

5.- CARACTERÍSTICAS CONSTRUCTIVAS

En este capítulo del proyecto vamos a definir la envolvente de una sala limpia, es decir: paredes, suelos y techos. Para ello, además de explicar las características generales que rigen constructivamente las salas limpias y sus diferentes modalidades constructivas, vamos a mostrar un pequeño muestrario de los detalles que se pueden dar en las mismas. Obviamente, no podemos ofrecer un muestrario completo de todos los detalles constructivos que se pueden dar, pues cada sala limpia, y cada solución constructiva es, y debe de ser diferente en función de sus finalidades y necesidades particulares. Ahora bien, lo que sí que pretendemos hacer, es comprender como funciona constructivamente una sala limpia en sus tres dimensiones; paredes, suelo y techo.

Observaremos en adelante que la gran mayoría de los materiales que se utilizan en los detalles son los materiales y componentes que hemos explicado en el capítulo 3. Materiales utilizados, aunque si bien es cierto, que pueden aparecer algunos materiales diferentes para ciertas soluciones concretas, explicaremos el porqué de su uso en el presente apartado. Todos estos materiales y soluciones, son los que habitualmente se utilizan en la construcción de salas blancas, no obstante, las salas limpias son una creación contemporánea que está en constante renovación, por lo que pueden existir nuevos materiales, soluciones o métodos que mejoren los descritos en este proyecto.

En general, la utilización de componentes de alta calidad en cualquier elemento de una sala limpia es una elección muy recomendable. No obstante, una selección adecuada debe basarse siempre en el nivel de protección requerido para cada zona, y en los criterios de rendimiento que necesite cada una. Este mismo principio vuelve a aparecer en el punto 6 (Mantenimiento) del presente proyecto, el cual veremos más adelante.

Características constructivas generales

Una sala limpia requiere un mayor nivel de especialidad y precisión constructiva del que requieren muchos otros edificios. Los materiales y métodos de construcción utilizados para construir las salas blancas difieren mucho de los utilizados en la construcción convencional por las razones siguientes:

- Una sala limpia debe ser construida como una estructura “hermética”.
- El acabado de las diferentes superficies del intradós de la sala deben ser suaves, sin rugosidades y adecuadas para su limpieza.
- La terminación de los diferentes elementos de la sala deben de estar diseñados para evitar posibles astillados, roturas o espolvoreados en el hipotético caso de que sufran un golpe o roce.
- Se debe de tener en cuenta muchas veces, que los elementos con que se trabaje en su interior pueden resultar, volátiles, tóxicos, o nocivos en general, tanto para las personas como para los elementos de la sala.
- En algunas salas blancas será necesario crear soluciones que eviten la formación de cargas electroestáticas, que pudieran perjudicar a los elementos con los que se trabajan en ellas.

Como hemos visto en el punto 4. Instalaciones., las salas blancas se mantienen a una presión positiva con respecto a las áreas adyacentes, ya sean zonas de menor limpieza de aire, o zonas que no formen parte del conjunto de la sala. Si la construcción es pobre y las juntas no están bien selladas, la estructura puede perder demasiado volumen de aire, y por consiguiente, presión. Si esto ocurriese, el sistema de filtrado de aire debería de compensar constantemente estas pérdidas no previstas, haciendo trabajar la instalación por encima de los requisitos para los que fue diseñada. Si esto ocurriese, además de traer a largo plazo, mayores problemas y reparaciones en la instalación, se produciría un mayor gasto

energético, lo que afectaría económicamente al gasto en mantenimiento de la sala.

El intento de un sellado posterior de la estructura si se descubrieran estas pérdidas de presión, no resultará tan exitoso como realizar un buen sellado de todas las juntas durante la construcción. Esto es debido a los problemas que se pueden encontrar, al intentar localizar las juntas por las que puede estar saliendo el aire y a la dificultad de sellarlas correctamente.

Las superficies deberán estar libres de salientes y oquedades. Las juntas que se creen en el interior de la sala no deberán presentar orificios que pueden albergar, y luego dispersar, la suciedad. El acabado de la superficie en una sala limpia no deberá romperse con facilidad y dispersar a las virutas o partículas de material. Una solución convencional que se utiliza a menudo en casas y oficinas es de la utilizar yeso laminado que es clavado a las particiones del perno prisionero y después pintado. Si este material se golpea fuertemente el polvo de la pintura se puede desprender con facilidad. Esto es inaceptable en una sala blanca. Los acabados de todas las superficies deberán presentar una adecuada resistencia al impacto.

Como ya hemos comentado en el apartado 3 (Materiales utilizados), las superficies de las salas blancas, especialmente los suelos, deben ser capaces de soportar los líquidos utilizados en las mismas. Algunos procesos utilizan ácidos fuertes o disolventes que puedan atacar las superficies. Las salas blancas, donde se pretende combatir a toda costa a los microorganismos, se necesita utilizar sustancias de desinfección. Los desinfectantes que se suelen utilizar son de solución acuosa y para su correcta desinfección suelen estar algunos minutos en contacto con el elemento a desinfectar, en este tiempo, si no se ha previsto, o realizado correctamente la solución constructiva se puede producir una penetración de agua a zonas no deseadas. Por tanto, es necesario garantizar que la penetración de agua no se produce, realizando un correcto sellado de juntas y minimizando estas, ya que esto puede producir condiciones que favorezcan el crecimiento microbiano.

Métodos de construcción

Las salas blancas se pueden construir de diferentes maneras. Todas ellas se idean en función del grado de limpieza que se pretenda conseguir, el cual lo condiciona principalmente la instalación de filtrado de aire.

Las **técnicas de construcción** pueden dividirse en dos categorías: **convencional** y **modular**. Sin embargo, existen ciertos métodos y soluciones constructivas que pueden compartir algo de ambos métodos.



Imagen X: Sala limpia que combina técnicas de construcción convencionales y modulares.

Nosotros vamos a distinguir este apartado en estas dos técnicas; convencional y modular, observando y analizando su razonamiento y definición en los distintos aspectos que definen volumétricamente una sala limpia, los cuales son:

- Elementos de cierre horizontales: Suelo y techo.
- Elementos de cierre verticales: Paredes, puertas y ventanas.

La diferenciación sustancial en cuanto al método constructivo convencional y modular se encuentra en los elementos de cierre verticales.

Siendo los de cierre horizontales muy similares en la construcción convencional y modular. Esto es debido a las necesidades constructivas que se crean por la instalación de filtrado de aire, que suele situar los filtros y la entrada de aire en la parte superior de la sala (techo), y la salida de aire en la parte inferior.

5.1.- Técnicas de construcción convencionales.

Las técnicas convencionales de construcción, convenientemente modificadas, se pueden utilizar en la construcción de salas blancas. Cualquier edificio convencional se compone de piso, techo y paredes, elementos los cuales, con alguna diferencia, son utilizados para definir las superficies que confinan a una sala o a un conjunto de salas blancas.

Dentro de una estructura convencional utilizada para construir una sala limpia, los muros interiores se convertirán en las distintas habitaciones de la suite de sala limpia. Estos elementos se pueden construir con las técnicas convencionales que emplean ladrillos o bloques, y utilizando un enyesado húmedo (enlucido de paredes), este método sólo es recomendable en zonas que se requiere una limpieza mínima tales como zonas de aproximación a la sala, etc. o un enyesado en seco (paneles anclados mediante rastreles a la fábrica) como método de revestimiento. Pasaremos ahora a describir este último, ya que el enyesado en húmedo ya está en desuso, debido a que no ofrece tan buenos resultados en cuanto a durabilidad y mantenimiento como el enyesado en seco.

El método de acabado en seco es el método más popular, ya que se emplea menos tiempo en la aplicación del mismo, produce menos residuos, es más fácil de reparar y permite que la electricidad y otros servicios, tales como conductos de aire puedan situarse entre la fábrica y el revestimiento con total facilidad. En su forma más simple, los montantes van anclados a la pared, previo enfoscado y maestreado de esta, para poder así dejar alineados los paneles. Las placas son elementos prefabricados, preparados y pintados. La pintura utilizada como recubrimiento de los paneles será pulverizada y presentará una buena resistencia al impacto, por ejemplo, pinturas de base epoxi. Para ayudar a la limpieza, los encuentros en esquina entre pared y pared se deben construir creando curvas de entre 25 y 50 mm. de diámetro. Los encuentros en las esquinas entre pared y piso, normalmente se terminan con un cuarto de círculo de unos 100 mm. de diámetro.

Los paneles utilizados en el sistema de enyesado en seco son más delgados que el sistema sin clavos utilizados en la construcción modular (el cual veremos más adelante). Estos suelen estar entre 3 y 12 mm, y varían en función de la resistencia y rigidez que se les exija. Los diferentes tipos de paneles que se suelen utilizar son los siguientes:

- Paneles laminados con una estructura interna convencional y una superficie compatible. Las superficies externas pueden ser (a) de acero al carbono con galvanizado posterior, (b) con un recubrimiento de pintura electroestática, (c) con una lámina de aluminio anodizado. Los materiales del interior del panel que le den rigidez y resistencia pueden ser: yeso, tableros compuestos, madera contrachapada, panel de abeja, etc.
- Panel de vidrio reforzado con láminas epoxi,
- Panel formado por hojas de acero dulce galvanizado con un recubrimiento en polvo de pintura electroestática o esmaltado.
- Panel de aluminio anodizado que, con recubrimiento en polvo o esmaltados.
- Panel de acero inoxidable, con o sin acabado de pintura electroestática.

Existen muchas otras soluciones constructivas, además de diversos materiales que pueden ser utilizados, siempre y cuando cumplan con los criterios definidos tanto en este capítulo como en el punto 3. Materiales utilizados.

Este método de construcción, sólo es recomendable para salas blancas con un grado de limpieza igual o inferior a un ISO clase 8, o para los pasillos y estancias de aproximación, o zonas controladas fuera de la sala blanca.

5.1.1.- Suelos.

Como características generales, los suelos y sus recubrimientos deberán presentar una baja porosidad, ser a prueba de deslizamiento, resistentes a la abrasión, conductivo si es necesario, resistente a los diferentes productos químicos a los que se puedan ver afectados a lo largo de su vida útil y tanto en diseño como en acabado, fácil de limpiar.

Para crear una solución constructiva horizontal a modo de suelo que funcione de forma correcta, y que cumpla con las expectativas para las que fue creada a lo largo de su vida útil, deberemos centrarnos en dos aspectos esenciales que van ligados a su durabilidad:

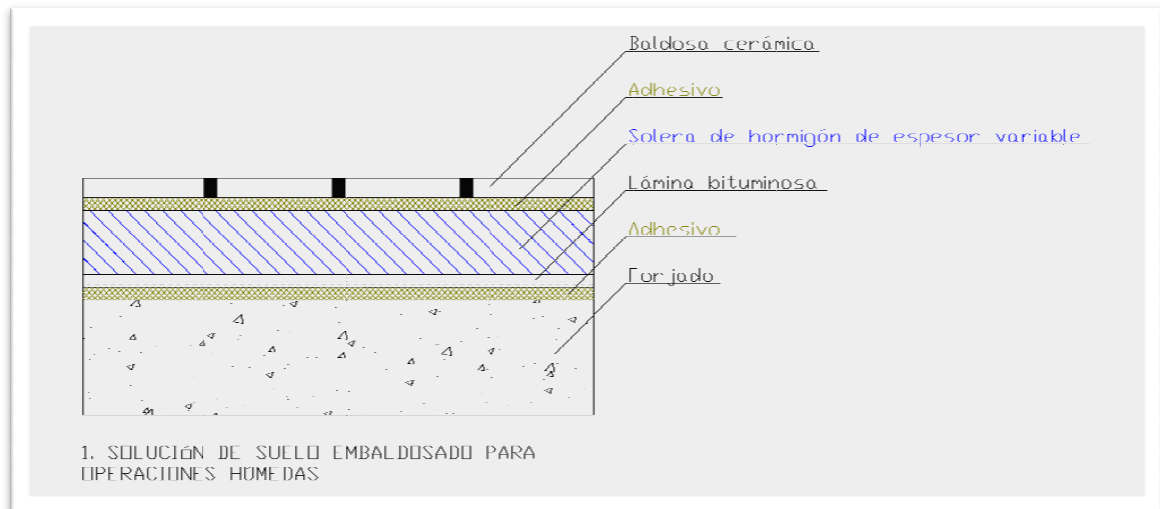
- El desgaste de los materiales en contacto directo con los usuarios.
- El envejecimiento de todos los materiales que intervienen en la solución.

Obviamente, esto se conseguirá, cuidando tanto la elección de los materiales (aspecto que ya hemos tratado en el punto 3), como su correcta colocación (situación en la solución constructiva) y puesta en obra (construcción). Obviamente, utilizar unas láminas de aluminio, para crear un suelo, no es la mejor solución, ya que estas se abollarán con el uso, creando cavidades y valles que se llenarán de suciedad. Sin embargo, estas mismas láminas utilizadas como recubrimiento en las paredes son una solución perfectamente plausible.

Dicho esto, sólo nos queda entrar en materia, y ver gráficamente como se pueden resolver constructivamente los suelos de una sala limpia mediante un método de construcción “convencional”.

S.1. Solución de suelo embaldosado para operaciones húmedas.

En muchas ocasiones, las salas limpias requerirán de soluciones que impidan el paso o la acumulación de líquidos, tanto porque lo llevan implícito en su uso, como que la acumulación de los mismos en cualquier zona puede favorecer la proliferación de organismos (laboratorios, quirófanos...).



Detalle 1: Solución de suelo embaldosado para operaciones húmedas

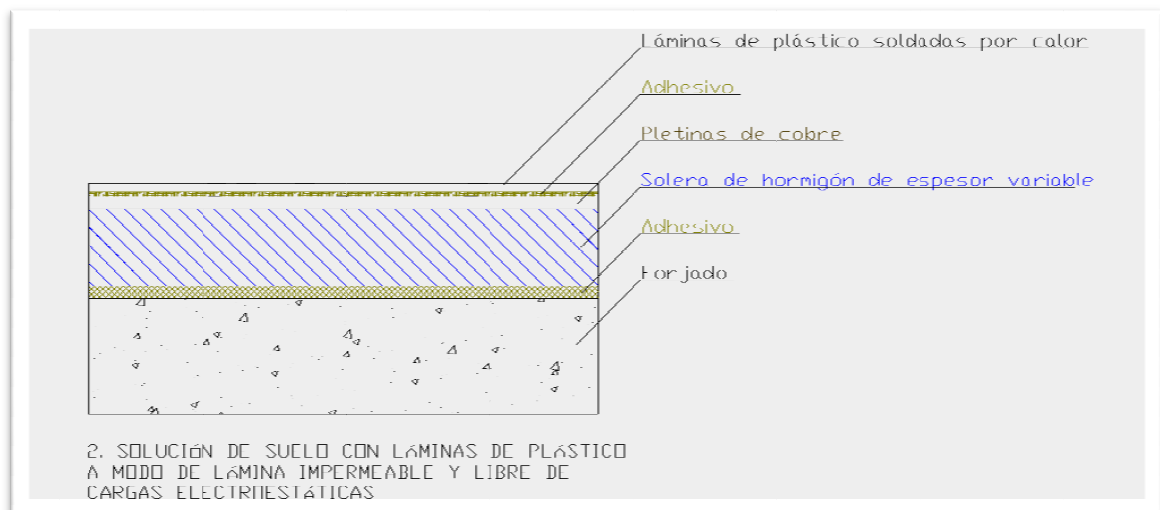
En esta solución nos encontraremos por orden de colocación:

- Un forjado o elemento horizontal resistente, el cual no tiene porqué tener mayor función que la puramente estructural.
- Una lámina formada por un adhesivo para adherir la siguiente lámina bituminosa.
- Una lámina bituminosa que impermeabilizará e impedirá el paso y acumulación de humedades.
- Una solera de hormigón, la cual poseerá un espesor el cual puede variar entre 5 y 15 cm. Esta solera actuará como capa regularizadora, creando una superficie completamente plana.
- Un adhesivo, el cual puede ser tanto un adhesivo especial, como un mortero, un mortero con resinas epoxy...

- Un conjunto de baldosas cerámicas que creará la superficie impermeable de trabajo. Es muy recomendable que las juntas entre baldosas cerámicas, se traten mediante un mortero con resinas epoxi.

S.2. Solución de suelo con láminas de plástico a modo de lámina impermeable y libre de cargas electroestáticas.

En otras salas, el uso de líquidos es prácticamente nulo, y se le da mucha más importancia a la reducción de posibles cargas electroestáticas. Si bien es cierto, que según el método de limpieza elegido para el mantenimiento de la sala, siempre debería de haber una impermeabilización en la primera capa de la solución constructiva.



Detalle 2: Solución de suelo con láminas de plástico a modo de lámina impermeable y libre de cargas electroestáticas.

En esta solución nos encontraremos por orden de colocación:

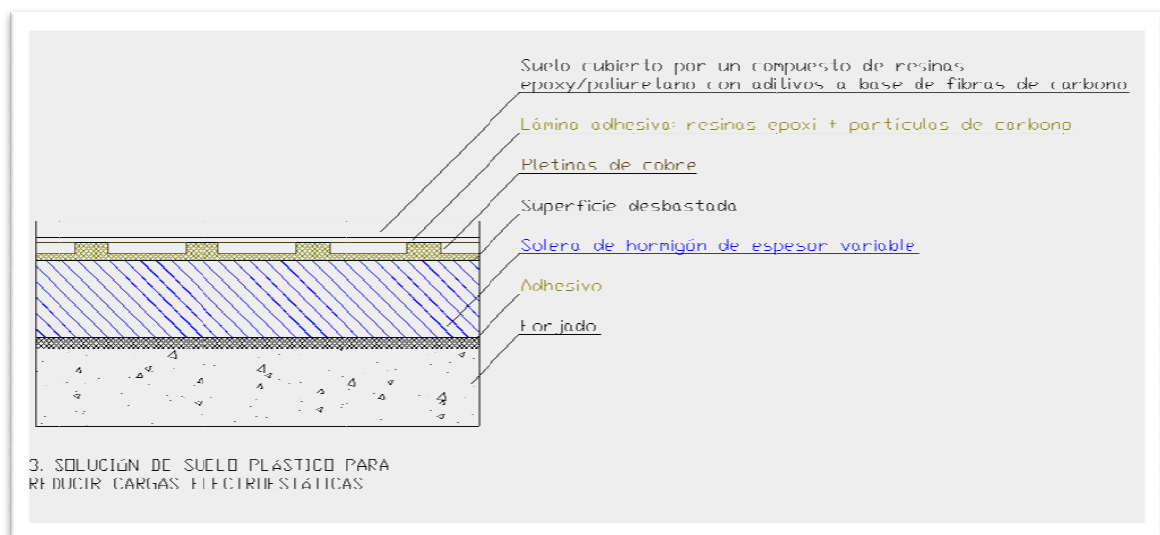
- Forjado o elemento horizontal resistente, con una función puramente estructural.
- Adhesivo para crear una unión entre el forjado y la solera de hormigón, evitando así retracciones entre diferentes materiales, o mismos materiales con diferencia de tiempo en su colocación (nuevo con viejo).
- Solera de hormigón con una función de capa de regularización. (Puede poseer una malla electrosoldada, en función de la superficie de la

misma). Es recomendable, aunque no necesario, realizar un tratamiento que de rugosidad a la solera de hormigón.

- Pletinas de cobre. Estas actuarán como conductor de electricidad, reduciendo así la electricidad que se pudiera acumular en la superficie.
- Adhesivo.
- Láminas de plástico soldadas por calor. El PVC, puede ser una solución idónea como recubrimiento de suelo, ya que además de electroestático, posee propiedades impermeables.

S.3. Solución de suelo de plástico para reducir cargas electroestáticas.

La funcionalidad de esta solución, es la misma que la S.2. La diferencia radica en su concepción, y el uso de sus materiales.



Detalle 3: Solución de suelo con un compuesto de resinas epoxi y pletinas de cobre para reducir cargas electroestáticas en la superficie.

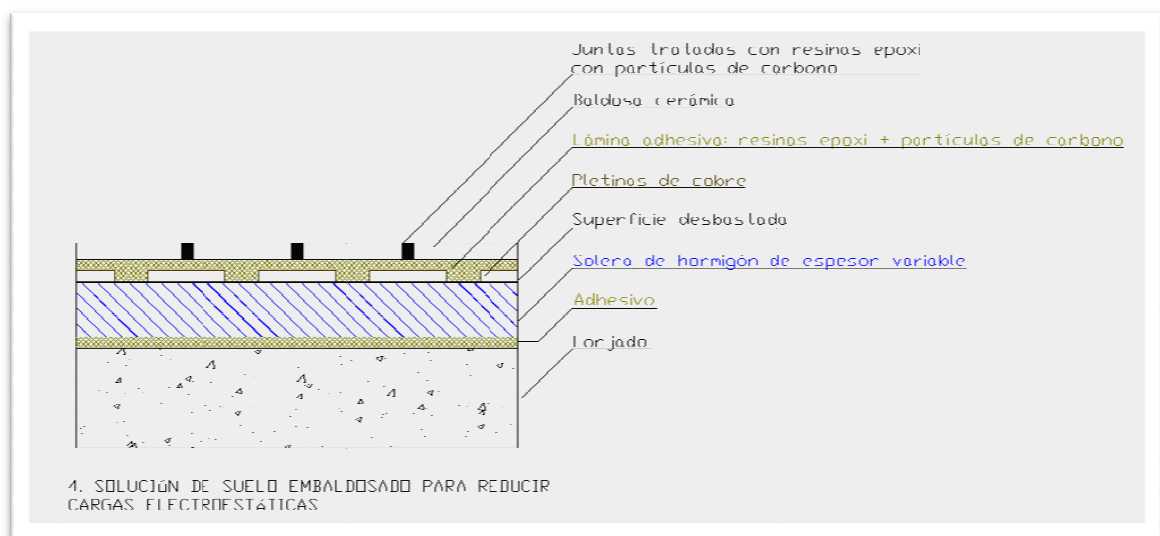
En esta solución nos encontraremos por orden de colocación:

- Forjado o elemento resistente.
- Lámina adhesiva.
- Solera de hormigón de espesor variable. Superficie de la cual es recomendable que esté desbastada.
- Pletinas de cobre.
- Lámina adhesiva mediante resinas epoxi y partículas de carbono.

- Recubrimiento mediante una capa continua compuesta de resinas de epoxi o poliuretano con aditivos específicos, o una base de fibras de carbono.

S.4. Solución de suelo embaldosado para reducir cargas electroestáticas.

Esta solución, es una fusión entre la S.1. y la S.3. Es ideal en el caso de que se requiera reducir las cargas electroestáticas, evitando la retención de suciedad en el suelo. Así como una solución perfecta para operaciones húmedas.



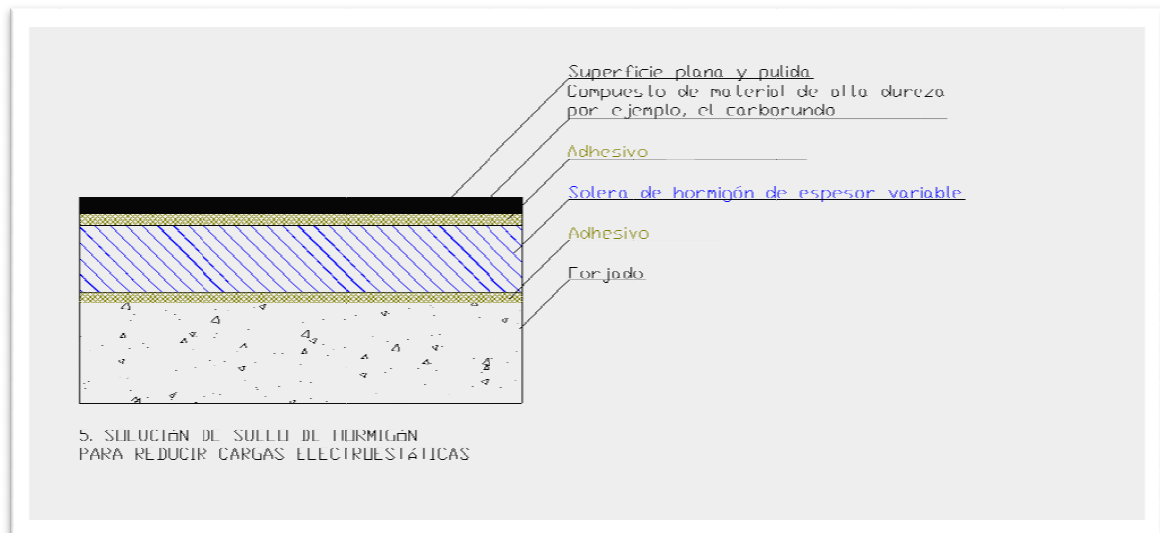
Detalle 4: Solución de suelo embaldosado para operaciones húmedas y reducir cargas electroestáticas.

En esta solución nos encontraremos por orden de colocación:

- Elemento resistente horizontal.
- Adhesivo.
- Solera de hormigón de regularización con la superficie desbastada.
- Adhesivo.
- Pletinas de cobre.
- Adhesivo compuesto con resinas epoxi y partículas de carbono.
- Baldosa cerámica.
- Juntas entre baldosas tratadas con el mismo adhesivo anterior.

S.5. Solución de suelo de hormigón para reducir cargas electroestáticas.

Esta es una solución la cual se puede adoptar en el caso de que necesitemos reducir las cargas electroestáticas, y nos encontremos con una superficie de un tamaño considerable.



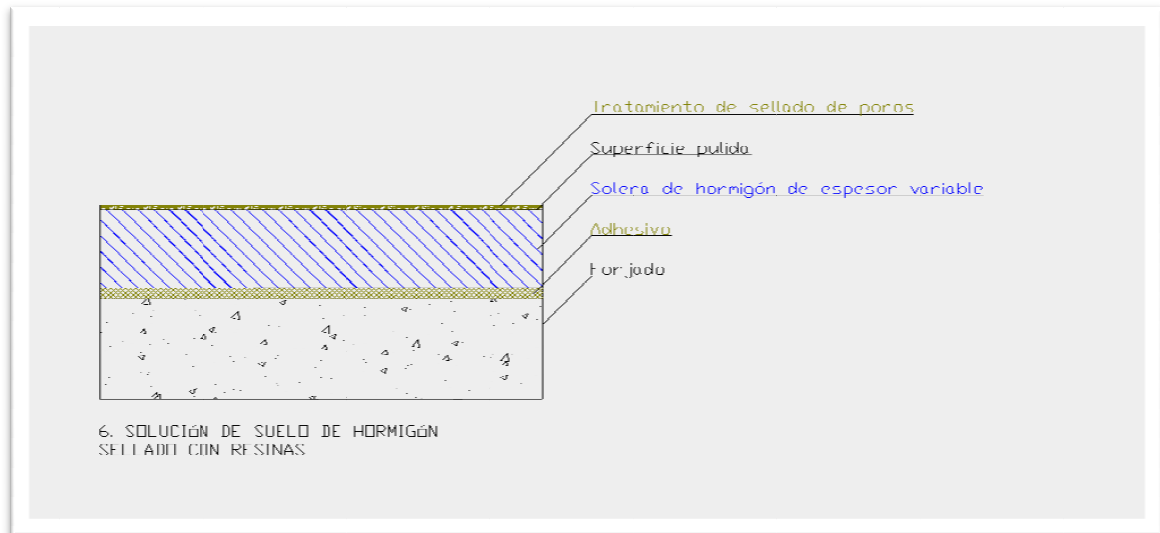
Detalle 5: Solución de suelo embaldosado para operaciones húmedas y reducir cargas electroestáticas.

En esta solución nos encontraremos por orden de colocación:

- Elemento resistente horizontal.
- Adhesivo.
- Solera de hormigón.
- Adhesivo.
- Compuesto de material de alta dureza, como el carborundo. El carborundo, al tratarse de un material semiconductor, ayudará a reducir las cargas electroestáticas que pudieran crearse en la superficie. Esta superficie deberá de estar completamente plana, y presentar un tratamiento de pulido.

S.6. Solución de suelo de hormigón sellado con resinas.

Esta solución es muy recomendable en salas limpias que posean una superficie muy amplia, y no requieran ningún tratamiento especial en cuanto a cargas electroestáticas.



Detalle 6: Solución de suelo de hormigón con un tratamiento de sellado de poros.

En esta solución nos encontraremos por orden de colocación:

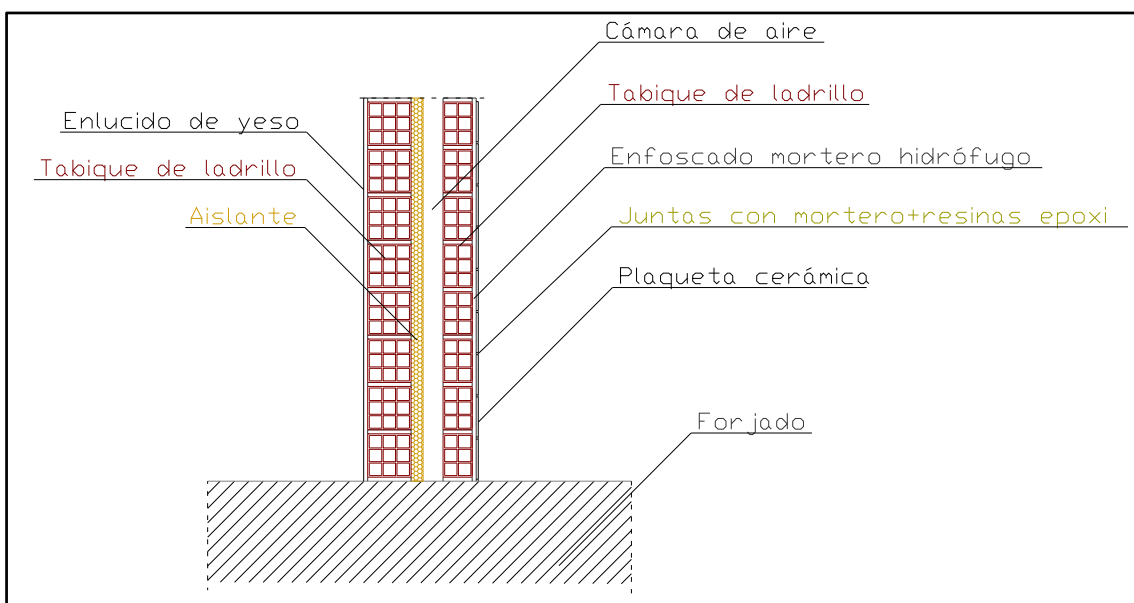
- Forjado o elemento resistente.
- Adhesivo que une el forjado (más antiguo), con la solera de hormigón (nueva).
- Solera de hormigón de espesor variable.
- Superficie de la solera, pulida y tratada con un sellado de poro mediante resinas.

5.1.2.- Paredes.

Debemos decir, antes de presentar estos detalles, que es muy recomendable, el utilizar siempre que se pueda soluciones modulares para resolver la envolvente general de la sala. Siendo este tipo de construcción convencional, más propia de los inicios constructivos de las salas limpias. Ahora bien, en muchas ocasiones las salas limpias se ubican en recintos que han sido contruidos con anterioridad, los cuales han albergado otros usos. Si la calidad de los materiales es la correcta, y no presentan defectos, tales como humedades, desconchamientos, perforaciones, etc. podemos utilizar parte, o incluso todas estas particiones para crear nuestra sala limpia. En algunas ocasiones, será conveniente realizar una serie de reparaciones a fin de asegurar la vida útil de nuestra futura sala limpia. Dependerá de cada caso si el elemento previo que vamos a utilizar está o no en las condiciones adecuadas.

Es importante recalcar, que este tipo de sistemas no son recomendables para crear una sala limpia con una restricción y pureza de aire mayor a una ISO 8.

Dicho esto, pasamos ahora a mostrar algunos detalles que ayudarán a comprender mejor como crear la envolvente vertical de nuestra sala.

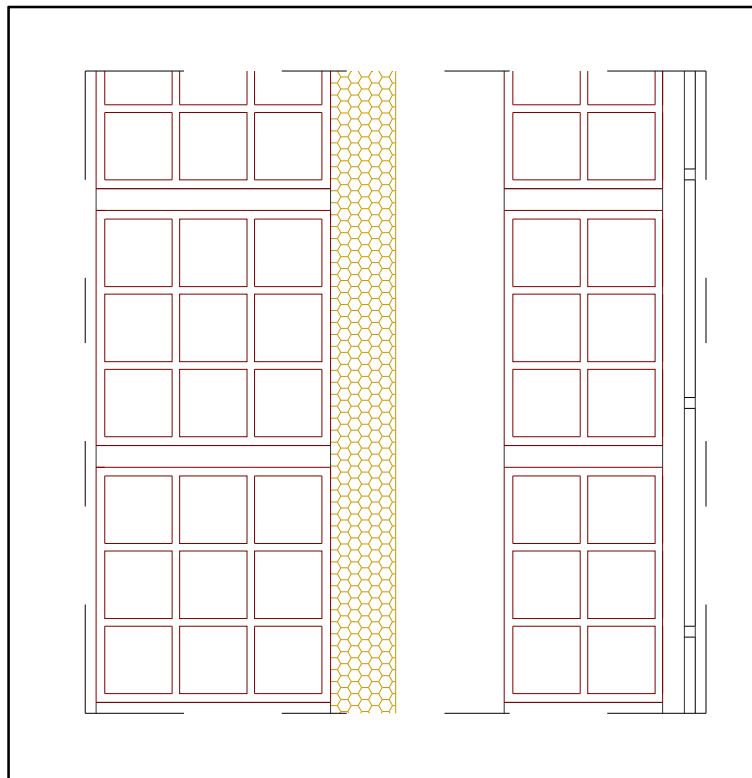


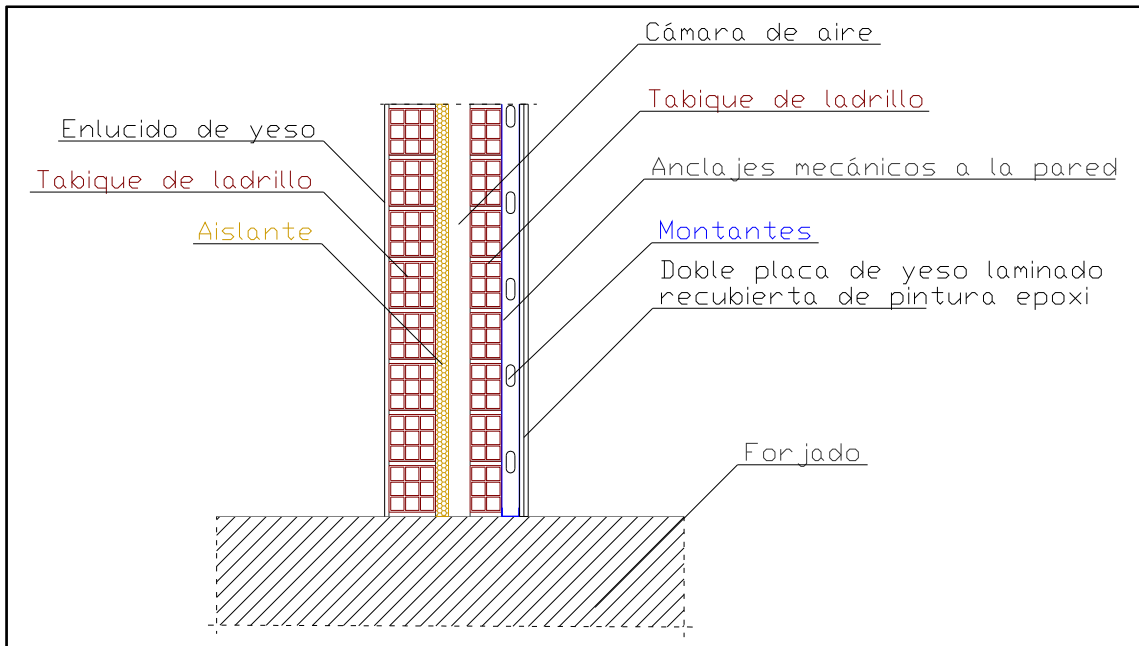
Detalle 7: Solución de cerramiento convencional con plaquetas cerámicas.

En la presente sección, y su correspondiente detalle podemos observar del extradós al intradós de la sala:

- Enlucido de yeso.
- Tabique de ladrillo
- Aislante.
- Cámara de aire.
- Tabique de ladrillo.
- Enfoscado de mortero hidrófugo.
- Plaquetas cerámicas rejuntadas con mortero epoxi.

Se puede observar, que la solución constructiva no dista mucho de la que podría resultar de cualquier partición interior que se pretendiera aislar mediante una cámara de aire. De hecho, la única diferencia importante radica en los materiales utilizados, en concreto en las plaquetas cerámicas y en el mortero epoxi utilizado para su fijación y rejuntado. Las juntas entre baldosas deberán reducirse a lo mínimo posible, evitando eso sí, que estén a hueso entre ellas, pues si las juntas por pequeñas que sean no están rejuntadas acumularán suciedad la cual perjudicará a la sala.

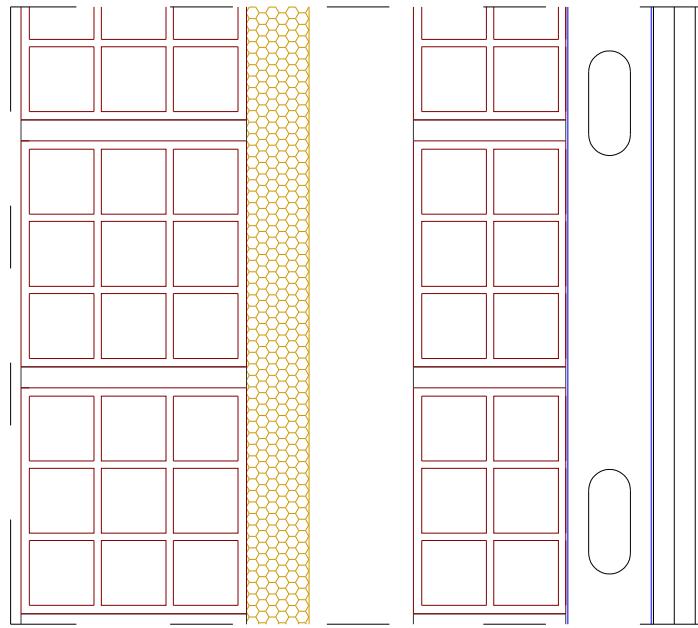




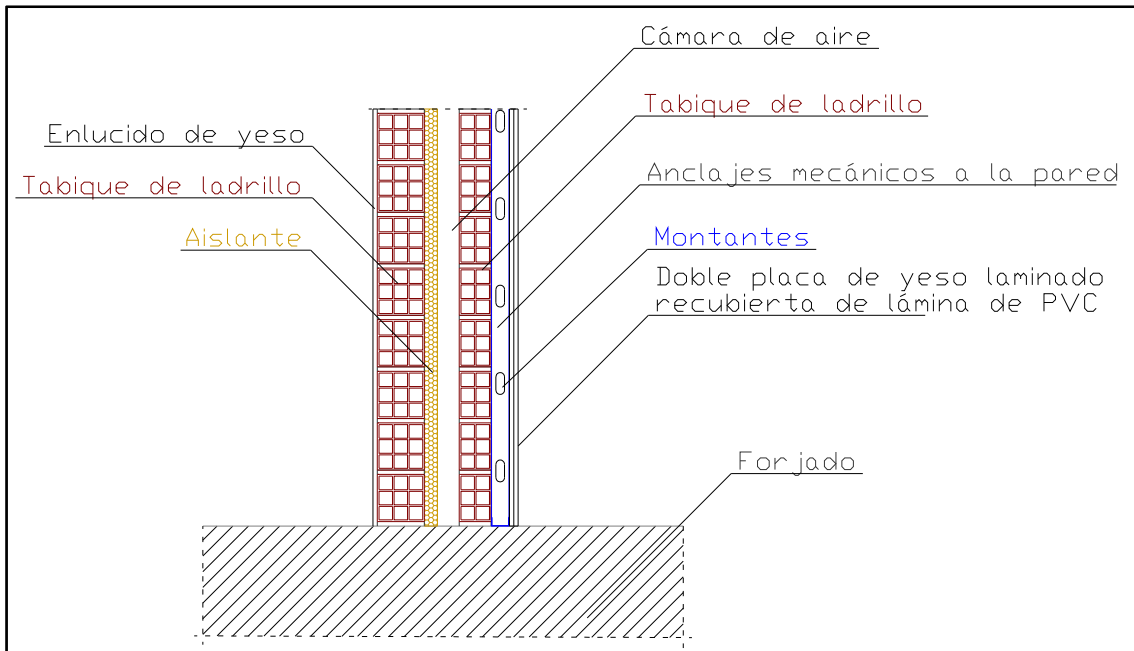
Detalle 8: Solución de cerramiento convencional sistema de montantes y travesaños y placas de yeso laminado tratadas con pintura epoxi.

En la presente sección, y su correspondiente detalle podemos observar del extradós al intradós de la sala:

- Enlucido de yeso.
- Tabique de ladrillo
- Aislante.
- Cámara de aire.
- Tabique de ladrillo.
- Montantes y travesaños de aluminio.
- Aislante térmico.
- Doble capa de yeso laminado recubierto de pintura epoxi.



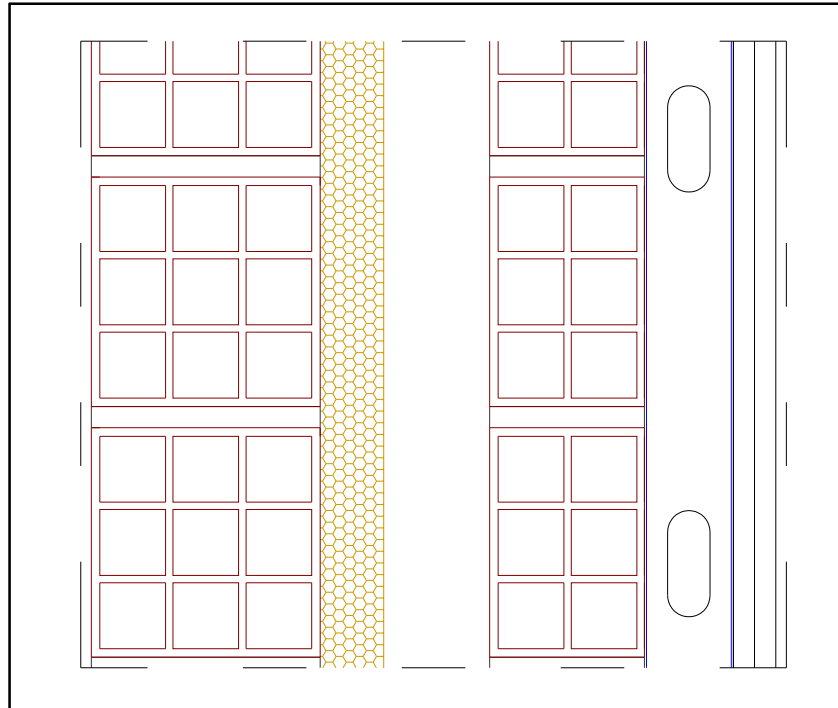
En esta solución, el intradós de la sala se realizaría con un conjunto de montantes, que anclados al paramento o elemento resistente, permitirán fijar los paneles de yeso laminado. Este tipo de solución es bien conocida en la construcción actual, y muchas veces se aprovecha el espacio que dejan los montantes para ubicar ahí un aislante térmico el cual suele ser lana de roca. No obstante, a no ser que el cálculo térmico/acústico así lo requiera no es necesario este aislante. Lo que sí resulta necesario es un recubrimiento a base de pintura epoxi. El cual conseguirá cerrar por completo el poro del panel, creando una superficie perfectamente lisa y sin oquedades que puedan albergar suciedad.



Detalle 9: Solución de cerramiento convencional sistema de montantes y travesaños y placas de yeso recubiertas de una lámina de PVC.

En la presente sección, y su correspondiente detalle podemos observar del extradós al intradós de la sala:

- Enlucido de yeso.
- Tabique de ladrillo
- Aislante.
- Cámara de aire.
- Tabique de ladrillo.
- Montantes y travesaños de aluminio.
- Aislante térmico.
- Doble capa de yeso laminado recubierto de lámina de PVC.



En esta solución, la cual es similar a la anterior, presenta el mismo sistema constructivo. La diferencia radica en que el recubrimiento de las placas de yeso laminado se realiza con una lámina de PVC. Cabe resaltar que este recubrimiento no debe de realizarse directamente sobre el paramento, y esto es debido a que aunque un paramento esté enlucido siempre presentará mayores problemas de imperfecciones superficiales, rugosidades, etc. que la solución con la placa de yeso laminado.

5.1.3.- Techos.

Tanto los techos convencionales como los modulares, poseen características muy similares respecto a diseño, colocación y materiales que los definen. Esto es debido a que en la mayoría de las salas limpias, las conducciones de filtrado de aire se sitúan en el techo de la sala. Es por esto que mostraremos los diferentes detalles, válidos para ambos sistemas constructivos de salas limpias, en el apartado de construcción modular.

5.1.4.- Puertas y ventanas.

Algo similar a lo que ocurriría con los techos ocurre con la creación de puertas y ventanas en las particiones verticales. Algunos detalles para la construcción modular nos pueden servir para la convencional y viceversa.

5.2.- Construcción modular o prefabricada.

La construcción modular es un tipo de construcción donde los diferentes componentes que forman los elementos a construir (paredes, techos, suelos...) se entregan ya fabricados y preparados para su ensamblaje “in situ”. Existen una gran variedad de componentes modulares y de sistemas en el mercado. Las diferentes empresas que se especializan en la fabricación de sistemas para salas limpias están en constante innovación y realizan de manera periódica patentes de sus sistemas. Inevitablemente, el sistema más fácil de montar mejor aspecto, más robusto y con el menor riesgo de problemas de contaminación, será el más caro. Por tanto, es necesario elegir con sabiduría, el equilibrio de la calidad y el costo de los productos con las ventajas que aportan. No es recomendable utilizar diferentes sistemas modulares o de diferentes fabricantes en una misma sala limpia, aunque sean zonas de diferente clase ISO, ya que los encuentros entre uno y otro pueden no resultar satisfactorios.

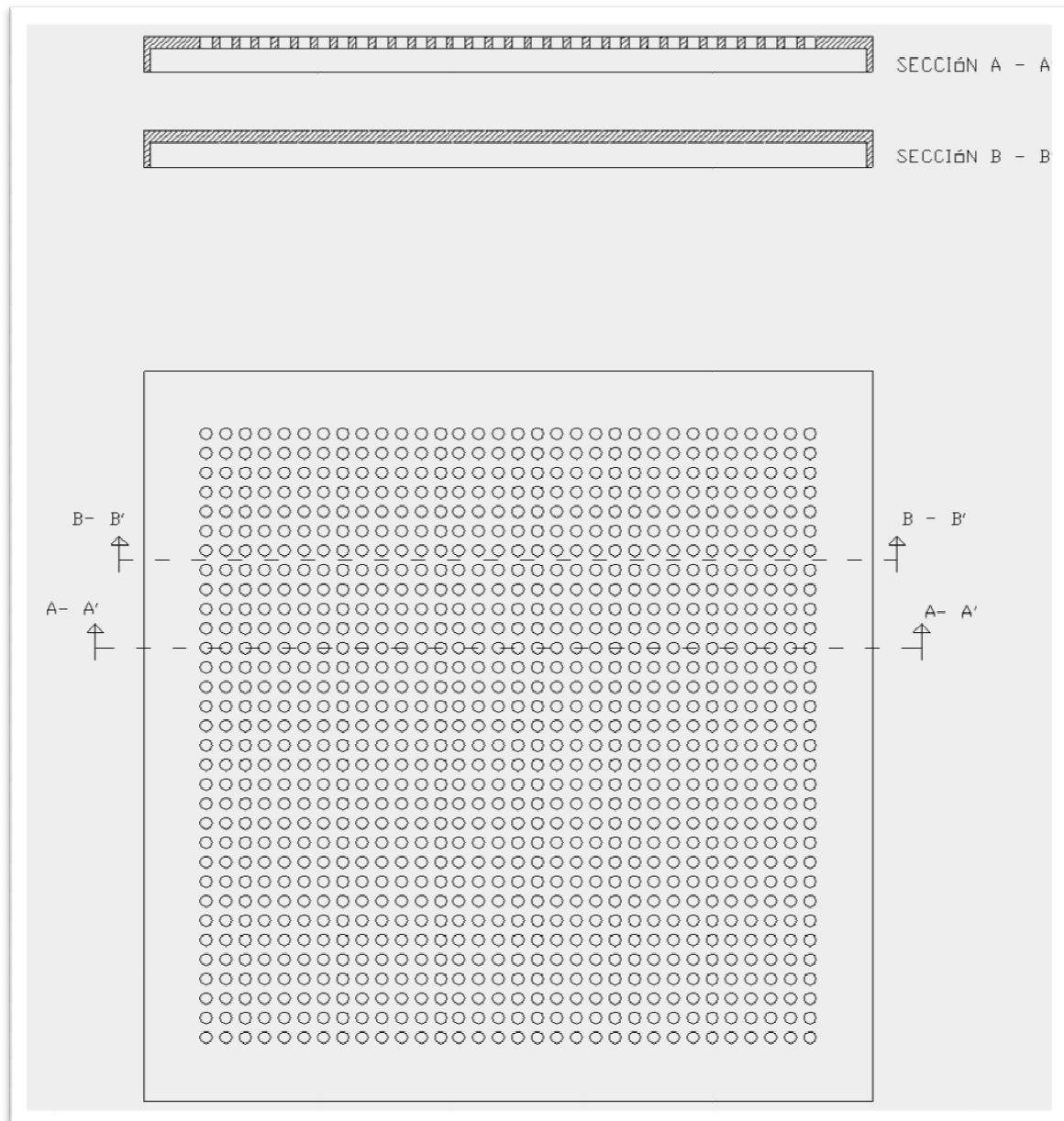
5.2.1.- Suelos.

El suelo de una sala limpia de construcción modular, se compone principalmente de un suelo técnico, el cual está a su vez formado de dos elementos, unos pies derechos o soportes, y unas baldosas técnicas, realizadas en aluminio o acero inoxidable y recubiertas de PVC.

Al igual que ocurría con los suelos convencionales, las baldosas de los suelos técnicos deberán presentar siempre una baja porosidad, ser a prueba de deslizamiento, resistentes a la abrasión, conductivas en el caso que se requiere evitar cargas electroestáticas, y resistentes a los ataques químicos a los que se puedan verse afectadas.

Aunque este esquema básico de pies derechos y baldosas se repite en prácticamente la totalidad de las salas blancas con una clasificación ISO superior a 8, las formas, ensamblajes y particularidades de cada una suelen variar, en función de la marca y modelo del sistema de suelo técnico elegido. La mayoría de las empresas que se dedican a realizar salas limpias, suelen

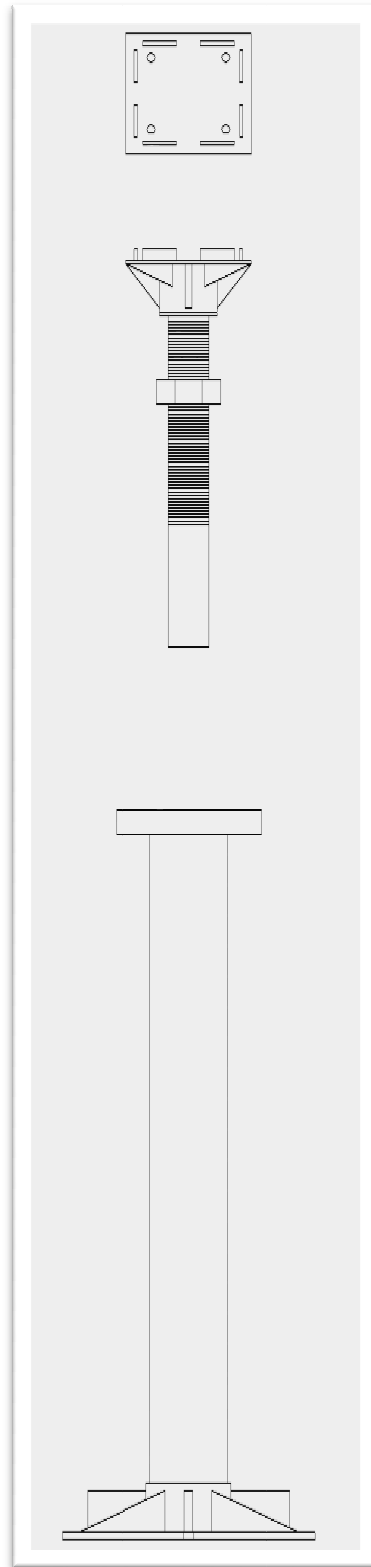
tener patentadas todas sus soluciones, tanto en suelo y techo como en pared. El sistema de baldosa que mostramos a continuación, es un esquema básico para que se pueda comprender mejor la fisionomía de la solución conjunta que mostraremos más adelante.



Detalle 10: Croquis de detalle de una baldosa técnica perforada de un suelo técnico elevado genérico.

Como podemos comprobar en el croquis, las perforaciones atraviesan toda la baldosa, creando así una rejilla que permite dejar pasar el aire a través de ella, y a la vez le otorga solidez para repartir el peso de una persona o equipo. Las perforaciones pueden tener un diámetro aproximado de en torno a unos 10 mm, dependiendo estas, como hemos dicho, de la

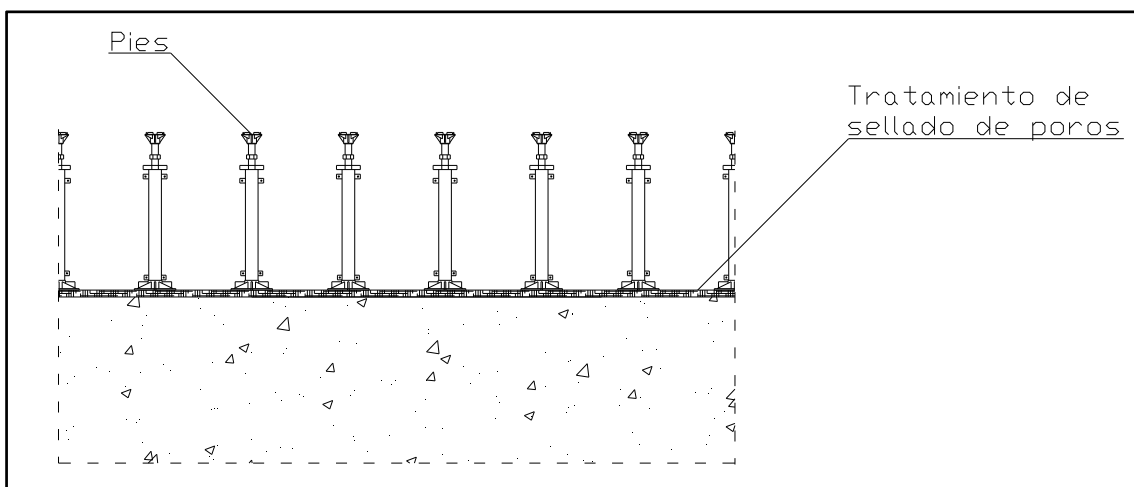
marca y modelo. La distancia entre las mismas suele rondar los 6 mm. Si contáramos el número de perforaciones obtendríamos unas 1024, distribuidas en la zona central, de una baldosa de 60x60 cm.



Detalle 11: Croquis de detalle de un pie elevado de un sistema de suelo técnico elevado.

El croquis anterior, muestra lo que sería un pie derecho del sistema de suelo técnico. El mismo está compuesto por dos elementos, que combinados junto con una tuerca roscada, hacen que se pueda jugar con la altura del mismo. En la parte de arriba, se muestra lo que sería la planta de la parte superior, la cual está diseñada para fijar, sin necesidad de tacos, tornillos, ni ningún elemento de fijación, a las baldosas encima de los pies, haciendo así, que el sistema sea completamente registrable.

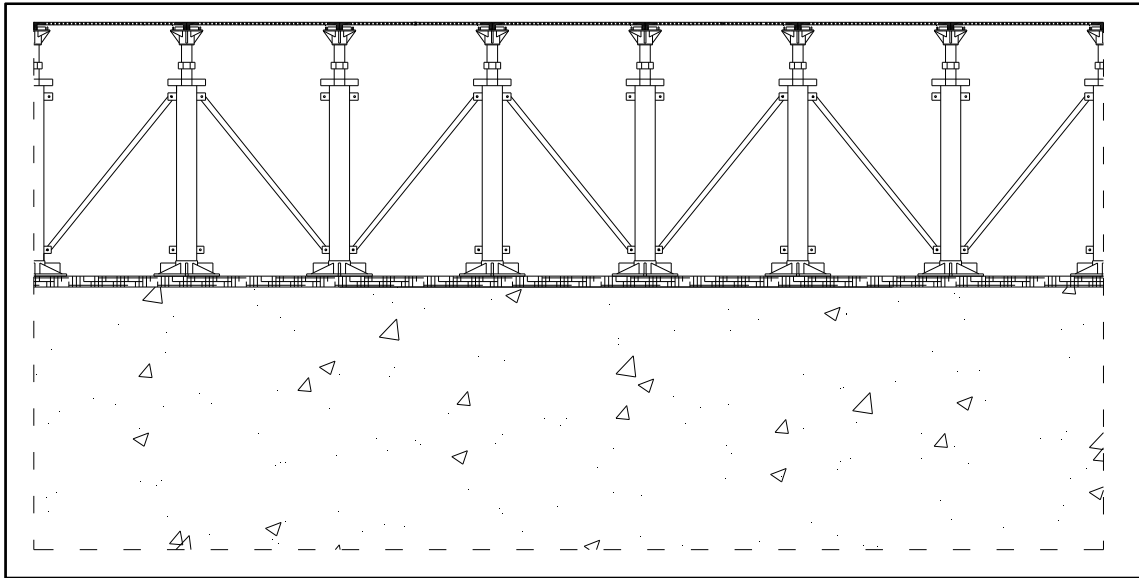
Observemos pues ahora, como resultaría esta solución:



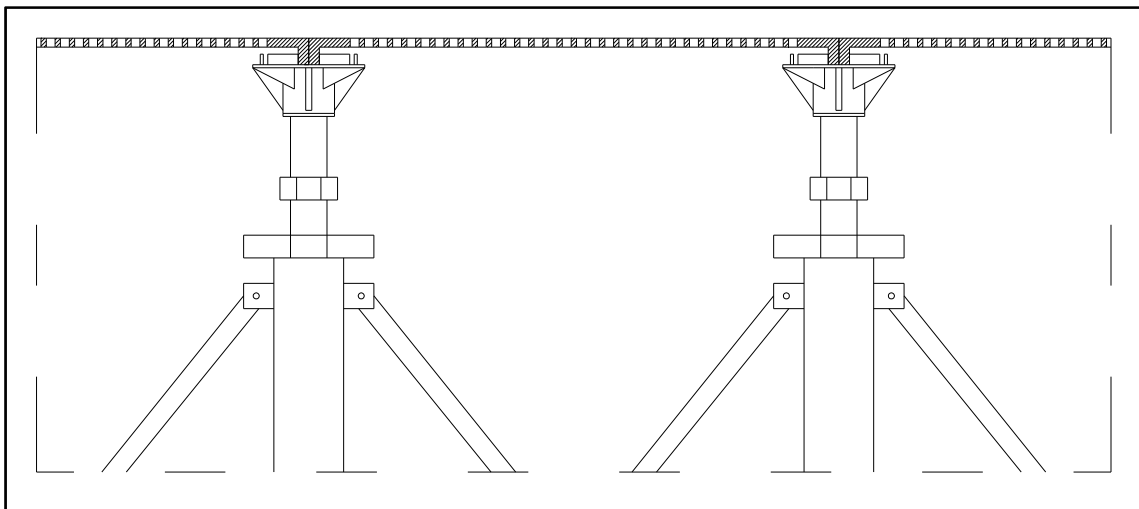
Detalle 12: Croquis de detalle de varios pies elevados formando una estructura para su posterior arriostrado,

En el detalle superior se muestra al conjunto los pies derechos colocados directamente sobre una solera de hormigón, con un tratamiento de sellado de poros. No debemos de olvidar, que por aquí va a circular el aire de la sala limpia, el cual va a ser nuevamente filtrado para ahorrar gasto energético y esfuerzos innecesarios de la instalación de aire. Por tanto, la superficie inferior deberá ser igualmente compatible que el resto de superficies de la sala blanca, porque aunque esta no esté visible, forma igualmente parte de la misma.

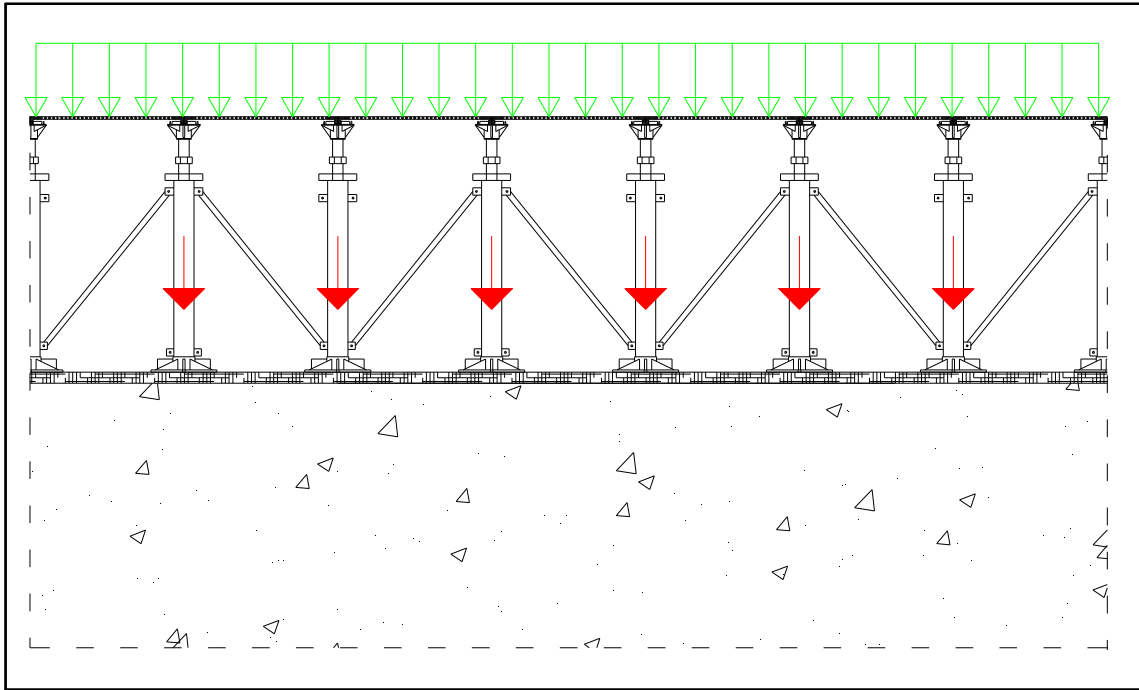
Si bien ya hemos comentado al principio de este capítulo, que pueden existir combinaciones entre soluciones convencionales y modulares, este es sin duda un claro ejemplo. La solera de hormigón donde se apoyan los pies derechos, podrá estar resuelta con cualquier solución convencional de las que les hemos mostrado anteriormente.



Detalle 13: Croquis de detalle de varios pies elevados ya arriostrados y con el pavimento perforado situado encima.

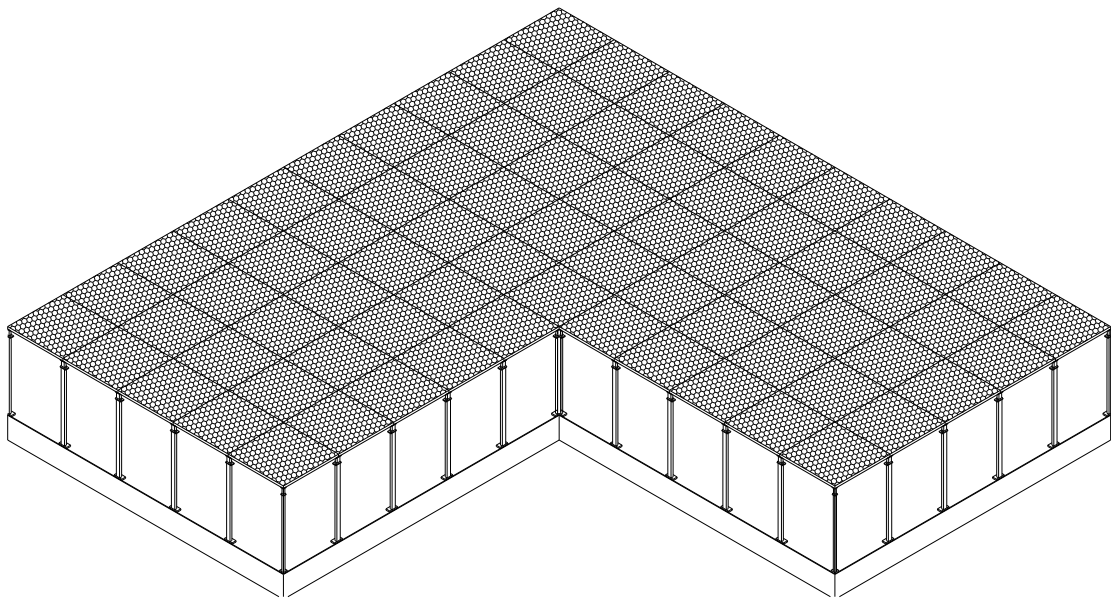


Ahora bien, se habrá de tener en cuenta, que el peso de los equipos y las personas, no se repartirá uniformemente, sino en los lugares puntuales donde esté situado un pie. Por lo que no sería recomendable realizar un embaldosado del suelo, por el peligro a que estas se agrieten debido al efecto del punzonamiento.



Detalle 14: Distribución de cargas en un sistema de pavimento elevado.

Con este tipo de solución podemos crear un pavimento elevado que abarque toda la sala, encima del cual se situarán los cerramientos modulares, y que conjuntamente con el techo y la instalación de filtrado de aire creará un flujo de aire laminar, que atravesará las perforaciones y permitirá que el aire vuelva a ser filtrado por el sistema.



Detalle 15: Perspectiva isométrica de un pavimento elevado.

En la presente perspectiva cortada a un cuarto podemos observar mejor como quedaría la unión entre las baldosas perforadas y los pies derechos. Según se aprecia, debajo de las baldosas se crea un espacio no diáfano, puesto que está presente la red de pies derechos, por el cual puede circular el aire “sucio” de la sala. Llegado este punto, no es necesario que el aire siga un patrón fijo, puesto que la verdadera sala limpia, se encuentra por encima del pavimento, y debido a la presión superior de la sala y a los extractores de aire situados debajo de esta el aire no puede retornar hacia arriba. No obstante, los materiales y las soluciones constructivas en este espacio deben de tener la misma exigencia que los de la sala, ya que cuanto menos se contamine este aire, menor esfuerzo deberá soportar la instalación de filtrado de aire, y por lo tanto los filtros, para su limpieza.

5.2.2.- Paredes.

Las paredes o paramentos de una construcción modular presentan dos variantes principales:

- Paredes con un sistema sin tornillos de anclaje entre paneles modulares (mediante “clipeado”).
- Paredes con un sistema mediante montantes y travesaños unidos por tornillos de anclaje.

Sistema sin tornillos de anclaje entre paneles modulares.

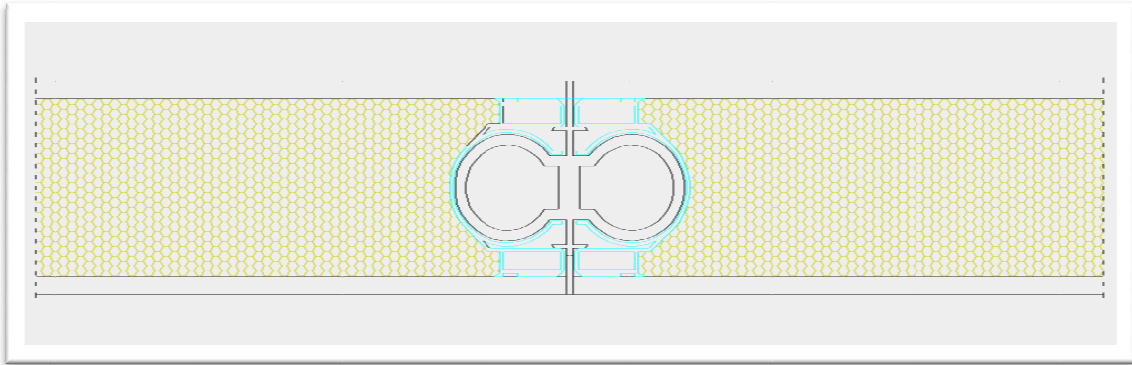
Este sistema trata de buscar la unión entre paneles contiguos verticales de cerramiento entre sí, y entre estos y los elementos de suelo y techo. Utilizando para ello unas piezas machihembradas, que resuelvan estas uniones minimizando así el uso de tornillería, claveteado, o elementos similares.



Foto 02 : Panel modular visto en sección utilizado comúnmente en los cerramientos de las salas limpias.

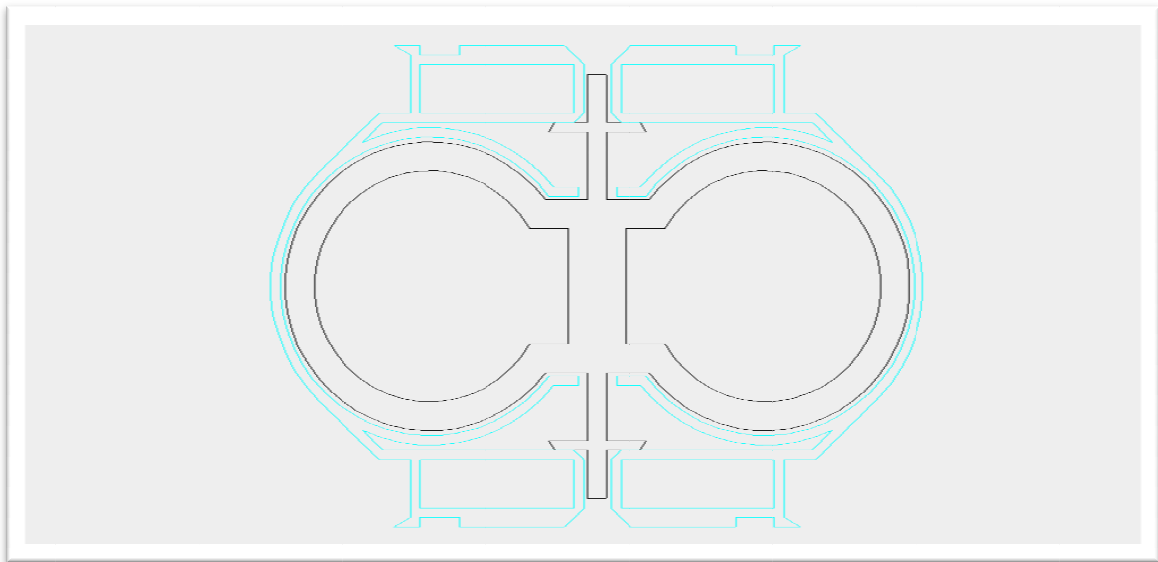
El sistema sin tornillos de anclaje posee la ventaja de que en su montaje no se requiere de herramientas que puedan producir contaminación en su proceso constructivo. Como inconveniente decir, que la unión del elemento modular con el suelo o techo, es más endeble que la realizada mediante tornillos y esto se puede hacer patente a lo largo de su vida útil.

Los paneles de este sistema normalmente poseen un espesor de unos 50 mm (2 pulgadas) para otorgarle así rigidez al conjunto, ya que las uniones requieren de un determinado espesor para su correcto “clipeado”. Los paneles, unidos entre sí, están unidos a su vez, a tope, a unos travesaños horizontales situados en el suelo y en el techo. Estos travesaños horizontales suelen ser extrusiones de aluminio y suelen venir adheridos a las superficies horizontales mediante algún adhesivo epoxi.



Detalle 16: Sección horizontal de un panel sándwich con un sistema de clipeado.

A continuación presentamos la sección y el detalle que representan la unión de dos paneles sandwich tipo. Es de reseñar la facilidad de montaje de este sistema. Facilidad que se traduce en un menor tiempo de trabajo, una menor contaminación durante el proceso constructivo, y una mayor facilidad en el mantenimiento. El único trabajo extra que requiere, es el sellado de la pequeña junta que queda entre los dos perfiles mediante una silicona resistente a la abrasión, creando así una unión perfecta entre ambos paneles.



En el detalle se puede apreciar como el perfil tubular de PVC, hace la función de nexo de unión entre los dos paneles sándwich mediante unos perfiles de aluminio incluidos en cada panel.

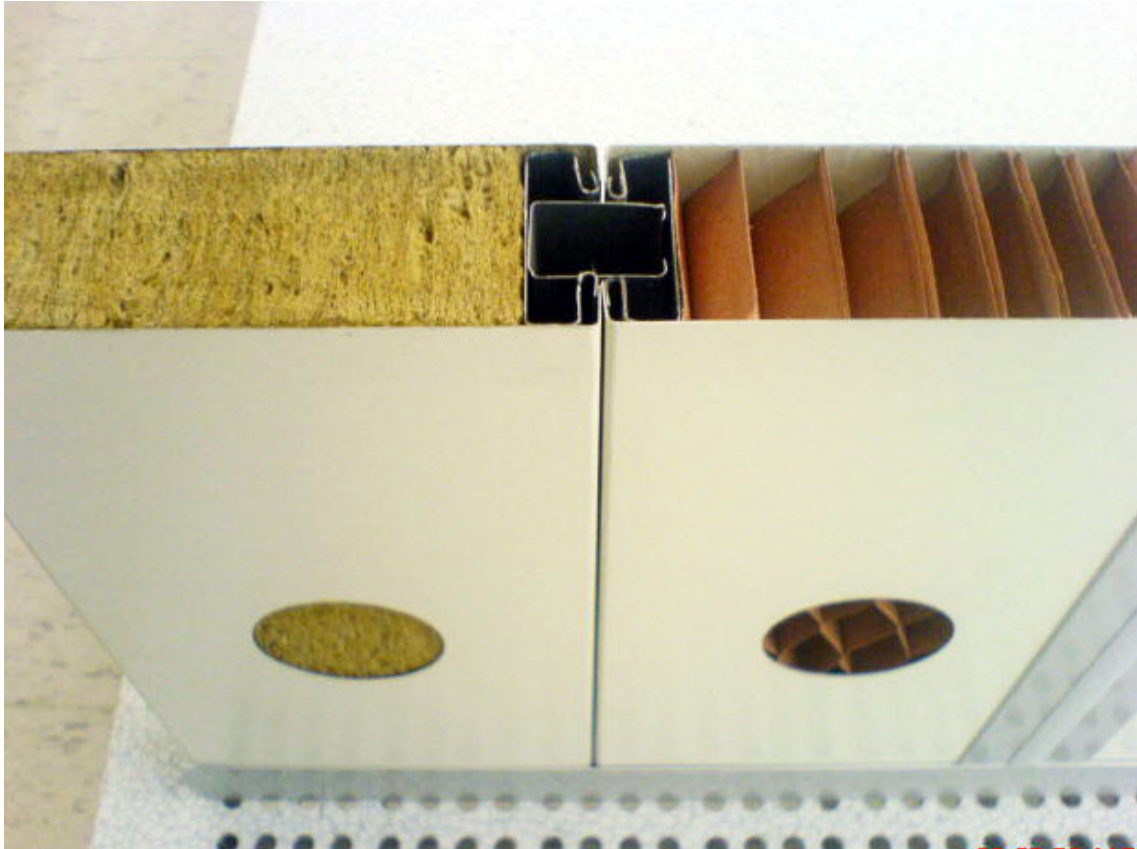
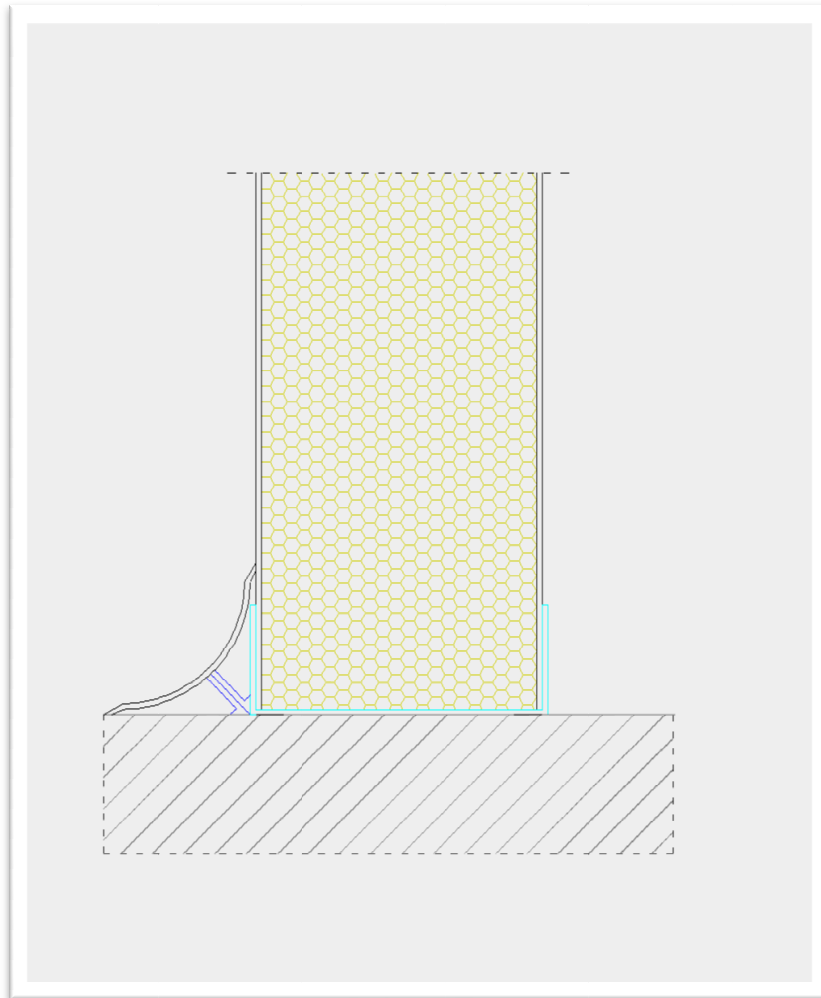


Imagen 12 : Union tanto horizontal como vertical de paneles sin uso de tornillería.

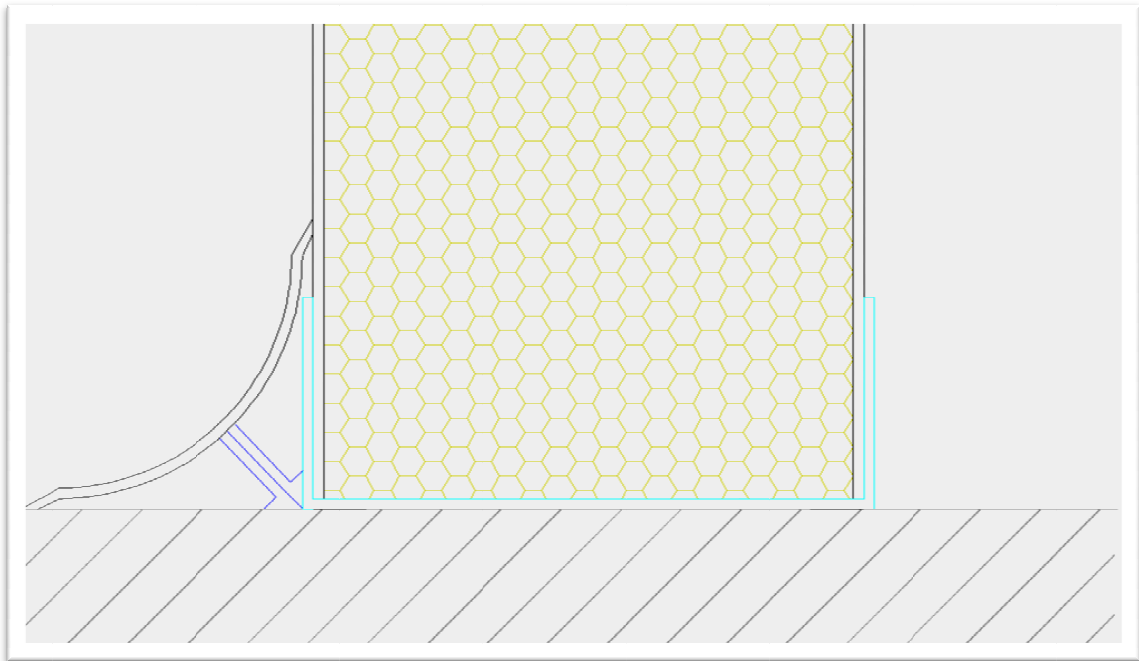
En la imagen 12 se puede observar un “clipecado” realizado íntegramente en aluminio, tanto la pieza de unión (macho) como la de cada panel que lo recibe (hembra). Existen muchos tipos de uniones, pero todas se basan en el mismo principio constructivo de unión entre paneles.

Los paneles están formados en su exterior por láminas de una superficie lisa y compatible con la sala limpia, es decir, que reúna las propiedades que se necesiten (electroestático, resistente a determinados ácidos...), y presentan un núcleo interno de fortalecimiento, generalmente de algún tipo de aislante o de elementos alveolares de cartón que le otorgan rigidez al conjunto. Las superficies externas pueden ser hojas de pvc, de aluminio tratado contra la oxidación, o de acero inoxidable. Los materiales más básicos para el núcleo interior del panel pueden ser placas de yeso laminado, tableros compuestos, madera contrachapada...



Detalle 17: Sección vertical de un cerramiento donde se observa la esquina sanitaria creada en el interior de la sala.

Aunque siempre es recomendable que en toda sala limpia se cree una esquina sanitaria a lo largo de la unión entre los paramentos y el suelo, existen ciertas salas limpias que debido a su tamaño deben ser limpiadas a máquina. Estas salas limpias, no llegan a tener una clasificación mayor de una ISO 8, esto es debido a la cantidad de aire que la instalación de filtrado debe de tratar. Por tanto, como norma general, aunque nos encontremos con una sala limpia de una clase ISO 8, o inferior, deberemos de realizar esquinas sanitarias, pues estas ayudan a crear un espacio más fácil de limpiar, con unas menores deposiciones de partículas, menores coeficientes de dispersión, y por tanto mejor comportamiento a lo largo de su vida útil. Estas esquinas sanitarias deberán tener un radio entre 25 y 50 cm.



En la siguiente fotografía podemos ver como quedaría resuelto el encuentro en esquina.



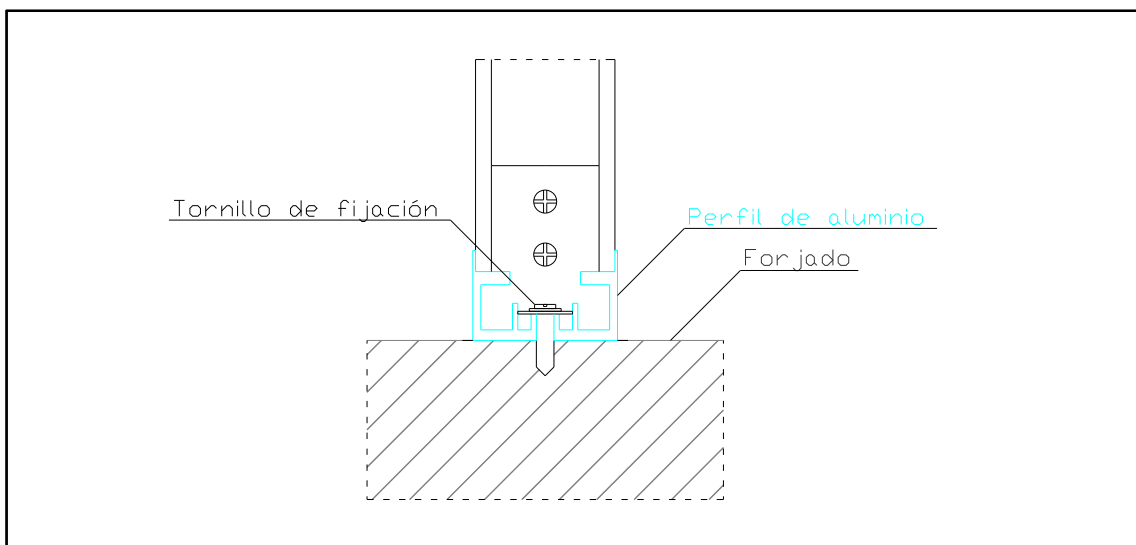
Foto 03: Encuentro en esquina de dos paredes perpendiculares y suelo con esquina sanitaria.

Sistema mediante montantes y travesaños unidos por tornillos de anclaje.

El sistema que vamos a ver ahora consiste en un sistema de anclaje clásico, mediante montante y travesaños unidos por tornillería. Tanto en los encuentros con la pared y el techo, como entre panel y panel.

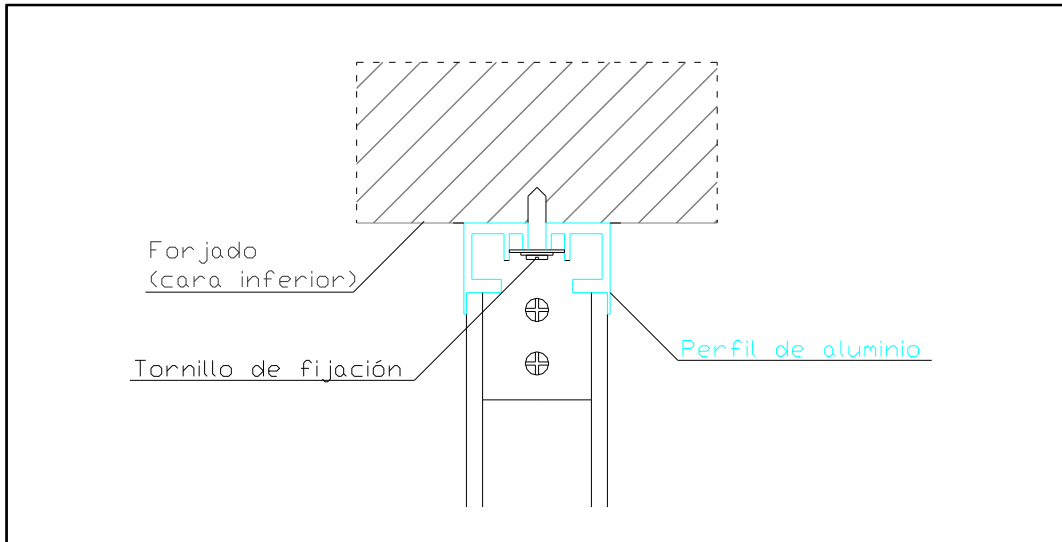
Este sistema se caracteriza por unas uniones más solidas a los elementos resistentes, que permiten reducir el grosor del panel considerablemente. Sin embargo, el que se requiera tornillería resulta contraproducente a la hora de mantener la sala limpia, y de construirla. Esto último debido a lo que llamábamos “construcción limpia”, y que afecta directamente a la sala debido a los residuos que se producen a lo largo del proceso constructivo, y que muchas veces no pueden ser del todo limpiadas.

Este tipo de sistemas también se utilizan dentro de otros, es decir, si queremos por ejemplo, aislar un equipo concreto dentro de una sala limpia. En vez de utilizar un panel sándwich, el cual tendría un grosor e inercia innecesarios, utilizaríamos las lamas extrusionadas, unidas al suelo y el techo mediante los travesaños, y aportándole rigidez mediante los montantes, consiguiendo una partición de menor grosor, pero perfecta en funcionalidad.



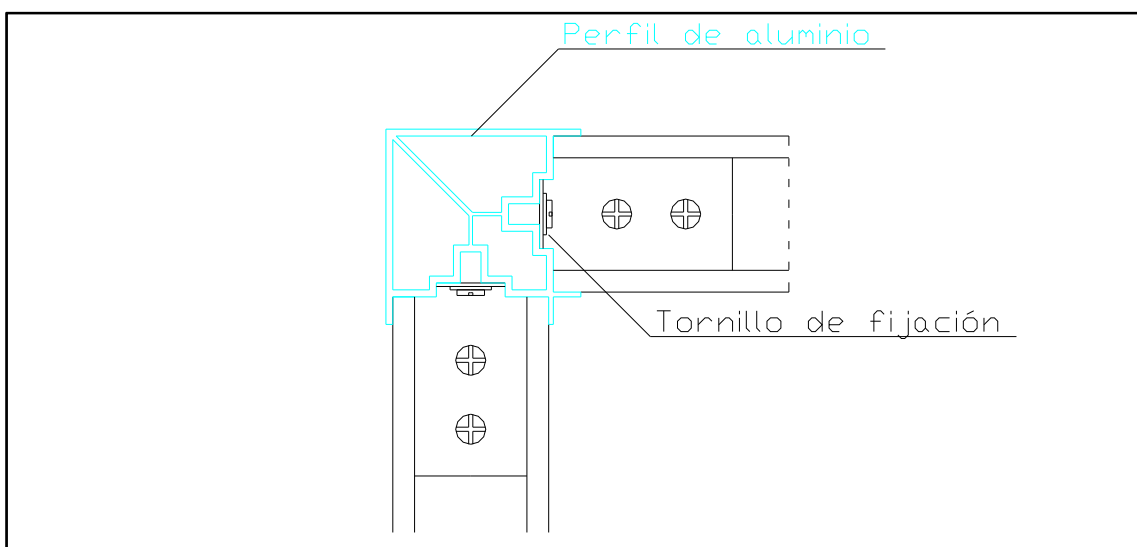
Detalle 18: Sección vertical del encuentro de un cerramiento con el suelo.

En el presente detalle se muestra lo que podría ser la unión de un travesaño con el forjado mediante el uso de tornillería. A su vez, los montantes quedarían fijados al mismo por medio de introducción parcial de los mismos, y gracias a una tornillería de fijación. Cabe recordar que esta unión quedaría oculta debido al uso del suelo técnico.



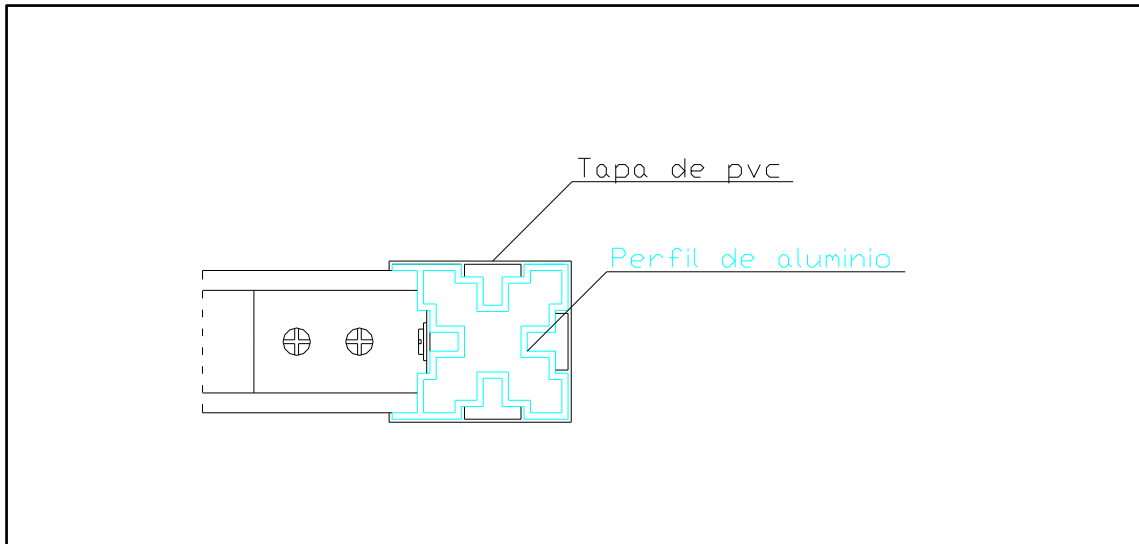
Detalle 19: Sección vertical del encuentro de un cerramiento con el techo.

En este detalle se observa la unión del panel con la cara inferior del forjado de techo. Es una unión muy similar a la anterior. La misma, quedaría oculta por el falso techo de la sala limpia.



Detalle 20: Sección horizontal del encuentro perpendicular entre dos paramentos.

En esta sección podemos observar cómo podría quedar la unión entre dos paneles de pared. Se utilizaría para ello un montante especial en esquina, al cual se fijarían los dos paneles.



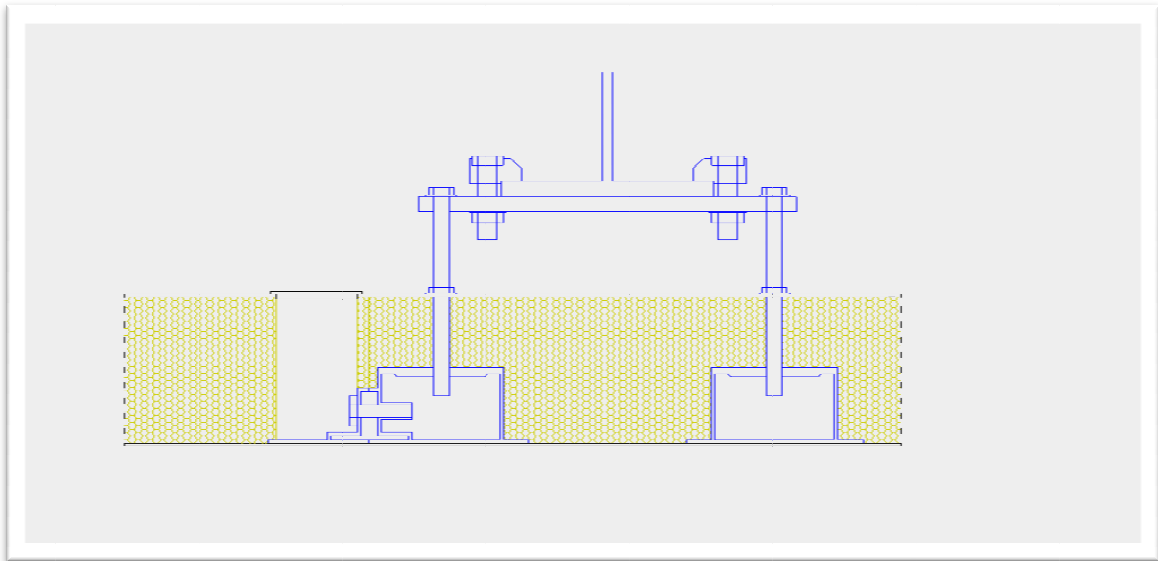
Detalle 21: Sección horizontal de la terminación de un panel

En muchas ocasiones se pueden requerir particiones que acaben sin llegar a tope con otro elemento, o que vayan a estar delimitadas por zonas de puertas o pasos. Pues bien, en estas zonas, donde la frecuencia de paso es muy alta, es recomendable el recubrir el montante de aluminio de una tapa de pvc, que además limite las juntas y espacios que puedan albergar suciedad.

5.2.3.- Techos.

El techo de una sala limpia es un elemento constructivo muy importante, ya que en él se sitúan tanto las conducciones de aire, como las luminarias. La necesidad de acceso de los conductos de aire acondicionado gases, electricidad, y el uso de filtros y luces empotradas que se integran con el límite máximo, dicta el uso de un techo suspendido o apoyado.

Además, los falsos techos serán los encargados de crear la retícula adecuada para ubicar cada uno de los filtros absolutos con sus correspondientes plenum's.



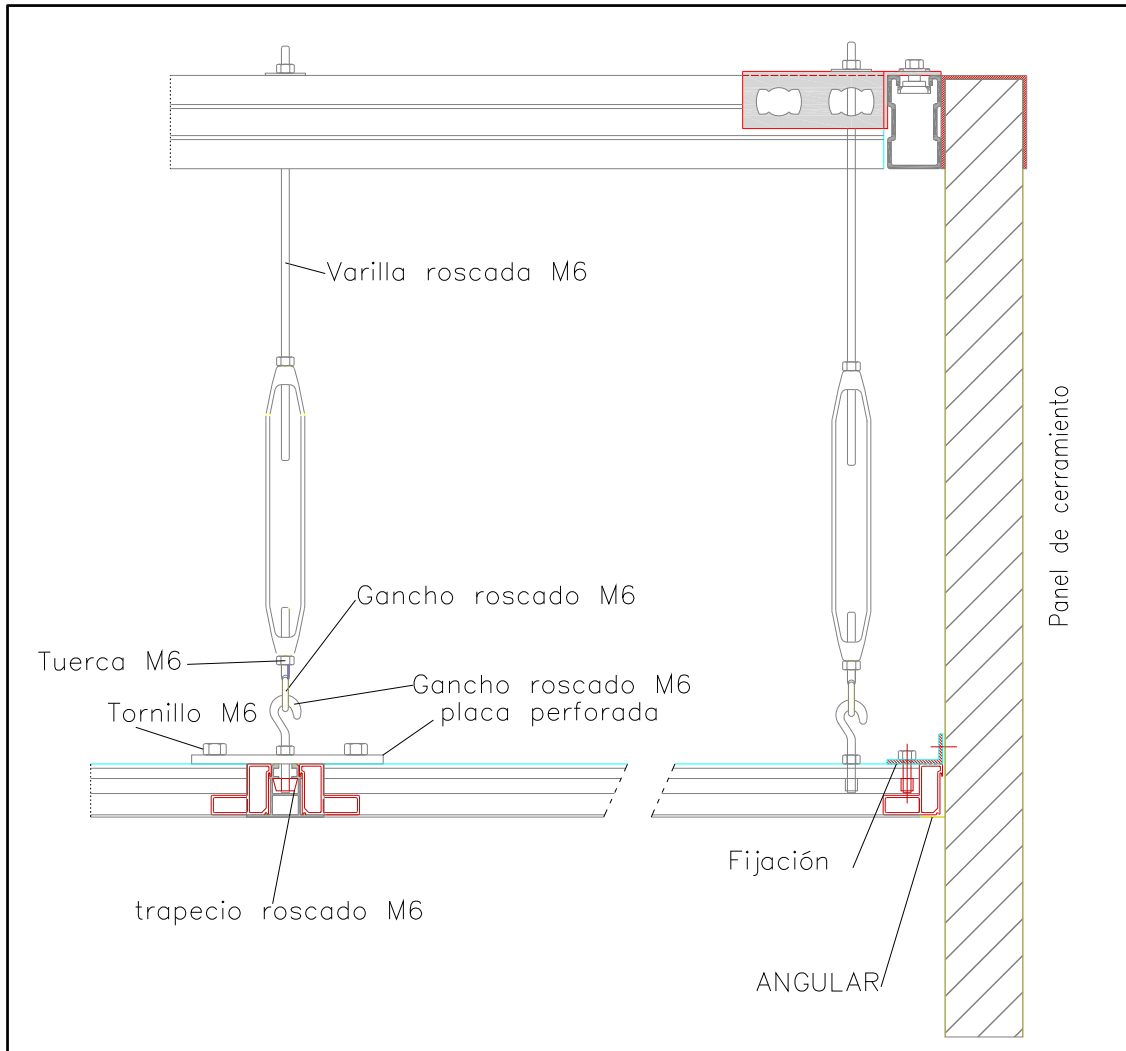
Detalle 22: Sección vertical de la soportación mediante perfiles de paneles ciegos de techo con tapa de registro.



Imagen : Techo registrable sustentado por tensores.

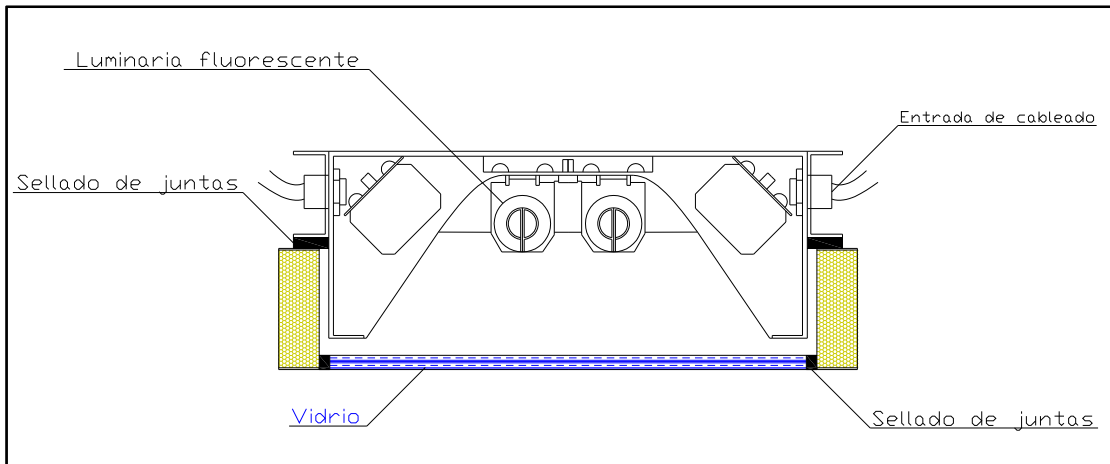
Existen multitud de soluciones para crear tanto la sustentación, como la retícula que defina el espacio donde van a ir ubicados los paneles ciegos, o los filtros junto con los plenum. No obstante, la mayoría de ellas giran en

torno a la misma idea, que es dejar un espacio vacío por encima del techo de la sala. Por lo que la mayoría de soluciones se parecen a los esquemas que presentamos a continuación.



Detalle 23: Sección vertical de un techo sustentado por varillas roscadas.

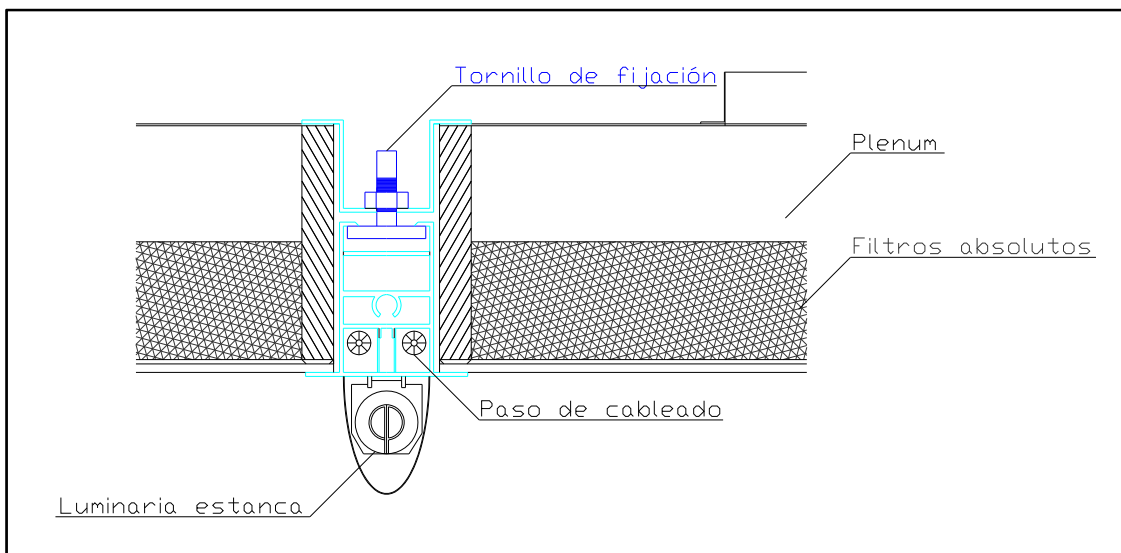
En la siguiente sección mostramos una luminaria que abarcaría un módulo de techo entero. Este tipo de luminarias se pueden utilizar en aquellas salas limpias cuya clasificación no requiera que el techo esté íntegramente realizado por filtros absolutos, sino que estos se sitúen en determinados puntos. Los cables circularán pues, correctamente aislados por encima del falso techo de la sala, sin necesidad de que presenten ningún recubrimiento especial, pues este aire no está en relación con el interior de la sala.



Detalle 24: Sección vertical de una luminaria empotrada en el techo.

En este otro detalle, la luminaria se sitúa entre filtros absolutos, y además presenta una forma elipsoide de forma que no rompe el flujo de aire laminar que transcurre a través de los filtros situados a parte y parte.

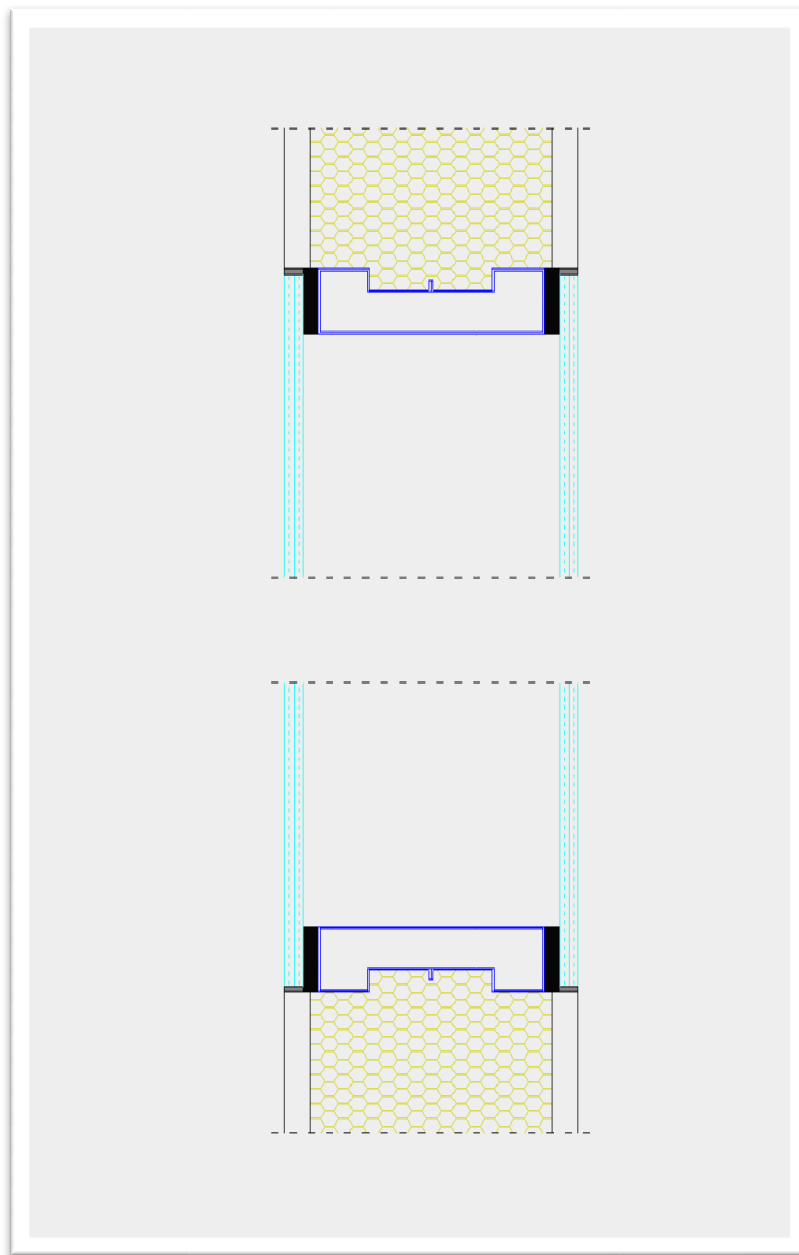
Esta luminaria estaría pues ubicada en la red longitudinal de perfiles que sustentaría los paneles del techo. Aprovechando los huecos que presentan los perfiles para el paso de conducciones eléctricas.



Detalle 25: Sección vertical de una luminaria para una cubrición total del techo por filtros.

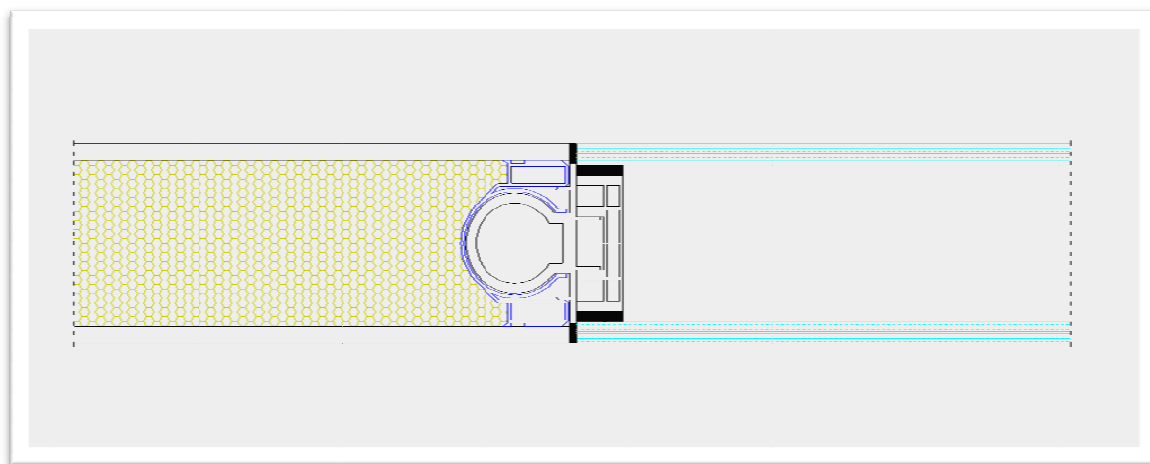
5.2.4. - Puertas y ventanas.

Como ya hemos dicho anteriormente, las puertas y las ventanas son un punto que se debe de tratar con especial atención. Las juntas y sellados de los cristales deberán de realizarse de manera continua, evitando dejar cualquier tipo de agujero por el que pudiera escaparse el aire en gran medida, o almacenar suciedad. Las siliconas a utilizar para el sellado de estas juntas, serán de alta calidad, para evitar pues, que con el paso del tiempo puedan producirse roturas o exfoliaciones en ella.



Detalle 26: Sección vertical de una ventana en un panel sándwich.

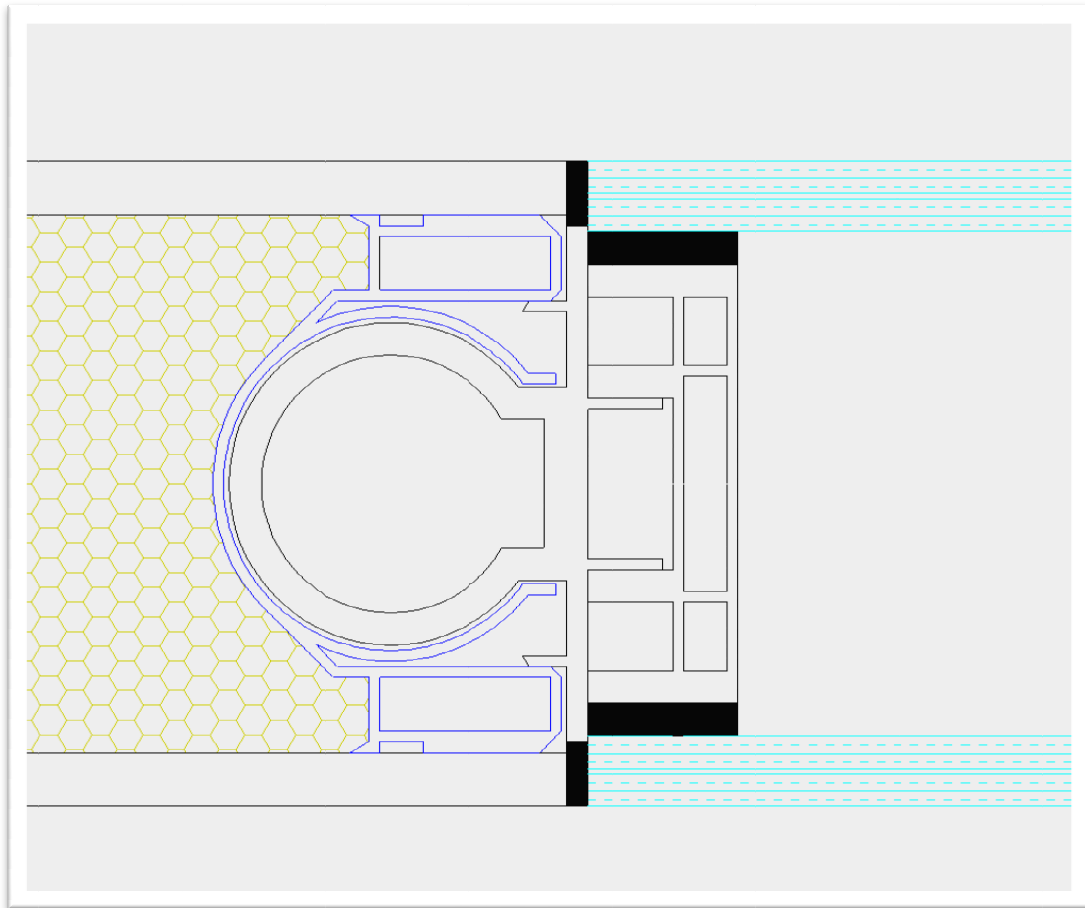
En la sección vertical anterior podemos ver como quedaría una ventana con un sistema de perfiles metálicos. Como puede observarse el perfil queda ubicado en la parte interior del panel, no sobresaliendo nunca del mismo. Asimismo, el vidrio queda completamente a ras del panel, para evitar así cualquier junta, escalón, o saliente que pudiera acumular suciedad. Las juntas quedan pues reducidas al encuentro entre el vidrio y el panel. Quedando el primero de ellos fijado al mismo a través del perfil metálico mediante un adhesivo a lo largo de todo el perímetro de la ventana.



Detalle 27: Sección horizontal de una ventana en un sistema de paneles "clipeados".

En la presente sección horizontal, nos encontramos como quedaría resuelto el encuentro vertical entre una ventana y un sistema que utiliza un clipeado en los paneles de cerramiento.

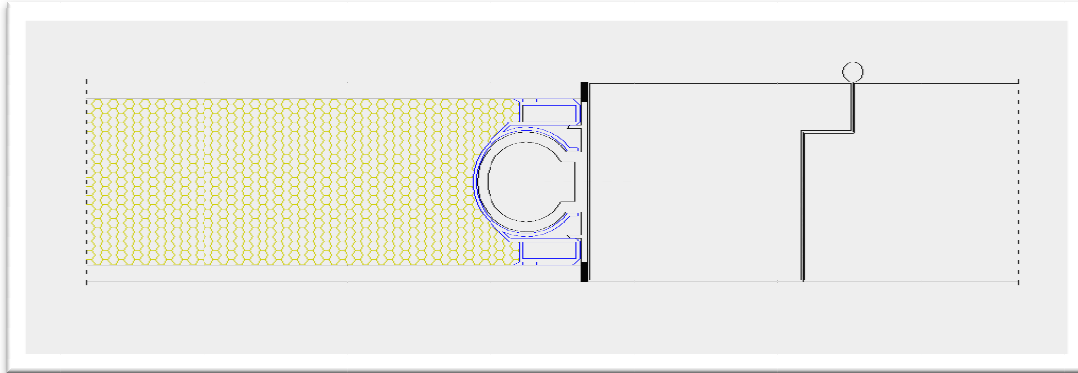
Para ello, se utiliza una pieza especial de montante, la cual, en vez de ser simétrica para recibir el siguiente panel, presenta dos salientes, los cuales se pueden unir a lo que sería el marco de la ventana. Marco que igual que ocurría en el detalle anterior, queda ubicado en la parte interior de la ventana, permitiendo así que el vidrio quede perfectamente a nivel del panel, y no rompa la planeidad ni la continuidad del paramento en el interior de la sala.



La resolución que se le da a las puertas de una sala limpia, no es ni mucho menos estanca. Normalmente, el público en general, se imagina entrando a una sala limpia a través de puertas presurizadas y completamente estancas. Pues bien, eso no se asemeja ni lo mismo a la realidad.

Las puertas de una sala limpia, sirven para dar paso a las personas que trabajan en ellas, y para reducir la pérdida de presión que ocurriría si el paso se mantuviera constantemente abierto. Debido a ello, no son estancas, pero si cuidan las juntas tanto verticales como horizontales, hasta el punto de que existen ciertos tipos de puertas, que una vez cerradas, permiten bajar una junta de goma que reduzca el escape de aire por la parte inferior de la puerta. Esta junta, vuelve a levantarse cuando la puerta se abre por medio de un mecanismo interior.

Las puertas de una sala limpia estarán realizadas con materiales 100% compatibles con el interior de la sala. Los cuales suelen ser, acero inoxidable, pvc, etc.

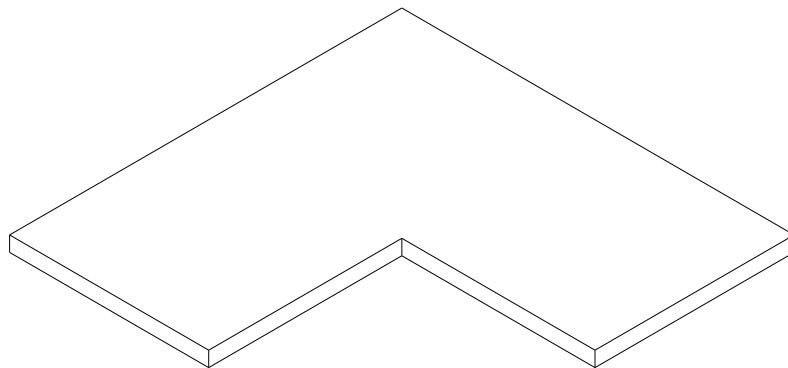
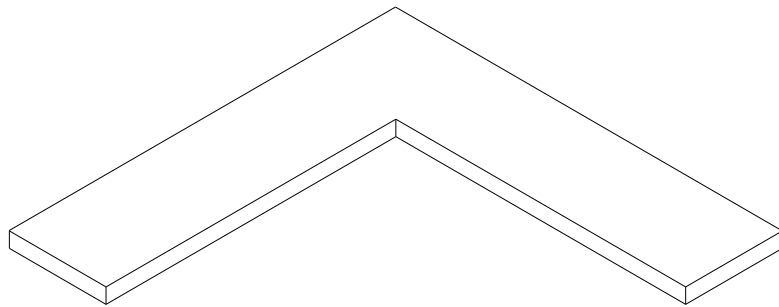


Detalle 28: Sección horizontal de una puerta en un sistema de paneles "clipecados".

A diferencia de cómo ocurría con las ventanas, aquí, el marco de la puerta queda visto, y da al interior de la sala. Además, es este marco el cual se une mediante un montante unido a el al panel de la sala limpia donde se pretende ubicar. Cabe resaltar que las puertas no deben de tener una carga considerable, ya que un descuelgue de la misma debido a un peso excesivo puede desembocar en la apertura de una junta no deseada por donde se pueda escapar el aire, perder presión, etc...

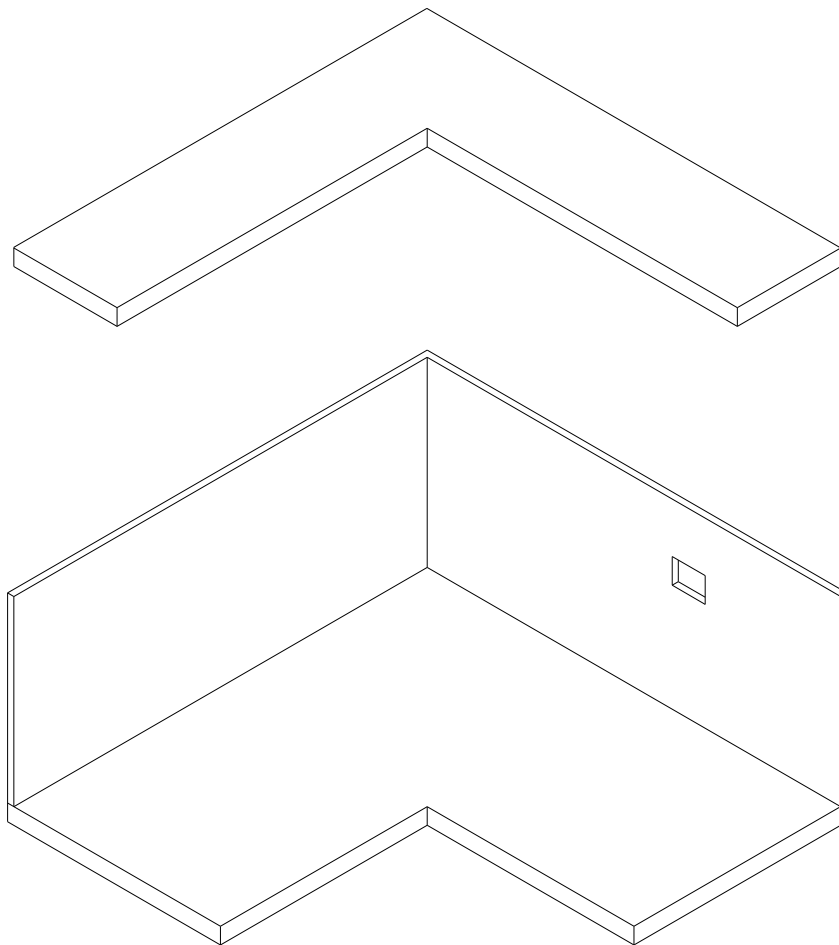
5.3 - Método constructivo.

El proceso constructivo de una sala limpia posee unas características similares a la de un edificio en su globalidad. Dicho proceso posee una serie de particularidades, las cuales ya han quedado en parte explicadas por los detalles constructivos que hemos ido mostrando a lo largo del presente apartado. Vamos pues a enumerar de manera general, las fases de obra y su orden en el proceso constructivo.



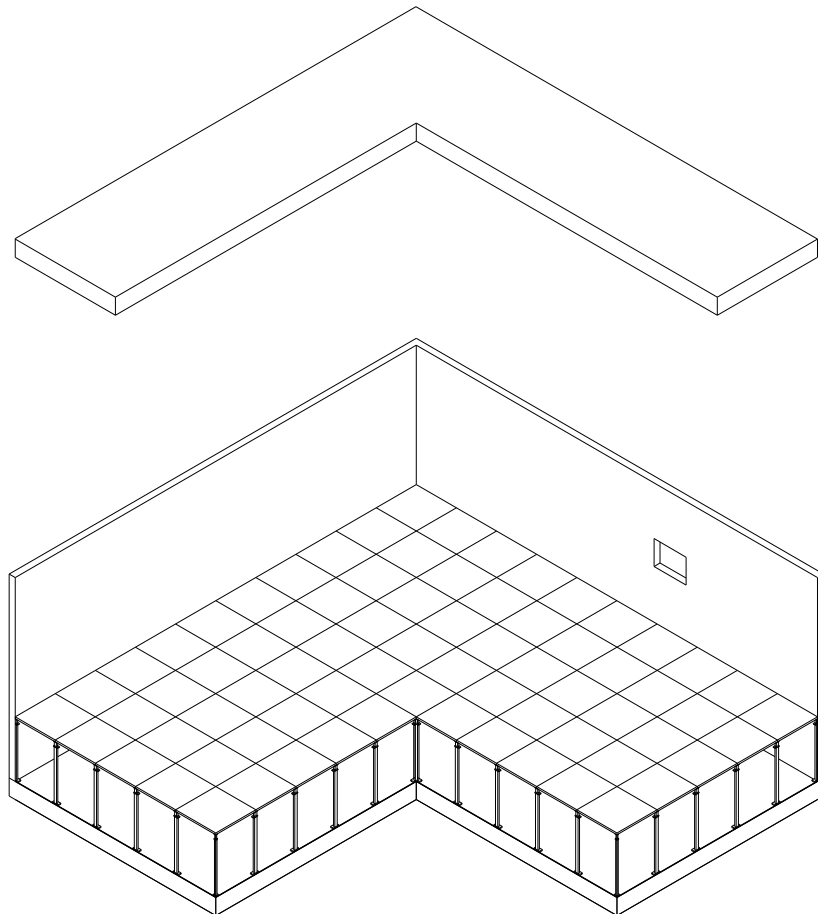
Una sala limpia debe primero que todo sustentarse en un elemento resistente horizontal inferior, que de manera general suele ser un forjado o una solera de hormigón. El plano horizontal superior quedaría cubierto por otro forjado, el cual servirá para, mediante un sistema de rastreles, cerchas, etc., anclado en su parte inferior, sustentar el falso techo de la sala. La

envolvente vertical, normalmente viene definida por el espacio interior del edificio en el que suele estar ubicada la sala. Aunque en el presente proyecto no vamos a definir estos elementos, ya que no forman parte intrínseca de la sala, sí que conviene conocerlos, pues forman la parte sustentante de la misma, y en muchas ocasiones limitan y definen el espacio a ocupar por esta.



Lo primero que se debe colocar en una sala limpia es la envolvente exterior vertical. Es decir la “fachada” de la sala. Este elemento se hace necesario para definir correctamente el espacio de la sala, y diferenciarla del resto del edificio, sala, nave...

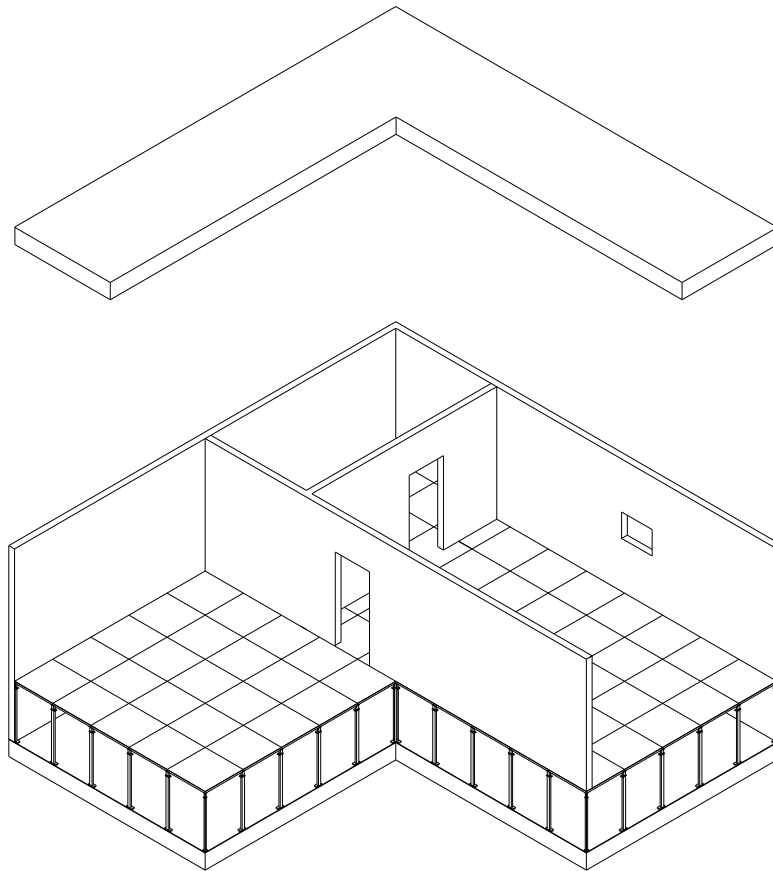
Se deberá de replantear y ubicar ya, los huecos, puertas y/o ventanas que vayan a ser ubicados. Estos huecos en la envolvente de la sala serán de vital importancia, pues estarán delimitando por un lado la sala limpia, y la zona o parte del edificio que no lo es. Si estos espacios se ejecutaran mal, pondrían en peligro la funcionalidad de la sala.



El siguiente paso es el de ubicar el suelo, sea o no un pavimento elevado, convencional o modular.

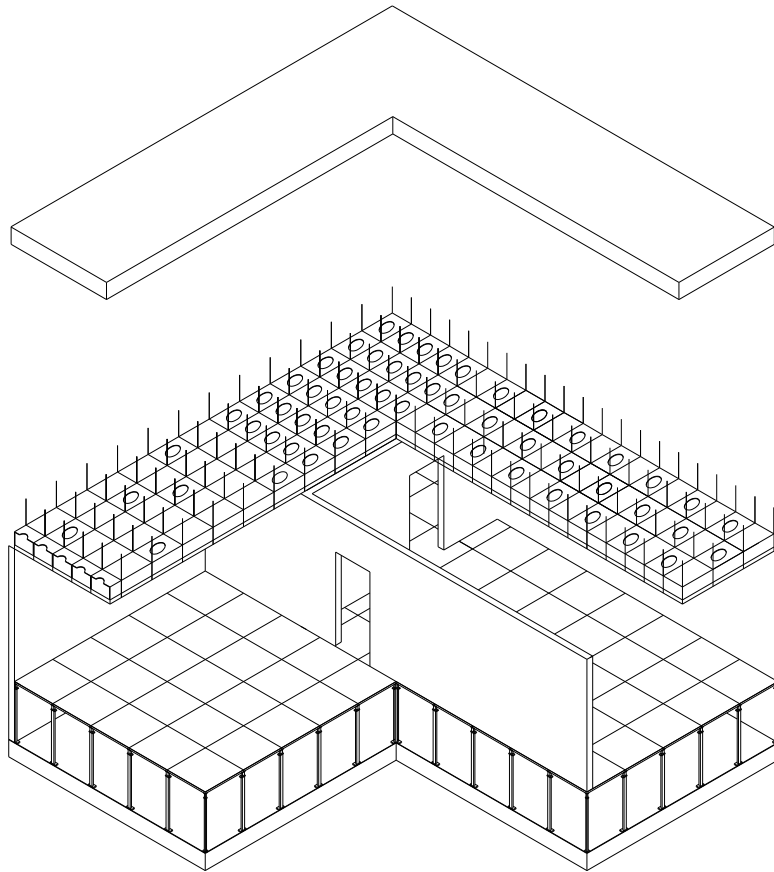
Este falso suelo se colocará de forma continua, y tendrá a definida la instalación de filtrado de aire en función de las diferentes zonas que se prevean en la sala limpia. Por tanto, las particiones interiores inferiores (debajo del falso suelo), se realizarán a la vez que este.

Los pies elevados se deberán arriostrar entre sí, para evitar cualquier vuelco o desalineación con la vertical. Realizando este arriostramiento nos evitaremos anclar los pies al suelo, hecho muy importante cuando se trata de realizar una “construcción limpia”. Más aún en esta zona crucial de la instalación de filtrado de aire, pues es por debajo del falso suelo por donde se recircula el aire para volver a ser filtrado.



A continuación se ubicarían las particiones interiores. Estas particiones coincidirán generalmente con el replanteo de zonas que haya debajo del falso suelo. Creando pues perfectamente definidas las diferentes zonas, clases o salas de la sala limpia. Decimos generalmente, porque en las particiones interiores situadas en la parte superior podría aparecer un tabique que no estuviera definido en la parte inferior. Y esto es debido a que,

por necesidades de la sala, puede hacerse necesario diferencias dos zonas que posean la misma clasificación ISO, es decir, el mismo grado de limpieza de aire, y por tanto no requieran de una diferenciación de ambientes.



El último paso sería pues el de ubicar el falso techo de la sala. Cuando nos referimos a falso techo, incluimos todos sus componentes: paneles, plenum's, filtros, luminarias... Todos estos elementos se sustentarán por medio un sistema de tirantes y guías, el cual irá anclado al elemento resistente correspondiente.

La construcción “limpia”

La construcción “limpia” es un término que se refiere a un método constructivo que trata de contaminar lo menos posible el entorno de trabajo. Este método es necesario para evitar desde un comienzo la acumulación de suciedades y partículas en puntos difícilmente accesibles y que perjudicarían claramente el correcto funcionamiento de la sala.

Vamos pues a establecer una serie de zonas de trabajo y sus características que ayudarán a reducir al máximo posible la contaminación producida durante el proceso constructivo.

- Área de construcción exterior para el trabajo sucio

Toda la construcción del trabajo sucio que no tiene por qué tener lugar en el área de trabajo limpia se llevará a cabo fuera de la zona sobre limpio. Esto incluye el corte y la creación de subconjuntos de componentes que se pueden tomar en el área de trabajo limpia y completamente ensamblado. Este trabajo se llevará a cabo fuera de la envolvente limpia y cada subconjunto se limpiará antes de entrar al área de trabajo limpia.

- Accesos y salidas a la zona de trabajo.

Estas zonas la forman los pasillos, escaleras, ascensores y salas adyacentes, cerca de la zona de trabajo limpia que los trabajadores y materiales recorrerán para llegar a la zona de limpieza, el área de almacenamiento limpia y área de trabajo limpia. Esta zona deberá estar libre de materiales, residuos, maquinaria, etc.

- Zona de limpieza de materiales y herramientas.

Se trata de un área de limpieza especial que se ajuste a la dotación de un punto limpio donde todas las herramientas, materiales y sub-ensambles parciales recibirán una limpieza final antes de entrar al área real de trabajo limpia. Cualquiera de las herramientas que se utilicen para la construcción en el área de trabajo limpia se limpiarán cada día antes de ser utilizadas de nuevo en el área de trabajo limpia.

- Área de almacenamiento de materiales y herramientas

Todos los materiales, herramientas y subconjuntos que ya se hayan limpiado y estén esperando a ser utilizados o instalados se almacenarán dentro de una zona acotada de la zona limpia para mantener su estado de limpieza.

- Construcción Limpieza área de trabajo

Todos los trabajos indispensablemente necesarios para el montaje final y las obras de construcción de la sala se llevarán a cabo dentro del área de trabajo limpia. Toda el área se limpiará cada día por los procedimientos que rigen la limpieza de la sala limpia. Al finalizar la jornada no habrán restos o residuos, todos los residuos se eliminarán de la zona limpia y serán eliminados por el proceso correcto.