

# Planificación y ejecución de suelos industriales

*El suelo es una de las partes más importantes de la empresa industrial. De su calidad depende el curso impecable de la producción o del almacenamiento de los productos. En consecuencia, los requisitos en este tipo de pavimentos son correspondientemente variables y exigentes.*

En la planificación y ejecución de suelos industriales, deben definirse, en primer lugar, las funciones que el pavimento debe cumplir, así como las sollicitaciones estáticas, dinámicas, físicas y químicas a las que el mismo debe someterse.

Los costes de construcción de los suelos industriales, en relación con los costes totales de una construcción industrial, constituyen aproximadamente un 20 por ciento del total.

A pesar de ello, hasta ahora, en los programas de enseñanza de las Universidades Técnicas, dicho tema apenas ha sido objeto de consideración o no lo ha sido en absoluto.

En comparación con otros asuntos, en la literatura técnica, apenas existen publicaciones al respecto. Por tal motivo, el arquitecto, junto con el cliente y los ingenieros técnicos, se siente tanto más obligado a examinar minuciosamente los requisitos de los suelos industriales según el tipo de explotación y actividad productiva, a exponer la problemática y definir exactamente las propiedades necesarias –pues las mismas son muy variables–, según el tipo de actividad a desarrollar y las sollicitaciones al uso.

Los requisitos más frecuentes en los suelos industriales son:

- Capacidad de carga: cargas máximas superficiales y cargas individuales máximas.
- Impermeabilidad, ponteo de agrietamientos.
- Resistencia contra acciones químicas de aceites minerales, anti-

congelantes, ácido de baterías, líquido de frenos, ácidos orgánicos, fuertes reacciones, agua.

- Resistencia contra la sollicitación mecánica y dinámica: resistencia a los golpes y choques, abrasión por neumáticos de goma y macizas (nailon, acero) de traspalets.
- Resistencia al fuego.
- Resistencia contra el resbalamiento.
- Resistencia eléctrica: capacidad de derivación electrostática.
- Aislamiento: valores acústicos y valores térmicos.
- Poco gasto de conservación: limpieza utilizando medios químicos, agua, etc.
- Longevidad.
- Planeidad: Según DIN 18 202 Parte 5.
- Ausencia de polvo.
- Luminosidad, grado de reflexión.
- Estabilidad térmica.

La multiplicidad de los requisitos evidencia que no puede existir un material que satisfaga la totalidad de los mismos en un suelo industrial. Por lo tanto, el arquitecto debe proceder analíticamente, definir con exactitud las exigencias y orientarse en un sistema que satisfaga los requisitos especiales de su proyecto y que sea defendible económicamente.

El propio suelo industrial consta de dos capas: la capa portante, que puede ser de una placa de hormigón (monolítica) o de una placa portante de hormigón y un pavimento correspondiente, y una capa superior.

### La capa superior

Sirve para la protección y la mejora de la superficie de la capa portante y consta de:

- Una impregnación: impregnación de la superficie, en la que los materiales utilizados penetran lo más profundamente posible hasta la saturación de los poros, sin formar una película cerrada en la superficie.
- Un sellado: tratamiento de la superficie que forma una película sobre la impregnación precedente. El grosor de la capa es de 0,1 hasta 0,3 mm.
- Un recubrimiento: tratamiento de la superficie aplicable con espátula. El grosor de capa es de 0,5 hasta 5,0 mm.

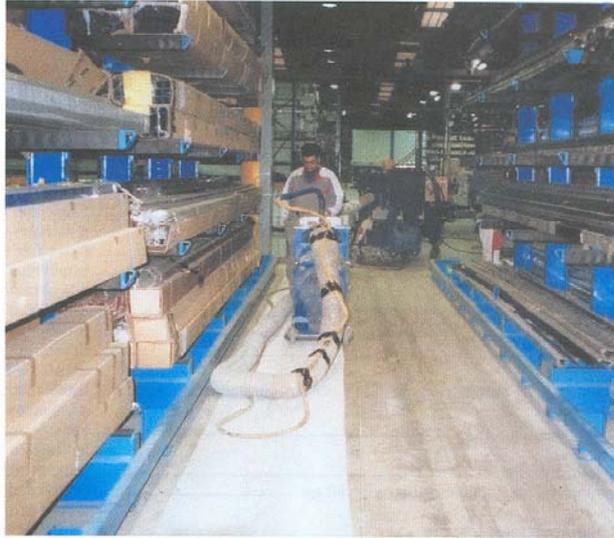
La capa portante tiene la misión de acoger las cargas estáticas y dinámicas y distribuirlas mientras que la capa superior, que debe estar fuertemente unida con la capa portante, tiene la misión de proteger a esta última contra las solicitaciones físicas y químicas y satisfacer las distintas exigencias que la superficie requiere.

Para conseguir un buen suelo industrial, la capa portante y la capa superior deben coincidir recíprocamente de manera óptima.

Para la capa superior de los suelos industriales se recurre al tratamiento superficial con materiales cuyos medios de unión son las resinas artificiales. Deberá tenerse en cuenta la protección contra ácidos y especialmente también deberá considerarse la capacidad de derivación con conexión a tierra para zonas con peligro de explosión y el ponteo de juntas y las posibilidades de fijación.

También tiene gran importancia la preparación previa del subsuelo, la elección del sistema correcto del suelo industrial y su instalación técnica adecuada.

El subsuelo debe ser firme, seco, limpio, exento de polvo, aceite y otras sustancias de acción disgregante y con buena capacidad de



Un operario procede al granallado de la superficie.

adherencia. La adherencia se consigue tratando previamente la superficie por medios mecánicos como el granallado mediante perdigoneo con bolas de acero, el decapado (químico o soplete), con chorro de agua a alta presión, el fresado, el rectificando y el lijado mecánico.

En la elección del sistema de suelo industrial, deben establecerse con exactitud las propiedades y la estructura del sistema.

En la instalación, debe prestarse atención a la temperatura (20° C) y a la humedad atmosférica (50%). Una variación de la temperatura de 10° C puede duplicar o reducir en la mitad los tiempos previstos para la instalación y el correcto acabado de la misma, así como el endurecimiento requerido para tráfico peatonal y la capacidad completa de carga. Por regla general, la solidez del firme al pisar se consigue después de 1 a 24 horas y la total capacidad de carga después de 2 a 7 días, según el sistema elegido.

En caso de solicitaciones mecánicas y dinámicas extremas puede utilizarse una capa superior de ace-

ro. Esta última, en comparación con las capas protectoras citadas de resina artificial, es de costes más altos. Por otra parte, en determinadas ocasiones, en caso de aplicación de sistemas de mezclado por esparcimiento "no fraguado en no fraguado", la superficie puede incluso no ser sometida a tratamiento, lo que economiza notablemente los costes.

Con el objeto de facilitar la elección del sistema se exponen algunos ejemplos de aplicación en la tabla que aparece en la página siguiente.

### La solera

Al igual que en la capa superior, en la solera (capa portante) se trata de elegir el sistema de sustentación. Como ya se ha mencionado, aquí debemos decidir entre un sistema biestratificado y otro monoestratificado.

- El sistema biestratificado consta de una capa portante que puede ser de armadura de acero, sin armadura, o armada con fibras de acero, y de un pavimento adecuado, cuyo tipo viene determi-

## Diferentes ejemplos de aplicación

Campos de aplicación	Requisitos
Recintos de exposición, venta, grandes superficies	Resistentes a la abrasión, fácil limpieza, decorativos
Fábricas de cerveza, tintorerías, lavanderías	Resistentes a la abrasión, estabilidad química, impermeable
Industria química, laboratorios farmacéuticos, limpieza, textil, artes gráficas	Alta estabilidad química, exento de polvo, resistentes a la abrasión
Industria electrónica, recintos EDV	Capacidad de derivación eléctrica, exento de polvo, resistentes a la abrasión
Talleres mecánicos de precisión	Exento de polvo, facilidad de limpieza
Hangares de aviación	Estabilidad química y mecánica, resistentes a la abrasión
Industrias de bebidas, cocinas industriales	Estabilidad química, impermeable, exenta de polvo
Industria de goma y plástico	Estabilidad química, impermeable, exenta de polvo
Industria de madera y muebles	Resistentes a la abrasión, facilidad de limpieza, exenta de polvo
Industria de automoción, auxiliar y centros de producción	Estabilidad química y mecánica, resistentes a impactos
Cámaras frigoríficas	Resistentes a impactos, flexibles, aplicable a temperaturas negativas
Industria alimentaria	Impermeable, exenta de polvo
Almacén para grandes cargas y en altura	Estabilidad mecánica y química, resistente a impactos, seguridad contra el resbalamiento
Industria láctea	Alta estabilidad química, impermeable, resistente al resbalamiento
Industria papelera	Seguridad contra resbalamiento, impermeable, resistente a la abrasión
Parkings, garajes subterráneos, cubiertas de estacionamiento	Estabilidad mecánica y química, exento de polvo
Rampas de carga	Seguridad contra resbalamiento, resistente a impactos, estabilidad química
Suelos expuestos al agrietamiento	Ponteo de la grieta, impermeable
Grandes huecos	Instalación rápida
Zonas de entrada	Decorativo

nado por la actividad y uso correspondiente. En un sistema de dos capas es muy importante la adherencia entre la placa portante y el pavimento. Citamos a continuación algunos pavimentos más frecuentes:

–Pavimentos de hormigón y cementados: el hormigón debe ser, como mínimo, de la clase de resistencia B25 según DIN 1045, los pavimentos cementados deben corresponder a una ZE30 según DIN 18 560 Parte 1.

–Pavimentos de anhidrita: estos no son estables a la acción prolongada de la humedad y deben ser protegidos de la imbibición por capilaridad proveniente del subsuelo.

–Pavimentos de magnesita: debido a los cloruros solubles en el aglomerante, no son estables a

la humedad. Por lo demás, tienen propiedades muy buenas.

–Asfalto fundido: carecen de poros y no son absorbentes. Al colocar la capa superior no precisan ninguna imprimación.

–Baldosas y losas cerámicas: los productos cerámicos deben estar fuertemente unidos con el subsuelo, el cual tiene que ser muy plano. Son adecuados para suelos que están sometidos especialmente a solicitaciones químicas y mecánicas.

– El sistema monoestratificado consta de una placa monolítica que puede estar constituida por hormigón armado al vacío, hormigón no armado al vacío u hormigón de fibras de acero. Las losas de hormigón deben ser duraderas y admitir sin problemas las cargas individuales.

La calidad de la solera depende de la calidad de la capa portante y de la capa inferior, pero también muy esencialmente de una serie de factores como la calidad del hormigón considerando las normas DIN 1045, 1048, 18 560, de la estructuración de la superficie (planeidad DIN 18 202 Parte 5, grado de dureza), distancias entre juntas y formación de las mismas –con realización de juntas aparentes en zonas teóricas de agrietamiento– y también muy importante, de la capacidad técnica de la firma ejecutora.

El grosor de la placa depende de la sollicitación estática, calidad del subsuelo y de la capa portante, así como de las profundidades necesarias de fijación de las partes.

En la construcción de un suelo industrial para el almacenamiento, por ejemplo, de piezas de repuesto

en la industria del automóvil, se parte de los siguientes casos de carga:

- Carga puntiforme estática de 75 KN = 7,5 t. Por ejemplo, carga de estantería.
- Carga axial dinámica de 130 KN = 13 t. Por ejemplo, circulación de vehículos estibadores.
- Carga útil estática uniforme de 75 KN m<sup>2</sup> = 7,5 t/m<sup>2</sup>. Por ejemplo, carga por apilamiento.

En el proyecto del sistema monolítico deben citarse además algunos criterios:

- Calidad y clase del hormigón: entran en consideración B25 o B35 y, en ciertos casos, B45. El B15 se aplica muy raramente.
- Factor agua-cemento: para mantener el factor agua-cemento lo más bajo posible es necesario utilizar un diluyente del hormigón.
- Distribución granulométrica y materiales suplementarios.
- Contenido de cemento.
- Subsuelo uniforme, con capacidad de sustentación. Debido a su gran importancia debe ser objeto de información minuciosa.

La solera-capa portante y la capa inferior son de máxima importancia para la calidad del suelo industrial.

El primer paso esencial en la planificación de un suelo industrial es la exploración del suelo. Deben medirse las propiedades del mismo en lo que concierne a su resistencia y estabilidad. Por regla general, esto corre a cargo de un perito geólogo.

#### La capa portante inferior

Después de evaluar la exploración geológica, según la calidad del suelo, por medio de compactantes, puede mejorarse la capacidad de sustentación (estabilidad, grosor, hermeticidad) de la capa inferior. Dichos compactantes pueden ser cemento Portland, cal o cloruro cálcico. En ciertas circunstancias, es necesaria una mejora del drenaje. Con un test de densidad proctor se comprueba si se ha conseguido la hermeticidad correcta.



Los suelos industriales deben, entre otras cosas, ser resistentes contra las acciones químicas.

En caso de que la calidad del suelo sea inutilizable, debe sustituirse el mismo, lo cual equivale a un gran aumento de los costes. El material de sustitución, correspondiendo a los requisitos cualitativos como capa inferior, debe ser bien compactable (test densidad proctor) y en determinadas circunstancias, ser transportado desde lugares lejanos.

La decisión sobre la aplicación de uno u otro procedimiento tiene lugar en deliberaciones comunes entre los arquitectos, especialistas en cálculo estático, geólogos y el empresario en obra gruesa. Una buena capa inferior hace que se garantice la capacidad de sustentación de la capa portante y la estabilidad de todo el sistema de sustentación.

La sustitución del suelo puede originar un encarecimiento de hasta un 30% y más, medido en la fabricación de losas. En casos extremadamente desfavorables, la solera puede aplicarse sobre pilotes.

#### La placa portante-solera

Dicha placa portante está casi siempre constituida por balasto com-

compactado, grava, arena u hormigón mineral. Es el sustentador de la solera propiamente dicho, e influye de manera decisiva en la buena calidad de un suelo industrial. Entre sus características destacan la hermeticidad, compactación y planeidad.

La planeidad y la estabilidad de la superficie de la capa portante repercuten en los costes y son también muy importantes para el curso de la construcción: montaje de piezas acabadas, construcción sustentadora, construcción de cubierta o instalaciones.

Cuando todos estos trabajos han sido ejecutados y la construcción, por así decirlo, está cerrada, debe comenzarse con la construcción de la solera. Ello garantiza un curso impecable de la instalación de la misma, independientemente de las variaciones de tiempo y temperatura. Después de 28 días, considerando las realizaciones hasta ahora citadas, puede comenzarse con la instalación de la capa superior.

Manuel Arqués Lledós