfectantes

Los desinfectantes se utilizan en las salas limpias para matar a los microorganismos en las superficies. Son de uso común en salas limpias de la industria farmacéutica o médica, siendo más raro su uso en salas limpias destinadas a fines tecnológicos. Con los desinfectantes, existen problemas similares a los explicados anteriormente con las soluciones de limpieza, muchas veces, algunos productos, que son muy eficientes en la muerte de microorganismos, no pueden ser utilizados debido a sus otras propiedades, en una sala limpia. Resulta muy difícil, encontrar un desinfectante que sea

altamente tóxico para las células microbianas, pero que no lo sea para la célula humana. Se ha demostrado, que en general, estas dos propiedades van cogidas de la mano, y la mayoría de los desinfectantes que son eficaces contra los microbios, pero no tóxicos, además de ser pocos, son caros.

Una solución al problema económico, puede ser elegir el mejor desinfectante, menos tóxico, y con mejores propiedades, para utilizarlo en toda el área crítica donde se encuentran los productos que son susceptibles de producir micro-organismos no deseados, y utilizar, los productos menos costosos en las zonas generales de la sala limpia, que sean menos susceptibles de recibir este tipo de contaminación.

Tipo de desinfectante	Efecto bactericida				Otras propiedades			
	Partículas Gram+	Partículas Gram-	Esporas	Hongos	Corrosivo	Mancha	Tóxico	Precio
Alcoholes	+++	+++	-	++	NO	NO	NO	Caro
Clorhexidina	+++	+++	-	+	NO	NO	NO	Caro
“Quats”	+++	+	-	++	SÍ/NO	NO	NO	Medio
Yodóforos	+++	+++	+	++	SÍ	SÍ	NO	Medio
Cloro	+++	+++	+++	+++	SÍ	SÍ	SÍ	Barato
Fenoles	++	+	-	-	NO	NO	SÍ	Barato
Aceite de pino	+	+	-	-	NO	NO	NO	Barato

“Quats”= Quaternary ammonium compounds (Compuestos de amonio cuaternario)

Tabla : Propiedades de los desinfectantes

Como puede verse en esta tabla, no existe un desinfectante ideal. En términos generales, los aceites de pino son los menos adecuados para las salas blancas, ya que, aunque son baratos y no resultan contraproducentes, no presentan cualidades adecuadas en términos de desinfección bacteriana. Le seguirían los fenoles, los cuales poseen características similares a estos últimos diferenciándose en que son ligeramente mejores en la desinfección de partículas “gram positivas”. Los compuestos de amonio serían los siguientes mejores, poseyendo unas mayores cualidades bactericidas con un precio medio. Los alcoholes y la clorhexidina son unos muy buenos compuestos que no resultan contraproducentes, pero su precio es muy caro. Por último nombraríamos a los compuestos de cloro y los yodóforos, que, como se puede observar, serían sin duda los mejores en cuanto a su efecto bactericida, aunque eso sí se le debe prestar especial atención a su

aplicación, ya que son corrosivos y producen manchas, con el agravante de que el cloro es tóxico.

Todas estas declaraciones son de carácter general, ya que realmente, no existe un solo compuesto para limpiar una sala limpia por entero, sino que habrán unos compuestos que serán más o menos indicados con según qué zonas de la sala. Por ejemplo, los compuestos de cloro presentan el problema de que son tóxicos y corrosivos, no obstante, estos compuestos matan a esporas que generalmente no son eliminadas por ningún otro tipo de desinfectante aceptable, si estos se combinan con otros compuestos para otras zonas más generales, como los alcoholes o la clorhexidina, obtendremos una solución eficaz.

Combinación de los desinfectantes con agua y/o desinfectantes.

Los alcoholes se suelen utilizar en las salas limpias ya que como hemos visto poseen unas buenas cualidades bactericidas, además, se evaporan sin dejar prácticamente ningún residuo. El uso de una combinación de un 60% o 70% de etanol con agua, o de un 70-90% isopropanol, es muy recomendable en los puntos de producción, o zonas que no permitan el uso de desinfectantes. Asimismo, la incorporación de clorhexidina, o un desinfectante similar, en el alcohol aumentará su eficacia como bactericida. El uso de un desinfectante como un alcohol o un alcohol combinado con un bactericida debe de estar limitado, por razones de costo y riesgo de incendio, a zonas críticas. Una solución acuosa de compuestos de amonio cuaternario, o un compuesto fenólico, podría utilizarse para desinfectar el resto de la sala blanca.

El lavado de las superficies con una solución de detergente simple sin contener ningún tipo de desinfectante es una forma efectiva de eliminar la mayor parte de los microorganismos en las superficies duras y lisas (más de un 80% de eficiencia). Sin embargo, con la adición de los desinfectantes se reducirá la carga microbiana en más del 90%, su uso se hará necesario para evitar que las bacterias que crecen en los materiales de limpieza tales como

cubos, mochos, etc. puedan proliferar. Si no se hace esto, la limpieza posterior extenderá a las bacterias alrededor de la sala blanca.

Comprobación de la limpieza

En el hogar, resulta muy fácil comprobar si después de limpiar una superficie o una estancia aún debemos repasar una zona o lugar determinados, normalmente, con una mirada es suficiente. En una sala limpia, en cambio, la realidad es más difícil de descubrir, de hecho, aunque una sala limpia pueda estar saturada de micropartículas depositadas en su entorno, éstas no se verán a simple vista. Hay, sin embargo, una serie de métodos que pueden utilizarse para determinar la eficacia de la limpieza del recinto limpio. Algunos de estos métodos se utilizan para establecer la rapidez con la que las superficies de una sala limpia tienden a ensuciarse, esta información puede ser utilizada para establecer la frecuencia con la que una determinada superficie o zona debe ser limpiada. Otros métodos de prueba se utilizan para establecer la cantidad de contaminación que se encuentra en una determinada superficie antes y después de realizar el proceso de limpieza, y por lo tanto, la eficiencia que este ha tenido. Algunos de los métodos que se suelen utilizar son los siguientes:

- ✓ Comprobar las esterillas especiales situadas a la entrada de la sala limpia puede darnos una idea de cómo de limpia está una sala blanca. La manera de comprobarlo es cerciorarse de que existan huellas en dirección a la entrada de la sala, pero que no existan en dirección a la salida de la misma. Si no fuera así, deberemos cerciorarnos dónde se produce la contaminación o de si esta es generalizada.
- ✓ Si al pasar el mocho, o cualquier otra herramienta de limpieza por una determinada superficie comprobamos claramente que conseguimos un cambio de tonalidad esa superficie está lejos de estar limpia.
- ✓ Con una luz ultravioleta conseguiremos descubrir las fibras y partículas que puedan pasar desapercibidas al ojo humano. Por

ejemplo, las fibras de la ropa para salas blancas están diseñadas para reflejar esta luz.

- ✓ Si utilizamos una luz de alta intensidad en un ángulo agudo respecto a una determinada superficie, en una habitación oscura, podremos descubrir las pequeñas partículas y/o fibras que pudiesen estar presentes.
- ✓ Si utilizamos un rodillo de limpieza, podemos comprobar la limpieza que posee una superficie si estudiamos su tamaño y su número a la vista de un microscópico. La norma ASTM E 12 16-87 describe como realizar este ensayo.
- ✓ Existen instrumentos específicos para determinar la suciedad de una sala limpia. Por ejemplo, existe un aparato que mide, mediante una lente óptica, la cantidad de partículas que presentes en un determinado punto (generalmente pequeño, de 1 cm²). Realizando varias de estas mediciones en diferentes puntos de la superficie, podemos descubrir con gran exactitud, como de limpia está esta.
- ✓ Otro ejemplo de instrumento de precisión para medir la contaminación, esta vez del aire de una sala limpia, es uno que consiste en una membrana de 47 mm. de diámetro, adosada a una pequeña aspiradora de mano, esta membrana está adosada a la boquilla de la aspiradora, de forma que cuando esta se pone en funcionamiento el aire debe de pasar por la membrana, adhiriéndose a ella, debido a su permeabilidad, las partículas que floten en el aire. Más tarde esta membrana se retirará para proceder al recuento y dimensionado de las partículas que hayan quedado adheridas.

Existen otros métodos de prueba igualmente eficaces, algunos de los cuales los describe la norma IEST-RP-CC018.

Limpieza de la superficie del acero inoxidable

Además de los métodos de limpieza específicos para las salas limpias que hemos descrito, debemos tener en cuenta que ciertos materiales requieren de una limpieza especial, que quizá como es el caso del acero

inoxidable se deba de realizar antes de su puesta en obra, para evitar así futuras contaminaciones a la sala.

Los fabricantes de productos de acero inoxidable (chapas, barras, productos de fundición, etc.), realizan grandes esfuerzos para despachar sus productos con una buena terminación superficial. Sin embargo, durante el transporte, o a medida que se van construyendo los equipos de proceso, y durante su uso, las superficies se ensucian con muchos tipos de materias extrañas y perjudiciales. Para que el acero inoxidable tenga un buen desempeño se debe eliminar toda esta contaminación. En la siguiente tabla se resumen todos estos defectos y la manera de eliminarlos.

Defecto	Técnica para eliminarlo
Polvo y suciedad	Lavar con agua y/o detergente. Si es necesario, hacerlo con agua a presión o vapor
Inclusiones de partículas de hierro	Tratar la superficie con solución de ácido nítrico al 20%. Lavar con agua limpia. Confirmar la eliminación con el test del ferroxilo. Si el hierro está aún presente, utilizar una solución de ácido nítrico (10%) y ácido fluorhídrico (2%). Lavar con agua limpia. Confirmar nuevamente con el test de ferroxilo. Repetir si es necesario. Eliminar todas las trazas del test del ferroxilo con agua limpia o ácido nítrico o acético diluidos.
Rasguños, manchas de calentamiento	Pulir la superficie con un abrasivo fino. Decapar la superficie con una solución de ácido nítrico al 10% y ácido fluorhídrico al 2% hasta eliminar todas las trazas. Lavar con agua limpia o electropulir
Áreas oxidadas	Tratar la superficie con una solución de ácido nítrico al 20%. Confirmar la eliminación del óxido con el test del ferroxilo. Lavar con agua limpia o ácidos nítrico o acético diluidos
Rugosidades	Pulir con un abrasivo de grano fino
Marcas de electrodos	Eliminar mediante pulido con abrasivo de grano fino, o soldar encima si está en la línea de la soldadura
Salpicaduras de soldadura	Prevenir las mediante la utilización de una película adhesiva a los costados del cordón de soldadura, o eliminarlas utilizando un abrasivo de grano fino
Marcas de decapante de soldadura	Eliminar mediante abrasivo de grano fino
Defectos de soldadura	Si es inaceptable, eliminar con amoladora y volver a soldar
Aceite y grasa	Eliminar con solventes o limpiadores alcalinos
Residuos de adhesivos	Eliminar con solventes o mediante pulido con abrasivo de grano fino
Pintura, tiza y crayon	Lavar con agua limpia y/o limpiadores alcalinos
Productos de proceso	Lavar con agua limpia o vapor, o disolver mediante solvente adecuado
Depósitos coloreados	Disolver con ácidos nítrico, fosfórico o acético al 10-15 %. Lavar con agua limpia

Tabla : Defectos superficiales y técnicas para su eliminación.

6.2.- Mantenimiento.

El mantenimiento de una sala limpia radica principalmente en su correcta utilización. Aunque se deben comprobar los niveles de partículas y el estado de los filtros absolutos regularmente, esto no servirá de nada si estamos haciendo un uso incorrecto de la sala limpia.

No obstante, existen una serie de pruebas que nos pueden ayudar a determinar si el estado de la sala es el correcto, o de si por el contrario

debemos de tomar medidas en algún punto concreto. Algunas de las pruebas existentes son:

- **Test de fugas en filtros absolutos:**

Verificación que tanto el filtro no presenta roturas en la media filtrante y es estanco con la unidad que lo soporta.

Esta prueba nos sirve para asegurarnos que todo el aire que es introducido en la sala está siendo correctamente filtrado, evitando que se puedan estar introduciendo partículas, bacterias u otros elementos no deseados a través del sistema de filtrado de aire.

- **Determinación de pérdida de carga de los filtros.**

Medición de la presión que el aire ejerce sobre la media de filtración para poder atravesarla.

Esta prueba es muy importante, ya que determina la saturación que presentan los filtros debido a su uso continuado, y nos da una información actualizada de la eficiencia de los mismos. Permitiéndonos anticiparnos a su deterioro y/o saturación.

- **Medición de velocidades / caudales de impulsión de aire.**

La medición de velocidades de impulsión y/o caudales es el medio para poder determinar si el equipo o el área objeto de medición cumple con los requerimientos solicitados bien de velocidad a la impulsión bien del nivel de movimiento hora de aire solicitado a las salas.

Con esta prueba nos aseguraremos de que el caudal de aire sea el adecuado, en cada zona (ISO 2,3,6...). Así como, evitaremos posibles efectos contraproducentes en el filtrado del aire debido a la velocidad excesiva de este.

- **Medición de presiones diferenciales.**

La finalidad de esta prueba es verificar la capacidad del sistema de mantener un grado especificado de presión diferencial en el recinto medido respecto al adyacente.

Esta prueba resulta muy importante en salas limpias que poseen diferentes zonas de clasificación, ya que el aire de una sala será más puro que el de otra adyacente, y la presión de la primera (mayor pureza de aire) deberá ser siempre ligeramente mayor que el de la segunda (menor pureza de aire).

- **Determinación de la clasificación ambiental (partículas viables y no viables).**

Esta prueba determina el número de partículas por unidad de volumen de aire mayores o iguales a un determinado tamaño de partícula; en función de la concentración obtenida y de la norma de aplicación el ambiente objeto de la medición se clasifica en el correspondiente grado de limpieza.

Prueba indispensable para realizar la clasificación de la sala limpia (ISO 1,2,3,4,...9)

- **Determinación de la calidad microbiológica ambiental (partículas viables).**

El control microbiológico tiene como finalidad detectar y cuantificar la flora microbiana presente en el ambiente.

Este tipo de pruebas son muy comunes en laboratorios y centro farmacológicos, y no tanto en salas limpias destinadas a la industria electrónica.

- **Medición de temperatura y humedad relativa ambiental.**

El propósito de esta medición es determinar si el sistema es capaz de mantener la temperatura y la humedad dentro de los rangos especificados en el diseño.

Esta prueba se hace necesaria ya que, una excesiva humedad puede provocar la proliferación de organismos no deseados en un ambiente farmacológico, o provocar un mal funcionamiento en un sistema, en una sala limpia destinada a la creación de nanochips.

- **Medición de niveles luminosos y sonoros.**

El propósito de estas mediciones es determinar que la instalación alcanza los niveles especificados en el diseño para estos parámetros.

Esta prueba puede servir para todo tipo de salas limpias que requieran reducir sus vibraciones sonoras para los procesos que en ellas se desarrollen.

- **Tiempo de recuperación de clase.**

El objeto de esta prueba es conocer el tiempo en el que una determinada sala o flujo laminar tarda en recuperar los niveles de clasificación teóricos después de haber provocado una contaminación puntual.

Esto nos ayudará a establecer un protocolo de seguridad en el caso de que pueda ocurrir una incidencia y el aire de la sala se vea contaminado.

- **Prueba de juntas constructivas.**

Verificar que ciertas juntas críticas de la envolvente de construcción de un recinto controlado no permiten el ingreso de partículas en cantidad suficiente como para comprometer la clasificación de la sala o la generación de contaminaciones cruzadas entre distintas áreas.

Una sala limpia puede estar perfectamente construida en el momento de su puesta en marcha, pero como en cualquier edificación el tiempo pasa factura. Por ello deberemos de comprobar periódicamente que las juntas de suelos, paredes y techos, así como sus respectivos encuentros permanezcan en perfectas condiciones, a fin de anticiparnos a sus reparaciones.

- **Patrón de movimiento de aire: visualización de las corrientes de aire (prueba filmada)**

El propósito de esta prueba de Direccionalidad del Aire es confirmar que la dirección de las corrientes de aire y su uniformidad (si es requerida) es conforme al diseño y especificaciones aprobados. Para ello se utiliza un método de visualización mediante la ayuda de un trazador como pueden ser las partículas generadas por sustancias químicas como alcoholes.

Que la dirección del aire sea la correcta cobra especial importancia en salas limpias con regímenes de aire laminares, en los cuales se evita a toda costa que aparezcan regímenes turbulentos que puedan perjudicar la calidad del aire.

Comportamiento adecuado en la sala limpia.

Como al principio del presente punto hemos dicho, nuestra labor de mantenimiento y comprobación de niveles de suciedad en aire, paredes, saturación de filtros... no servirá de nada si no realizamos un correcto uso de la sala. Los protocolos que nombramos a continuación son tan importantes como un correcto diseño. Ya que, de nada sirve tener una sala limpia perfecta “a priori”, si cuando hacemos uso de ella eliminamos las cualidades que la hacen especial.

Uniformación adecuada

Existe un protocolo de vestimenta previo a la entrada de la sala limpia, que SIEMPRE se debe de cumplir. Este protocolo, puede variar ligeramente en alguno de los puntos (ponerse las botas antes que la mascarilla, por ejemplo), pero estos cambios NUNCA deben de comprometer la integridad de la sala (no se puede por ejemplo pisar la alfombra-recoge partículas sin habernos puesto el cubre zapatos), o entrar a la sala sin habernos puesto la mascarilla y hacerlo dentro).

El orden correcto es el siguiente:

1. Asegurarse de que cada vez que pasamos a una estancia, hemos

- cerrado la puerta anterior antes de abrir la posterior.
2. Colocarse los cubre-zapatos o peucos y el gorrito previo (si lo hubiese).
 3. Pasar a la “zona limpia”, por encima del banco. ¡Nunca debemos por encima del banco sin los cubre-zapatos!
 4. Pisar la alfombra.
 5. Ponerse la bata/mono.
 6. Ponerse las botas.
 7. Ponerse la mascarilla, gorro y guantes.
 8. Registrar la entrada en la sala.
 9. Entrar en la sala y cerrar la puerta lo antes posible.



Foto : El autor del presente proyecto correctamente vestido en la sala de vestuario previa a la sala blanca ubicada en el Instituto de Nanotecnología de la UPV.

Cómo evitar la contaminación de la sala limpia.

Cuando estemos en el interior de la sala limpia debemos evitar una serie de conductas, como por ejemplo el movernos apresuradamente de un lado para otro, el cortar claramente el flujo de aire con cualquier elemento

sea o no parte de nuestro cuerpo (por ejemplo llevando una bandeja y quedándonos estáticos en un punto concreto).

Además de evitar cualquier comportamiento propio, que pueda contaminar el ambiente de la sala limpia, existen algunas medidas que debemos cumplir con respecto al uso general que se le puede dar a la sala.

1. Minimizar las entradas y salidas.

La apertura continua de puertas hace que la sala pierda presión y se escape el aire filtrado del interior al exterior. Haciendo posible que entren partículas desde el exterior al interior. Además cuanto más gente entre a la sala más contaminación es entrada desde el exterior, y se produce un mayor movimiento de partículas en su interior.

2. Vestirse adecuadamente.

Cumpliendo todos los preceptos que hemos visto anteriormente; pasar por la alfombra, zapatos, gorro, mascarilla, guantes...

3. No almacenar ningún tipo de muestra que contamine o pueda contaminar el interior de la sala.

Las muestras deberán ser retiradas una vez terminado el proceso/experimento al cual han sido sometidas, evitando que su posible degradación afecte a la sala.

4. Puertas siempre cerradas.

Evitar dejar puertas abiertas, así como reducir el tiempo en que estas lo permanecen, consiguiendo así mantener la presión de la sala, ayuda a conseguir un nivel de limpieza y calidad del aire óptimo.

5. No entrar comida, bebida, ni ningún material perecedero o imperecedero que pueda contaminar la sala.

6. No entrar mochilas ni bolsas.

Estos elementos pueden contener millones de partículas que afecten directamente a la integridad de la sala.

7. No llevar ropa de lana, ni de materiales semejantes que puedan desprender fibras.

Aunque vayamos correctamente vestidos no estamos aislados de la sala, y por tanto debemos intentar contaminarla lo menos posible.

Normas de trabajo en la sala limpia.

1. Pensar bien que necesitas antes de entrar en la sala.

Reducir el número de personas que entran en la sala está bien, pero no sirve de nada si una sola persona entra y sale varias veces de la misma.

2. Minimizar las libretas y apuntes de trabajo.

Al igual que ocurriría con las mochilas y bolsas, estos elementos pueden contaminar la sala, por tanto se debe limitar su uso, no obstante, por motivos de trabajo, no están prohibidas. Sí es muy recomendable, que las libretas o apuntes que se utilicen en la sala limpia, sólo se utilicen para el interior de la misma y zonas anexas, evitando utilizarlas en zonas contaminadas y volviéndolas a entrar.

3. No cambiar elementos, maquinaria o utensilios de una sala a otra.

Se debe prever desde un principio que elementos o maquinaria va a disponer cada zona de la sala limpia, para evitar movimientos innecesarios de equipos, y por supuesto evitar también el pasar material de una sala a otra, sobre todo cuando este viene de una sala con una menor clasificación (menor pureza de aire), por ejemplo, pasar una máquina, de una ISO 6 a una ISO 4.

Preguntas frecuentes.

Existen ciertos protocolos que debemos cumplir si queremos que nuestra sala limpia funcione correctamente, y que mantenga sus propiedades durante el mayor tiempo posible. Utilizando estos protocolos reduciremos la necesidad de realizar limpiezas con una alta frecuencia, así como cualquier trabajo de mantenimiento de filtros, sustitución de elementos de la envolvente, etc.

Para que resulten más fáciles de entender estos protocolos, hemos decidido plantearlos en forma de preguntas. Que plantearemos y resolveremos a continuación.

¿Si sólo entro un momento, tengo que vestirme y registrar la entrada?

-Sí, todo el mundo que entre tiene que vestirse (cubrezapatos, bata, guantes y gorro) y registrar la entrada.

¿Si tengo que salir un momento, qué debo hacer?

-Desvestirme al salir y volverme a vestir al entrar (registrar todas las entradas y salidas).

¿Para qué sirve el banco de la entrada?

-Sirve para delimitar la zona limpia.

¿Y si quiero hablar con alguien o que me den algo?

-Llama por teléfono o al timbre, nunca sobrepases el banco delimitador.

¿Y si tengo visitantes que quieren ver la sala blanca?

-Deberá limitarse el número de estos, vistiéndose a los mismos igual que al resto de personal.

¿Qué ocurre si debo quedarme después del horario establecido o los fines de semana?

-En principio NO debe hacerse y sólo en circunstancias excepcionales se permitirá siempre y cuando pueda existir personal que controle la sala en ese tiempo.

¿Qué hago si se bloquean las puertas de entrada?

-Utiliza el botón de desbloqueo de emergencia (sólo en este caso) y notifícalo en el registro de salida como “incidencias”

¿Qué hago si no hay batas u otros elementos de protección?

-El número de batas está contado para el número máximo de usuarios que pueden trabajar en la sala. Por lo tanto, si no hay bata, es que ya se ha cumplido este número. Si falta algún otro elemento de protección, se deberá sustituir de inmediato.

NUNCA se debe entrar a la sala sin todos los elementos de protección.

¿Qué hago con mi bata, mis botas, mis peucos y mi mascarilla, gorro y guantes al salir?

- Bata: colgarla en la percha para otro usuario. Se limpiarán semanalmente.
- Botas: se dejarán en unos cubos especiales para ser reutilizadas.
- Mascarilla, gorro y guantes: Se tirarán pues son de uso personal.
- Peucos: No se reutilizarán bajo ninguna circunstancia. Pues son uno de los elementos que más suciedad contienen, al estar en contacto directo con el calzado exterior.

¿Quién tiene que seguir las normas?

- ✓ TODOS los usuarios, sin excepción.
- ✓ TODAS las visitas, sin excepción.
- ✓ Personal de limpieza.
- ✓ Personal de mantenimiento.
- ✓ Personal de almacén.
- ✓ Cualquiera que pretenda acceder a la sala limpia.