

Pavimentos

deportivos de madera y biomecánica

JUAN VICENTE DURÁ
DEPARTAMENTO DE MATERIAL Y EQUIPAMIENTO DEPORTIVO
INSTITUTO DE BIOMECÁNICA DE VALENCIA

Introducción

El Instituto de Biomecánica de Valencia (IBV) es un Instituto Universitario Concertado entre el Instituto de la Mediana y Pequeña Industria Valenciana (IMPIVA) y la Universidad Politécnica de Valencia (UPV). En la actualidad, tras el desarrollo de actividades en el seno universitario que se remontan al año 1976, el IBV se halla emplazado en el Parque Tecnológico de Valencia, con la finalidad de hacer aplicables en su entorno industrial los conocimientos que genera.

La Biomecánica es una ciencia interdisciplinar que, con el apoyo de otras ciencias biomédicas, utiliza los conocimientos de la mecánica y distintas tecnologías para estudiar el comportamiento del cuerpo humano y resolver los problemas que provocan las distintas condiciones a las que puede verse sometido.

El desarrollo alcanzado por la

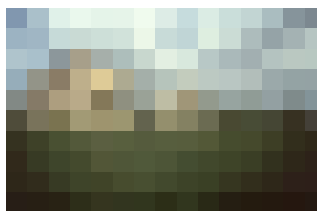
biomecánica en la segunda mitad del siglo XX obedece a su progresiva aplicación en distintos ámbitos:

El *médico*, analizando las patologías que aquejan al cuerpo humano para generar soluciones.

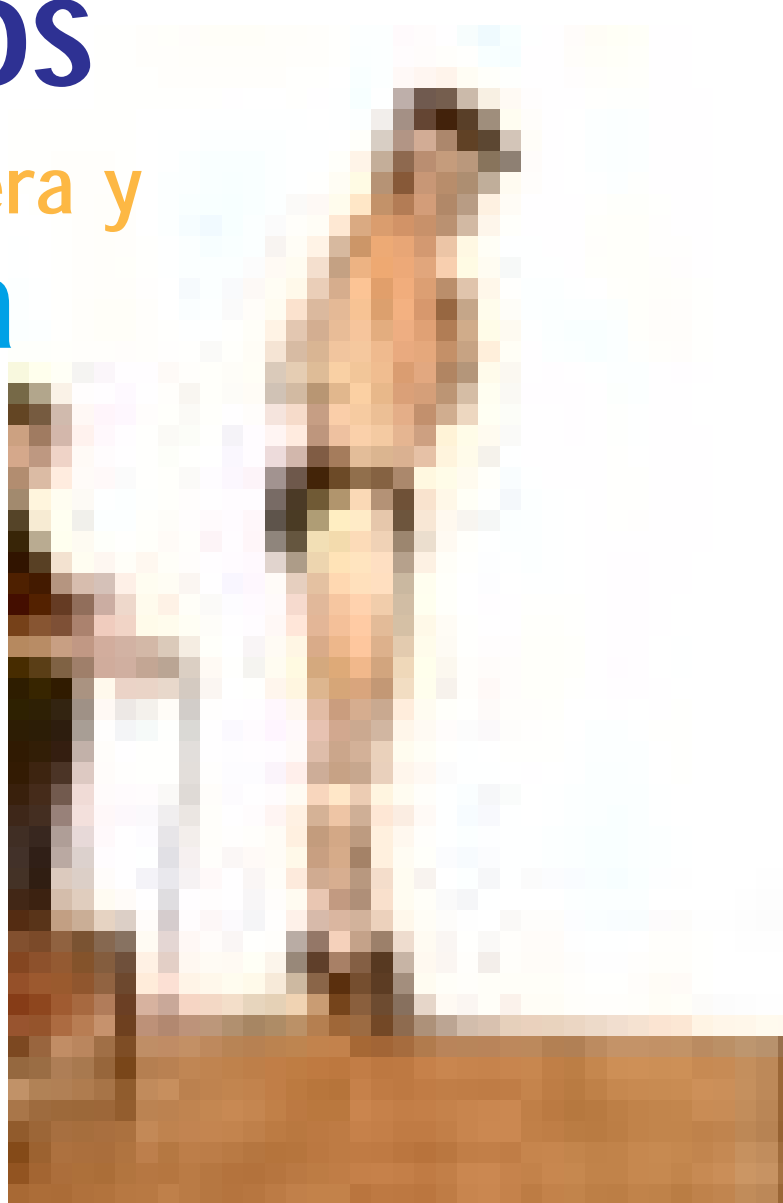
El *deportivo* para mejorar su rendimiento, desarrollar técnicas de entrenamiento y diseñar equipamientos deportivos de altas prestaciones.

El *ocupacional*, analizando la relación mecánica entre el cuerpo y los elementos con los que interactúa en distintos ambientes -laboral, docente, doméstico o de ocio- para adaptarlos a sus necesidades.

El IBV ocupa un edificio de 2.300 m² en el que se ubican distintos laboratorios (desde análisis histomorfométrico y mecánico de probetas biológicas de animales de experimentación en los que se ensayan nuevos implantes quirúrgicos, hasta complejos laboratorios para el estudio computerizado de los movimientos y actividades humanas).



Sede del IBV



Ensayo con sujetos sobre pavimentos.

El IBV cuenta con distintos equipos de trabajo y 50 personas en plantilla.

Tres equipos de investigación constituyen unidades de trabajo multidisciplinares para la ejecución de proyectos en los tres campos de aplicación de la biomecánica. Dentro de uno de ellos, el de biomecánica deportiva, surge a finales del año 1991 una línea de trabajo sobre pavimentos deportivos financiada con la colaboración de la Comisión Interministerial de Ciencia y Tecnología (CICYT) y del Consejo Superior de Deportes (CSD) y que oferta servicios de asesoramiento y ensayos.

La oferta se dirige a:

1.- Responsables de instalaciones deportivas y proyectistas:

Asesoramiento en la decisión de sustituir o renovar un pavimento, elaboración del pliego de prescripciones técnicas con el que convocar la presentación de ofertas, valoración técnica de las ofertas presentadas y ensayos de control de calidad del pavimento durante y al finalizar la construcción.

2.- Empresas fabricantes e instaladoras:

Asesoramiento en el desarrollo de nuevos pavimentos y certificados de calidad de los pavimentos que fabrican o instalan.

El pavimento deportivo

El pavimento deportivo es una parte fundamental en la mayoría de las instalaciones deportivas y, en muchos casos, representa una inversión muy importante. En un estudio realizado por el IBV en el año 1995 se estimó que las administraciones públicas invirtieron en pavimentos deportivos 6.000 Mpta, de los cuales aproximadamente un 10% eran de madera.

A pesar de las inversiones realizadas en nuestro país en este sector, prácticamente no existen empresas españolas con tecnología propia; la mayoría son instaladoras que comercializan productos importados o filiales de multinacionales.

Tampoco existe normativa propia y por ello se suele hacer referencia a otras normativas, principalmente la alemana (DIN18032 y DIN18035). En muchos casos ni siquiera se hace referencia a normativa alguna y se utiliza en cambio la socorrida expresión de «pavimento marca X o similar». Por desgracia la interpretación de la palabra «similar» suele ser lo suficientemente ambigua como para provocar numerosas controversias por la instalación de pavimentos inadecuados.

Hasta que en el año 1996 el IBV plasma su actividad anterior de investigación en una oferta de servicios de asesoramiento y ensayos, tampoco existía ningún laboratorio español al que recurrir para realizar controles de calidad de los pavimentos instalados.

Todo esto ha influido en que se hallan instalado muchos pavimentos inadecuados para el uso deportivo.

Criterios de clasificación

Los pavimentos deportivos pueden clasificarse atendiendo a diferentes criterios.

Por el tipo de uso

Puede referirse a los diferentes usos que se le pueden dar o la intensidad de su utilización.

Pavimentos MULTIUSO: para la realización de diferentes prácticas deportivas; en ocasiones hace referencia a su posible utilización en otras actividades lúdicas o culturales.

Pavimentos ESPECÍFICOS: diseñados para un deporte concreto.

Pavimentos de USO INTENSO/ USO MEDIO: Según la intensidad de su uso. No existe un criterio definido para el concepto uso intensivo.

Por el nivel deportivo de los usuarios:

Nivel internacional, nacional, regional, local

Por su ubicación:

Pavimentos de EXTERIOR: en una instalación abierta sometido a las inclemencias ambientales.

Pavimentos de INTERIOR: en un espacio cerrado que lo protege de las condiciones ambientales.

Por los componentes y proceso de construcción o fabricación

Son los que más conflictos causan por motivos comerciales ya que toda clasificación es una generalización que puede poner dentro de un mismo grupo a pavimentos muy diferentes. Por ejemplo un pavimento de madera utiliza materiales naturales, pero en su proceso de fabricación e instalación interviene la mano del hombre de forma importante y podría clasificarse como artificial. La palabra artificial puede tener connotaciones antiecológicas que puede no gustar ya se que utiliza un material reciclable. En la actualidad esto se está discutiendo en el CEN/TC217 A pesar de lo anteriormente dicho, existen algunas clasificaciones que nos ayudarán a entender la complejidad del tema.

En función de los **materiales utilizados** y su manipulación:

Pavimentos NATURALES: Se utilizan materiales naturales, reciclables y durante el proceso de instalación o fabricación intervienen procesos naturales; por ejemplo, un césped natural.

Pavimentos ARTIFICIALES: Aunque se utilizan materiales naturales el hombre interviene decisivamente para modificarlos y adaptarlos; por ejemplo, un pavimento de madera o corcho.

Pavimentos SINTÉTICOS: Se utilizan materiales no naturales en los que normalmente intervienen procesos químicos artificiales; por ejemplo, el césped artificial o una pista de atletismo de poliuretanos.

Otra clasificación según los materiales utilizados, sobre todo en pavimentos de exterior es la siguiente:

Materiales minerales aglomerados: En inglés «Bound mineral». Utilizan algún tipo de ligante. Dentro de este grupo entrarían todos los pavimentos bituminosos.

Materiales minerales sueltos: Sin ligante; por ejemplo, un suelo de arena donde a lo sumo se utiliza el agua.

Hierba natural

Hierba sintética: Se distingue debido a la especificidad de su proceso de fabricación y ensayo.

Materiales Textiles: Tejido compuesto por fibras (objeto muy largo, flexible y cohesivo); por ejemplo, algunas moquetas.

Materiales poliméricos: Constituidos por moléculas de muy elevado peso molecular.

Hay que tener en cuenta que un pavimento deportivo puede incluir una combinación de los materiales anteriores, pero en general se clasifican dentro de uno de estos grupos y son las más utilizadas en la normativa internacional. Cuando se trata de pavimentos específicos, como podrían ser los pavimentos de tenis, las clasificaciones se hacen más exhaustivas y detalladas.



Canchadel Polideportivo de Badalona (y detalle del piso)

El pavimento deportivo de madera

Los pavimentos deportivos de madera pueden clasificarse como pavimentos multiuso de interior y artificiales como se ha explicado, aunque la madera es por su naturaleza perfectamente ecológica y reciclable.

La solución constructiva del pavimento de madera es muy variada dependiendo del fabricante. Normalmente son sistemas con una estructura de rastreles o tableros sobre los que se coloca la tarima de madera. Es recomendable colocar siempre una fina capa de material que actúa de barrera de pavor y protege al pavimento contra la humedad.

La estructura de rastreles y tableros tiene como misión dar al pavimento la elasticidad necesaria para favorecer el confort del deportista y prevenir lesiones. Se suelen utilizar tableros contrachapados con colas fenólicas resistentes a la

humedad. También se utiliza DM y otros tipos de tableros.

Una solución muy habitual es la estructura de doble tablero con apoyos elásticos (normalmente caucho sintético) para aumentar la elasticidad. Las dos capas de tableros se colocan en direcciones perpendiculares para aumentar la estabilidad de la estructura.

En otras ocasiones se utilizan únicamente sistemas de doble rastrel o sistemas combinados de tablero y rastrel.

La tarima superior de madera tiene diferentes misiones. En primer lugar proporciona el acabado estético al pavimento que es más importante de lo que puede parecer si consideramos únicamente los aspectos técnicos.

La calidad de la tarima es muy importante para asegurar que el pavimento mantenga sus cualidades a lo largo del tiempo por su resistencia al desgas-

te y, en combinación con el barniz aplicado, proporciona el rozamiento necesario entre la zapatilla del deportista y el suelo para evitar caídas y lesiones. En la actualidad se utilizan maderas de color claro, principalmente haya y arce, debido a la influencia estética de los pavimentos utilizados en los Estados Unidos y a las retransmisiones de partidos de la NBA.

Los principales competidores de los pavimentos de madera son los pavimentos sintéticos, normalmente PVC o caucho sintético, que suelen ofertarse a precio inferior. Sin embargo los precios pueden llegar a igualarse cuando se piden características técnicas similares. También existen algunas otras soluciones para abaratar el pavimento tradicional de madera, como sustituir la tarima por material sintético, o corcho. La tarima es una de las partes más caras del pavimento. Su mantenimiento es muy

bajo; según un estudio del año 1984 realizado por la asociación de fabricantes de suelos de madera de Estados Unidos, en 30 años de vida útil de un pabellón con un costo de mantenimiento y reparaciones normales, el suelo de madera puede resultar un 20% más barato que un pavimento sintético de similares prestaciones. No se conocen estudios similares en Europa.

En la actualidad la Federación Internacional de Baloncesto (FIBA) exige pavimentos de madera para la organización de competiciones internacionales y por tanto cualquier pabellón o palacio de deportes con aspiraciones debe contar con un suelo de madera fijo o desmontable. Puede que en el futuro cambie esta situación ya que en la mayoría de las ocasiones las instalaciones son propiedad municipal y los clubes no pueden exigir la instalación de un determinado tipo de pavimento.

Aspectos técnicos de los pavimentos deportivos

En general los aspectos que pueden ensayarse o evaluarse según las diferentes normativas europeas se clasifican en 3 grandes grupos:

Interacciones con el cuerpo humano

Están relacionadas con el movimiento que realiza el deportista y pueden tener influencia tanto en su rendimiento como en la prevención de lesiones. En algunas normas, como la inglesa, se separan los conceptos de seguridad y rendimiento deportivo aunque se trata de aspectos relacionados.

Interacciones con otro material deportivo

Se trata de medir la influencia del pavimento en el comportamiento de los equipos deportivos; por ejemplo, el bote de balón.

Características técnicas de los pavimentos

Se trata de características mecánicas de los pavimentos o de comportamiento en función de las condiciones ambientales.

A partir de ahora se analizarán los aspectos a valorar en los pavimentos deportivos de interior y la normativa alemana, que es la que más aplicada a los pavimentos de madera.

Interacciones con el cuerpo humano

Los movimientos más comunes que se realizan sobre el pavimento deportivo son andar, correr, saltar y girar. Al realizar estos movimientos se realizan esfuerzos de dos tipos: perpendiculares a la superficie deportiva (o verticales) y



Ensayo

tangenciales (u horizontales). Las fuerzas verticales se consideran cuando se mide la amortiguación de un pavimento y las horizontales cuando se determina la fricción o rozamiento de un pavimento.

Amortiguación

La amortiguación no distingue cómo son los impactos que se pretenden simular ya que existe una desconexión entre los conocimientos de los especialistas en biomecánica y los técnicos que realizan los ensayos, éstos no conocen el comportamiento del cuerpo humano. Es importante distinguir entre impactos controlados e incontrolados. Impacto controlado es el que se produce cuando un jugador de baloncesto salta y cae amortiguándolo mediante sus movimientos y el incontrolado el que no (se produce en caídas con golpes).

Para medir los impactos incontrolados se sigue la norma europea EN1177 (de pavimentos para niños y zonas de

juego): el ensayo consiste en dejar caer un impactador desde una altura determinada midiendo el pico máximo de deceleración que se produce.

A partir del ensayo se calcula un índice de severidad que determina la altura máxima hasta la cual el pavimento puede considerarse seguro. Para medir los impactos controlados se utiliza la norma DIN18032 En esta norma se utiliza una máquina de ensayos denominada «Atleta de Berlín». Básicamente consiste en una masa guiada que se deja caer para producir un impacto. Entre la masa y el pie de ensayo, se encuentra un muelle calibrado que amortigua el impacto de forma que se intenta simular un impacto controlado.

Se compara la fuerza máxima del impacto obtenida sobre un suelo rígido con la que se obtiene sobre el pavimento deportivo. El resultado se da en % de reducción de la fuerza, comparando el suelo rígido y el deportivo, y se exige un 53%



Atleta de Berlín

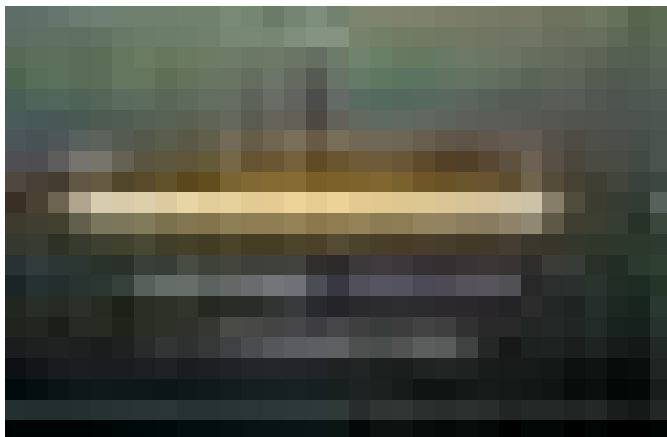
para pavimentos de madera.

Fricción

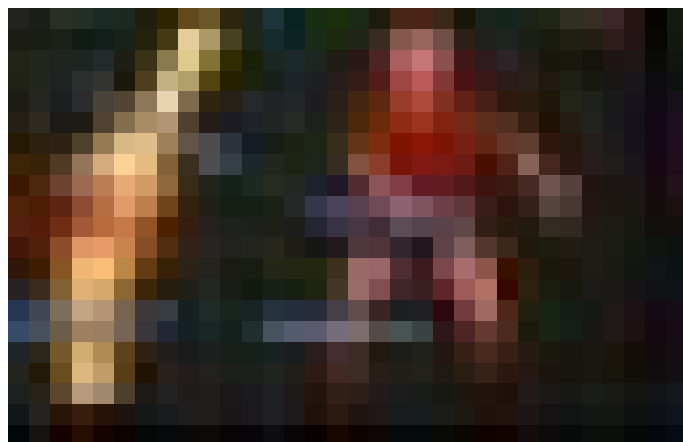
Es un aspecto especialmente conflictivo desde el punto de vista de la normalización y las especificaciones que se deben cumplir.

Hay que distinguir el concepto de fricción del de abrasión, aunque ambos están relacionados pues se producen por el deslizamiento entre dos superficies. Fricción es el rozamiento que aparece entre el zapato y el pavimento. La abrasión es el desgaste o deterioro del pavimento causado por el roce continuado con otra superficie. La fricción se mide con el coeficiente de fricción que se ilustra en la figura de la ley de Coulomb.

La fricción en deporte presenta un problema doble. Por un lado, debe superar un valor mínimo para evitar caídas y desequilibrios. Y por otro, no debe ser excesiva para permitir un deslizamiento controlado.



Ley de Coulomb



Lesión de ligamentos cruzados por exceso de fricción

do y evitar las lesiones; un ejemplo típico son las lesiones de ligamentos cruzados que se producen en la rodilla cuando el deportista hace un giro brusco y la excesiva fricción produce un enclavamiento del pie.

De las investigaciones realizadas en el ámbito de la seguridad en el trabajo se ha llegado a la conclusión, más o menos consensuada, de que un coeficiente de fricción mínimo debe estar entre 0.3 y 0.5. El límite máximo es en cambio objeto de debate en la actualidad. Existen diferentes métodos de ensayo para evaluar la fricción los cuales se están analizando en este momento dentro del CEN, pero cada método sigue criterios diferentes y sus resultados son difícilmente comparables. Lo que las investigaciones han demostrado hasta ahora es la necesidad de distinguir entre fricción estática y dinámica; es decir, medir la fuerza

necesaria para iniciar un movimiento o medir la fricción entre dos cuerpos en movimiento simulando lo mejor posible el movimiento que realiza realmente el deportista. Se necesitará ampliar la investigación biomecánica realizada hasta ahora para decidir un límite máximo de la fricción avalado por lo que ocurre realmente en los movimientos que realiza el deportista.

En el caso de pavimentos deportivos el método más empleado para la fricción es el «aparato de deslizamiento de Stuttgart» (norma DIN). Se trata de un eje guiado verticalmente que se hace girar por medio de una pesa en suspensión que aplica un par de giro constante. Un sensor de fuerza mide el par de fricción que aparece cuando el pie de ensayo roza sobre el pavimento. El «pie» de ensayo es diferente para pavimentos de exterior e

interior.

El coeficiente de fricción se calcula con la fórmula:

$$\text{Coef} = 0,3 \frac{D}{V}$$

Donde D es el par de fricción en Ncm y V es la fuerza vertical aplicada en N.

Las especificaciones que da la norma DIN para pavimento deportivo multiuso de interior es Coef. entre 0.5 y 0.7 y utiliza como referencia un pie de ensayo con zapatillas de cuero. Si los límites del Coef. de fricción son discutibles todavía lo es más si utilizamos cuero, ya que las zapatillas de deporte no son precisamente de suela de cuero.

Arealástico-puntoelástico

Un suelo es arealástico cuando la deformación que sufre ante un impacto se extiende a lo largo de una superficie amplia. Lo contrario será puntoelástico.

Esta característica se considera como interacción con el cuerpo humano porque tiene influencia en los aspectos de amortiguación y fricción. Es un concepto utilizado en la norma alemana (DIN) y para medirlo se utiliza el "atleta artificial de Stuttgart". El tamaño de las probetas del pavimento dependerá de si el pavimento es puntoelástico, arealástico o de elasticidad combinada (mixto).

El atleta consta de una masa que se deja caer sobre un muelle. Al golpear sobre el suelo se deforma el pavimento. Se obtienen dos tipos de medidas:

Deformación vertical estándar

$$S_V = 1500 \frac{f_{1\max}}{F_{\max}}$$

Donde $f_{1\max}$ es la deformación (en mm) en el punto de impacto y F_{\max} la fuerza máxima durante el ensayo.

Y deformación a distancia del impacto flexión

$$W_x = \frac{f_x}{f_0} \cdot 100$$

Donde f_x es la deformación a una distancia x del punto de impacto y f_0 la deformación en el punto de impacto. Esta medida nos informa del tamaño de la zona de deformación.

La norma DIN da las siguientes especificaciones aplicables a pavimentos de madera:

$$W500 < 15\% \\ StV > 2,3 \text{ mm}$$

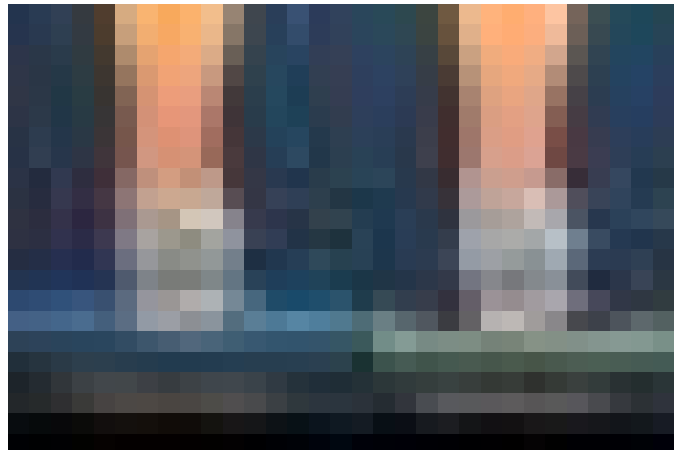
En la actualidad este aspecto de la deformación tal y como lo mide la normativa DIN es fuente de controversia entre los expertos europeos. No parece razonable exigir una deformación mínima a un pavimento si ya cumple con el mínimo de absorción de impactos. En general se recomienda conocer como se deforma el pavimento en diferentes puntos para asegurar un mínimo de homogeneidad y evitar que un jugador al saltar desequilibre el movimiento de los demás.

Bote vertical de la pelota

Para medir el bote vertical del balón se necesita un aparato que pueda dejarlo caer con suavidad sin aplicar ningún tipo de impulso y un sistema



Aparato de deslizamiento de Stuttgart



Deformación areaelástica y puntoelástica

de medición de la altura del bote con la suficiente precisión, normalmente 1 cm es suficiente.

En pavimentos deportivos multiuso se utiliza una pelota de baloncesto que dejada caer desde una altura de 1,80 m sobre suelo rígido (hormigón) debe alcanzar una altura de bote entre 1,2 y 1,4 m. La altura desde la que cae (1,80 m) se mide desde la parte inferior de la pelota, la altura de bote se mide desde la parte superior. Para el baloncesto se exige que la altura de bote sobre el pavimento deportivo sea igual o mayor al 90% de la altura alcanzada sobre suelo rígido.

Características técnicas del pavimento

Son aquéllas relacionadas con la durabilidad del pavimento y con aspectos constructivos del mismo. El tipo de requisitos y ensayos que deben exigirse al pavimento deportivo estarán relacionados con las características constructivas y el tipo de uso al que van destinados. A modo de ejemplo destacaremos la carga de rodadura, la resistencia a impactos y la planeidad; aunque existen otros muchos.

Resistencia a la carga de rodadura

La carga de rodadura es la que se produce cuando una silla de ruedas o unas gradas con rue-

das se desplazan sobre el pavimento. Los diferentes métodos de ensayo consisten en desplazar una rueda un número de veces dado. Después del ensayo se observan los daños causados.

El ensayo de normativa DIN, que coincide con el proyecto de norma europea, consiste en desplazar un carro a lo largo de un metro 150 veces. El carro tiene una rueda de acero de 100 mm de diámetro y 30 mm de ancho.

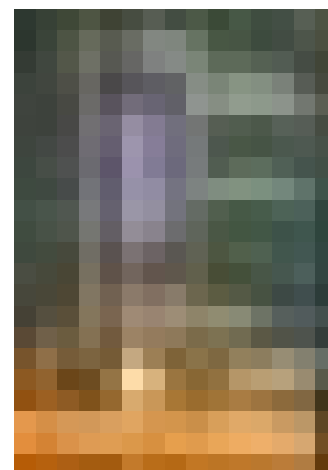
Para pavimentos areaelásticos y mixtos, entre los que se incluyen los suelos de madera, la rueda se carga con 1500 N y para puntoelásticos con 1000N. Se exige que al acabar el ensayo no exista ningún daño apreciable.

Resistencia frente a impactos

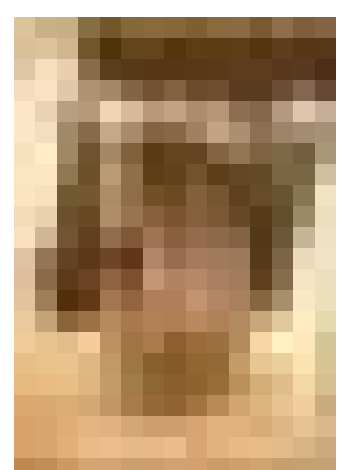
Se trata de medir la capacidad de soportar impactos sin que el pavimento se deteriore. Se dejan caer un impactador de un peso determinado y desde una determinada altura, observando el daño producido.

La norma DIN mide la resistencia a los impactos aumentando su magnitud hasta alcanzar el máximo impacto que puede soportar el pavimento sin deteriorarse.

Para ello se deja caer una masa desde una altura de 1 m, empezando por 0.5 kg y aumentando el peso con saltos 0.1 kg hasta deteriorar el pavimento. Se necesitan dos muestras de



Atleta Artificial Stuttgart



Ensayo del carro de rodadura.

pavimento que se someten a condiciones térmicas diferentes y el punto sobre el que se impacta se cambia cada vez.

Planeidad y pendiente

La planeidad se refiere a las irregularidades del suelo y no a la pendiente. Debe comprobarse antes y después de la instalación del pavimento deportivo. Se comprueba la planeidad de la capa soporte y se vuelve a comprobar, en algunos casos, con el pavimento instalado para corroborar que no existan irregularidades que puedan provocar lesiones o alteraciones en el bote de la pelota.

La planeidad es particularmente importante en pavimentos de hierba artificial, pistas de atletismo y pavimentos multiuso de interior. En el caso de pavi-

mentos de madera no suele representar problema alguno ya que durante el proceso de instalación pueden corregirse las irregularidades que pudieran existir en la capa soporte. La pendiente es el desnivel del pavimento. En el caso de suelos de exterior se suele admitir una ligera pendiente para facilitar el drenaje en caso de lluvia.