

EL CÉSPED ARTIFICIAL



La presente publicación pretende ser una guía de apoyo a todos los profesionales que intervienen en alguna de las etapas del ciclo de vida de un pavimento de césped artificial, desde su selección hasta su retirada, pasando por la gestión de su uso y su mantenimiento.

El contenido incluye una introducción a los pavimentos de césped artificial que permite al lector conocer a fondo cada uno de los componentes que forman estas superficies, así como la función que cada uno de ellos tiene en las propiedades finales del pavimento tanto desde el punto de vista de su interacción con los jugadores como con el balón. Además, presenta una revisión de la normativa vigente relativa a este tipo de superficies y una guía para la elaboración de pliegos de especificaciones técnicas, sirviendo ambos aspectos como orientación para la selección del pavimento de césped artificial más adecuado para el uso final del mismo.

Finalmente, incluye una guía del mantenimiento a llevar a cabo con el fin de aumentar al máximo el ciclo de vida del césped artificial, así como consejos sobre cómo actuar en el momento de retirada del campo.



EL CÉSPED ARTIFICIAL La revolución del pavimento en el fútbol

EL CÉSPED ARTIFICIAL
La revolución del
pavimento en el fútbol



BLOQUE I:
El césped artificial
como valor en alza del fútbol.
Más que una superficie.

- 1.1. Introducción a las superficies del fútbol.
- 1.2. Historia del césped artificial.
- 1.3. Componentes constructivos del césped artificial.
- 1.4. Aspectos constructivos de los campos de césped artificial.
- 1.5. Aspectos biomecánicos del césped artificial.
- 1.6. Aproximación sobre los tacos de las botas de fútbol en césped
- 1.7. ¿Césped artificial vs hierba natural? Estudios comparativos de lesiones entre ambas superficies
- 1.8. Desarrollo sostenible y compromiso medioambiental.
- 1.9. Consideración del césped artificial en el fútbol internacional.
- 1.10. El auge del Fútbol-7 gracias al césped artificial.
- 1.11. El césped artificial en otras modalidades deportivas.

BLOQUE II:
El ciclo de vida
de un campo de césped artificial

- 2.1. ¿Qué tipo de campo elegir? La elección de la superficie deportiva.
- 2.2. ¿Cómo debo realizar el pliego de un campo de césped artificial? La construcción del campo de césped artificial.
- 2.3. ¿Es necesario realizar una certificación de calidad?.
- 2.4. ¿Cómo se ha de mantener el campo? El mantenimiento del césped artificial.
- 2.5. ¿Qué hacer con el césped artificial cuando se acaba su vida útil? La renovación y reciclaje del césped artificial.

EL CÉSPED ARTIFICIAL
La revolución del
pavimento en el fútbol

EL CÉSPED ARTIFICIAL

La revolución del pavimento en el fútbol

Dirección de la publicación:

Leonor Gallardo

David Rosa

Autores UCLM

Pablo Burillo

José Luis Felipe

Ana Gallardo

Leonor Gallardo

Autores IBV

Mercedes Sanchís

Rubén Gude

Victoria Pérez

David Rosa



INSTITUTO DE
BIOMECAÁNICA
DE VALENCIA

Valencia, 2010

Esta edición es propiedad del INSTITUTO DE BIOMECÁNICA DE VALENCIA, DE LA UNIVERSIDAD DE CASTILLA-LA MANCHA Y DE LA REAL FEDERACIÓN ESPAÑOLA DE FÚTBOL y no se puede copiar, fotocopiar, reproducir, traducir o convertir a cualquier medio impreso, electrónico o legible por máquina, enteramente o en parte, sin el previo consentimiento de los titulares del copyright.

© de los textos e ilustraciones: los autores.

© de la presente edición: Instituto de Biomecánica de Valencia, de la Universidad de Castilla-La Mancha y de la Real Federación Española de Fútbol.

Edita: Servicio de Publicaciones de la
Universidad de Valencia.

Edición de 2.000 ejemplares.

Diseño de la cubierta: Instituto de Biomecánica de Valencia.

Diseño del interior: UCLM.

I.S.B.N.: 978-84-95448-23-1

Dep. Leg.: CU-458-2010

Impresión: Artes Gráficas TRISORGAR, S.L. (Tarancón – Cuenca)

Impreso en España - *Printed in Spain.*

“El fútbol es el deporte del pueblo. Después de varias décadas, la nueva generación de césped artificial ha demostrado ser la más favorable para el fútbol hasta la fecha. Así, el césped artificial traerá enormes beneficios al desarrollo mundial del fútbol.”

Joseph Blatter (2006)
Presidente de la FIFA

“El césped sintético se ha impuesto en todo el mundo porque favorece la práctica del fútbol sin importar el clima o el lugar. En un futuro, todo el fútbol español, incluida la Primera División, se disputará sobre césped sintético.”

Ángel M. Villar (2008)
Presidente de la RFEF
Vicepresidente de la FIFA y de la UEFA

ÍNDICE

PRÓLOGO

<i>Ángel María Villar. Presidente de la Real Federación Española de Fútbol</i>	13
--	----

1. BLOQUE I:

El césped artificial como valor en alza del fútbol. Más que una superficie.

1.1. INTRODUCCIÓN A LAS SUPERFICIES DEL FÚTBOL	19
1.2. HISTORIA DEL CÉSPED ARTIFICIAL	22
1.3. COMPONENTES CONSTRUCTIVOS DEL CÉSPED ARTIFICIAL	25
1.3.1. Fibra	26
1.3.1.1. Características de las fibras	28
1.3.2. Soporte base, basamento o backing	30
1.3.3. Rellenos	31
1.3.3.1. La arena	32
1.3.3.2. El caucho	32
1.3.4. PAD o capa elástica	34
1.3.5. Sub-base	35
1.4. ASPECTOS CONSTRUCTIVOS DE LOS CAMPOS DE CÉSPED ARTIFICIAL	35
1.5. ASPECTOS BIOMECÁNICOS DEL CÉSPED ARTIFICIAL	39
1.5.1. Evaluación de la función técnica de un campo de césped artificial	40
1.5.1.1. Función técnica de la superficie de juego	40
1.5.1.1.1. Procedimiento para la determinación de la resistencia al uso (Lisport)	41
1.5.1.1.2. Procedimiento para el envejecimiento climático. Resistencia a los rayos UV	42
1.5.1.1.3. Determinación de la deformación residual y cambio de apariencia del granulado polimérico utilizado en el relleno	43
1.5.1.1.4. Resistencia de las juntas	44
1.5.1.2. Función técnica de la capa soporte	45
1.5.1.2.1. Drenaje	45
1.5.1.2.2. Planimetría	45
1.5.1.2.3. Pendientes	46

1.5.2. Evaluación de la función deportiva de un campo de césped artificial	47
1.5.2.1. Interacción del usuario con el pavimento de césped artificial	47
1.5.2.1.1. Absorción de impactos	48
1.5.2.1.2. Deformación	50
1.5.2.1.3. Retorno de energía	51
1.5.2.1.4. Agarre o tracción	51
1.5.2.1.5. Fricción y abrasión de la piel	54
1.5.2.2. Interacción del balón con el pavimento de césped artificial	55
1.5.2.2.1. Rodadura del Balón	56
1.5.2.2.2. Bote vertical de balón	57
1.5.2.2.3. Bote angulado	57
1.6. APROXIMACIÓN SOBRE LOS TACOS DE LAS BOTAS DE FÚTBOL EN CÉSPED ARTIFICIAL	58
1.7. ¿CÉSPED ARTIFICIAL VS HIERBA NATURAL? ESTUDIOS COMPARATIVOS DE LESIONES ENTRE AMBAS SUPERFICIES	61
1.7.1. Epidemiología de las lesiones deportivas en césped artificial	61
1.8. DESARROLLO SOSTENIBLE Y COMPROMISO MEDIOAMBIENTAL DEL CÉSPED ARTIFICIAL	63
1.9. CONSIDERACIÓN DEL CÉSPED ARTIFICIAL EN EL FÚTBOL INTERNACIONAL	65
1.9.1. Unificación de la certificación FIFA Football Turf	66
1.9.2. Eventos internacionales en césped artificial	67
1.9.3. Fútbol profesional vs Fútbol amateur-comunitario	68
1.10. EL AUGE DEL FÚTBOL-7 GRACIAS AL CÉSPED ARTIFICIAL	69
1.11. EL CÉSPED ARTIFICIAL EN OTRAS MODALIDADES DEPORTIVAS	74

2. BLOQUE II:

El ciclo de vida de un campo de césped artificial.

2.1. ¿QUÉ TIPO DE CAMPO ELEGIR? LA ELECCIÓN DE LA SUPERFICIE DEPORTIVA	81
2.2. ¿CÓMO DEBO REALIZAR EL PLIEGO DE UN CAMPO DE CÉSPED ARTIFICIAL? LA CONSTRUCCIÓN DEL CAMPO DE CÉSPED ARTIFICIAL	85
2.2.1. Propuesta de pliego de prescripciones técnicas para la ejecución de un campo de césped artificial	93
2.3. ¿ES NECESARIO REALIZAR UNA CERTIFICACIÓN DE CALIDAD? LAS MARCAS DE CALIDAD EN CÉSPED ARTIFICIAL	94
2.3.1. Las Normas NIDE. Normalización de proyectos de campos de fútbol de césped artificial	96

2.3.2. La Normativa UNE-EN para los campos de césped artificial	100
2.3.3. Comparación con los ensayos de campo de FIFA Football Turf.....	103
2.3.4. Requisitos de los campos de fútbol de césped artificial según las Normas Internacionales	105
2.3.5. Marca de Calidad de la RFEF	106
2.4. ¿CÓMO SE HA DE MANTENER EL CAMPO?	
EL MANTENIMIENTO DEL CÉSPED ARTIFICIAL	109
2.4.1. Mantenimiento Especializado	113
2.5. ¿QUÉ HACER CON EL CÉSPED ARTIFICIAL CUANDO SE ACABA SU VIDA ÚTIL?	
LA RENOVACIÓN Y RECICLAJE DEL CÉSPED ARTIFICIAL	116
2.5.1. Beneficios del reciclaje	117
2.5.2. ¿Cuál es nuestra condición como ciudadanos al reciclaje y al mejoramiento del medio ambiente?	118
2.5.2.1. Soluciones del reciclado de césped artificial	118
2.5.2.2. Campos de césped artificial más sostenibles: Proyecto europeo Ecoturf	119

EPÍLOGO.

<i>Pedro Vera. Director del Instituto de Biomecánica de Valencia.</i>	123
---	-----

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS	125
---	-----

PRÓLOGO

Las sociedades, desde su inicio se han caracterizado por estar en un estado de constante cambio y evolución. Actualmente la práctica deportiva es un pilar fundamental en la sociedad que no deja de avanzar e innovar en un empeño por satisfacer los deseos de unos usuarios cada vez más exigentes en lo que a actividad física y deporte se refiere. Se ha apostado decididamente por la concepción de equipamientos e instalaciones deportivas que avancen en parámetros de diseño, dimensión, economía, utilidad y rendimiento, para cubrir todo tipo de necesidades de los usuarios deportivos implicados: jugadores, entrenadores, jueces, espectadores, gestores, etc. En este sentido, los pavimentos han seguido un camino de progresión paralelo con el propio deporte, y prueba de ello fue la concepción del césped artificial como superficie alternativa a la de hierba natural.

Dado que el fútbol es posiblemente el principal exponente del deporte para nuestra sociedad en el último siglo. Los campos de fútbol son uno de los principales núcleos de reunión de la sociedad actual, hasta tal punto pueden ser considerados como las “catedrales del siglo XXI”. De manera que el césped artificial ha tenido su mayor impacto en este deporte, principalmente desde la irrupción de la tercera generación de césped artificial, en el que se considera como un nuevo “sistema de superficie deportiva”.

Esta publicación nace del apoyo y consideración que los principales organismos rectores del fútbol, como la FIFA y la UEFA, así como especialmente de la RFEF, han manifestado a favor de una superficie deportiva que permita la práctica del fútbol de manera más sostenible, global e integradora, como es el césped artificial.

Y es que el césped artificial está incluido plenamente en la ordenación del fútbol. Muchas fueron las impresiones (tanto negativas como positivas) que desde un inicio recibieron organismos como la FIFA sobre este asunto. Su presidente, Joseph Blatter, en una de sus intervenciones alegó que *“la incorporación del césped artificial a las Reglas de Juego representa el inicio de una nueva era en la historia del fútbol. Millones de jugadores en todo el mundo se beneficiarán de esta decisión, porque podrán practicar su deporte favorito más a menudo y, sobre todo, en difíciles condiciones climáticas, que normalmente imposibilitan el juego en césped natural”*.

Igualmente, en España, el Reglamento General de la RFEF, en artículo 203.1., relativo a las condiciones del terreno de juego y de las instalaciones deportivas, establece que *“los partidos oficiales se celebrarán en terrenos de juego que*

reúnan las condiciones reglamentarias que se determinan en las reglas de FIFA, autorizadas por el International Football Association Board". Y además, desde la temporada 2005/2006 con la Circular nº 69, se fijan los criterios de homologación de las superficies artificiales, siendo revisados por la actual "Marca de Calidad de Césped Artificial RFEF".

Actualmente, sólo en España existen más de 4.000 campos de superficie sintética. Además, los expertos estiman que en el horizonte del 2014, existirán cerca de 8.000 campos de césped artificial, la inmensa mayoría debidos a reconversiones de campos de hierba natural o tierra. Fundamentalmente, la implantación de este pavimento ha sido impulsada como una superficie alternativa para aquellos entornos donde los terrenos de juego hierba natural en estado óptimo sea una opción de escasa rentabilidad deportiva, social, económica y medioambiental. De manera que una de las motivaciones que ha favorecido su desarrollo internacional ha sido aumentar la gestión económica de las instalaciones deportivas, ya que esta superficie permite reducir costes de mantenimiento, aumentar las horas de uso y disminuir la dependencia de las condiciones meteorológicas.

Igualmente, este fuerte crecimiento también se ha debido principalmente a una política de sostenibilidad deportiva. La gran oferta de actividades y de instalaciones de muy diversa índole, junto al bajo uso de algunos espacios deportivos (como los campos de hierba natural), ha replanteado en las autoridades la proyección y puesta en marcha de una nueva gestión deportiva. Los principales titulares de las instalaciones deportivas del país, es decir los Ayuntamientos, no podían, ni pueden, seguir siendo entidades de crédito a fondo perdido. ¿Se puede permitir un Ayuntamiento tener tantos metros cuadrados de espacios deportivos sin utilizar?

El césped artificial está originando cierto debate internacional entre sus ventajas y sus inconvenientes, dado que su implantación como superficie deportiva es imparable. Esto ha generado inquietud en la sociedad deportiva, lo que implica que tanto las Administraciones públicas como las organizaciones y empresas deportivas, necesiten conocer las condiciones de funcionalidad, seguridad e higiene que ofrece este producto. Debería ser posible afirmar si los campos de césped artificial cumplen o no con los requisitos mínimos de seguridad para los deportistas, y con las condiciones mecánicas óptimas para un juego más espectacular y vistoso, que dictan las normativas. La falta de control es debida en muchas ocasiones al poco presupuesto invertido, así como al desconocimiento de las partes (propietarios y constructores).

No hay duda que el césped artificial se ha convertido en una superficie de juego válida para la práctica del fútbol, desde nivel amateur al más alto nivel profesional, y representa una verdadera revolución (en el sentido amplio del término) en lo que superficies deportivas del fútbol se refiere. Por tanto, desde el grupo de investigación del césped artificial del Instituto de Biomecánica de Valencia, como del grupo IGOID (Investigación en la Gestión de Organizaciones e Instalaciones Deportivas) de la Universidad de Castilla-La Mancha se promueve esta recopilación de información, con el sentido académico de formar a gesto-

res, técnicos y estudiantes mediante el conocimiento y la investigación del césped artificial.

Esta obra intenta dar respuesta a muchas de las preguntas que son formuladas por la sociedad en la actualidad sobre los sistemas de césped artificial. En el primer bloque se presenta una parte más teórica-académica de la evolución de las superficies deportivas y consolidación del césped artificial en el fútbol. Entre los apartados más destacados se han detallado los componentes y elementos que integran los sistemas de césped artificial, junto con los principales aspectos constructivos, técnicos y biomecánicos que afectan al uso y gestión posterior de la instalación. También existen apartados dedicados al uso de calzado (botas de fútbol) en campos de césped artificial, el Fútbol-7 como deporte en auge unido a este pavimento y otras modalidades en las que también está presente la hierba artificial.

En el segundo bloque pretende resolver cuestiones relativas al ciclo de vida del césped artificial en los campos de fútbol, mediante la respuesta a las preguntas más comunes que se realiza un gestor deportivo: desde la elección de la superficie idónea para cada contexto, el desarrollo del pliego, las certificaciones de calidad para el césped artificial, la gestión, uso y mantenimiento del campo y, finalmente, la renovación y reciclaje del césped artificial.

D. Ángel María Villar Llona

Presidente de la Real Federación Española de Fútbol

BLOQUE I

EL CÉSPED ARTIFICIAL COMO VALOR EN ALZA DEL FÚTBOL. MÁS QUE UNA SUPERFICIE

1. BLOQUE I: EL CÉSPED ARTIFICIAL COMO VALOR EN ALZA DEL FÚTBOL. MÁS QUE UNA SUPERFICIE

1.1. INTRODUCCIÓN A LAS SUPERFICIES DEL FÚTBOL.

El fútbol (del inglés *football*), tal y como lo conocemos hoy en día, nace durante la segunda mitad del siglo XIX en el Reino Unido, fruto del auge del ocio y la recreación deportiva durante los fines de semana como efecto de la revolución industrial. En esta época existían gran cantidad de juegos, por lo que se empezó a distinguir entre los que se permitía el manejo manual del móvil (rugby), y los que desplazaban la pelota dándole patadas (fútbol) (Figura 1.1). Así, en España se comenzó a jugar al fútbol en la zona de las Minas de Riotinto (Huelva) a finales del siglo XIX.



Figura 1.1. Inicios del fútbol en el Reino Unido en el siglo XIX.

Antes de que se demarcase el espacio y dimensiones de los terrenos de juego de fútbol de forma reglamentaria, el fútbol era practicado en el campo y en las praderas inglesas. De aquí la procedencia en la traducción de la palabra inglesa *field* (campo o jardín). Nos obstante, la Real Academia Española de la Lengua define *Campo*, en su 6ª acepción como “*Terreno de juego, localidades e instalaciones anejas donde se practican o contemplan ciertos deportes, como el fútbol*”.

En el primer reglamento del fútbol dictado por la Football Association en 1863, se establecía en la regla 1 que “*El largo máximo del campo deberá ser de 200 yardas (182,88 m), la anchura máxima deberá ser de 120 yardas (109,728 m), el largo y el ancho deberán estar delimitados con banderas; y la meta será definida por*

dos postes verticales, separados por ocho yardas, sin ninguna cinta o barra entre ellos” (Murray, 1996). Estos primeros terrenos de juego eran praderas alejadas de la ciudad, constituidas principalmente por hierbas y pastos, que se convertían en barrizales dadas las constantes precipitaciones y poco cuidado de los terrenos en aquella época.

Sería en 1891, cuando la oficialización de las medidas mínimas del campo (100 yardas ó 91,5 metros) y ancho (50 yardas ó 45,75 metros) permitió la normalización del deporte y de los campos de juego, cuya edificación solían estar formada principalmente por terrenos de hierba natural, y excepcionalmente por campos de tierra, en cuyas praderas no fuera posible la germinación de la anterior.

La hierba natural es el único pavimento deportivo que está formado por seres vivos, a diferencia de las demás superficies, que son materiales inertes. Esta circunstancia hace que sea uno de los más complejos sistemas de mantener en buen estado (Burillo, 2009). A lo largo de la historia del fútbol, los mejores campos de juego han estado compuestos principalmente por hierba natural, dejando los terrenos de tierra para las categorías inferiores. Hay referencias históricas de los campos de deporte usados por Akbar, el gran emperador mongol (1600 d.C.); alfombras de hierba persa en el reino de Asiria (500 a.C.); los jardines del emperador de China (1090 d.C.) y los jardines medievales de Bretaña en el siglo XIII (Monreal, 2007).

La hierba natural deportiva cumple una doble función: como medio de crecimiento del propio pasto, en el que se desarrolla el sistema radicular, y como soporte físico de juego, sobre el que se desplazan los jugadores.

En España, los terrenos de hierba natural tuvieron su máximo esplendor desde 1960 hasta 1990. Existía una necesidad de construir nuevas instalaciones deportivas y el fútbol era el principal (y en ocasiones el único) deporte en muchas poblaciones. Todo ello deriva en un efecto de imitación entre muchos municipios, respaldados por el ámbito político y social de la época, en el que existía una primacía del “deporte competición”. Estos campos de fútbol de hierba natural estaban destinados para el uso exclusivo del equipo de la localidad (Correal, 2008). Posteriormente, sobre todo debido al auge del “deporte para todos” y al cambio en la mentalidad de la gestión deportiva, el número construcciones de hierba natural se ha visto reducido progresivamente (Figura 1.2).



Figura 1.2. Campo de fútbol de césped natural para la práctica del fútbol de alto rendimiento (izquierda) y campo de fútbol de tierra destinado al fútbol base (derecha).

Igualmente, en muchos campos de fútbol el único pavimento que han conocido ha sido, la tierra. Este tipo de superficie ha sido tradicionalmente la predominante en las instalaciones de las poblaciones con menores recursos y de las categorías deportivas más bajas.

Como preludio del fútbol regional, la construcción de campos de fútbol de tierra en España comienza desde que aparece el fútbol en este país, y logra su máximo apogeo a partir de las primeras competiciones de liga nacional en 1930. Una vez instauradas las competiciones de Primera y Segunda División en España, gran cantidad de clubes comienzan a surgir por la popularidad del deporte, para copar las plazas de Tercera División y de las categorías regionales. Es aquí cuando los clubes más modestos necesitan espacios deportivos para disputar las competiciones, y cuya alternativa, los terrenos de juego de hierba natural, suponía un alto coste para los municipios. El fútbol aficionado logra su máximo esplendor durante los años 1950 a 1970 (con categorías regionales de más de 200 equipos), por lo que se construyen numerosos campos de tierra. Además, en muchos municipios, dada la demanda, necesitan tener varios campos de fútbol, por lo que una vez que contaban con un campo de hierba natural, los restantes campos se construían de tierra.

Tradicionalmente los campos de tierra eran construcciones de grava y areniscas, bien compactadas. No obstante, existen zonas en España como Andalucía donde gracias a su orografía particular, estos campos de fútbol estaban compuestos por terrenos de albero (arena más fina y con mejores propiedades que la tierra convencional).

No obstante, en los últimos años, existe un cambio de tendencia en la construcción y remodelación de campos de fútbol. Los Ayuntamientos, como los grandes propietarios y mantenedores de las instalaciones deportivas del país, quieren aportar un nuevo giro a su política deportiva, aumentando la calidad de los espacios deportivos y mejorando su gestión económica-deportiva. Los terrenos de juego de tierra son un pobre reclamo para la promoción deportiva, sobre todo en el actual contexto social globalizado (en el que la Televisión e Internet promocionan las magnas instalaciones y campos de fútbol de los equipos de primer nivel). Del mismo modo, las inversiones en terrenos de hierba natural, son ante todo muy costosas de mantener para la mayoría de las entidades locales y su reducido número de uso por semana no guarda relación con las estrategias de aumento de la práctica deportiva.

La sociedad y los gestores deportivos ya no admiten tener hipotecados 10.000 m² de superficie deportiva; mientras que el deporte de competición ya no es ni lo único y ni lo más importante (Correal, 2008). El fútbol local comunitario ha tenido también un gran aumento en todos los servicios deportivos, por lo que las localidades empiezan a disponer de varios campos de fútbol para cubrir estas demandas. Es por tanto, que los municipios se cuestionan cuál es el pavimento deportivo que mejor responde a sus necesidades y a las de sus conciudadanos.

En esta realidad aparece el césped artificial como superficie deportiva para los campos de fútbol. Como veremos más adelante, el desarrollo del sistema de césped artificial de 3ª generación (con rellenos de caucho-arena o sólo caucho) en

la década de los '90, hizo desaparecer gran parte de los inconvenientes que existían en generaciones anteriores, y provocó la aceptación de los ámbitos deportivos, políticos y sociales (Green Floor y Moure, 2004).

Actualmente, el césped artificial está ganando la partida al resto de superficies en las competiciones regionales (pasando del 39% de los terrenos en la temporada 2007/2008 de 3ª División Nacional, el 47% en la temporada 2008/2009 y el 58% en la temporada 2009/2010), así como también en las competiciones de ámbito semiprofesional (en 2ª División "B" se ha aumentado del 19% de los campos en 2007/2008, al 26% en la temporada 2008/2009 y al 31% en la temporada 2009/2010). Hasta tal punto que Ángel María Villar, presidente de la RFEF, ha llegado a expresar recientemente que en un futuro, no muy lejano, *"todo el fútbol español, incluida la Primera División, se jugará sobre césped sintético"* (Noti-gras, 2008, septiembre).

1.2. HISTORIA DEL CÉSPED ARTIFICIAL.

Considerando la evolución histórica del césped artificial, este producto se desarrolla en los años 60 como un sustituto de la hierba natural con el objetivo de solucionar problemas de mantenimiento, especialmente en instalaciones cubiertas. El césped artificial se empezó a instalar en la década de 1960 en Estados Unidos, para sustituir al césped natural. La primera fibra sintética se construyó para el estadio cubierto Astrodome de Houston en 1966 (Figura 1.3), y muy pronto se empezó a instalar en los estadios de fútbol americano y béisbol de toda Norte América. Estos primeros campos estaban fabricados de fibras de nylon fibrilado (Vercammen, 2007). La introducción del césped artificial en España, fue en el año 1973 en Sotomontes, Madrid por el arquitecto Díaz De Tejado. Fue para campo deportivo de hockey. Por otro lado, el segundo campo de césped artificial para hockey fue un año después, en 1974 en Pau Negre, Barcelona (Ortego, 2008). En los años 70 una compañía alemana desarrolla un producto similar al anteriormente instalado pero fabricado en polipropileno (PP), un material menos resistente que el Nylon pero que reducía considerablemente el riesgo de lesiones por abrasión de la piel. Ambos productos se fabricaron con una base elástica y es lo que hoy se conoce como césped artificial de **primera generación**.

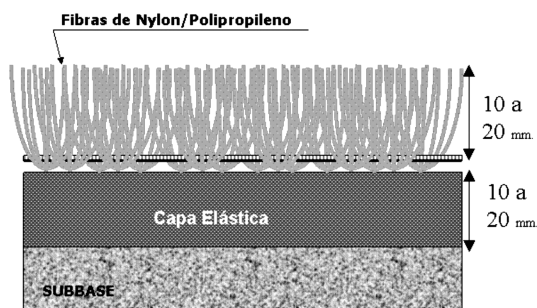


Figura 1.3. Césped artificial de 1ª generación.

La **segunda generación** del césped artificial llega a finales de la década de 1970, cuando una empresa canadiense desarrolla diferentes productos fabricados también en polipropileno (PP). Este producto se diferencia de su antecesor en que sus fibras están divididas longitudinalmente en dos y las costuras más separadas. Además se utiliza menos fibra que en los de primera generación y se abaratan los costes (Correal, 2008). Los pavimentos de segunda generación incorporan un relleno de arena y la fibra alcanza longitudes de hasta 30 mm. (Figura 1.4).

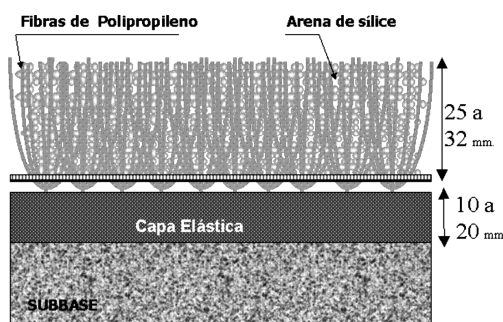


Figura 1.4. Césped artificial de 2ª generación.

En estos pavimentos de césped artificial, la arena favorece un ligero deslizamiento del calzado y reduce el aplastamiento del pelo. Estos suelos al tener una baja capacidad de absorción de impactos, suelen incorporar en su base una capa elástica (“shock-pad”) de entre 20 y 40 mm. de espesor, ya sea de caucho reciclado o de otros materiales con alta capacidad de absorción de impactos. Es su utilización en hockey en los Juegos Olímpicos de Montreal (1976) y la instalación de este pavimento en el campo de fútbol londinense del Queens Park Rangers F.C. (1981), así como en otros campos de fútbol de la 1ª División inglesa, lo que favorece su expansión y demuestra la rentabilidad económica asociada a la gestión de una instalación deportiva. En ese momento se produce el reconocimiento internacional en el mundo del deporte para este tipo de superficies artificiales.

Sin embargo, el diseño no era muy adecuado para la práctica del fútbol. La primera y segunda generación obligaba a utilizar un calzado diferente al de la hierba natural y modificaba la forma de juego, sobre todo en deportes como el fútbol. Además, el bote de la pelota era distinto al natural, el balón rodaba demasiado, el césped era muy abrasivo y el tapiz se arrugaba (Correal, 2008). Por lo que el césped artificial adoptó una mala reputación entre los aficionados y especialmente en los jugadores. Era una superficie más dura que la hierba natural, y se intuía que era una superficie que causaba más lesiones. Se produjo un retroceso: la liga inglesa y escocesa dictaron una moratoria, prohibiéndose en partidos oficiales y paulatinamente se volvió al césped natural en el fútbol profesional donde se había implantado. El uso del césped artificial fue prohibido también por FIFA, UEFA y por otras muchas asociaciones nacionales de fútbol.

Pero el césped artificial continuó su importante perfeccionamiento, buscando una superficie que fuera más blanda, más funcional, con mejor tracción para

el jugador, etc. Prosiguió desarrollándose el producto, aparecieron nuevas fibras y nuevos materiales. A finales del siglo XX, se inicia lo que se denomina **3ª generación** en el césped artificial al incluirse partículas de caucho triturado en los rellenos artificiales. Por primera vez, se comienza a denominar el césped artificial como sistema (Green Floor y Moure, 2004). Esta evolución abre la vía para la aceptación por parte de la FIFA y posteriormente UEFA, (actualmente los criterios de calidad de ambas organizaciones están unificados) del uso de campos de césped artificial para la competición internacional. En los pavimentos de césped artificial de 3ª generación el pelo alcanza de 50 a 70 mm. de largo, tienen una menor densidad de puntadas y el relleno, en lugar de sólo arena, se coloca también granulado de caucho (SBR: caucho estireno butadieno; EPDM: copolímero etileno-propileno-dieno; TPE: elastómeros termoplásticos; relleno natural de fibra de coco, etc.) con o sin mezcla de arena. Las fibras reducen la abrasión, ya que en vez de polipropileno se utilizan polietilenos lubricados (PE). Estos suelos tienen una mejor capacidad de absorción de impactos que las generaciones precedentes, son más parecidos en su comportamiento a una buena hierba natural y pueden ser utilizados (a pesar de no ser del todo óptimos), con los clásicos calzados con tacos de goma a los que están acostumbrados los futbolistas (Figura 1.5).

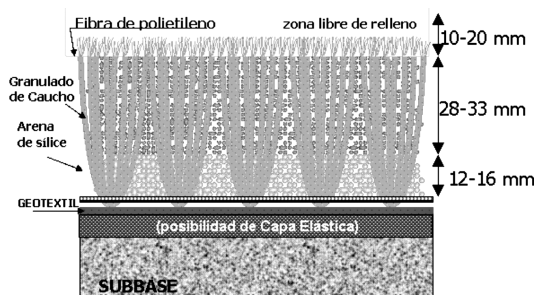


Figura 1.5. Césped artificial de 3ª generación.

Ha sido la 3ª generación del césped artificial la que ha logrado superar parte de las barreras técnicas y de funcionalidad deportiva. Bajo estas nuevas condiciones el césped artificial ha alcanzado un nivel sin precedentes de aceptabilidad. En este sentido, la ESTO (The European Synthetic Turf Organisation) pronostica que sólo en Europa, desde el año 2000, el número de campos instalados cada año ha aumentado de 200 a más de 4.500. No obstante, existe todavía cierta desconfianza por parte de jugadores y clubes a desarrollar su actividad deportiva sobre estas superficies artificiales debido a la creencia de que sobre dichos terrenos se produce un mayor número de lesiones.

Según Correal (2008), las tres generaciones del producto artificial han sido desarrolladas en Norteamérica y ninguna estaba pensada inicialmente para la práctica del fútbol. En la 1ª y 2ª generación de césped artificial se intentó aproximarse a las prestaciones de la hierba natural. En la 3ª generación se igualan las prestaciones de los pavimentos naturales. Es realmente a partir del desarrollo del sistema de césped artificial con relleno de arena-caucho (o tercera generación)

cuando los inconvenientes que existían con las generaciones anteriores comienzan a desaparecer.

Para Green Floor y Moure (2004) se han producido dos cambios básicos en la evolución del césped artificial:

- Uno cualitativo respecto a la percepción del mundo del fútbol en general (federaciones, clubes, jugadores, entrenadores y estamentos oficiales), que ha pasado de tener una visión negativa del césped sintético como superficie de juego, a apostar de forma decidida por la introducción del césped artificial de 3ª generación en el fútbol, como elemento básico para el desarrollo futbolístico a todos los niveles y la extensión de su práctica, en condiciones de juego aceptables, a nivel mundial.
- Otro cuantitativo, consecuencia del anterior, que ha multiplicado de forma exponencial la aparición de este tipo de superficies en España.

Las futuras generaciones intentarán mejorar las prestaciones de la hierba natural. Han existido algunas iniciativas de mezclar el césped artificial con el terreno natural. Como ejemplo, esto se llevó a cabo en el Estadio Santiago Bernabéu, en 2002, sobre la zona Sur del campo, ya que apenas recibe directamente la luz solar. Sin embargo, esta solución no ha dado grandes resultados, y fue retirado años más tarde (Burillo, 2009).

Aunque se ha hablado mucho de ello, todavía no existe el sistema de césped artificial de 4ª generación, sin embargo, se ha avanzado mucho en la concepción del anterior sistema. Las más modernas instalaciones de césped artificial están combinando los distintos tipos de fibras y están mezclando los rellenos de caucho y arena, para que provoquen una mayor estabilidad, elasticidad, restitución de energía y para mejorar la recuperación al aplastamiento (efecto memoria de la fibra).

1.3. COMPONENTES CONSTRUCTIVOS DEL CÉSPED ARTIFICIAL.

Los pavimentos de césped artificial denominados de 3ª generación están formados fundamentalmente por tres componentes: soporte base o backing, relleno y fibra, si bien en algunos casos también aparece la “shock-pad” o capa elástica. (Figura 1.6).

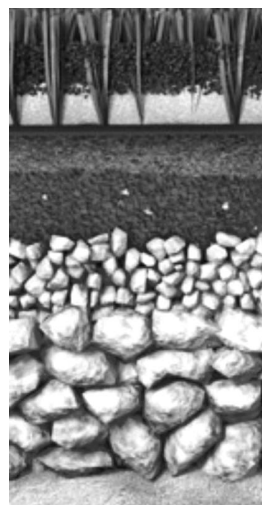


Figura 1.6.
Estructura de un terreno de juego de tercera generación
compuesta (de inferior a superior):
capa de zahorras, base asfáltica, soporte base,
arena, caucho y fibra fibrilada.

1.3.1. Fibra.

En cuanto a la fibra a instalar en los campos de césped artificial, los aspectos a tener en cuenta son:

- **Durabilidad** de la fibra en términos de resistencia mecánica (debe ser capaz de soportar el desgaste provocado por el uso y por las operaciones de mantenimiento), resistencia a los rayos UV (ya que el sol fragiliza el material y degrada el color), al agua, al frío y al calor.
- **Forma** de la fibra. Anchura, grosor, fibrilación pero presencia de nervios, y el aplastamiento o la pérdida de verticalidad de la misma con el uso.
- La **abrasión** producida por la fibra en la piel de los usuarios cuando estos deslizan sobre ella.
- La **resiliencia**, capacidad de la fibra de recuperar su estado natural erguido, tras períodos de aplastamiento.

Las fibras pueden ser de distinta composición, las cuales han ido evolucionando junto con las generaciones de césped artificial. En la primera generación se utiliza fundamentalmente *nylon*. Después se desarrollaron los pavimentos de *polipropileno*. El polipropileno todavía se utiliza en deportes como el pádel o golf, en algunos campos de fútbol, a pesar de ser un producto de la 2ª generación. Finalmente, se mejoró el producto con la aparición de fibras de *polietileno*, implantándose en la mayoría de campos de recién construcción. La fibra suele llevar un tratamiento de lubricación mediante el cual se reduce el efecto de abrasión que hasta ahora acompañaba a los productos sintéticos. Por lo general toda la materia prima utilizada tiene una óptima resistencia al desgaste y la abrasión (Catón, 2008).

Las longitudes de la fibra en los productos de 3ª generación son variadas y se podría decir que oscilan entre los 50 mm. y 60 mm. en la actualidad. Otras ventajas son:

- Menor aplastamiento del tejido.
- Superficies deportivas con mínimo desgaste.
- Fibras con mayor capacidad de resistencia.
- Fibras con capacidad de “efecto memoria”.

En el mercado del césped artificial existen cuatro tipos de fibra posibles para los campos deportivos (Párraga y Sánchez, 2002; Sánchez, 2007): Rectas-Monofilamentos, Rectas-Fibriladas, Rizadas y Mixtas. A continuación se analizan las características de cada una de ellas:

- **Rectas-Monofilamentos.** Las primeras monofibras se crearon en 1992. Se caracterizan por ser monofibras libres del proceso de fibrilación (Figura 1.7). Son fibras menos densas, por lo que necesitan de un mayor número de fibras por metro cuadrado, para que la sensación sea similar a la hierba natural. En principio, argumentan una mayor duración de las características iniciales del producto gracias a su mayor resistencia. La sensación



Figura 1.7. Fibra recta-monofilamento.

inicial es más áspera que los fibrilados, aunque el tratamiento con lubricantes reduce en gran medida esta primera sensación, reduciendo así el riesgo de abrasión de la piel. Estas fibras ofrecen un alto nivel de calidad y son las más utilizadas actualmente para el fútbol. Pueden llevar nervios central o a los extremos, que mejoren el efecto memoria de la fibra. Su longitud es variable alcanzando los 60 mm.

- **Rectas-Fibriladas.** Las primeras fibras fibriladas se desarrollaron en 1987. Son el tipo de fibras más utilizado junto con los monofilamentos (Figura 1.8). Se caracterizan por ser fibras de gran espesor o densidad y que, por el propio uso o mediante cepillado de las mismas, se fibrilan en múltiples partes o miofibrillas por su parte superior (aproximadamente a 1-1,5 cm. de la parte superior de la fibra) que le confiere un aspecto similar a un “plumero” formado por múltiples fibras, haciendo que las características de césped se aproximen mucho al natural y facilitando todo tipo de acciones, incluidas las más técnicas: desplazamientos, giros, entradas, etc. Este tratamiento consiste en un corte seccionado longitudinal que la transforma en una tupida malla que construye un mayor entramado textil. Además, favorece el grado de estabilidad de la carga de caucho y arena, mejorando la estética del campo. La fibrilación se puede realizar de forma mecánica o se va produciendo por el propio uso del campo, lo que indica que una excesiva fibrilación acelera el proceso de envejecimiento del pavimento. Las propias ventajas que supone la fibrilación asemejando al césped natural suponen el efecto contrario a largo plazo (desfibrilación, en ocasiones prematura).
- **Rizadas.** Como su nombre indica son fibras, monofilamentos o fibriladas, rizadas. Aunque la altura total de la fibra sea similar a las anteriores, al ser rizadas, la longitud real es mucho menor. Argumentan una mayor capacidad para retener los desplazamientos de la arena y de caucho, pero en contra tienen su menor similitud a las características de los campos naturales. Son más abrasivas y, en productos de última generación, no ha alcanzado los mismos niveles de calidad de juego que ofrecen los otros tipos de fibras. Esta fibra no suele comercializarse en la actualidad para pavimentos deportivos de fútbol.
- **Mixtas.** Es la combinación de dos, o incluso podría darse el caso de tres, tipos de fibras. Lo habitual es que se combinen dos para compensar las fortalezas y debilidades de una y otra. Existen monofilamento y fibriladas garantizándose la mayor resistencia de las monofilamentos y la mayor similitud a la hierba natural de las fibriladas. Son una buena alternativa aunque suponen un incremento considerable en el precio final del producto. También se oferta, en menor medida, las rizadas y las fibriladas. En este caso las rizadas aseguran que no exista desplazamiento del



Figura 1.8. Fibra recta-fibrilada.

caucho y la arena. Igual que las anteriores son una buena opción pero aumenta el coste final. En definitiva se puede hacer cualquier tipo de combinación, aunque en la actualidad no hay experiencias prácticas al respecto conocidas.

Parece que la tendencia actual se orienta al tipo de monofilamentos con lubricación impregnada, fundamentalmente por aportar una sensación muy similar al césped natural y la consiguiente aceptación y aprobación por parte de los propios deportistas. Además, previene en mayor medida el prematuro consumo de la fibra por lo que también satisface a los gestores deportivos.

1.3.1.1. Características de las fibras.

Cualquiera que sea el tipo de fibra escogida, para garantizar su calidad final, se han de tener presente una serie de propiedades que mejorarán el producto, tales como la longitud de la fibra, la densidad de la fibra, el peso de la fibra, el peso total, el número de puntadas, el color, la resistencia al desgaste, resistencia a los rayos UVA, etc. (Párraga y Sánchez, 2002).

Respecto a la longitud de las fibras, existen distintos tipos de longitud. Su elección dependerá de las características globales de la superficie a elegir. Así, los productos de última generación han experimentado un incremento considerable en la longitud de las fibras, llegando actualmente a alcanzar de los 45-60 mm. lo que acentúa su similitud con las características de la hierba natural. Este aumento de la longitud de la fibra ha estado condicionado a la incorporación del granulado de caucho junto con la arena. Además, si se utilizan una base elástica de caucho, se recomienda que la longitud de la fibra sea menor (puesto que no existirá la misma cantidad de relleno), aunque nunca debe ser inferior a 45 mm.

La técnica de fabricación es similar a la de una alfombra o moqueta, mediante el procedimiento de tejido o entretejido denominado método *tufting*. La fibra va tejida a la base soporte formando el conjunto de la alfombra de césped. Este proceso consiste en la inserción de las fibras mediante agujas en una base (backing o basamento); posteriormente, y con el fin de asegurar que las fibras no se separen del backing, normalmente se aplica una capa de un producto (que puede ser látex, Poliuretano, resinas acrílicas o resinas de PVC) por el dorso del soporte base y se seca al horno, quedando perfectamente adherida la fibra. Durante el proceso del *tufting* se deben controlar algunos parámetros, los cuales darán las características finales de la moqueta. Uno de ellos es la altura de pelo (medida desde el backing hasta el extremo de la fibra), que actualmente está entre 45 y 60 mm, según la aplicación final de terreno de juego. Otro parámetro es lo que se denomina galga o distancia entre ejes de aguja (en pulgadas) de la máquina; este valor condicionará las puntadas o el número de puntadas por cada 10 cm en la dirección de la máquina (lo que define la densidad de penachos de hilo) y la densidad de pelo (dada en puntadas/m²).

Un aspecto también fundamental es la densidad de la fibra o “Tex” (Deniers). La definición de Tex es “peso en gramos de 1.000 metros de hilo”. Normalmente se utiliza una fracción del Tex, (el decitex o dtex, que es una décima parte del Tex), para expresar la cantidad de hilo o fibra que contiene el césped, por m². A mayor índice Deniers (dtex), más cantidad de hilo contiene (es decir más densidad), y por tanto mayor calidad. Por tanto, si tenemos una fibra de 11.000 dtex, significa que cada 10.000 m. lineales de esa fibra el peso será de 11.000 gr. Se recomienda un mínimo de 11.000 dtex para fútbol y rugby, 8.800 dtex para hockey, entre 8.800 y 6.600 dtex para padel y tenis y 2.000 dtex para césped decorativo, siendo todos ellos valores aproximados. Un mechón/puntada de monofilamento tiene unos 1.375 dtex, por lo que se deberían de conseguir 8 mechones para obtener 11.000 dtex. Un mechón/puntada de fibrilado de por sí puede contener 11.000 dtex. Un mechón/puntada de fibra mezclada tiene unos 5.000 dtex, lo que unido a 3 mechones se pueden obtener 15.000 dtex (Lozano, 2004).

La densidad (puntadas por m²) puede ser diferente en función del fabricante, en el mercado existen productos de alrededor de 10.000 puntadas por m². Se debe de tener en cuenta que la densidad de puntada quedará condicionada por dos parámetros: la galga (distancia entre agujas de la máquina de tufting) y las puntadas por metro lineal. Con la combinación de estas dos obtendremos la densidad de puntada por metro cuadrado. Igualmente de importante es el espesor de la fibra. Para esto se utiliza la medida de galga, que es el espacio o separación que existe entre dos puntadas. Así, a mayor espesor, hay una mayor resistencia de la fibra al desgaste y al deterioro.

En cuanto al peso de la fibra, este se suele medir en gr/m². El peso de la fibra deberá estar en consonancia con el número de puntadas y la densidad de la fibra. A mayor número de puntadas, mayor peso debe tener la fibra. Este es un dato que los gestores deben comprobar, ya que algunas empresas presentan ofertas con un gran número de puntadas por m² y, sin embargo, con poco peso de fibra, lo que puede dar lugar a una mala equivalencia o una descompensación en la calidad de la fibra (Párraga y Sánchez, 2002).

En el peso total en gramos, al peso de la fibra se le añade el peso de la base donde va tejida (backing). A mayor peso, mayor lastre y mayor resistencia a los desplazamientos de la alfombra de césped. La tendencia, fundamentalmente para la práctica de deportes como el fútbol o el rugby (con una gran tracción sobre la superficie), es aumentar el peso total de la fibra, la base y el lastre de arena y caucho.

Referente al número de puntadas, hay que destacar que a mayor número de puntadas mayor cantidad fibra y, por tanto, más calidad. No obstante un número excesivamente alto de puntadas puede suponer un efecto negativo al reducir el espacio para la arena y el caucho. El mínimo de puntadas aconsejable en césped artificial para fútbol se ubicaría en 13.700 por m² y el máximo entre 19.000 puntadas por m². En el caso de fibras mixtas (rectas-rizadas, etc.) se utiliza también la medición por número de nudos.

En la actualidad el color de la fibra de césped artificial es muy variado. Si bien, el hilo de césped debe de ser de color verde, existen distintas tonalidades, que en combinación pueden causar una buena realidad estética y continuidad visual (Catón, 2008). El colorante principal utilizado esta compuesto de pigmentos que pueden ser de naturaleza orgánica (exento de metales pesados) o de naturaleza inorgánica (con metales pesados). Para el respeto del medio ambiente se deben utilizar colorantes libres de metales pesados como plomo, cromo, cadmio, mercurio, zinc, etc. Con ánimo de simular el césped natural, las fibras se fabrican en color verde, aunque en ocasiones éste cambia a blanco o amarillo por ejemplo en las líneas del campo.

Previamente, en el laboratorio el producto debería haber pasado controles de resistencia al desgaste y a los rayos UVA. Un índice adecuado de resistencia al desgaste es como máximo una pérdida de peso de la fibra inferior al 3% tras 5.000 ciclos. Un mayor desgaste supondría una menor calidad del producto. Así se debe conocer la resistencia de la fibra a los cambios climáticos. Además, la fibra debe presentar una cierta estabilidad a los rayos UVA.

1.3.2. Soporte base, basamento o backing.

El tejido base es el soporte sobre el que se tejen las fibras. Según Rosa et al. (2008) el soporte es fundamental para dar mayor consistencia y duración al tejido. Supone la base del lastre, por lo que es importante además de su composición, su peso y resistencia. Su misión es servir de soporte para el tejido de la fibra mediante el proceso de tufting explicado en el punto anterior. Hay que tener en cuenta que debe ser resistente y facilitar la unión de las juntas. Es muy importante la estabilidad dimensional.

El backing está formado por una o dos capas de polipropileno (PP) que puede estabilizarse con poliéster o fibra de vidrio. Debe estar perforado para garantizar el drenaje del campo. La rigidez y espesor deben ser adecuadas para que permitan enrollar la moqueta para su transporte, pero al mismo tiempo debe ser resistente. Esta resistencia viene condicionada por el número de hilos empleados en la construcción del basamento (Rosa et al., 2008).

La anchura de los rollos de moqueta es normalmente de 4 ó 5 metros, por lo que para construir un campo es necesario unir varios de éstos; para ello se utilizan unas cintas de unión que pueden ser geotextiles impermeables o poliéster. Un geotextil es una malla formada por fibras sintéticas unidas de diversas formas, cuyas funciones principales se basan en su capacidad drenante y en su resistencia mecánica a la perforación y a la tracción.

La junta se podría coser y sería más resistente, pero serían necesarios mejores especialistas y máquinas de instalación ya que se trata de un proceso más complejo. No obstante, independientemente de la solución adoptada, lo importante es que dichas juntas presenten la resistencia suficiente para que no se rompan debido a las exigencias del juego.

1.3.3. Rellenos.

Para completar la instalación del césped, es necesario lastrarlo y dotarlo de óptimas condiciones de elasticidad y durabilidad. La 3ª generación del césped artificial introduce una nueva configuración del sistema sintético. El relleno en estas superficies sintéticas actúa de soporte horizontal de las fibras verticales de césped. Por tanto se procede a la incorporación de una mezcla de arena de sílice y granulado de caucho. Al anterior lastrado se complementa con partículas de caucho, puesto que distintos estudios habían comprobado que se mejoraba el rendimiento deportivo y la seguridad de los deportistas (McNitt et al., 2007; Naunheim et al., 2004; Popke, 2002).

Normalmente son los pliegos de prescripciones técnicas los que establecen cómo será el relleno. No es tan importante establecer cual será la cantidad de arena y caucho (puesto que éstas suelen ser sólo recomendaciones de los fabricantes, distintas entre sí) sino exigir que se cumplan las propiedades finales del sistema de césped artificial, tanto en laboratorio, como una vez instalado, de acuerdo con las normas de calidad. De esta manera, un campo conservará una cantidad óptima en la proporción de gránulos de arena y de caucho por m² resultante del cumplimiento de estas certificaciones de calidad (Figura 1.9). No obstante, no suele ser posible igualar el peso de ambas cantidades ya que la densidad del caucho es menor que la de la arena. Además, en función de la longitud de la fibra, la proporción de ambos productos variará. Es por ello y, fundamentalmente, por el elevado coste del gránulo de caucho sobre la arena, por lo que se hace necesario, conocer bien cuál es la cantidad idónea del campo. Un campo de 9.000 m² de superficie total sin caucho supone un ahorro aproximado de 50.000 € respecto a otro con una proporción de 15 kg/m², lo que puede crear unas diferencias que enmascaren y maquillen inicialmente el precio de producto.



Figura 1.9. Distribución del relleno del césped artificial (Campana, 2007).

Otro aspecto importante, que no debe ser pasado por alto en la instalación, es el vertido de arena y caucho en la colocación del césped. Es decir, el primer vertido. En este sentido hay distintos criterios. Inicialmente, la mayoría de las

empresas plantean un primer vertido de arena y finalmente el vertido de caucho (Ortego, 2008).

Pero las nuevas concepciones del sistema de césped artificial sugieren ir mezclando la arena con el caucho, coincidiendo con la opinión de autores como Párraga y Sánchez (2002). Este proceso no es posible mezclando de antemano la arena y el caucho debido a la diferencia de densidad y tamaño de ambos productos. Por lo que se procede con un primer acopio de caucho seguido de otro de arena, otro de caucho, arena y finalmente caucho. Esta acción está justificada porque al tener menor densidad el caucho que la arena, éste tiende a buscar la superficie, garantizándose de esta forma que la compactación de la arena se produzca más tarde.

En cualquier caso, la última capa siempre deberá ser de caucho. Se recomienda no verter toda la cantidad de caucho en la primera operación y proceder al recebo de campo cuando pasen unos meses y se haya asentado el relleno (Párraga y Sánchez, 2002).

1.3.3.1. La arena.

La principal misión de la arena es la de actuar como lastre que evite el movimiento de la alfombra del césped, sin embargo se deberá asegurar su durabilidad, resistencia e inocuidad hacia los materiales plásticos del césped. Las características que deben reunir los áridos que formen esta capa de arena son las siguientes:

Gránulos de arena de sílice de canto romo para evitar un precipitado desgaste de las fibras sintéticas.

Una fórmula química adecuada que garantice su solidez y pureza.

Una correcta elección de su granulometría según la aplicación deportiva y el tipo de césped.

La arena debe de ser de sílice (en más de un 96%) ha de estar lavada, seca, limpia de impurezas y materia orgánica. La granulometría óptima debería oscilar entre 0,3 y 0,8 mm. La arena debe llegar a la obra reflejando su origen, características y procedencia. El vertido se ha de realizar mecánicamente, incluso en dos fases para garantizar un correcto extendido y una superficie homogénea.

1.3.3.2. El caucho.

Para Catón (2004), *“el granulado de caucho es el corazón del sistema de césped artificial”*. Este elemento ha cambiado las respuestas de los parámetros dinámicos, propiciando una excelente respuesta con respecto a las superficies sintéticas sin lastre de caucho: mejora la relación de la absorción de impacto-deformación vertical, el retorno de energía, la capacidad de tracción, el bote y la rodadura del balón, la uniformidad del terreno, etc. Con el caucho, además, se consigue minimizar la abrasión de la arena de sílice sobre los jugadores, uno de los grandes inconvenientes de anteriores sistemas.

La cantidad de caucho se suele dar en kg/m^2 , y suele estar entre 10 y 15 kg/m^2 . Esta cantidad va a influir en el comportamiento de balón, absorción de impactos, y en general en el comportamiento biomecánico del terreno de juego. Su granulometría y su forma, que depende del proceso de obtención del caucho, influirán en la rapidez de compactación. Es conveniente solicitar a las empresas que realicen estudios de evaluación de las propiedades de los pavimentos de césped artificial sometidos a un desgaste simulado para comprobar su comportamiento con el uso.

Como en la arena, es importante conocer la granulometría del caucho. Se considera que un buen margen de referencia se debe situar entre un 0,5 y 3 mm. Se recomienda, en relación al tamaño del granulado de caucho, un porcentaje de finos (partículas menores de 0,5 mm.) inferior al 5%. Este valor tiene dos repercusiones: los tamaños finos por acción del uso del campo se irán depositando en el fondo de la capa de caucho modificando las propiedades del mismo, además, los tamaños muy finos pueden llegar a ser inhalados por los usuarios. El granulado de caucho puede ser de diferentes tipos, en función de sus características (Barreales, 2007):

- *Reciclados.*

- Caucho **SBR** (Estireno Butadieno Rubber, en sus siglas en inglés), procedentes de neumáticos fuera de uso.

- *Virgenes.*

- Caucho **EPDM**, vulcanizado con peróxido.
- Caucho **Termoplástico**, a base de polietileno, u otros polímeros no contaminantes.

Siguiendo a Barreales (2007), existen diferentes ventajas e inconvenientes en cada uno de los tipos de caucho en las Tablas 1.1, 1.2 y 1.3.

Tabla 1.1. Ventajas e inconvenientes del caucho SBR.

RELLENO DE CAUCHO SBR	
VENTAJAS	INCONVENIENTES
- Buenas propiedades mecánicas. - Mejora la elasticidad del sistema. - Resiste a UV y al ozono. - Respetuoso medioambientalmente. - Termoestable. - Precio competitivo.	- Sin probabilidad de variar su formulación (material reciclado). - Color negro.

Tabla 1.2. Ventajas e inconvenientes del caucho EPDM.

RELLENO DE CAUCHO EPDM	
VENTAJAS	INCONVENIENTES
- Muy buena resistencia a la intemperie. - Color verde. - Resiste a UV y al ozono. - Posibilidad de variar su formulación. - Respetuoso medioambientalmente.	- Bajas propiedades mecánicas. - Densidad elevada. - Vulcanizados con peróxidos, fuertemente aromático. - Precio elevado.

Tabla 1.3. Ventajas e inconvenientes del caucho Termoplástico.

RELLENO DE CAUCHO TERMOPLÁSTICOS	
VENTAJAS	INCONVENIENTES
- Muy buena resistencia a la intemperie. - Color verde. - Resiste a UV y al ozono. - Posibilidad de variar su formulación. - Respetuoso medioambientalmente.	- Bajas propiedades mecánicas. - Densidad elevada. - Vulcanizados con peróxidos, fuertemente aromático. - Precio elevado

El más utilizado de todos los nombrados es el relleno de caucho SBR, por sus propiedades mecánicas y su precio, estando presente en el 90% de los campos de césped artificial de todo el mundo.

En los últimos meses los pavimentos de césped artificial se han visto salpicados por la polémica sobre la posible toxicidad del caucho reciclado utilizado como material de relleno. Por esta razón, se están realizando distintas investigaciones que permitan conocer la legislación aplicable a este tipo de producto y comprobar el comportamiento del caucho reciclado de forma objetiva. Recientes estudios publicados (Salzmann, 2007; Whitlock, 2008) consideran al caucho reciclado SBR un producto cien por cien seguro y ausente de riesgo para la salud y el medio ambiente, como relleno de superficies de césped artificial.

1.3.4. PAD o capa elástica.

En ocasiones se instala bajo la moqueta una capa elástica, con la intención de mantener las propiedades de rigidez y amortiguación a lo largo del tiempo de uso y evitar que disminuyan mucho debido a la compactación del relleno. Esta capa puede estar formada por mezcla de cauchos y ligante, PVC, látex o poliuretano espumado. Por supuesto, debe tenerse en cuenta que el material del que se fabrique ha de ser resistente al agua y drenante, ya que en muchas ocasiones se instalará al aire libre. Esta capa elástica puede ser instalada de dos formas:

- In situ: se construye e instala la capa elástica una vez finalizada la construcción de la sub-base asfáltica, en la misma instalación. Este proceso es mucho más económico pero por el contrario ofrece una menor precisión en la densidad y planimetría de la misma. Es el sistema más utilizado en los campos de fútbol que optan por instalar un sistema de capa elástica.
- Prefabricada: la capa elástica es producida en fábrica, con propiedades y densidades controladas. El precio es superior a la instalación “in situ”, pero el grado de precisión y de calidad es superior.

1.3.5. Sub-base.

Además de todo lo comentado anteriormente, si se desea que un campo tenga unas propiedades determinadas, también debe controlarse la sub-base, es decir, la superficie que se encuentra debajo del backing (o de la capa elástica, en caso de que el sistema instalado la incluya). Ésta puede ser de asfalto, macadán compactado o gravas compactadas, debiendo soportar las cargas a las que es sometido sin movimiento. Según el tipo de sub-base que se seleccione, el drenaje del campo se realizará de forma vertical u horizontal (por pendientes). En caso de evacuar de forma vertical se debe tener en cuenta que el suelo que se encuentra por debajo de la sub-base sea capaz de eliminar las aguas que le lleguen a través de la sub-base. En caso de la eliminación de aguas por pendientes, se deberá tener en cuenta la disposición de canales de recogida de aguas a los lados del terreno de juego. Se recomiendan pendientes no superiores al 1% con el fin de afectar lo mínimo posible a la rodadura del balón. Se debe controlar la planimetría de esta capa durante la etapa de construcción de la misma ya que su corrección a posteriori resulta muy complicada (Rosa et al., 2008).

1.4. ASPECTOS CONSTRUCTIVOS DE LOS CAMPOS DE CÉSPED ARTIFICIAL.

Distintos autores (McAuliffe, 2008; Pasanen et al., 2008) recomiendan que para realizar una selección del terreno de juego ajustada a las necesidades de cada instalación se deben tener en cuenta los usos y usuarios finales de la misma, de forma que se intente satisfacer en la medida de lo posible los requerimientos específicos de cada modalidad deportiva.

El éxito de una buena instalación de césped artificial reside en saber escoger el tipo de fibra más adecuado, el mejor sistema de instalación y un plan de mantenimiento que resulte efectivo. Si estos tres factores son estudiados previamente y la ejecución técnica es la correcta, se podrá conseguir un campo de fútbol de césped artificial de altísimas prestaciones tanto para los deportistas como para su entorno.

Como norma general, y atendiendo a la mayoría de los proyectos ejecutados en España, la composición de un campo de fútbol de césped artificial de 3ª generación, desde la capa más inferior hasta la superficie, es la siguiente (Figura 1.10):

1. La primera capa es el terreno natural, hay que nivelarlo y compactarlo. Se aprovecha para dar pendientes.
2. Seguidamente se realizarán unas capas de base granulares no aglomeradas, con la aportación de zahorras. Normalmente existen dos capas de zahorras compactadas (sub-base y base) con distinta granulometría. Este nivel tiene una altura, alrededor de 25 cm y se le da una pendiente de 0,5%. Seguidamente hay que regar y compactar.
3. Posteriormente se desarrolla una capa granular aglomerada o capa de aglomerado asfáltico. Se realizará con una correcta planimetría y una pendiente de 0,5-0,8% hacia las canaletas perimetrales de recogida de

agua. Igualmente, es recomendable su puesta en obra en dos capas con diferente mezcla bituminosa: una primera de 4-5 cm, y otra de terminación de 2-3 cm. Este nivel tiene un espesor de alrededor de 7 cm. Terminada esta capa, se comprueba su planimetría.

4. Después, una opción es la puesta en obra de una base elástica, que se realiza “in situ”, normalmente de caucho sintético, con un grosor de 15-20 mm. Se utiliza principalmente para aportar una mayor absorción de impactos, y minimizar la rigidez del pavimento tras la base asfáltica.
5. Seguidamente a la base elástica, o directamente después de la capa asfáltica, se sitúa la alfombra de césped artificial, que está cosida en un fino doble backing, reforzado, donde va tejida la fibra de césped artificial. La superficie sintética se extenderá por rollos de 4 m y se instala a la base aglomerada estable sin encolar (porque están sujetos por el peso del relleno). Los rollos se unirán entre sí, con bandas adhesivas o cosidos. Posteriormente se hará el marcado de las líneas del terreno de juego, mediante tiras de moqueta de césped artificial de otro color.
6. El relleno de la arena (10-15 mm), y después caucho (25-35 mm), será insertado por un profesional y se procederá a realizar varios cepillados para asentar la superficie y lograr mayor uniformidad. Finalmente ha de quedar entre de 1-2 cm de pelo libre.

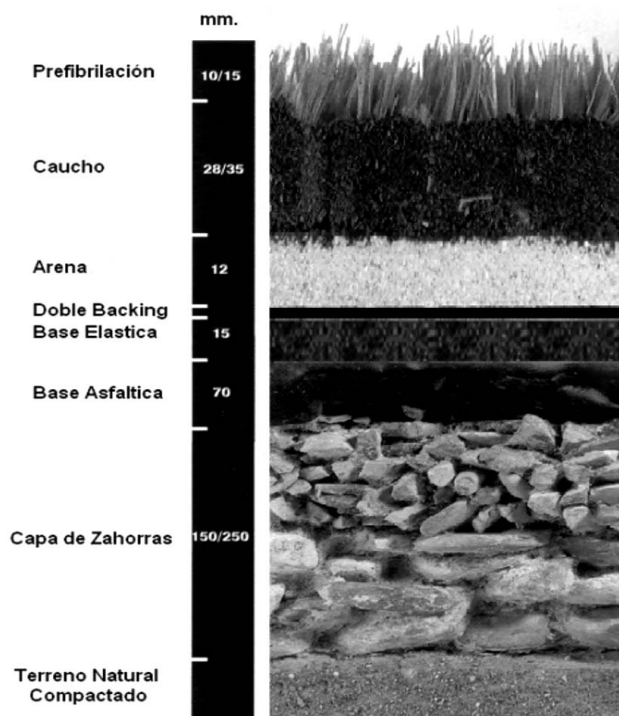


Figura 1.10. Elementos de la construcción de un campo de fútbol de césped artificial de 3ª generación.

El sistema de césped artificial de arena más caucho ha supuesto un cierto debate alrededor de la colocación o no de la base elástica. En la 2ª generación de césped artificial, donde la alfombra de césped llevaba solamente el lastre de arena de sílice, era conveniente la incorporación de la base elástica que asegurara elasticidad y planimetría (Párraga y Sánchez, 2002). Sin embargo, hay autores (Correal, 2008; Ortego, 2008) que estiman que ya no es cuestión tan determinante en los nuevos campos con relleno de caucho, ya que en función de si existe o no capa asfáltica y de la cantidad de caucho que vaya a tener el campo posteriormente, la base elástica será un opción costosa e innecesaria, o bien, mejorará la calidad del producto final. En cambio, Catón (2008) destaca que todavía se está innovando en elementos elásticos que mejoren la capacidad de amortiguamiento del terreno artificial.

Tal y como se ha comentado, el marcaje de líneas se realizará una vez se hayan acoplado los rollos de césped artificial, recortando las zonas destinadas a las líneas según el proyecto, y se pegarán por el mismo sistema de unión que el rollo (Ortego, 2008). Cuanto menos marcajes posibles se realicen, menos posibilidad habrá de que sufran roturas las juntas. De manera que se marcará el campo de Fútbol-11 (normalmente en blanco) y los de Fútbol-7 (distintos colores: amarillo y azul preferentemente, pero pueden existir rojos, etc.), intentado que éstos coincidan (Figura 1.11). El marcaje de Fútbol-7 no se suele hacer completo, y queda a criterio del gestor.



**Figura 1.11. Rotura de marcajes (izquierda).
Campo con marcajes de Fútbol-11, Fútbol-7 y rugby (derecha).**

Otro de los aspectos cruciales de la instalación de césped artificial es el riego. Como es de suponer, el césped artificial, como materia inerte, no necesita ser regado, como sí lo necesita la hierba natural para sobrevivir. Sin embargo, es muy aconsejable que estas instalaciones dispongan de riegos perimetrales por distintos motivos. A la pregunta de por qué se necesita regar el césped, Campaña (2007) responde que principalmente por cuatro motivos:

- 1) Por condicionantes climáticos (calentamiento del caucho).
- 2) Para “romper” la corriente estática (el césped es una superficie plástica).
- 3) Para mejorar las condiciones técnicas del juego (bote y velocidad de desplazamientos del balón).
- 4) Para mejorar el confort del deportista.

El césped artificial es una superficie compuesta de plásticos, y que junto al caucho puede llegar a superar unas temperaturas de 60-70° C, en la superficie en plena temporada estival. A diferencia de otros países del Norte de Europa, donde existe mayor cantidad de lluvias, en España es un recurso escaso, con gran cantidad de horas solares y temperaturas altas durante todo el año. De manera que el riego ayuda a disminuir la temperatura de la superficie (problemas de abrasión y confort térmico), además de favorecer el desarrollo del juego (FIFA, 2007c; Ortego, 2008). Por su parte, el riego debe ser colocado en las zonas perimetrales fuera del campo, ya que su posicionamiento en el interior podría causar problemas en las juntas del césped artificial, lesiones en los deportistas, así como un peor mantenimiento de las tuberías. Los cañones son la forma más adecuada para el riego, asegurando una aspersión uniforme en todo el campo, sin desplazar el caucho por la superficie (Figura 1.12). Aún así, existen campos de césped artificial en España sin ningún sistema de riego instalado, o con aspersores en el interior del campo, una solución problemática con el tiempo (irregularidades, mantenimiento difícil y que afecta a la superficie de alrededor, etc.). Para mejorar la gestión del campo y evitar la manipulación de estos elementos, lo recomendable son cañones de largo alcance en altura.



Figura 1.12. Cañones de largo alcance.

En cuanto a la vida útil de los campos de césped artificial a los que se les ha aplicado la nueva tecnología de 3ª generación, aún no se puede garantizar con certeza, puesto que no ha pasado el tiempo suficiente para ello. La estimación que los distintos autores (Catón, 2004; Green Floor y Moure, 2004; Párraga y Sánchez, 2002) y empresas instaladores establecen es de unos 10-15 años. No obstante, la durabilidad de estos pavimentos está directamente relacionada con la cantidad de horas de juego que el césped reciba la calidad del mantenimiento mínimo que debe recibir y la radiación solar que incida sobre él. También pueden afectar otras variables, aunque en menor medida, como pueden ser la calidad de la fibra, el proceso de fabricación, una adecuada instalación, la climatología reinante, la correcta evacuación de aguas, la contaminación que ocasionan zonas colindantes (árboles, tierra fértil, raíces), la utilidad de buenos recibos, etc. (Green Floor y Moure, 2004). Es por lo que, actualmente, un campo de césped artificial, con materiales de alta calidad, con un uso intensivo de fútbol y Fútbol-7 (alrededor de 35 horas a la semana) y con un mantenimiento adecuado desde el inicio, puede mantener en estado óptimo todas sus propiedades unos 7-8 años. La alteración de alguno de estos elementos podría acortar seriamente la vida útil del campo.

1.5. ASPECTOS BIOMECÁNICOS DEL CÉSPED ARTIFICIAL.

La biomecánica es la ciencia interdisciplinar que estudia el comportamiento del cuerpo humano y su relación con los productos y entornos con los que interactúa desde una perspectiva mecánica. Cuando se habla de los aspectos biomecánicos de un pavimento deportivo se hace referencia a aquellas propiedades de los mismos que pueden tener un efecto sobre los usuarios dado la elevada interacción entre estos y el pavimento.

El tipo de terreno en el que se desarrolle el juego afecta a la propia naturaleza del fútbol (Lees y Nolan, 1998). La controversia suscitada por la introducción de las superficies sintéticas al fútbol, ha dado lugar a investigaciones biomecánicas de las prestaciones de rendimiento y seguridad de todas las superficies en las que se disputa el fútbol.

Durante el transcurso de un partido o entrenamiento de fútbol, el jugador realizará un gran número de habilidades y movimientos a lo largo de sus aproximadamente 10 kilómetros de recorrido. Dada la media de zancadas, la mayoría de jugadores efectuarán alrededor de 4.200 pisadas o impactos contra el pavimento por partido, lo que se traduce a más de 75.000 pisadas durante un mes de entrenamiento (Rocco, 2005). Esto nos hace ver la importancia que una buena superficie deportiva, acompañada de un calzado deportivo adecuado tiene para los deportistas.

Uno de los mayores problemas que se han constatado en las superficies deportivas (sobre todo en investigaciones referidas al césped artificial) es la dificultad de mantener sus propiedades biomecánicas durante el paso del tiempo y con el uso (Rosa et al., 2007). Respecto a los campos de hierba natural, Lees y Nolan (1998) afirman que su rendimiento depende de sus características estructurales, las condiciones meteorológicas y su respuesta al desgaste. Como responderá el campo de hierba natural al desgaste dependerá de distintos factores como las especies utilizadas, el daño de enfermedades en la hierba, la compactación y la capacidad de drenaje.

Por ejemplo, uno de los defectos más usuales que puede presentar un campo de fútbol de césped artificial, y que puede suponer cierto riesgo para el usuario, es la presencia de zonas con diferente comportamiento. Este riesgo proviene del hecho de que el deportista recibe una respuesta del pavimento que no es la esperada, por lo que puede provocar en él movimientos involuntarios que deriven en una lesión. Además, el deportista adaptará su patrón de marcha a la superficie sobre la que esté desarrollando la práctica deportiva. Si las propiedades de dicha superficie sufren modificaciones, el deportista adaptará su patrón de marcha o incluso su forma de juego, pudiendo derivar en fatiga, lo que incrementaría el riesgo de lesión.

Es preciso, por tanto, estudiar la función técnica y deportiva del césped artificial, en aras de una mejor gestión, rendimiento, funcionalidad y seguridad de los deportistas y de las instalaciones. A continuación se describen cada uno de los aspectos tenidos en cuenta y su importancia en el desarrollo de la actividad deportiva en césped artificial.

1.5.1. Evaluación de la función técnica de un campo de césped artificial.

La función técnica incluye las propiedades que aseguran que el pavimento mantendrá su comportamiento durante un tiempo determinado en función del entorno y uso a los que va destinado (Rosa et al., 2008).

Para la evaluación de esta función técnica los materiales son sometidos a una serie de ensayos. Evidentemente, estos difieren dependiendo de si las superficies serán de destinadas para uso interior o exterior, puesto que las superficies de exterior estarán sometidas a condiciones más adversas que las instaladas en salas interiores.

Los pavimentos deportivos de exterior serán sometidos a ensayos tales como, por ejemplo, permeabilidad del agua (con el fin de evitar que se formen charcos en caso de lluvia) y resistencia a la radiación UV. Todos estos ensayos, están regulados por normativas aplicables dependiendo del uso de la superficie deportiva.

En general, cabe diferenciar entre la evaluación de la superficie de juego y la de la capa soporte ya que ésta última debe ser controlada antes de la instalación del pavimento deportivo. Un error en su ejecución influye en la calidad final del terreno de juego y al finalizar la instalación del pavimento de césped artificial será difícil solucionar los posibles problemas.

1.5.1.1. Función técnica de la superficie de juego.

Se han desarrollado diferentes procedimientos que miden la resistencia y durabilidad de los productos frente a diferentes agentes y condiciones. Los principales métodos de medida utilizados son:

- Procedimiento para la determinación de la resistencia al uso del sistema de césped artificial. Mediante equipos de laboratorio provistos de tacos, similares a los de las botas de fútbol, se simula el desgaste de los campos por acción del uso.
- Procedimiento para el envejecimiento climático y estudio de la resistencia a los rayos Ultravioleta (UV). Mediante equipos de laboratorio se simula la radicación solar, de forma que se pueda estimar el envejecimiento que sufrirá el campo por encontrarse a la intemperie.
- Determinación de la deformación residual y cambio de apariencia del granulado polimérico utilizado en el relleno. Este parámetro es utilizado para evaluar como quedaría el material de relleno si fuera sometido a una carga vertical importante, como por ejemplo las que ocurren cuando la maquinaria de mantenimiento trabaja en el campo. No se trataría de un ensayo obligatorio según la normativa vigente pero puede dar una orientación del comportamiento de un material de relleno determinado.
- Resistencia de juntas. Los terrenos de juego se instalan mediante rollos de moqueta de aproximadamente 4 metros de ancho, con lo cual para

poder instalar la totalidad de la superficie del campo es inevitable que se tengan que colocar juntas, cosidas o pegadas, entre los diferentes rollos de pavimento. Este parámetro controla la calidad de las mismas. Si las juntas fallan encontraremos peligrosas discontinuidades en el pavimento y posibles movimientos del mismo.

Existen además diferentes recomendaciones que afectan a los materiales de relleno, éstas son:

- **Tamaño y forma del granulado de arena.** Una morfología inadecuada (angulosa en lugar de redondeada) de la arena puede provocar un acelerado desgaste del campo.
- **Tamaño del granulado de caucho.** El tamaño del granulado influye en las propiedades finales del mismo, independientemente del tipo de granulado utilizado lo importante es que las propiedades finales del campo sean las deseadas.
- **Ensayo de toxicidad lixiviados.** Es un ensayo que puede realizarse sobre la totalidad de los componentes del pavimento y permite evaluar si son tóxicos o no.

1.5.1.1.1. Procedimiento para la determinación de la resistencia al uso (Lisport).

El desgaste o la pérdida por rotura de parte de la fibra pueden llevar a la pérdida de propiedades del campo (Rosa et al., 2008). Factores como las condiciones climáticas y el uso pueden favorecer el deterioro de esta fibra y por tanto del campo. Así mismo, una compactación del material de relleno conlleva una modificación de las propiedades de absorción de impactos del mismo. Para conocer cómo el uso afecta al pavimento, se realiza una simulación mediante el método Lisport (UNE-EN 15306) de resistencia al uso, cuya máquina de desgaste también se le denomina Lisport (Figura 1.13).



Figura 1.13. Máquina de desgaste LISPORT.

Esta máquina simula la abrasión mecánica que sufre un pavimento de césped artificial debido al uso. Dos rodillos con 145 tacos cada uno avanzan con una velocidad lineal de 0,25 m/s y con una velocidad de rotación 40% mayor la de uno que la del otro, de forma que además de simular la compactación debida al uso, simula gestos como inicio de carrera, donde el jugador clavaría los tacos antes de comenzar la carrera.

La muestra se somete a 1.000 ciclos inicialmente (un ciclo corresponde a un avance de ida y uno de vuelta de los rodillos) y se coloca el relleno desplazado. Tras 2.000 ciclos más, se vuelve a reordenar el caucho; y de nuevo tras otros 2.000 ciclos. Finalmente son aplicados 200 ciclos y retirada la muestra sin reordenar el caucho desplazado. La realización de una serie de ensayos como puede ser la amortiguación de impactos, antes y después de este proceso de desgaste es utilizada como indicativa de cómo el uso afecta a las propiedades del campo. Así, dependiendo del material de relleno o de la granulometría utilizada, las propiedades del pavimento de césped artificial evoluciona de una manera o de otra; la pérdida de amortiguación, según muestra la Figura 1.14, es diferente habiendo sido sometidos todos los prototipos al mismo desgaste.

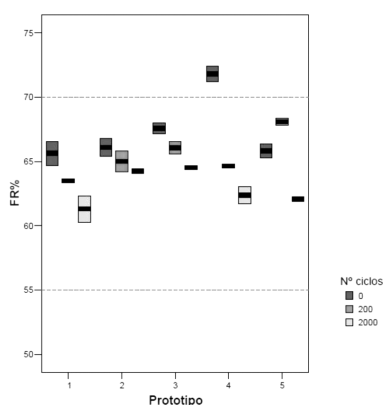


Figura 1.14. Reducción de fuerzas realizada sobre diferentes prototipos de césped artificial y materiales de relleno, antes y después de 200 y 2.000 ciclos de desgaste con Lisport.

1.5.1.1.2. Procedimiento para el envejecimiento climático. Resistencia a los rayos UV.

Como se ha comentado anteriormente, las condiciones climáticas pueden influir en la pérdida de propiedades del campo. Con el fin de conocer en qué medida afectan éstas, se realiza un ensayo en el que se intenta simular las condiciones climáticas a las que se ve expuesto el pavimento, para lo que se emplean cámaras climáticas con lámpara de rayos Ultravioleta (UV), de forma que sea posible simular ciclos de temperatura, humedad y radiación Ultravioleta (UV). La cámara climática (Weather-o-Meter) lleva a cabo un envejecimiento acelerado

por lo que es posible poder ver en poco tiempo el efecto que las condiciones meteorológicas tendrán sobre la fibra (Figura 1.15).



Figura 1.15. Cámara climática Weather-o-Meter.

La exposición de los pavimentos a este tipo de envejecimiento puede provocar diferentes efectos en el mismo, como por ejemplo una pérdida de color, que será fácilmente apreciable y generará una desconfianza a los usuarios sobre la calidad del campo, u otras que no son visibles, como por ejemplo la degradación de las propiedades mecánicas del polímero (Rosa et al., 2008). Estas últimas no se apreciarán a simple vista pero originarán una degeneración acelerada del campo. Es por lo que, en ocasiones, el campo puede parecer que esté en perfecto estado porque sigue estando de color verde, pero haber perdido gran parte de sus propiedades mecánicas.

1.5.1.1.3. Determinación de la deformación residual y cambio de apariencia del granulado polimérico utilizado en el relleno.

Se utiliza el mismo granulado de caucho que será utilizado para el relleno del terreno de juego. Sobre el material de relleno se realiza un ensayo de compresión evaluándose la fuerza necesaria para su deformación así como el cambio de forma una vez se retira la fuerza que lo deformaba. La deformación residual se obtiene comparando el espesor de la capa de relleno antes de ser comprimida y después de 30 minutos de cesar la compresión.

Para estudiar la modificación de la morfología del granulado de caucho se realizan fotografías antes y después de ser comprimido y mediante el análisis de la imagen se obtienen las modificaciones de forma.

1.5.1.1.4. Resistencia de las juntas.

El estudio de resistencia de las juntas se realiza sobre 5 muestras obtenidas del mismo procedimiento de unión entre rollos de pavimento (pegado o cosido). El ensayo se realiza mediante una máquina de ensayos convencional, aplicándose la fuerza de tracción a una velocidad constante. Se registra la fuerza de rotura o fuerza máxima ejercida sobre la probeta. Se calcula el valor medio de la fuerza de rotura o fuerza máxima ejercida en los 5 ensayos y se expresa el resultado en N/100mm. En el caso de juntas pegadas, estas serán sometidas a un envejecimiento previo mediante su inmersión en agua caliente durante 15 días, con el fin de simular el degradado que puede sufrir la cola debido a la acción conjunta de agua y temperatura. Este es un parámetro importante que definirá a largo plazo el comportamiento correcto del terreno de juego, pues si las juntas se rompen, aparecerán discontinuidades y posibles arrugas debidas al movimiento del pavimento y la reparación será muy costosa.

Según Rosa et al. (2008), es importante tener en cuenta que los rollos utilizados para el montado de terreno de juego de césped artificial tienen un ancho aproximado de 4 metros, aunque existen productos en el mercado con otro ancho y este puede ser seleccionado para facilitar las operaciones de instalación del campo atendiendo a la necesidad de incorporar líneas de diferentes colores al terreno, con lo cual es inevitable que el terreno de juego se encuentre con multitud de uniones o juntas. Una vez definido el terreno de juego y la cantidad de líneas a incorporar, algunas de ellas pueden ser incluidas en la moqueta desde la misma fabricación tejiendo con fibra de colores (principalmente blanco y amarillo) y otras serán incluidas en la instalación del campo (Figura 1.16).



Figura 1.16. Juntas en un pavimento de césped artificial.

1.5.1.2. Función técnica de la capa soporte.

Los parámetros a controlar en la capa soporte son:

- **Drenaje.** Si se opta por la colocación de los pavimentos sobre capa con drenaje vertical, se tendrá en cuenta la cantidad de agua que es capaz de eliminar el sistema a través de la capa soporte por unidad de tiempo. Los parámetros de drenaje y pendientes son complementarios y la finalidad es la de mantener el pavimento sin encharcamientos.
- La **planitud** en referencia a la nivelación de la superficie de forma que no encontremos abultamientos o depresiones en la capa base, que luego el pavimento copie de forma inevitable.
- Las **pendientes** necesarias para eliminar las aguas de la lluvia hacia un lugar concreto donde serán recogidas y canalizadas. Los terrenos de juego pueden diseñarse a 2 ó 4 aguas. La inclinación no debe ser excesiva de forma que el agua discurra sin arrastrar el material de relleno y no afecte a la distancia rodada por el balón durante el desarrollo del juego.

1.5.1.2.1. Drenaje.

Con el drenaje se pretende conocer la capacidad del soporte base para drenar agua y que no se produzcan encharcamientos. Para ello, se realiza un ensayo que consiste en dos cilindros concéntricos que permiten el paso de agua entre ellos, es en el cilindro interior donde se mide la permeabilidad o velocidad de infiltración del agua mediante una regla. Después de regar el campo durante 20 minutos, se colocan los dos cilindros concéntricos en el punto de ensayo, hundidos hasta el soporte base y bien sellado de forma que se asegure que no se pierda agua hacia los lados. Se vierte agua en el interior de los cilindros hasta alcanzar un flujo constante del agua. Se anota el tiempo que tarda el nivel del agua del cilindro en disminuir 20 mm (si se superan 30 minutos y no ha descendido los 20 mm. El índice de infiltración (I) se calcula mediante la siguiente expresión:

$$I = \frac{h \ C}{t}$$

donde h es la altura de disminución del nivel (mm), t es el tiempo (horas) y C es un factor de corrección de la viscosidad del agua en función de la temperatura.

1.5.1.2.2. Planimetría.

La regularidad del campo es medida mediante el denominado ensayo de regularidad superficial o planimetría. El aparato utilizado es una regla de 3

metros de largo, con el lado de medida identificable. Debe ser suficientemente rígida para que, suspendida desde sus puntos extremos, el lado de medida no se desvíe del plano más de 0,5 mm en cualquier punto. La regla debe ser recta a lo largo de toda su longitud.

La distancia entre el lado de medida y la superficie que se ensaya debe medirse con una galga calibrada de 300 mm de longitud y 25 mm de ancho. El plano inclinado de la galga debe estar marcado en incrementos de 1 mm.

El procedimiento consiste en identificar las zonas con posibles huecos o defectos mediante inspección visual u otro método alternativo (aparatos mecánicos, encharcado y posterior secado, etc.) y asegurarse de que la superficie a ensayar está libre de impurezas. Se coloca la regla sobre la superficie, apoyando sobre el lado de medida. Se utiliza una galga (Figura 1.17), que se coloca sobre la superficie y perpendicular al lado de medida de la regla. Las medidas, o lo que es lo mismo cuando es capaz de entrar la galga entre la regla y la superficie, deben tomarse por los dos lados de la regla.



Figura 1.17. Figura del equipo de ensayo de planimetría montado sobre un pavimento.

1.5.1.2.3. Pendientes.

Como recomendación, en cuanto a las pendientes que debe de tener la sub-base se debería realizar una comprobación previa a la instalación del pavimento de césped artificial comprobando que la pendiente no supere el 1%. Según Rosa et al. (2008) se deben marcar sobre el perímetro del campo 24 puntos de forma que queden equidistantes entre ellos (como en la Figura 1.18), aproximadamente 10 m entre cada marca. Se coloca el nivel topográfico en el centro del campo, se conecta el nivel y se procede al nivelado automático del mismo. Se coloca la regla

telescópica cerca del nivel, se deben de colocar lo suficientemente cerca para garantizar que entre ellos no existen diferentes alturas y sobre la regla se fija ésta como altura de referencia. Posteriormente se coloca la regla en cada uno de los 24 puntos previamente marcados en el campo. La regla nos proporcionará la medida de altura respecto al nivel colocado en el centro del campo. Mediante la diferencia de altura y la distancia entre el centro del campo y cada uno de los puntos se puede calcular la pendiente existente.

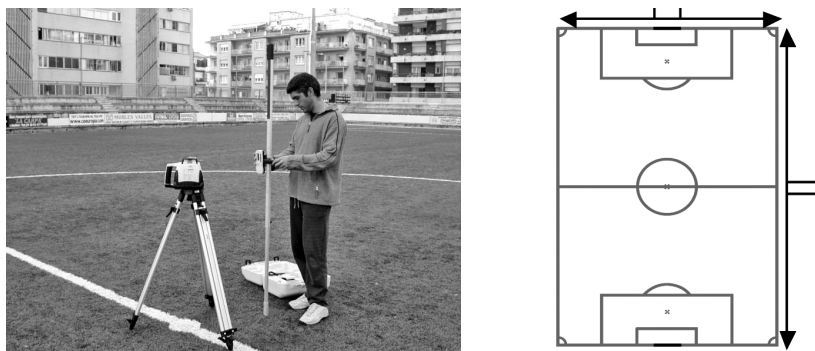


Figura 1.18. a) Medición de pendientes mediante nivel topográfico. b) Marcado de los puntos en el terreno de juego.

1.5.2. Evaluación de la función deportiva de un campo de césped artificial.

La función deportiva abarca las propiedades del pavimento que pueden disminuir el riesgo de lesiones al mismo tiempo que facilitan un buen rendimiento del deportista en términos de marcas o vistosidad del juego, así como un correcto comportamiento tanto en bote como en rodadura del balón (Rosa et al., 2008).

En la función deportiva de un pavimento deportivo se distingue entre los aspectos resultantes de la interacción usuario-pavimento (más relacionados con la seguridad de los jugadores) y los que determinan la interacción balón-pavimento (más relacionados con la espectacularidad en el juego), en el caso de deportes con balón. A continuación se describen los aspectos que se evalúan en ambos casos.

1.5.2.1. Interacción del usuario con el pavimento de césped artificial.

La interacción del jugador con el pavimento da lugar a una serie de variables biomecánicas que son las que finalmente determinan el riesgo de lesión y el rendimiento durante el juego (Rosa et al., 2008). Es decir, su evaluación pretende garantizar que la superficie deportiva es segura, desde el punto de vista de la

prevención de lesiones, y funcional, desde el punto de vista del rendimiento deportivo.

Los movimientos más comunes que se realizan sobre el pavimento deportivo en la mayoría de los deportes son andar, correr, frenar, saltar y girar. Al ejecutar estos movimientos se realizan esfuerzos sobre el suelo que se transmiten a través de la extremidad inferior a todo el cuerpo humano. Dichos esfuerzos podemos dividirlos en dos tipos de fuerzas: perpendiculares a la superficie deportiva (verticales) y tangenciales (horizontales). La interacción vertical recoge parámetros como absorción de impactos (tanto la reducción de fuerzas como la deformación vertical estándar o la máxima), mientras que la interacción horizontal hace referencia a parámetros tales como la tracción, la fricción o el deslizamiento.

Los aspectos que se evalúan dentro de la función deportiva en relación con la interacción usuario-superficie son:

- **Amortiguación**, relacionada directamente con la capacidad de protección del usuario frente a los impactos propios de la carrera, saltos o caídas.
- **Deformación** vertical estándar y deformación máxima. Se relacionan directamente con la disipación de energía de un impacto sobre el pavimento. La deformación en este tipo de pavimentos es punto elástica, lo que quiere decir que se deforma sólo la zona dónde se aplica la carga y no sus alrededores.
- **Retorno de energía (energía de restitución)**. Este parámetro relaciona la energía que le es aplicado al césped artificial con la energía devuelta por el mismo, lo que influye en el comportamiento elástico de la superficie al interactuar con el deportista.
- **Tracción rotacional**, propiedad que evalúa la facilidad o dificultad que supone para el deportista girar sobre su pie de apoyo, sin que el mismo deslice o quede bloqueado.
- **Tracción lineal** y del valor de deceleración de la frenada, relacionado con el gesto que realiza el deportista cuando frena con el pie deslizando sobre el pavimento.
- **Abrasión de la piel**. Relacionado con la lesión por quemadura de la piel de los usuarios cuando deslizan sobre la hierba.

A continuación se muestran los ensayos utilizados actualmente para la evaluación de dicha interacción; sin embargo, debe tenerse en cuenta que las propiedades evaluadas y los rangos en que deben encontrarse dependerán del tipo de pavimento y del uso final del mismo, y en este caso, se han establecido para pavimentos de fútbol de césped artificial (3ª generación).

1.5.2.1.1. Absorción de impactos.

Según Rosa et al. (2007; 2008), la absorción de impactos es la capacidad de un material, sistema o mecanismo dado, de disminuir el efecto de las fuerzas de impacto por medio de la absorción y de la disipación de energía. La falta de absorción de impactos podría causar daño en cartílagos, dolor de espalda y

diversas lesiones en general. Contrariamente, una absorción de impactos demasiado alta reducirá el rendimiento deportivo durante la carrera o salto.

Al andar, el talón es la parte del pie que primero entra en contacto con el suelo (conocido como golpe de talón) y las fuerzas de impacto resultantes inician una onda transitoria de impacto que posteriormente viaja a través del sistema músculo-esquelético hasta la cabeza.

Las ondas de impacto pueden tener un efecto muy diverso, desde dañar hasta un efecto beneficioso, dependiendo de su magnitud, duración y de las características físicas del individuo. Las elevadas fuerzas de impacto pueden ser lesivas mientras que las fuerzas muy bajas pueden conducir a una disminución de la densidad mineral del hueso y a una pérdida de estímulos del crecimiento óseo. La necesidad de amortiguar golpes e impactos para evitar lesiones, parece estar en contraposición con el rendimiento deportivo, ya que un pavimento muy protector será aquel que amortigua mucho el impacto y no devuelve la energía del mismo, con lo que al deportista le ocasionará un mayor esfuerzo continuar con el gesto una vez amortiguado.

De los estudios realizados por McMahon y Greene (1979) y Bosco et al. (1985) se deduce que sería posible encontrar un óptimo nivel de amortiguación de impactos que no perjudicara ninguno de estos aspectos y puede ser posible postular un nivel óptimo de la absorción y atenuación de impactos para evitar daños y para conservar los efectos positivos tales como estimulación del crecimiento; sin embargo, este grado óptimo es dependiente de las características anatómicas y fisiológicas de los seres humanos.

La técnica utilizada para analizar el comportamiento del pavimento frente a impactos simula el impacto de talón que ejerce el deportista sobre el pavimento durante la carrera. Se realiza mediante un equipo de ensayo denominado Atleta de Berlín o el Triple A (Atleta Artificial Avanzado) (Figura 1.19). Se deja caer una masa determinada desde una altura conocida, utilizándose un muelle de rigidez controlada para simular el efecto amortiguador de las articulaciones de tobillo o rodilla.

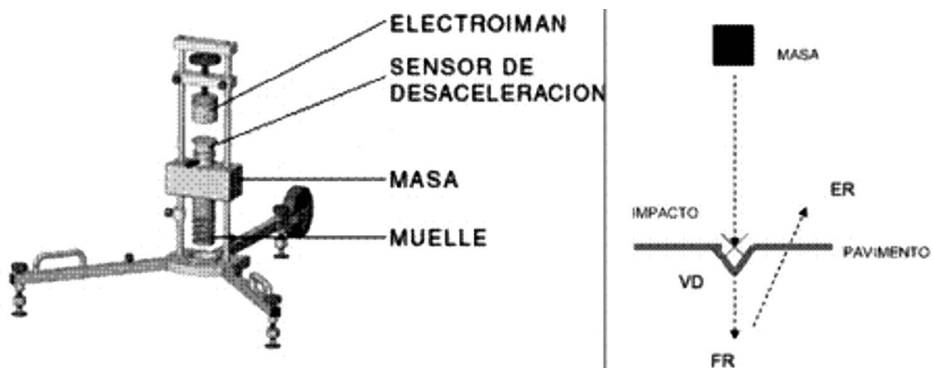


Figura 1.19. Esquema de impactos del Triple-A.

Cuando esta masa impacta sobre el pavimento, se registra la fuerza máxima aplicada mediante la señal de una célula de carga, a partir de este valor se calcula la reducción de fuerzas, tomando como fuerza máxima la obtenida en un pavimento de hormigón:

$$RF = \left(1 - \frac{F \max_{\text{pavimento}}}{F \max_{\text{hormigón}}} \right) \cdot 100$$

Este parámetro mide la capacidad de un pavimento deportivo para absorber impactos y por tanto es un indicador de la función de protección de la superficie de juego.

1.5.2.1.2. Deformación.

La deformación de un pavimento deportivo hace referencia a cuanto se deforma el pavimento frente a un impacto, por ejemplo impactos de talón en carrera, y está relacionado con el aspecto biomecánico de la estabilidad. Alcántara (2007), lo define como el grado en el que un pavimento puede provocar pérdidas de equilibrio laterales en los deportistas, principalmente debido a un comportamiento inesperado.

Por tanto, la deformación de la superficie ayuda a amortiguar pero puede llegar a producir inestabilidades, por ejemplo en carrera o salto. La inestabilidad puede provocar movimientos articulares inesperados produciendo lesiones, principalmente esguinces de tobillo. Asimismo, se relaciona también con discomfort y fatiga (tanto si la deformación es elevada o baja), pudiendo afectar a la funcionalidad deportiva, por ejemplo con un bote inesperado del balón.

La evaluación de la deformación se realiza con el mismo equipo que el utilizado para medir la amortiguación de impactos. Se colocan sensores de desplazamiento sobre el pie de la máquina con el fin de medir el desplazamiento del mismo debido a la fuerza aplicada por el impactador al dejarlo caer. El parámetro de deformación vertical se considera como un indicador de protección y confort; se denomina deformación vertical estándar (StV) y se calcula mediante la siguiente expresión:

$$StV = \frac{1500}{F \max} D \max$$

donde Fmax es el valor del pico de fuerza en Newton y Dmax es la deformación máxima registrada por los sensores de desplazamiento.

1.5.2.1.3. Retorno de energía.

La energía de restitución o energía devuelta por el pavimento puede afectar al rendimiento de los jugadores, ya que un retorno muy bajo implica que el jugador necesita hacer un esfuerzo mayor para la realización de los movimientos debido a que gran parte de la energía que el deportista aporta es absorbida por el pavimento por lo que deberá aportar mayor energía para la realización de sus gestos que en un pavimento con una devolución de energía mayor.

Debe tenerse en cuenta además en el momento en que esta energía es devuelta (Rosa et al., 2008). El retorno de energía debe ocurrir en el momento en que el deportista va a realizar el siguiente gesto deportivo, con el fin de que el esfuerzo que deba realizar sea menor. Un retorno de energía que no ocurra en ese momento no sería óptimo desde el punto de vista del ahorro de energía por parte de los jugadores.

1.5.2.1.4. El agarre o tracción.

El agarre está relacionado con el deslizamiento entre el calzado y el pavimento. El deportista necesita un agarre mínimo para evitar caídas y poder realizar los gestos deportivos y, al mismo tiempo, no debe ser excesivo para evitar bloqueos del pie que podrían desembocar en lesiones.

Durante la práctica deportiva se realizan algunas acciones en las que las exigencias al pavimento son elevadas. Podría decirse que la combinación ideal de superficie y calzado es aquella que permite una tracción adecuada de forma que los deportistas puedan acelerar y decelerar manteniendo el equilibrio, ritmo y coordinación de los movimientos del cuerpo, brazos y piernas. Acciones comunes como un cambio de dirección o de sentido dan lugar a fricción en sentido circular y lineal respectivamente.

Torg, en 1974, hizo un estudio sobre la incidencia de lesiones en jugadores de fútbol americano dependiendo de los tacos de sus botas, y en consecuencia del par torsor alcanzado en sus acciones. Llegó a la conclusión de que pares torsores por debajo de 40 Nm son seguros; entre 40 y 55 Nm, son probablemente seguro, entre 55 y 70 Nm puede ser no seguro y a partir de 70 Nm se trata de un pavimento no seguro frente a lesión.

En la actualidad, los equipos desarrollados para la evaluación de la tracción en campos de césped artificial distinguen en dos tipos de tracción, la lineal y la rotacional. Existen algunos estudios que se han centrado en el análisis de las correlaciones existentes entre estos dos tipos de equipos y el gesto real realizado por los deportistas, sin llegar a establecer una relación del todo significativa. Si bien estos equipos están siendo utilizado ya que permiten una clasificación de la tracción (lineal y rotacional) de los pavimentos de césped artificial atendiendo a la seguridad al deportista.

Diferentes estudios se han centrado en el análisis de lesiones debidas a que el pavimento no ofrece la fuerza horizontal que el jugador espera. Una tracción

aportada por el pavimento menor de la esperada por el deportista, puede provocar que éste resbale reduciendo el control sobre el gesto y con ello un aumento del riesgo de lesión. Por otra parte, si el campo ofrece más tracción de la esperada por el jugador, su pie quedará bloqueado con la consiguiente transmisión de cargas al resto del aparato locomotor, existiendo un aumento del riesgo de lesión, especialmente en los ligamentos de la rodilla (Figura 1.20).



Figura 1.20. Posibles tipos de lesiones de rodilla por una excesiva resistencia a la tracción.

- *Tracción rotacional.*

El ensayo de **tracción rotacional** simula la acción de un deportista cuando realiza un cambio de dirección con un giro. Este ensayo permite conocer el par torsor necesario para hacer deslizar un disco de un peso determinado en contacto con el terreno a través de una superficie con tacos (Figura 1.21). El procedimiento de ensayo para campos de fútbol debe trabajar con un peso de 46 kg que se deja caer desde una altura que puede oscilar entre 5 y 7 cm de forma que los tacos se claven en el suelo. Se hace girar en ese momento la herramienta sin presionar hasta que el suelo cede. El parámetro que se mide es la máxima resistencia a tracción rotacional del terreno.



Figura 1.21. Máquina de ensayo de tracción rotacional.

- Tracción lineal.

Por otro lado, cuando un jugador realiza un cambio de sentido a gran velocidad, la fuerza horizontal realizada sobre el pavimento es muy elevada poniendo en gran compromiso la estabilidad del deportista si el terreno cede.

Este fenómeno se evalúa mediante el ensayo de **tracción lineal**, que se realiza mediante el equipo conocido como “Péndulo TRRL de fricción” habiendo sido modificado según normas promulgadas por la FIFA. El equipo simula una frenada del deportista sin existir rotación del pie. Se ha incorporado un pie con tacos y una escala situada en el lateral del equipo, como se puede apreciar en la Figura 1.22. Se coloca un acelerómetro en el pie del péndulo para registrar la curva del impacto que se produce al dejar caer el péndulo. Además se anota el valor de fricción que marca el puntero en la escala.

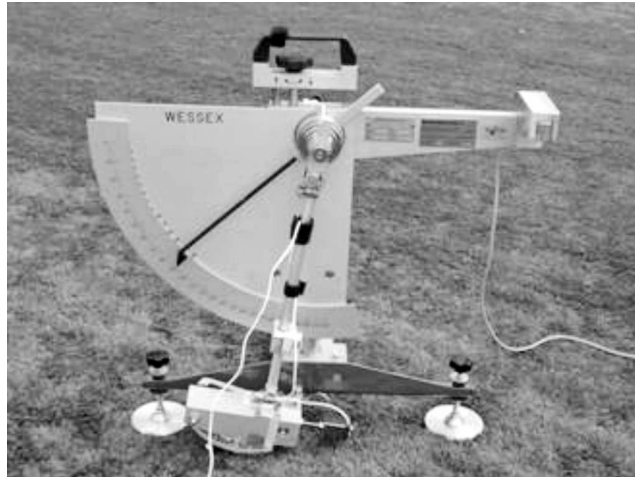


Figura 1.22. Equipo de ensayo de fricción lineal.

Los equipos presentados anteriormente permiten realizar una clasificación del comportamiento de los terrenos de juego, si bien existen pavimentos que siendo evaluados con estos equipos no presentan diferencias entre ellos y sin embargo son percibidos por los jugadores como diferentes.

El motivo se debe encontrar en que los equipos utilizados no reproducen con fiabilidad los gestos realizados por los jugadores, por ello, laboratorios como el Instituto de Biomecánica de Valencia ha desarrollado un equipo de ensayo que permiten aproximar el estudio de la tracción. Consiste en un equipo capaz de reproducir los desplazamientos longitudinales laterales que los deportistas realizan en sus gestos naturales, de forma que habiendo fijado la fuerza vertical de la pisada (relacionada con la profundidad a la que los tacos de la bota quedarán hundidos en el terreno) se produce un desplazamiento horizontal a velocidad controlada, quedando registrada la fuerza horizontal necesaria para producir el desplazamiento (Figura 1.23).

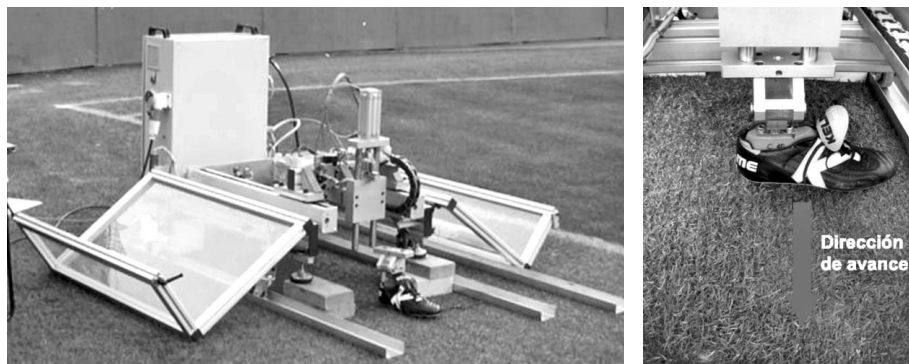


Figura 1.23. Equipo de ensayo de tracción longitudinal desarrollado por el IBV (Rosa et al., 2008).

1.5.2.1.5. Fricción y abrasión de la piel.

Un tema que preocupa actualmente a los usuarios de campos de césped artificial es las lesiones sufridas por abrasión en la piel debido a la fricción que se origina en un deslizamiento del jugador sobre el pavimento (Figura 1.24).



Figura 1.24. Ensayo de abrasión de la piel sobre césped artificial.

Con el fin de evaluar el grado de lesividad de un pavimento deportivo de césped artificial, organismos como la FIFA utiliza dos procedimientos (Rosa et al., 2008). En el primero trata de evaluar el coeficiente de fricción entre el pavimento y una superficie de silicona que simula el comportamiento de la piel; para ello emplea una máquina denominada *Securisport Sports Surface Tester* que describe un movimiento circular de la silicona deslizando sobre el pavimento con una fuerza vertical y una velocidad constantes.

El segundo método empleado por la FIFA consiste en controlar la fuerza necesaria para hacer deslizar una muestra de silicona sobre un cristal (con una

fuerza vertical aplicada) antes y después del ensayo de fricción con la máquina Securisport, con el fin de evaluar el daño que el césped ha provocado sobre la silicona.

Sin embargo, parece claro que el único mecanismo de lesión que se produce durante el deslizamiento del jugador sobre el pavimento no es la abrasión, sino que debido al rozamiento entre la piel y la fibra se produce un aumento de temperatura que puede derivar en una lesión por quemadura. Se puede hablar entonces de dos mecanismos de lesión:

- **la abrasión**, que desemboca en un arrancamiento de capas superficiales de la piel y sobre el cual tiene una gran influencia el coeficiente de fricción estático.
- **la lesión por quemadura** provocada por un aumento de temperatura debido a la fricción y que depende en gran medida del coeficiente de fricción dinámico.

Por otra parte, se sabe que las condiciones de humedad en las que se encuentra la hierba afectan de forma crucial a la lesión por fricción. Es necesario mantener el terreno de juego en estado húmedo y por ello debe ser regado de forma regular, si bien no se conoce en qué medida el terreno de juego modifica sus propiedades frente a la fricción por encontrarse mojado. Por ello el procedimiento también tiene en cuenta las condiciones microclimáticas que existen en torno a la hierba (humedad y temperatura). Las condiciones ambientales y las de la superficie de la muestra son controladas mediante un termohigrómetro y sensores de microclima (temperatura y humedad) respectivamente.

1.5.2.2. Interacción del balón con el pavimento de césped artificial.

Cuando se habla de interacción pavimento-balón, se hace referencia a cómo se comporta el balón cuando entra en contacto con el pavimento. Es importante tener en cuenta que el jugador espera una respuesta del balón y si no es la adecuada puede afectar a la calidad del juego y a posibles lesiones por realización de movimientos por la imprevisibilidad del comportamiento del balón (Rosa et al., 2008).

Los aspectos que se evalúan dentro de la función deportiva son:

- **Rodadura** de balón, este ensayo permite evaluar la distancia a la que llega un balón rodando con una velocidad dada sobre el terreno de juego.
- **Bote vertical** de balón. Este no es un ensayo que refleje una situación real de juego pues el bote raramente es vertical, pero permite evaluar de forma totalmente objetiva el coeficiente de restitución de la interacción del balón con el pavimento que determinará su comportamiento en los diferentes botes que se produzcan.
- **Bote angulado** de balón. El balón es lanzado con cierto ángulo sobre el pavimento y mediante un dispositivo se evalúa la velocidad de entrada y salida del bote.

1.5.2.2.1. Rodadura de balón.

La distancia rodada por el balón o si éste varía mucho su dirección al entrar en contacto con el pavimento, no es un tema que inicialmente parezca que pueda influir en la lesividad de los usuarios, a menos que provoque un gesto descontrolado por parte del jugador. Sin embargo, sí puede afectar a la calidad y espectacularidad del juego. Se deben de tener en cuenta dos parámetros de la rodadura del balón, por un lado tendremos la distancia a la que la pelota llega para una velocidad determinada, y por otro lado se tendrá que comprobar que el comportamiento del terreno de juego es uniforme, de forma que la distancia alcanzada por la pelota no dependa de la dirección de rodadura de la misma (Rosa et al., 2008).

Por ello, los organismos reguladores de los distintos deportes marcan unos métodos de ensayo de los pavimentos de césped artificial y unos rangos entre los que se deben mover los resultados obtenidos por los mismos. A continuación se muestra la metodología empleada en fútbol (Figura 1.25).



Figura 1.25. Ensayo rodadura de balón.

En este ensayo, se deja caer la pelota sobre una rampa (con una inclinación y una longitud indicada por cada organismo regulador) y se mide la distancia recorrida por la pelota desde el momento en que entra en contacto con el pavimento (Figura 1.25.). El ensayo se realizará en las distintas posiciones/zonas dentro de una misma localización del campo y se efectuará en 4 direcciones para cada posición, calculándose la media de la distancia recorrida por la pelota para cada una de las direcciones y luego la media de cada una de las posiciones. El objetivo de esto es comprobar que las pendientes del campo necesarias para la evacuación de aguas no afectan a la distancia de la rodadura del balón.

En la actualidad la FIFA está estudiando la posibilidad de medir la pérdida de velocidad de la pelota mediante la incorporación de barreras de fotocélulas, que permitan obtener un registro de pérdida de velocidad del balón rodando sobre el pavimento (Sliding Test).

1.5.2.2.2. Bote vertical de balón.

El bote vertical tiene una gran influencia sobre la espectacularidad del juego. Por ello, esta propiedad es importante controlarla por dos motivos: para que todos los campos se comporten homogéneamente y para que no resulte peligroso para los usuarios. Además una excesiva o deficiente altura de bote de la pelota provocará una falta de predicción por parte de los jugadores del comportamiento del balón, lo que puede derivar en una falta de vistosidad en el juego (Rosa et al., 2008).

Para evaluar el bote vertical de balón, se deja caer éste desde una altura determinada y mediante micrófonos capta el sonido del primer y segundo impacto del balón con el suelo tras dejarla caer verticalmente desde una altura conocida (Figura 1.26).



Figura 1.26. Ensayo bote vertical de balón.

La diferencia de tiempos entre el primer y el segundo impacto permite conocer la altura alcanzada a partir de la siguiente expresión:

$$H = 1,23 \cdot (t - \Delta t^2) \cdot 100$$

donde H es la altura del bote en cm, t es el tiempo entre el primer y el segundo impacto y Δt es igual a 0,025 s.

1.5.2.2.3. Bote angulado.

Además del bote vertical, con el fin de conocer exactamente el comportamiento del balón al entrar en contacto con el pavimento, es necesario conocer el bote angulado, es decir, cómo responde el balón tras ser lanzado sobre el pavimento con un ángulo y una velocidad determinados. Para ello se utiliza un cañón

(Figura 1.27) que es capaz de lanzar el balón a una velocidad determinada y con un ángulo conocido.



Figura 1.27. Cañón y radar empleado en el bote angulado de balón.

Mediante un radar se mide la velocidad del balón antes y después de contactar con el suelo y el bote angulado se calcula mediante la expresión:

$$Bote\ angulado(\%) = \frac{S_2}{S_1} \cdot 100$$

Siendo S1 la velocidad horizontal de la bola antes de impactar sobre el pavimento y S2 su velocidad tras el impacto.

1.6. APROXIMACIÓN SOBRE LOS TACOS DE LAS BOTAS DE FÚTBOL EN CÉSPED ARTIFICIAL.

A mediados de 1980 la biomecánica llega al calzado del fútbol, principalmente centrándose en aspectos del calzado de carrera como la amortiguación de impactos (Olaso, 2009). El número, tipo y longitud de los tacos son aspectos muy importantes para el rendimiento y la seguridad de los jugadores de fútbol. Por ejemplo, los tacos largos aumentan la longitud y el recorrido del movimiento del calzado en relación con el cuerpo y pueden crear una potencial inestabilidad si se distribuyen uniformemente por toda la suela. Al mismo tiempo, las botas de fútbol de los jugadores de deporte base suelen tener los tacos demasiado largos para su altura corporal, lo que origina un desajuste con un mayor movimiento de brazos (Rocco, 2005).

Además, los parámetros de tracción tienen gran relación con las botas de fútbol que lleve el deportista, según las condiciones del terreno de juego. Cuando el calzado utilizado dispone de tacos y estos quedan clavados en el pavimento se denomina tracción. La tracción debe tener un mínimo, para asegurar que el juga-

dor podrá realizar los gestos y el pavimento resistirá las fuerzas que los tacos ejercerán sobre él sin romper. Si bien no debe ser excesivo para evitar que la bota quede totalmente bloqueada y el jugador se vea sometido a un alto riesgo de lesión. Un ejemplo claro de lesión por excesiva tracción ocurre cuando un jugador clava la bota en la hierba e intenta hacer un cambio de sentido con giro, pero la bota no gira; en ese momento los ligamentos cruzados se ven sometidos a una alta tensión, pudiéndose provocar su rotura.

De los tres tipos de tacos deportivos tradicionales en el fútbol, las botas de tacos de goma y las botas de multitacos son las más utilizadas en césped artificial (con tacos helicoidales y/o piramidales). No obstante, lo recomendable es usar un tipo de botas de tacos en función del tipo y estado de terreno de juego. Las botas de fútbol de tacos de goma pueden ser utilizadas ocasionalmente en césped artificial, si es baja la rigidez de este pavimento. La botas de multitacos (múltiples tacos con una longitud baja) son las que deben ser utilizadas principalmente en superficies de césped artificial, ya que ofrecen una mejor relación entre el agarre



a la superficie y el riesgo de lesión (Figura 1.28).

Figura 1.28. Botas de fútbol multitacos y de tacos de goma.

Cuando el césped artificial de 3ª Generación irrumpió en el mundo del fútbol, el calzado de los deportistas no estaba adaptado a este fin. En principio, era habitual ver como los jugadores utilizaban el mismo tipo de botas para tierra que para césped artificial, y en el peor de los casos, los tacos de aluminio destinados a la hierba natural para la superficie sintética.

Pronto las casas comerciales comenzaron a diseñar calzado válido para ambas superficies. Los primeros diseños fueron los tacos Multiground (Figura 1.29), caracterizados por ser tacos de goma, redondeados, de un tamaño semejante al de los tacos de terreno natural.

Pronto, las marcas comerciales decidieron que era el momento de diseñar una suela específica para el césped artificial. Así surgió la suela Turf, plana y con provista de un gran número de tacos pequeños. Está espe-



Figura 1.29. Suela con tacos Multiground 43.

cialmente indicada para terrenos de juego de generaciones anteriores.

Tradicionalmente los expertos en calzado han recomendado la selección de suelas multitacos para césped artificial, provistas de tacos cortos y redondeados, que ofrecen una zona de descarga del peso corporal muy alta, aumentando la estabilidad y disminuyendo el riesgo de que la bota se quede clavada en la superficie.

Además de la suela Turf (Figura 1.30), algunas marcas comenzaron a diseñar suelas para los diferentes estados en los que se encontraba el césped artificial. Así, para los campos excesivamente duros, se diseñaron las suelas Hard Ground (HG), caracterizadas por tener un taco más ancho y corto que las Multiground.

El hecho de que haya deportistas que únicamente realicen su actividad diaria sobre césped artificial, ha hecho replantearse el sistema de suela y de composición del calzado idóneo para el césped artificial. Las empresas siguen realizando investigaciones para mejorar las prestaciones del calzado en un tipo de superficie que no deja de progresar e innovar. Actualmente ya hay un tipo de taco específico para césped artificial: el taco AG (Artificial Grass).

Tracción, ligereza y comodidad son aspectos que reúne este calzado. Los tacos son de goma, y algo más cortos que los multiground. De hecho, los tacos de la nueva suela AG (Figura 1.31) no son uniformes si no que en función de los puntos de presión del pie en contacto con el césped se adapta la altura del taco para cada uno de los 20 tacos de polietileno que contiene esta nueva suela. Estos tacos vienen perforados, es decir, sólo tienen el contorno tradicional del taco, en su interior son huecos, para dotar de una mayor estabilidad al deportista. Una innovación que está dando sus frutos gracias a la buena aceptación de jugadores y entrenadores.

Además del fútbol, las grandes marcas están desarrollando calzado específico para otros deportes que cada vez más se practican sobre pavimento sintético como el rugby, el hockey o el pádel (Figura 1.32).



Figura 1.30. Suela con tacos Turf.



Figura 1.31. Suela con tacos AG.



Figura 1.32. Diferente calzado para la práctica en césped artificial: (a) Rugby; (b) hockey hierba; (c) pádel.

1.7. ¿CÉSPED ARTIFICIAL VS. HIERBA NATURAL? ESTUDIOS COMPARATIVOS DE LESIONES ENTRE AMBAS SUPERFICIES.

Los estudios comparativos entre ambas superficies han sido vistos desde diferentes puntos de vista, en ocasiones totalmente enfrentados. Por un lado, los defensores de la superficie sintética (fundamentalmente el sector industrial relacionado con el césped artificial) han desarrollado distintos tipos de evaluaciones que magnifican las bondades y beneficios de este pavimento frente a su homólogo natural. Por el lado contrario, el fútbol más conservador y los mantenedores y empresas del sector de la hierba natural, que han visto reducida su cuota de mercado en los últimos años, y que ven en estos estudios una interpretación sesgada en contra de su negocio, maximizando los defectos y olvidando las virtudes de las superficies de hierba natural.

Por último, están los laboratorios e investigadores independientes, así como los gestores deportivos, que han analizado los pros y contras de cada una de las superficies desde un punto de vista totalmente objetivo. Sobre todo los gestores deportivos, cuya gestión debe orientarse hacia el equilibrio entre las diferentes perspectivas del municipio (deporte de alto rendimiento, deporte comunitario, rentabilidad, etc.).

El césped artificial no ha de ser considerado como una amenaza para los campos de hierba natural, sino como una opción alternativa para aquellos clubes u organizaciones deportivas que no consigan mantener un terreno de juego en perfectas condiciones sin renunciar a otras cuestiones sociales, deportivas o económicas.

Sánchez (2007) indica que el césped artificial partía de una base llena de carencias con respecto a la hierba natural, tales como una mayor abrasión, una mayor rigidez y dureza del pavimento, y un mal comportamiento. No obstante, hay que señalar que ha sido la industria del césped artificial la que mayores esfuerzos ha concentrado para conseguir igualar a la hierba natural (o incluso superarla), de aquí que la mayoría de los estudios de investigadores independientes destaquen estos resultados.

1.7.1. Epidemiología de las lesiones deportivas en césped artificial.

Desde la irrupción del césped artificial como superficie deportiva del fútbol, gran parte de su rechazo social ha estado basado en un aumento de las lesiones deportivas con respecto a los demás pavimentos, sobre todo de hierba natural (McNitt et al., 2007; Rocco, 2005). Sin embargo, tras aparecer las nuevas superficies de césped artificial de 3ª generación, con la colocación de materiales elásticos en el sistema de revestimientos, parece que este tópico ha quedado deslegitimado en varios estudios.

Respecto al número de lesiones por partido, los estudios realizados hasta la fecha no han encontrado grandes diferencias entre ambas superficies (Ekstrand

et al., 2006; FIFA, 2007a; Foster, 2007; Lawton, 2005; McNitt y Petrunak, 2008; Meyers y Barnhill, 2004; Naunheim et al., 2004; Pasanen et al., 2008; Steffen et al., 2007; Whitlock, 2008; Gallardo, 2009).

Según distintas organizaciones como la ESTO (2008), o la FIFA (2007f) ha quedado demostrado en distintos estudios que el césped artificial no ofrece un mayor riesgo de lesión que la hierba natural, y que incluso, muchos preparadores y médicos deportivos utilizan el césped artificial para la recuperación de lesionados por ser una superficie bastante estable.

En el estudio de Ford et al. (2006) sobre el contacto del pie humano de 17 jugadores de fútbol en ambas superficies, se concluye que la probabilidad de sufrir lesiones deportivas es menor sobre el césped sintético que en el natural. Además, afirman que durante la práctica deportiva, el comportamiento biomecánico del pie es diferente al entrar en contacto con una superficie natural o una sintética. En este sentido, los niveles de fricción obtenidos concluyen que la superficie de juego afecta significativamente a las medidas de distribución de la presión durante actividades deportivas, detectándose una mayor carga relativa de la región delantera media de la pierna en el césped natural que en el artificial y, por tanto, un potencial riesgo de lesiones mayor.

En el desarrollo del Campeonato Mundial de selecciones Sub-20 de Canadá en 2007, el promedio de lesiones por partido fue de 2,4 lesiones en césped artificial, mientras que en hierba natural fue de 3,3 lesiones por partido, no existiendo diferencias significativas (FIFA 2007f). De igual manera, Foster (2007) analiza las lesiones deportivas en jugadoras de fútbol, encontrando promedios similares entre las dos superficies. No obstante, la autora describe que las lesiones más importantes (más de 21 días sin volver a la práctica deportiva), suponían el doble en las superficies artificiales.

Según Lawton (2005), los estudios UEFA que promovieron la aceptación del césped artificial en las competiciones oficiales, mostraron que el promedio de lesiones musculares y de ligamentos era muy superior en hierba natural (7,6 lesiones por 1.000 horas de juego) que en césped artificial (3,2 lesiones por 1.000 horas). Meyers y Barnhill (2004) estudiaron la incidencia de las lesiones de fútbol en césped artificial y natural durante 5 años, observando tasas similares en el número de lesiones en ambas superficies, sin embargo, sí existían diferencias significativas en el tipo de lesión: había más lesiones de quemaduras en el césped artificial, y mayor incidencia de lesiones de los ligamentos en hierba natural. Los autores no ofrecieron ninguna observación a qué podrían ser debidos estos resultados.

La abrasión es uno de los principales problemas que la propia industria del césped artificial considera todavía no haber superado para equiparse a la hierba natural. Distintos estudios (Ford et al., 2006; McNitt et al., 2007; Whitlock, 2008; Gallardo, 2009) destacan que a diferencia de la hierba natural, la abrasión es una de las causas de abandono de la práctica deportiva en el césped artificial.

En un estudio desarrollado por Andersson et al. (2008) que también comparaba ambos pavimentos, se comprobó que los jugadores realizaban acciones deportivas con deslizamientos de forma mucho más frecuente sobre la superficie

de hierba natural. El principal objetivo para reducir la abrasión de la piel es entender como ocurre este fenómeno y por qué en las superficies de hierba natural no se produce. Actualmente, la investigación sobre la abrasión de la piel no puede ser abordada exclusivamente desde el punto de vista de la biomecánica, necesitando la colaboración de institutos y departamentos de investigación agraria y mecánica de materiales (Rosa, 2009).

No obstante, distintos autores (Ford et al., 2006; Naunheim et al., 2004; Pasanen et al., 2008) estiman conveniente seguir efectuando investigaciones y estudios epidemiológicos para ayudar a determinar los motivos de las lesiones y las diferencias biomecánicas entre el césped artificial y la hierba natural.

1.8. DESARROLLO SOSTENIBLE Y COMPROMISO MEDIOAMBIENTAL DEL CÉSPED ARTIFICIAL.

Desde el punto de vista del deporte, el desarrollo sostenible viene determinado por la capacidad que desarrollen sus estructuras organizativas para no solamente conservarlo sino también mejorarlo (Teruelo, 2005). El césped artificial viene a consolidar esta perspectiva sostenible, desde cuatro ámbitos:

- a) Desde la exigencia social.
- b) Desde la exigencia deportiva.
- c) Desde la exigencia económica.
- d) Desde la exigencia ambiental.

Los tres primeros ámbitos de actuación serán analizados en una comparación entre la superficie sintética y la natural para una organización deportiva. Sin embargo es la exigencia medioambiental la que mejor responde a un planteamiento integral que mejore las condiciones globales de la población, y no sólo las particulares de un municipio.

La hierba natural es una superficie que necesita de un gran consumo de agua, junto con un mantenimiento frecuente e intenso. Por ello, el césped artificial constituye una alternativa segura y eficaz para reducir el consumo de este recurso limitado. Una tendencia que viene respaldada por el criterio de numerosos expertos medioambientales y de estudios contrastados.

El cambio climático es el responsable del progresivo calentamiento de la atmósfera que deriva en un aumento de la sequía en todo el mundo. Por ello, el agua es un bien escaso en el planeta, cuya gestión responsable está en manos de todos, de manera que el empleo del césped artificial se convierte en una baza de primer orden en las políticas de ahorro y uso eficiente del líquido elemento. A este respecto, cabe destacar que una de las ventajas añadidas es que no requiere para su mantenimiento pesticidas o herbicidas.

La importancia del ahorro de agua es un objetivo prioritario para la propia Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación (FAO), cuyos cálculos ponen de relieve que el consumo ha crecido en el último siglo a un ritmo más de dos veces superior al de la población mundial.

La implantación de césped artificial en un campo del fútbol fomenta el uso responsable del agua, pudiendo ahorrar más de un 70 por ciento, es decir, unos 700.000 litros de agua anuales (Notigras, 2007, noviembre). Además hay que tener en cuenta el aprovechamiento que se logra en algunas de las instalaciones más modernas ya que en la base sobre la que se asienta el revestimiento sintético permite recoger el agua y reutilizarla para volver a regar la superficie de juego.

En este sentido, el ahorro considerable de los recursos hídricos y abonos, ha supuesto el apoyo total de la FIFA para la superficie de césped artificial, ya que permite la práctica del fútbol con un comportamiento homogéneo en cualquier parte del mundo y ante cualquier condición climática. El proyecto “*Win in Africa with África*” de la FIFA (2007h), dotado con 30 millones de euros, está basado en la construcción de campos de fútbol de césped artificial en 52 países del continente africano sobre antiguos campos de hierba natural, especialmente en las zonas donde el agua es un recurso vital (Figura 1.33). De esta manera se pretende conseguir campos de fútbol para toda la población y con las condiciones que los países más desarrollados, que promuevan un mejor contexto social, deportivo y saludable.

Siguiendo en el ámbito deportivo, el césped artificial está siendo percibido como un aliado fundamental para hacer más sostenibles los campos de golf. El consumo medio de la hierba natural de estos complejos es superior a los 10.000 metros cúbicos de agua por hectárea al año, lo que hace inviables estas instalaciones en determinados lugares y regiones, teniendo en cuenta además que estos gastos hídricos se restan al consumo tanto agrícola como humano.



Figura 1.33. Campo de fútbol antes y después de la introducción del césped artificial (FIFA, 2007g).

Según Sainctavit (Notigras, 2007, noviembre), técnico del Programa Agua de la prestigiosa Fundación Ecología y Desarrollo, la hierba natural es un gran demandante de agua de parques y jardines, consumiendo de media hasta unos 6 l/m² al día durante los meses de verano. En este sentido, considera que el césped artificial puede ser una solución a las limitaciones del tradicional, tanto para el

uso deportivo como para el paisajístico. Entre las medidas recogidas en las recomendaciones y decálogos de la Estrategia Nacional sobre el Deporte y Sostenibilidad (Green Cross España, 2007), se encuentra la implantación del césped sintético, para uso doméstico, paisajístico y deportivo, de manera que se limite así el consumo de agua y se ahorre energía y presupuesto.

La idílica estampa de una bonita pradera de césped tradicional se trunca muy a menudo en los jardines caseros y en el paisaje urbanístico, ya que este tipo de plantaciones requieren de mucho trabajo y esfuerzo, así como de altas dosis de paciencia. A ello hay que sumar el gasto económico que representa en mantenimiento y agua. Estos motivos han impulsado la utilización del césped artificial que paulatinamente gana terreno al natural en el campo de la ornamentación. Se trata además de una alternativa cómoda y barata, que sorprende por su belleza y semejanza con las variedades naturales.

De igual forma, la Exposición Internacional de Zaragoza del 2008, dedicada al tema monográfico “Agua y desarrollo sostenible”, sugirió la aplicación de este material para completar la ornamentación de los espacios ajardinados (públicos o domésticos) situados en lugares que sufren déficit de agua. El propio recinto de la muestra dispuso de instalaciones con zonas de césped artificial.

Además, el césped artificial de 3ª generación ha supuesto una solución al problema de neumáticos usados. En la Unión Europea, unos 120 millones de neumáticos terminan su vida útil en basureros. Sólo en España, 250.000 toneladas de neumáticos anuales llegan al final de su vida útil, de los cuales antes sólo se reciclaba un 1,5% para su reutilización. Pero el uso del caucho SBR representa un buen ejemplo de reciclado, cada vez más en auge. Superficies que redundan en beneficio de la escasez de recursos naturales, apostando por la transformación y aprovechamiento de materiales que han dejado de cumplir su función original (Barreales, 2007). Según Vercammen (2007) el relleno de un campo de fútbol de caucho SBR supone el reciclaje de aproximadamente 17.000 neumáticos.

Con el fin de realizar una correcta gestión de estos residuos, se aprobó el Plan Nacional de Neumáticos Fuera de Uso (2001-2006) para promover soluciones que aumenten su vida útil, cumpliendo con los objetivos de reciclado de las Directivas Nacionales y Europeas. La Directiva Europea 99/31/CE, establece medidas rigurosas para reducir los efectos negativos en el medio ambiente por el vertido de neumáticos usados, prohibiendo el vertido a partir del tercer año de su entrada. Actualmente se pueden utilizar diversos métodos para la recuperación de neumáticos y la destrucción de sus componentes más dañinos. El granulado de caucho que se obtiene es un material totalmente inerte, por lo tanto no contaminante, y respetuoso con el medio ambiente (Salzmann, 2007; Whitlock, 2008).

Para Rosa (Notígras, 2007, julio) el reto futuro del césped artificial es su reciclaje. Una vez acabado el ciclo de vida del producto, se ha de seguir cómo se retira, cómo se recicla y qué se hace con él. Siguiendo el Programa Nacional de Ciencias y Tecnologías Medioambientales, dentro del Plan de I+D+i 2004-2007, se busca desarrollar un proceso de separación, reciclado y reutilización de las superficies sintéticas. El objetivo es realizar un diseño más sostenible y reciclable del césped sintético.

1.9. CONSOLIDACIÓN DEL CÉSPED ARTIFICIAL EN EL FÚTBOL INTERNACIONAL.

Aunque la introducción del césped artificial en el fútbol sería tarde o temprano una realidad, hasta que no se autorizó su práctica a través de los organismos gestores del deporte, no terminó de prosperar su aceptación para la sociedad deportiva (sobre todo del ámbito profesional).

Fundamentalmente fueron las primeras investigaciones realizadas sobre la calidad técnica y seguridad, las que han permitido sentar las bases que han hecho posible la admisión por parte de las asociaciones y confederaciones internacionales, como RFEF, UEFA y FIFA, en su reglamentación de la posibilidad de usar campos de fútbol de césped artificial en las competiciones oficiales. De manera que se realizará una revisión de la progresión de esta superficie en el panorama internacional y su relación con el fútbol profesional.

La FIFA (2007b) siempre ha sostenido que el césped artificial debería ser una alternativa y no un sustituto de la hierba natural de alta calidad. Sin embargo, dadas las condiciones climáticas del planeta, no siempre es posible conseguir superficies naturales de alta calidad. El desarrollo del fútbol en cualquier lugar del mundo ha sido un objetivo perseguido por la FIFA, aliándose con las superficies de césped artificial para conseguirlo.

1.9.1. Unificación de la certificación FIFA Football Turf.

En los últimos 30 años, los campos de fútbol sintéticos han ido evolucionando hacia la implantación de la 3ª generación de césped artificial, abriéndose la vía para la aceptación por parte de la FIFA y posteriormente UEFA (actualmente los criterios de calidad de ambas organizaciones están unificados) del uso de campos de césped artificial para la competición internacional. Los primeros campos de césped artificial de fútbol, únicamente lastrados con arena, en la década de 1980, fueron prohibidos por las asociaciones nacionales e internacionales, ya que existía una gran diferencia entre estos pavimentos y los naturales. Pero la nueva generación de arena y caucho, con fibras de mayor longitud, propiciaron nuevos estudios de los organismos internacionales que abriesen el camino a estas superficies. En la siguiente Figura 1.34 se muestra una síntesis del recorrido internacional durante los últimos años.

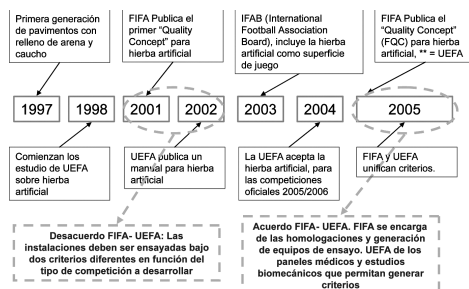


Figura 1.34. Esquema cronológico de la evolución de los acuerdos de FIFA-UEFA.

En el apoyo al proceso de normalización del césped sintético, tanto FIFA como UEFA han reconocido que los criterios de rendimiento en comparación con la hierba natural de alta calidad han sido ampliamente demostrados. De manera que el principal hito es la unificación de criterios internacionales en el año 2005 cuando se introduce el Concepto de Calidad de la FIFA para Césped Artificial (*FIFA Quality Concept for Football Turf*). Esta regulación consiste en un riguroso programa de ensayos/pruebas para evaluar los campos de fútbol de césped artificial, mediante cuya exitosa aplicación, los fabricantes o los titulares de las instalaciones tendrán la oportunidad de suscribir un contrato de licencia, que garanticen la idoneidad del campo.

La regulación FIFA consta de dos sellos de calidad: el sello *FIFA Recommended 1 star* (FIFA 1 estrella), destinado a campos de fútbol de uso comunitario y categoría regional, con una duración de 3 años desde su concesión; y el sello *FIFA Recommended 2 stars* (FIFA 2 estrellas), destinado a las más exigentes competiciones oficiales internacionales, con una duración de 1 año. Esta segunda certificación deberá ser renovada anualmente por aquellos equipos que quieran disputar competiciones internacionales de alto nivel en césped artificial, dejando a criterio de las asociaciones nacionales los criterios a establecer para sus competiciones internas (aunque se aconseja que como mínimo el campo se certifique bajo *FIFA Recommended 1 star*).

1.9.2. Eventos internacionales en césped artificial.

Actualmente, el césped artificial es una superficie cada vez más consolidada en las ligas profesionales europeas de fútbol (como Austria, Finlandia, Suecia, Países Bajos, Rusia, etc.), debido a la posibilidad de disputar partidos con independencia de la climatología, en condiciones idóneas. En la Ligue 1 francesa, el Nancy y el Lorient han optado por este tipo de pavimento para evitar los problemas de nieve en el primeo y de abundantes lluvias en el segundo. En la Serie B italiana, el Novara ha incorporado el césped artificial con una novedad añadida: el relleno de coco en sustitución del tradicional caucho SBR. Así como también destacar campos de césped artificial en los que se han jugado competiciones de Champions League o Europa League de UEFA como el estadio Luzhniki de Moscú o el Red Bull Arena de Salzburgo.

Si bien, la primera gran prueba de un torneo de fútbol internacional sobre césped artificial se produjo en 2003, en el estadio Töölö de Helsinki, una de las cuatro sedes en la que se celebró la Copa del Mundo de Selecciones Sub-17 en Finlandia. Dadas las condiciones climatológicas de Finlandia (inviernos largos y difíciles con temperaturas inferiores a -16° C, y muy poco sol), muchos campos de hierba natural se congelaban y se endurecían haciendo imposible la práctica del fútbol. El campo de césped artificial fue una primera solución y FIFA accedió a convertirse en sede de este campeonato. Se registraron valores similares en cuanto al número de goles por partido, pases acertados o jugadores lesionados, que en los otros tres campos de hierba natural.

El primer torneo oficial internacional de fútbol que se jugó íntegramente en el césped artificial fútbol tuvo lugar en Perú en 2005, también con la Copa del Mundo Sub-17 de Selecciones. Existieron 5 sedes oficiales, de las cuales 4 fueron estadios reconvertidos de hierba natural al césped artificial y el quinto fue un nuevo estadio, también de césped artificial. La decisión de reconvertir estos 4 campos a césped artificial partió del Comité Organizador por temor a suspender algún partido por las precipitaciones (FIFA, 2007a). Dos de los partidos de cuartos de final se disputaron en un campo que había soportado tres días de lluvias torrenciales, por su cercanía con la selva amazónica, pero el drenaje del campo funcionó, no teniendo que suspender ninguno de los partidos y dejando el campo en las mismas condiciones anteriores a la lluvia.

A estos torneos le han seguido otros muchos, como la Copa del Mundo Sub-20 de Selecciones que se disputó en Canadá en 2007, en la que de los 52 partidos disputados, 29 fueron en césped artificial y 23 en hierba natural, partidos de clasificación para la Eurocopa 2008 de Austria/Suiza, partidos de Liga de Campeones, Copa de la UEFA, etc. Y aunque poca gente es consciente de ello, el césped artificial ya ha debutado en una gran cita mundialista. Ha sido en el Mundial de Sudáfrica 2010, donde los estadios Mbombela y Peter Mokabi disponían de un sistema mixto de césped natural y artificial. En total, en estas sedes se disputaron 8 partidos de la fase de clasificación.

Y la transición entre superficies naturales y artificiales no ha sido nada traumática para muchos equipos profesionales a la hora de visitar campos de césped artificial. Equipos profesionales como el Sevilla F.C., el Racing de Santander, el Deportivo de La Coruña o Athletic Club de Bilbao, han pisado con éxito estos campos en sus recientes enfrentamientos en competición europea, cosechando resultados positivos, la mayoría de las ocasiones.

1.9.3. Fútbol profesional vs. Fútbol amateur-comunitario.

El césped artificial ha supuesto un imán de atracción para todas las edades del fútbol amateur, acostumbrado a los campos de tierra y de hierba natural en deficiente conservación. Sin embargo, en España el uso del césped artificial no se encuentra lo suficientemente generalizado entre los clubes profesionales, que tan sólo utilizan este tipo de superficies para los entrenamientos. Se encuentra más unido al fútbol regional, de categorías inferiores en periodo de formación y para el uso comunitario.

Es un aspecto cuanto menos lógico, ya que el rendimiento deportivo se antepone a otras cuestiones de índole social. El campo de fútbol de un equipo profesional puede estar cerrado al público general, en ocasiones a pesar ser de titularidad pública. O ser utilizado con fines extradeportivos (como conciertos multitudinarios) y seguidamente volver a replantar la superficie de hierba natural, con el alto coste que ello supone. Pero, actualmente la mayor parte del fútbol profesional sí se puede permitir este “lujo”.

Varios partidos de la Copa del Rey se han disputado en superficies artificiales, no exentos de una polémica inicial previa, en ocasiones por los medios de comunicación y en otras por los propios equipos como justificación ante una posible eliminación futura. La primera vez que un campo ha disputado toda la competición profesional sobre césped artificial ha sido el estadio municipal de la U.D. Vecindario, en Segunda División, en la temporada 2006/2007. Gracias a la normalización internacional de la FIFA, el club consiguió la homologación de su campo para partidos oficiales tanto de la RFEF como de la Liga de Fútbol Profesional.

Según Párraga y Sánchez (2002) gran parte de la imagen negativa de esta superficie, es debida a la propia idiosincrasia que hay en el fútbol profesional (restrictivo y conservador hacia nuevas propuestas y tecnologías). La FIFA (2009a; 2009b) establece que un campo homologado con FIFA 2 estrellas tiene una calidad idéntica al de un campo de hierba natural con las más altas prestaciones; sin embargo los campos de hierba natural no pasan ningún control previo por lo que cabría la posibilidad que la superficie de hierba natural de los campos profesionales se encontrara en peores condiciones para la disputa de partidos que los campos certificados de césped artificial.

No obstante, con el paso del tiempo, la inmensa mayoría de jugadores que llegan a los primeros equipos profesionales, han disputado y entrenado muchos partidos en césped artificial, por lo que esta superficie ya no es un problema para ellos. Jugadores de la Selección Española como Cesc Fábregas o Xabi Alonso, reconocen sentirse cómodos y no apreciar diferencias en los campos de césped artificial de élite (Notigras, 2008, mayo). La mayoría de canteras de equipos profesionales entrenan exclusivamente en césped artificial, puesto que es considerado por muchos expertos como la superficie ideal para la formación del futbolista (Ardá, 1998; Escudero y Palao, 2005; Stiles et al., 2009). Por tanto, es muy posible que pronto se minimicen las restricciones del fútbol profesional hacia el césped artificial.

1.10. EL AUGE DEL FÚTBOL-7 GRACIAS AL CÉSPED ARTIFICIAL.

El fútbol dada su dilatada historia, ha tenido enormes variantes y modalidades en todo el mundo. Hasta ahora, la variante más conocida es el *fútbol sala* (o *fútbol de salón*), que se juega en pabellones y pistas polideportivas, seguida del *fútbol playa*, que se desarrolla sobre dunas de arena. Además, también comienzan a existir torneos, en cuya promoción participan ex-jugadores profesionales, de una versión reducida del Fútbol Sala, denominada *fútbol indoor*.

No obstante, en todos estos casos, podríamos estar hablando de modalidades razonablemente distintos al fútbol. La especialidad más parecida al fútbol, y cuya popularidad está haciendo cambiar la mentalidad de la gestión deportiva municipal gracias en gran parte al césped artificial en España es el Fútbol-7. En el contexto deportivo municipal de hoy, nadie es ajeno al auge del Fútbol-7 como modalidad dentro de los servicios deportivos ofrecidos en la localidad. Y buena

parte de su éxito la tienen los campos de fútbol de césped artificial. La mayor parte de los campos de fútbol de césped artificial (en Castilla-La Mancha, en el año 2009, aproximadamente el 85%) poseen marcajes de Fútbol-7, además de los equipamientos deportivos necesarios (porterías, redes, etc.) para su práctica.

El Fútbol-7 es exactamente igual que el fútbol tradicional (Fútbol-11), salvo que se reducen ciertos aspectos en el reglamento, que mejoran la eficacia en este deporte: los jugadores por equipo se reducen de 11 a 7 (un portero y seis jugadores de campo) y sobre todo, las dimensiones del terreno de juego se reducen a 50-65 m. de largo (aproximadamente el ancho de un campo de Fútbol-11) por 30-55 m. de ancho (aproximadamente la mitad del largo del campo del Fútbol-11), lo que viene a significar que en un terreno de juego de Fútbol-11 se comparten dos campos de Fútbol-7 (Figura 1.35).



Figura 1.35. Campo de Fútbol-11 integrando dos campos de Fútbol-7.

En una investigación realizada por Burillo (2009) muestra un aumento en la práctica deportiva del fútbol, de manera ocasional, por un gran número de deportistas que participan en ligas locales de aficionados y veteranos, concretamente de Fútbol-7, con respecto a la participación que existía antes de la construcción de los campos de césped artificial. Este segmento de población, en los que se suelen situar personas mayores de 30 años, constituye un conjunto de población atraído por el aumento de las posibilidades de uso de los campos de fútbol de césped artificial.

Tal y como lo plantea Alcaide (2006), esta modalidad está pensada para aquellos que prefieren el “Fútbol” en su versión tradicional, sin tener que hacer frente a un despliegue físico tan importante, (Ardá, 1998), por lo que es el deporte elegido por muchos futbolistas una vez acabada su carrera deportiva dentro del Fútbol-11, así como por aficionados al fútbol para sus partidos entre amigos, así como por su alta conveniencia para la enseñanza deportiva.

No obstante, puede que el impulso que ha generado el césped artificial hacia esta modalidad del Fútbol, sea más bien por una cuestión indirecta y no planificada, que por decisión de los responsables deportivos cuando se comenzaron a construir estos terrenos de juego. Es decir, en un principio, el Fútbol-7 no constituía una práctica muy demandada dentro de la gestión deportiva en la mayoría de los municipios (Correal, 2008). Sin embargo, construir un campo de fútbol de

césped artificial, implica una serie de decisiones previas importantes, como el uso posterior que se le va a dar a la instalación. A diferencia de los campos de fútbol de tierra o hierba natural, en los terrenos de césped artificial no se puede cambiar constantemente las líneas de marcación del campo (ya que éstas suelen ir encajadas como parte de la alfombra de césped), lo cual constituye una de las primeras medidas que tiene que tomar el gestor a la hora de planificar el uso deportivo.

Igualmente, en un primer momento, cuando se empezaron a proliferar los campos de césped artificial de 3ª generación, el uso combinado de líneas de Fútbol-7 y Fútbol-11 no estaba permitido en ningún tipo de competiciones federadas, lo que provocó que muchos gestores, en su afán de preservar este tipo de competición, no considerasen la opción de incluir líneas de Fútbol-7. A pesar de esta restricción, otros pocos gestores, más convencidos de una política deportiva que agrupase al mayor número posible de usuarios en la localidad, decidieron incluir estas marcaciones, junto con los equipamientos deportivos de Fútbol-7. Esto obligó a las federaciones deportivas a establecer una moratoria y nueva reglamentación en cuanto al uso de líneas de Fútbol-7, en función del tipo de competición a disputar. Dado que esta medida supuso un importante éxito en el contexto deportivo local, con el tiempo, se produjo el efecto mimético inevitable entre poblaciones, aumentando considerablemente la oferta deportiva de muchos municipios. De forma que, en la actualidad, ya no existe debate entorno a la combinación de líneas de Fútbol-7 y Fútbol-11 en los campos de césped artificial (Ortego, 2008), lo que ha supuesto el avance anteriormente comentado.

Sin embargo, en muchos campos de césped artificial se realiza duplicidad de marcajes, desde nuestro punto de vista innecesarios, como son los marcajes de la banda de Fútbol-7 que pasa cerca de la portería o la línea central que divide los dos campos de Fútbol-7. Para evitar estas confusiones, los gestores deportivos deben seleccionar muy bien los marcajes del campo, de manera que incluyan sólo las líneas necesarias, y se eviten confusiones así como posibles reparaciones de mantenimiento. Franco (2008) advierte que la disminución del número de puntos de pegado y de juntas es uno de los factores más importantes para la conservación del campo.

Según los resultados de la investigación de Burillo (2009), las líneas de Fútbol-7 han ayudado en alguna ocasión al 35% de los usuarios participantes. Principalmente las líneas ayudan a la hora de realizar ejercicios de entrenamiento, acciones en campos reducidos o controlar el fuera de juego. Hay que tener en cuenta, que en los entrenamientos, los equipos suelen dividir el campo en distintas zonas del campo (utilizando preferentemente una mitad) en las que realizan multitud de ejercicios en situaciones reducidas. De forma que las líneas de Fútbol-7 realizan una doble función: como marcajes para partidos de Fútbol-7, y como delimitación de zonas de ejercicios en los entrenamientos. Por esto, el 80% de los entrenadores afirma que las líneas de Fútbol-7 les han sido de utilidad para su actividad deportiva.

Por tanto, el Fútbol-7 ha supuesto un gran incremento de la práctica deportiva de la población. Todavía más aún desde que las federaciones autonómicas de fútbol autorizaran “de facto” el desarrollo de competiciones oficiales en terrenos

de juego donde coexistan líneas y marcajes de Fútbol-11 y Fútbol-7 (también en la RFEF, solamente para el ámbito semiprofesional y juveniles, no para las categorías profesional), siempre y cuando los marcajes de Fútbol-7 se realicen en un color distinto al blanco para que no confundan al deportista.

Estas acciones han permitido no sólo el avance del Fútbol-7 (hasta convertirse en una de las modalidades más solicitadas en los municipios) sino que ha favorecido enormemente a la implantación de los campos de fútbol de césped artificial. Esta superficie es ideal para el desarrollo de ambas modalidades deportivas, Fútbol-7 y Fútbol-11, ya que en la mayoría de los campos de césped artificial existen marcajes que se realizan desde su construcción, y no teniendo que realizar tareas de mantenimiento referidas a marcaciones con cal o pintura continuamente. Tan sólo habría que procurar que las juntas de las líneas queden acopladas correctamente al césped artificial y realizar un seguimiento por si se abriesen.

La mayoría de los campos de fútbol de césped artificial suelen presentar líneas de Fútbol-7 en diferentes colores que contrastan con el blanco de las de Fútbol-11. Normalmente son de color amarillo, aunque existen también campos con líneas de color azul y rojo. El 37% de los usuarios deportivos expresan su indiferencia entorno al color de las líneas de Fútbol-7, según Burillo (2009). De manera que se ha obtenido como consenso general que el color preferido para estas líneas es el amarillo, con una frecuencia relativa de un 25% para cada grupo de encuestados. Además, alrededor de 1 de cada 4 usuarios deportivos, no prefieren la existencia de estas líneas de Fútbol-7.

Bajo nuestro punto de vista, las líneas de Fútbol-7 deberían de ser de un color que ofreciera sin ninguna duda un contraste con el color verde del terreno y con el color blanco del resto de marcajes. Posiblemente, el color amarillo sea el más indicado para esta función, ya que además permite una mejor visión del terreno de juego para los espectadores, y su contraste es mayor en horas nocturnas que el resto de colores.

Pero lo que más controversia causa es la distribución de las líneas de Fútbol-7. Es obvio que las marcaciones de Fútbol-7 son necesarias para desarrollar partidos o competiciones de esta modalidad. Sin embargo, no existen competiciones oficiales federadas, excepto las organizadas para los Juegos Paralímpicos, ya que las federaciones todavía no han tomado ninguna postura de reglamentación con respecto al Fútbol-7, como sí lo han hecho con las modalidades de Fútbol Sala o Fútbol Playa. Alcaide (2006) destaca que existe una gran proliferación de competiciones menores, en muchas ocasiones privadas, siendo la más popular de todas ellas el Torneo Internacional Alevín de Fútbol-7, que se celebra desde 1992.

La falta de reglamentación oficial es, a nuestro entender, una ventaja que deben aprovechar los gestores deportivos para decidir la combinación de líneas de Fútbol-11 y Fútbol-7 más adecuada (que sea útil para el desarrollo de ambas modalidades, que cause menos confusión a los usuarios deportivos, y que implique el menor número de cortes en la alfombra de césped artificial).

No obstante, algunos gestores deportivos, han tomado decisiones controvertidas desde nuestro punto de vista, en la propuesta de combinación de campos de

Fútbol-11 y Fútbol-7, como se observa en la Figura 1.36. Esta distribución, sin hacer coincidir con las líneas de Fútbol-11 (ni siquiera las líneas de banda, con las líneas de meta de Fútbol-7), es muy poco recomendable, ya que posiblemente genere graves problemas de confusión entre los usuarios, además de, como indica (Franco, 2008), cuanto mayor número de líneas se demarquen, mayor número de cortes y de uniones se deberán de hacer y más puntos débiles tendrá el campo.

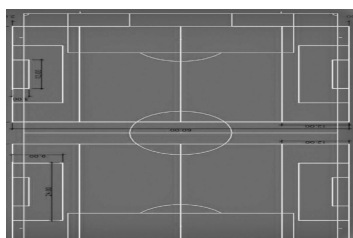


Figura 1.36. Antigua propuesta de marcajes de Fútbol-11 y Fútbol-7 de un campo de fútbol.

Tras la revisión teórica y los estudios empíricos analizados, como contribución de este libro, se desarrolla la siguiente propuesta de combinación de marcajes de Fútbol-11 y Fútbol-7 en un mismo campo de césped artificial, que se muestra en la Figura 1.37. Se trata de hacer coincidir las líneas de Fútbol-7 con las de Fútbol-11 en la mayoría de puntos posibles, como por ejemplo en las bandas y en el centro del campo (donde los dos campos de Fútbol-7 se encuentran separados por la línea central de Fútbol-11). Esto es posible gracias a que, a pesar de que existen unas medidas recomendadas para estos campos, la falta de regulación para competiciones federativas posibilita la adaptación de los terrenos de juego a la realidad de cada uno de ellos. Por ejemplo, aunque la línea de fuera de juego debería estar a 12,5 m. de la línea de meta, ésta se puede situar para que coincida con la línea del área de penalti de Fútbol-11 (situada entre 10 y 14 m. de la línea de banda según el campo), aprovechando estos marcajes. Además, se han eliminado todas las líneas innecesarias del Fútbol-7 (como la línea central), de forma que se realicen las menos roturas posibles en el terreno. Bajo nuestro punto de vista, esta combinación es altamente adecuada tanto de competiciones de Fútbol-11 como de Fútbol-7.

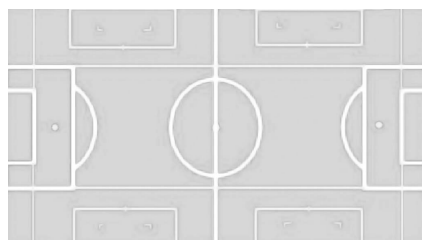


Figura 1.37. Propuesta de marcajes de un campo de fútbol de césped artificial (Fútbol-11 y Fútbol-7).

Así, el Fútbol-7 es de una de las especialidades más atractivas y practicadas dentro del fútbol en toda España. Su práctica está muy ligada a los campos de fútbol de césped artificial, desarrollándose buena parte de las competiciones deportivas de deporte base, ligas locales de aficionados e incluso los entrenamientos de los equipos de Fútbol-11. Probablemente el Fútbol-7 es la actividad deportiva principal que se lleva a cabo en las superficies artificiales de fútbol.

1.11. EL CÉSPED ARTIFICIAL EN OTRAS MODALIDADES DEPORTIVAS.

El mundo del césped sintético, sigue dando pasos de gigante como demostración de que es un sector con un futuro muy amplio en el mundo del deporte y fuera de él. Son muchas las disciplinas deportivas sobre las que se puede emplear y muchas sus ventajas técnicas y ecológicas que le otorgan un valor añadido que le permiten ser una superficie de garantías de cara al futuro (Barreales, 2007). No obstante, ha sido su uso en el fútbol lo que realmente ha incrementado su popularidad. Siguiendo en la misma línea, la ESTO (2008) afirma que en un futuro previsible, el fútbol se juegue casi exclusivamente en césped artificial.

En algunas modalidades, como el hockey sobre hierba, no se contempla otra superficie mejor que no sea el césped sintético. Se denominan “campos de agua” (Figura 1.38), puesto que el campo debe estar siempre encharcado. No incorporan ningún tipo de relleno y se construyen con capa elástica.



Figura 1.38. Disputa de un partido de hockey sobre un “campo de agua” de césped artificial.

Correal (2008) destaca que tras el fútbol, el pádel es el deporte que más instalaciones deportivas tiene de césped artificial en España. Las pistas de pádel son una de las grandes inversiones que puede realizar una entidad deportiva, ya que requiere de una baja inversión en su construcción y suelen aportar beneficios económicos cuantiosos. Además, el césped artificial en esta superficie le crea un valor añadido para los usuarios, con respecto a otras pistas de hormigón poroso u otros sintéticos. Por otro lado, en el tenis empiezan a aparecer las primeras instalaciones de césped artificial, aunque su volumen aún es reducido.

Las fibras de césped son más cortas, y su relleno suele ser únicamente con arena y sin carga de caucho. Para tenis y pádel (Figura 1.39) se utilizan moquetas con altura de fibra de 15-20 mm. de polipropileno (menor desgaste al roce con la arena). La carga de arena suele estar alrededor de 22-25 Kg/m².



Figura 1.39. Pista de pádel cubierta de césped artificial (izquierda). Pista de tenis de césped artificial (derecha).

No obstante, como cuna de este pavimento, el césped artificial está presente de forma mayoritaria en los campos de fútbol americano de Estados Unidos (Figura 1.40). La buena visibilidad de los marcajes de césped artificial han mejorado las condiciones de este deporte sobre todo para los espectadores, que pueden percibir mejor las yardas conseguidas por los deportistas. De igual modo, el rugby también ha aceptado esta superficie. Normalmente para estos dos deportes, el sistema de césped artificial suele ser relleno solamente de caucho (es decir, no conllevan relleno de arena, como en el fútbol), o también pueden contener con un pequeño aporte de arena (unos 18-20 Kg/m²) y carga de caucho (entre 22-25 Kg/m²), puesto que se pretende mejorar la rigidez del pavimento, teniendo en cuenta que la pelota no suele interactuar excesivamente con la superficie y se han de mejorar las propiedades biomecánicas. En el caso de pavimentos de césped artificial para rugby o fútbol americano suelen ser moquetas con altura de fibra de 65-75 mm.



Figura 1.40. Campo de fútbol americano de césped artificial.

Donde el césped artificial más recorrido va a tener, junto con el fútbol, es en el golf, el cuarto deporte en número de licencias deportivas de España, según el Consejo Superior de Deportes (www.csd.gob.es). Por cuestiones medio ambientales, y también deportivas, en muchos campos de golf, se está recurriendo a la instalación de césped artificial, en distintas partes del campo, sobre todo en las más conflictivas (Tee de prácticas, área del Green, etc.), con fibras de nylon y polipropileno con relleno de arena de sílice. Para las zonas del Tee y de la calle

(fairway) altura suele estar comprendida entre los 20-40 mm. Para el Green, la altura de la fibra es de 10-15 mm. Asimismo, en el corazón de Madrid se encuentra el campo de golf del Canal de Isabel II, uno de los primeros campos de golf de 9 hoyos completamente de césped artificial de Europa (Figura 1.41a).



Figura 1.41a. Campo de golf íntegramente de césped artificial del Canal de Isabel II, Madrid (izquierda). **Figura 1.41b.** Pista de esquí de césped artificial en Francia (derecha).

Por otro lado, el césped artificial también se está utilizando en distintos deportes donde no son los pavimentos de hierba natural los que se quieren sustituir. Este es el caso del esquí (Figura 1.41b). Con este pavimento se pretende hacer una mayor difusión de este deporte, como complemento a las pistas de nieve natural en las zonas donde antes comienza a derretirse, o en otros parajes donde no se forma nieve (Styring, 2007).

Finalmente, uno de los principales retos de este tipo de superficies es responder a las necesidades de los gestores deportivos. La mayoría de las instituciones públicas o privadas encuentran dificultades a la hora de seleccionar un campo de césped artificial, dada la necesidad de utilizarlo para diferentes deportes (multi-deporte), o con usuarios de diferentes grupos de edad y calidad técnica (multiusuario), e incluso en algunas ocasiones, para eventos no deportivos como conciertos (multiuso). Este es el caso del proyecto de I+D+i europeo *Multiturf* (Figura 1.42), en el que participan distintos fabricantes y laboratorios de prestigio internacional, tratando de obtener una superficie artificial adecuada a la diversidad de usuarios, disciplinas deportivas y finalidades (Sanchís et al., 2008).



Figura 1.42. Pistas de césped artificial de Multiturf, destinadas a la práctica de varios deportes.

BLOQUE II

EL CICLO DE VIDA DE UN CAMPO DE CÉSPED ARTIFICIAL

BLOQUE II: EL CICLO DE VIDA DE UN CAMPO DE CÉSPED ARTIFICIAL

2.1. ¿QUÉ TIPO DE CAMPO DEBO ELEGIR? LA ELECCIÓN DE LA SUPERFICIE DEPORTIVA.

La gestión de una instalación deportiva, a grandes rasgos, está asociada por definición a la obtención de una óptima rentabilidad. Ésta se basa en el cumplimiento de un perfecto ajuste y equilibrio entre los objetivos perseguidos, los recursos disponibles y los resultados alcanzados. Ya hemos analizado la exigencia medioambiental, por lo que es también necesario centrarse en las tres restantes perspectivas, las más perseguidas por los gestores deportivos según Dumlop (2001):

- a) La social o educativa, asociada al mayor número de personas que se benefician de las instalaciones deportivas.
- b) La deportiva o técnica, entendida por ajustarse y responder a las necesidades deportivas para las que fueron diseñadas y para las que son demandadas. Es decir, el nivel de calidad que se requiere de la instalación, en función de la práctica que se haga en ella. En este apartado se ha contemplar la necesidad de un permiso u homologación federativa para algunas modalidades deportivas.
- c) La económica, rentabilizando la instalación, desde una premisa de beneficios financieros, o reduciendo los gastos que genera, si el objetivo social o educativo se antepone a éste. En este caso particular está orientado fundamentalmente al mayor número de usos posible y a longevidad del pavimento en plenas garantías, para una mejor amortización y rendimiento.

Generalmente las organizaciones deportivas pretenden conseguir los niveles más elevados posibles de estos tres apartados. Interesa los más altos niveles de utilización (cantidad de uso), una buena calidad de uso deportivo (calidad de juego) y una óptima rentabilidad económica (alargar la vida del campo con el menor coste posible).

En el caso del césped artificial, el terreno de juego está en perfectas condiciones para su uso, en cualquier época del año. De ahí que sus mayores precursores hayan sido países como Estados Unidos o del Norte de Europa (Finlandia, Suecia, Noruega, Holanda, Dinamarca, etc.). Actualmente se está incrementando su presencia en zonas de calor extremo del continente africano y americano. El seleccionador finlandés Jyrki Heliskoski afirmó que debido a las temperaturas invernales, con el césped artificial se podría ampliar la temporada en 2 ó 3 meses más, lo que supone un valor inestimable para el fútbol finés (FIFA, 2007d).

En los primeros estudios sobre explotación de los campos de césped artificial, Correal (2001) establecía una serie de ventajas e inconvenientes más destacados del césped artificial respecto a la hierba natural, que por su experiencia como gestor de los servicios deportivos de Benalmádena había encontrado (Tabla 2.1).

Tabla 2.1. Ventajas e Inconvenientes del césped artificial respecto al natural (Correal, 2001).

VENTAJAS	INCONVENIENTES
- Mayor aprovechamiento horario. - Mayor rentabilidad social. - Mayores ingresos por alquiler. - Menos costes de mantenimiento. - Calidad garantizada: siempre la misma. - No afecta a las condiciones climáticas.	- Requiere una mayor inversión. - No autorizado para la alta competición. - Es más abrasivo. - Tiene una vida útil determinada.

Si bien, el inconveniente “No autorizado para la alta competición”, ha sido descartado tras la aprobación en 2004 por UEFA y 2005 por FIFA de esta superficie como apta para la práctica del deporte de élite. Del mismo modo, distintos estudios (Chivers, 2008; Claudio, 2008; FIFA, 2007f) expresan también estas mismas ventajas, excepto la calidad garantizada, puesto que los pavimentos de césped artificial pierden sus propiedades con el tiempo. Por tanto, la FIFA (2007c) establece que las homologaciones han de renovarse cada 1 ó 3 años, dada la alta variabilidad que se puede dar en estos campos, dependiendo del mantenimiento y el uso que se haga de los mismos.

Respecto a las anteriores ventajas, Correal (2008) cuantificó estos indicadores en sus instalaciones deportivas. Respecto al uso obtuvo un mayor aprovechamiento del 374%. Algunos autores (Claudio, 2008; Sánchez, 2007) aumentan este aprovechamiento hasta un 700%, ya que una instalación de césped natural soporta un máximo de 6-8 horas semanales de uso, mientras que el césped artificial puede utilizarse siempre que se encuentre abierta la instalación.

Asimismo el aprovechamiento del horario es sinónimo de una mayor rentabilidad social. El aumento de horas de uso también provoca una mayor actividad social de la comunidad, sobre todo a nivel local, pudiéndose realizar más competiciones (ligas de verano, de invierno, ligas de veteranos, partidos amistosos, etc.), los cuales antes se encontraban extremadamente limitados (FIFA 2007g, 2007i; Haydu et al., 2008; North Vancouver Recreation Commission, 2005).

Referente a la rentabilidad social, Correal (2008) también expone que fue superior en el césped artificial en un 374%, ya que establece el mismo número de usuarios en los usos de cada una de las instalaciones. No obstante, Gallardo et al. (2007) expresan que la rentabilidad social es mayor, puesto que mientras en los campos de hierba natural no suelen ser utilizados para Fútbol-7 (tan sólo para Fútbol-11), el uso del césped artificial suele representar dos campos de Fútbol-7, con lo que el número de usuarios por hora aumentan de los 20-25 aproximadamente del Fútbol-11, a los 40 usuarios aproximadamente de los dos campos de Fútbol-7.

Del mismo modo, Correal (2008) manifiesta unos ingresos por alquileres (excluyendo las competiciones locales internas) mayores en el césped artificial de un 164%. El estudio destaca que a pesar de que ambos campos (hierba natural y césped artificial) podían ser alquilados y que los ingresos por el alquiler de 1 hora del campo de hierba natural suponían los ingresos de 5 horas del césped artificial

(es decir, que a pesar de que el precio en césped artificial era 5 veces menos), se superaron en más del 164% los ingresos del campo de hierba natural.

Otros clubes como el BSC Young Boys suizo, el HJK finés o el Woodley inglés (FIFA 2007b, 2007e, 2007i) también encontraron similares rendimientos económicos, no sólo en el aspecto deportivo de la instalación, sino también alquilándola para otros usos y eventos extradeportivos.

Correal (2008) analiza las ventajas del césped artificial desde la óptica del espectador y del jugador. Para los espectadores de eventos deportivos, la visibilidad de las líneas es mayor, permite aplicar fibras de diferentes colores (incluso logotipos), el juego es más atractivo de ver y no se suspenden partidos por el estado del campo. Finalmente, para los jugadores el rendimiento técnico-deportivo es muy similar al de los mejores campos de hierba natural, con una superficie de juego uniforme y buena interacción balón/superficie y jugador/superficie.

En cuanto a los costes de mantenimiento, son muchas las investigaciones que se posicionan a favor del césped artificial (Claudio, 2008; FIFA, 2007c; Sánchez, 2007; Whitlock, 2008). El mantenimiento de césped artificial es mucho más económico, ya que requiere muy poco tiempo y menos acciones que la hierba natural. Correal (2008) estima que el mantenimiento de un campo de césped artificial tiene un coste inferior en un 544% que su homólogo natural, a pesar de tener un uso superior de un 374%. Un estudio previo de Párraga y Sánchez (2002) apreciaron un ahorro anual de 583%, mientras que Sánchez (2007) valora que la diferencia absoluta es superior a los 19.000 € anuales.

Gallardo et al. (2007), realizaron un estudio comparativo entre ambas superficies sobre los costes de construcción y el mantenimiento, y expresaron que (dados la alta diferencia en los costes de mantenimiento) la inversión inicial del césped artificial se habría amortizado respecto al campo de hierba natural en tan sólo 6 años (Tabla 2.2.). Por otro lado también prestaron especial atención al número de horas de explotación de ambos campos y el coste por hora para hacer frente a la inversión total.

Tabla 2.2. Estudio comparado de costes entre un campo de fútbol de hierba natural y uno césped artificial (Gallardo et al., 2007).

ESTUDIO COMPARATIVO A 6 AÑOS		
	HIERBA NATURAL	CÉSPED ARTIFICIAL
Coste de Construcción	279.500,00	465.800,00
Coste de Mantenimiento	216.400,00	7.300,00
Coste Total	495.900,00	473.100,00
Horas de Utilización	3.312	13.800
Coste por hora	149,72	34,28

En esta línea, el estudio comparativo de uso y explotación de Sánchez (2007) determina que en la estimación de un ciclo de vida completo del campo de césped artificial, de unos 10 años, frente al mismo periodo de un campo natural, la instalación habrá permitido en términos absolutos unas 9.125 horas más de uso

(alrededor de 900 días más de uso), 219.000 servicios más, una reducción de costes de explotación de 188.070 € y un aumento de los ingresos por alquiler de 307.020 €. Por lo que el balance económico final es de 495.090 € a favor del césped artificial respecto del natural.

No obstante, y a pesar de la contundencia de los resultados anteriores, Correal (2008) argumenta que la elección de la superficie a instalar deberá estar en base a una sucesión de preguntas que el responsable deportivo debe responderse y que marcarán claramente la finalidad de su gestión:

- *Orientación Deportiva:*

- ¿Qué deportes se van a practicar?
- ¿Qué exige la federación deportiva para su uso?

- *Orientación Social:*

- ¿Quién va a utilizar el campo?
- ¿Qué aprovechamiento se quiere hacer del campo?

- *Orientación Económica:*

- ¿Qué dinero hay para la inversión?
- ¿Qué rentabilidad económica se pretende?

De manera que para una adecuada elección del campo de juego natural o artificial, podrían seguirse las premisas que se establecen en la siguiente Tabla 2.3.

Tabla 2.3. Premisas para la elección de un campo de fútbol natural o artificial.

ELECCIÓN DE UN TERRENO DE JUEGO PARA FÚTBOL	
ELECCIÓN DE HIERBA NATURAL	ELECCIÓN DE CÉSPED ARTIFICIAL
No se disponga de una gran inversión inicial	Se disponga de posibilidades de una inversión inicial alta
El equipo de fútbol local milite en 1ª ó 2ª	El equipo de fútbol local no milite en 1ª ó 2ª
Se quiera destinar en exclusividad a un solo equipo de fútbol	El campo lo tenga que utilizar más de un equipo para competir
Sólo interese la rentabilidad deportiva	Se quiera orientar hacia el deporte base
Se disponga de uno o más campos para uso intensivo	Se cuente ya con un campo de hierba natural
Se pueda permitir un nivel de uso reducido (6-10 horas semanales)	Se quiera destinar para el uso del mayor número de personas
Se disponga de recursos económicos para el mantenimiento	Se quieran minimizar los recursos destinados al mantenimiento
Se cuente con personal especializado en césped natural	No se cuente con personal especializado en hierba natural
No existan problemas para el suministro de agua	Existan restricciones de recursos hídricos
Las condiciones climáticas no sean extremas	Las condiciones climáticas sean de excesivo frío, lluvia o calor
No importe anular los usos por lluvia o enfermedades del campo	Se quiera garantizar el uso del campo sin depender clima
El campo este integrado en una pista de atletismo destinada a la competición (lanzamientos)	Haya que compatibilizar otros deportes
El campo pueda cerrarse en determinados periodos anuales	Se desee destinar también para el alquiler
	Se quiera un balance económico positivo

2.2. ¿CÓMO DEBO REALIZAR EL PLIEGO DE UN CAMPO DE CÉSPED ARTIFICIAL? LA CONSTRUCCIÓN DEL CAMPO DE CÉSPED ARTIFICIAL.

El pliego de prescripciones técnicas o PPT, es el documento básico del contrato para los gestores del deporte. En primer lugar, porque determina las características técnicas de la prestación contratada (obra, suministro, gestión y servicios), por lo que debe tener una descripción precisa e inteligible. Y en segundo lugar, porque seguramente, lo debemos redactar nosotros como gestores, o participar en el proceso de elaboración junto con otros cargos municipales como el arquitecto. Consideramos este documento un ejemplo del valor y la profesionalidad del Gestor Deportivo. Cuando hemos tenido la oportunidad de examinar documentación de algunos contratos, observamos que la definición del pliego de prescripciones técnicas es más correcta cuanto mayor es la capacidad y la dedicación del gestor.

Uno de los grandes problemas en el diseño y construcción de los campos de fútbol de césped artificial ha sido la falta en el equipo técnico del gestor deportivo, sobre todo, en la elaboración del proyecto (Gallardo et al., 2009). Aunque la memoria es parte del proyecto y su elaboración está reservado a determinados profesionales que habitualmente no somos nosotros (aunque alguno se empeñe en manifestarlo así), porque el art. 10 de la Ley 38/1999, de Ordenación de la Edificación, establece que el proyectista debe tener la “...*titulación académica y profesional habilitante de arquitecto, arquitecto técnico, ingeniero o ingeniero técnico, según corresponda,...*”. Ello no impide que participemos más o menos activamente en la definición de estas soluciones ya que nuestras necesidades deben venir precisadas en el precitado “*Informe de necesidad e idoneidad*” que hemos citado anteriormente.

Existen contratos cuyos pliegos de prescripciones técnicas siguen siendo inalterables tras el paso de los años y de diferentes licitaciones desarrolladas. Por ello nos preguntamos: ¿Es que no es posible introducir alguna mejora en el pliego de prescripciones técnicas por la observación de cómo se ha desarrollado la prestación del contrato? En muchos el pliego se desarrolla cortando y pegando extractos de otros pliegos. Si que es verdad que no se puede modificar el esqueleto del documento, pero sí ejemplificar en el mismo el espíritu de mejora continua. En alguno de los casos de cortar y pegar, hemos visto cómo se mantiene el nombre del ayuntamiento de origen, alguna falta de ortografía repetida en diferentes modelos de PPT, o cómo se pueden identificar características de un bien determinado en el PPT de suministro de otro diferente (que ha copiado al primero, hasta en lo imposible de copiar). Por esta razón, es fundamental que el gestor deportivo conozca y domine los cuatro momentos trascendentes de su participación en el expediente de contratación (Figura 2.1).

El primero de ellos es la elaboración del **informe de necesidad e idoneidad**, es decir, del “...*informe razonado del servicio que promueva la contratación, exponiendo la necesidad, característica e importe calculado de las prestaciones objeto del contrato*”. El segundo, el de la **elaboración del PPT**. El tercero, la **valoración**

de las ofertas desde un punto de vista técnico. Por último, el del **control de las prestaciones** realizadas por el contratista.



Figura 2.1. Protocolo para el desarrollo de los pliegos de prescripciones técnicas.

Además, el PPT debe permitir el acceso a los licitadores en condiciones de igualdad, es decir, no deben predeterminar el resultado de la negociación con varios proveedores, eliminando la competencia por mención a marcas determinadas (Gallardo et al., 2009).

Se encuentra prohibido además mencionar una fabricación o una procedencia determinada, un procedimiento concreto, una marca, una patente, un tipo, un origen o a una producción determinados con la finalidad de favorecer o descartar ciertas empresas o ciertos productos. Con carácter excepcional, para el caso de imposibilidad de describir de manera precisa el objeto del contrato, tal mención puede autorizarse, acompañándose de la mención «o equivalente». Un ejemplo de este caso puede ser, los pliegos con las características técnicas de la adquisición del césped artificial que demuestran confusiones e indefinición de características.

En la actualidad es preciso que el gestor deportivo conozca en profundidad el régimen jurídico de la contratación de las Administraciones Públicas, ya que supone uno de los grandes retos en el trabajo diario de la mayoría de los gestores deportivos. La importancia que va alcanzando este sistema lo convierte en elemento de imprescindible conocimiento para los profesionales del mundo del deporte pues la contratación pública afecta a su actividad, incluso con mayor intensidad que otras materias más habituales en los programas de formación.

Parece oportuno en el protocolo global, la diferenciación por un lado del concurso de proyecto seguido por el concurso de obra, independiente del concurso de suministro (centrado en el equipamiento de la instalación deportiva) ya que facilita la elección del mejor contratista para cada una de las actividades. Como aparece en la Figura 2.2, reiterando una vez más que el gestor de la futura instalación deportiva debe involucrarse en la elaboración y definición del proyecto y en el seguimiento de la obra, así como en la redacción de las características técnicas de los equipamientos.



Figura 2.2. Metodología para la construcción y adquisición de equipamiento deportivo.

Todos los pliegos de cláusulas administrativas particulares deben contener, de conformidad con el artículo 67 del RGLCAP, para todos los contratos los siguientes datos:

- a) Definición del objeto del contrato, con expresión de la codificación correspondiente de la nomenclatura de la Clasificación Nacional de Productos por Actividades y la codificación correspondiente a la nomenclatura Vocabulario Común de Contratos (CPV), cuando supere determinados importes.

- b) Necesidades administrativas a satisfacer mediante el contrato y los factores de todo orden a tener en cuenta.
- c) Presupuesto base de licitación formulado por la Administración.
- d) Constancia expresa de la existencia de los créditos precisos para atender a las obligaciones que se deriven para la Administración del cumplimiento del contrato hasta su conclusión o mención de que el contrato no origina gastos para la Administración.
- e) Plazo de ejecución o de duración del contrato, con determinación, en su caso, de las prórrogas de duración que serán acordadas de forma expresa.
- f) Procedimiento y forma de adjudicación del contrato.
- g) Importe de los gastos de publicidad del contrato, tanto en boletines oficiales, como en otros medios de difusión, que debe abonar el adjudicatario.
- h) Documentos a presentar por los licitadores, así como la forma y contenido de las proposiciones.
- i) Criterios para la adjudicación del concurso, por orden decreciente de importancia, y su ponderación.
- j) Indicación expresa, en su caso, de la autorización de variantes o alternativas, con expresión de sus requisitos, límites, modalidades y aspectos del contrato sobre los que son admitidas.
- k) En su caso, cuando el contrato se adjudique mediante forma de concurso los criterios objetivos que serán valorados para determinar que una proposición no puede ser cumplida por ser considerada temeraria o desproporcionada.
- l) Cuando el contrato se adjudique por procedimiento negociado los aspectos económicos y técnicos que serán objeto de negociación.
- m) Garantías provisionales y definitivas, así como, en su caso, garantías complementarias.
- n) Derechos y obligaciones específicas de las partes del contrato y documentación incorporada al expediente que tiene carácter contractual.
- ñ) Referencia al régimen de pagos.
- o) Fórmula o índice oficial aplicable a la revisión de precios o indicación expresa de su improcedencia.
- p) Causas especiales de resolución del contrato.
- q) Supuestos en que, en su caso, los incumplimientos de carácter parcial serán causa de resolución del contrato.
- r) Especial mención de las penalidades administrativas que sean de aplicación en cumplimiento de lo establecido en el artículo 196 de la Ley de Contratos del Sector Público (LCSP).
- s) En su caso, plazo especial de recepción del contrato a que se refiere el artículo 110.2 de la Ley.
- t) Plazo de garantía del contrato o justificación de su no establecimiento y especificación del momento en que comienza a transcurrir su cómputo.

- u) En su caso, parte o tanto por ciento de las prestaciones susceptibles de ser subcontratadas por el contratista.
- v) En su caso, obligación del contratista de guardar el sigilo sobre el contenido del contrato adjudicado.
- w) Expresa sumisión a la legislación de contratos de las Administraciones Públicas y al pliego de cláusulas administrativas generales que sea aplicable, con especial referencia, en su caso, a las estipulaciones contrarias a este último.
- x) Los restantes datos y circunstancias que se exijan para cada caso concreto por otros preceptos de la LCSP y del Reglamento o que el órgano de contratación estime necesario para cada contrato singular.

El Reglamento General de la Ley de Contratos de las Administraciones Públicas (RGLCAP) también establece disposiciones específicas para el contrato de obras, obligando que los pliegos de cláusulas administrativas particulares de dichos contratos, además de los datos expresados, contengan los siguientes apartados:

- a) Referencia al proyecto y mención expresa de los documentos del mismo que revistan carácter contractual.
- b) Criterios de selección basados en los medios de acreditar la solvencia económica, financiera y técnica conforme a los artículos 64 y 65 de la Ley o clasificación que han de disponer los candidatos cuando el presupuesto base de licitación sea igual o superior al importe determinado en el artículo 54 de la Ley.
- c) Plazo total de ejecución del contrato e indicación de los plazos parciales correspondientes si la Administración estima oportuno estos últimos o referencia a su fijación en la aprobación del programa de trabajo, señalando, en su caso, cuáles darán motivo a las recepciones parciales.
- d) Frecuencias de expedición de certificaciones de obras.
- e) Condiciones y requisitos para el pago a cuenta de actuaciones preparatorias, acopio de materiales y equipos de maquinaria adscritos a las obras.
- f) Expresión de las condiciones de la fiscalización y de la aprobación de gasto en los supuestos previstos en el artículo 108 de la Ley.
- g) Plazo para determinar la opción de renuncia a la ejecución del contrato por parte del órgano de contratación en los supuestos previstos en el artículo 108 de la Ley.
- h) Especificación de la dirección de la ejecución del contrato y forma de cursar las instrucciones para el cumplimiento del contrato.
- i) En su caso, imputación al órgano de contratación o al contratista de los gastos que se originen como consecuencia de la realización de ensayos y análisis de materiales y unidades de obra o de informes específicos sobre los mismos.

Entendemos que, en los apartados a, b, k, x, del primer listado y b del segundo, es acertada la intervención del técnico futuro gestor de la obra programada.

El PPT debe elaborarse con anterioridad a la autorización del gasto. Los pliegos y contener las características técnicas que hayan de reunir los bienes objeto de la prestación. Su aprobación corresponde al órgano de contratación (art. 100 de la LCSP).

De conformidad con el artículo 68 del RGLCAP, el PPT contendrá, al menos, los siguientes extremos:

- a) Características técnicas que hayan de reunir los bienes o prestaciones del contrato.
- b) Precio de cada una de las unidades en que se descompone el presupuesto y número estimado de las unidades a suministrar.
- c) En su caso, requisitos, modalidades y características técnicas de las variantes.

En los contratos de obras, a los efectos de regular su ejecución, el pliego de prescripciones técnicas particulares deberá consignar, expresamente o por referencia a los pliegos de prescripciones técnicas generales u otras normas técnicas que resulten de aplicación, las características que hayan de reunir los materiales a emplear, especificando la procedencia de los materiales naturales, cuando ésta defina una característica de los mismos, y ensayos a que deben someterse para comprobación de las condiciones que han de cumplir; las normas para elaboración de las distintas unidades de obra, las instalaciones que hayan de exigirse y las medidas de seguridad y salud comprendidas en el correspondiente estudio a adoptar durante la ejecución del contrato. Igualmente detallará las formas de medición y valoración de las distintas unidades de obra y las de abono de las partidas alzadas; y especificará las normas y pruebas previstas para la recepción.

Habíamos indicado que la definición del proyecto de obras corresponde específicamente y legalmente a un profesional de otra ciencia (Arquitectura o Ingeniería). Ello no pasa en los suministros, por lo que nuestra actuación en este contrato es de mayor trascendencia.

Normas UNE-EN y el sello CE de homologación de la Unión Europea.

Temas medioambientales en el ciclo de vida.

En especial, todo lo relacionado con el desmantelamiento.

Uno de los temas importantes en el pliego de prescripciones técnicas es intentar que se cumplan los parámetros de calidad y seguridad en la adquisición de los materiales y equipamientos, según indicaciones del “Manual de Mantenimiento de Instalaciones Deportivas” de la Fundación Deportiva Municipal de Valencia (2007):

• Calidad del Material.

Este debe de ser uno de los criterios primordiales en la elección de los recursos materiales. Hay que tener en cuenta que un material demasiado barato puede tener una duración muy corta, debido a ser de deficiente calidad, y a la postre será más costoso. Siempre que sea posible, y en beneficio de una

práctica deportiva más satisfactoria y eficiente, es preferible seleccionar materiales de calidad contrastada, aunque su precio sea más caro.

- **Seguridad.**

Aspecto de máxima importancia a cuidar. Seleccionar siempre materiales sin aristas ni zonas peligrosas, con los protectores y complementos necesarios para prevenir accidentes en su utilización y manejo. Es obligado que todos los materiales posean la homologación UNE-EN y el sello CE de homologación de la Unión Europea.

- **Utilidad.**

Es preferible material polivalente (que se pueda utilizar en muchas actividades diferentes), antes que materiales específicos para una única actividad.

- **Manejabilidad.**

Es preferible materiales ligeros antes que materiales pesados. Si se ha de comprar material pesado, es preferible que sea desmontable, antes que una sola pieza, y móvil, antes que fijo.

- **Mantenimiento.**

Serán preferibles los materiales de fácil mantenimiento, a los de mantenimiento difícil y costoso.

- **Estética.**

Un material de diseño agradable y cuidado es un factor que puede favorecer la práctica de actividades, sobre todo en programas de adscripción voluntaria (actividades físicas para adultos, escuelas deportivas, etc.).

- **Existencias previas.**

En la determinación del número de ejemplares de cada tipo de material seleccionado deben tenerse en cuenta las existencias previas que haya en las instalaciones a las que irá destinado.

- **Destino de uso.**

Debe concederse prioridad al material destinado al uso de grandes grupos (clases de Educación Física, o de escuelas deportivas), tanto en lo que se refiere al tipo como al número de ejemplares.

- **Coste.**

Dentro de límites semejantes de calidad, pueden existir diferencias notables de precios, debido a tratarse de diferentes marcas, artículos de importación. Este debe ser un factor a tener en cuenta una vez que hayamos contemplado los anteriores.

En cuanto al coste de los recursos materiales y en concreto los pavimentos, se recomienda no escatimar gastos, pieza clave de la actividad física y deportiva. De la calidad y consistencia del pavimento deportivo elegido, dependerán gran parte las lesiones deportivas de los deportistas así como su satisfacción y su práctica regular.

Es imprescindible realizar una revisión exhaustiva de los catálogos y revistas sobre la tipología de los materiales, para después confeccionar una lista de inicial

de prioridades. La confección de la lista de necesidades para incluir en un pliego de prescripciones técnicas o para enviar a las casas comerciales conforme a la solicitud de presupuestos, debe ser ordenada por prioridades cualitativas, más que cuantitativas.

Para la tramitación del contrato (en los procedimientos de contrato menor y procedimiento negociado sin publicidad) se recomienda realizar un registro (base de datos) con una lista de proveedores, que sea revisada anualmente. Una vez identificados los proveedores, se realiza la petición y comparación de las ofertas.

Para la ejecución de las obras, es preciso tener en cuenta las siguientes premisas (Gallardo et al., 2009):

- *Movimiento de tierras*: Es recomendable un estudio geotécnico de terreno para garantizar la idoneidad del terreno y facilitar la elección de la sub-base (asfáltica o zahorras) sobre la que se va a construir la instalación.
- *Red de saneamiento*: El drenaje de un campo de césped artificial puede ser vertical (sub-base de zahorras) u horizontal (sub-base asfáltica). En el caso que el drenaje sea horizontal, la pendiente del campo debe estar comprendida entre 0,6% y 0,8% y previamente a la instalación de las tuberías se marcará en el terreno antes de ser excavado según los planos correspondientes. Si el drenaje es horizontal, es importante que las canaletas de desagüe estén en todo momento limpias y despejadas conectadas con la red de desagüe general de la instalación.
- *Capa de zahorras*: Si la solución elegida es la instalación de sub-base de zahorras, es recomendable constituir en primera instancia una capa estabilizadora de 20 cm de espesor, formada por materiales de diferente granulometría. No se deben admitir en la nivelación desniveles superiores de 1.5 cm en cualquier dirección. Una vez finalizada la capa de zahorras, se procederá a un riego con herbicida en toda la superficie.
- *Base asfáltica*: Si se opta por este sistema de sub-base, la pendiente debe ser paralela a la superficie del revestimiento. No se debe admitir ningún desnivel superior a 1 mm. La compactación de esta sub-base se realizará de forma que se eviten los resquebrajamientos, grietas o cualquier otro tipo de deformación.
- *Red de riego*: El riego se efectuará mediante 6 cañones de retorno lento, con un alcance aproximado de 60 m. Dos de estos cañones se instalarán en los costados del campo y tendrán por tanto un ángulo de trabajo de 180°. Los cuatro cañones restantes se instalarán en las cuatro esquinas del terreno y su ángulo de trabajo será de 90°. Es importante realizar previamente a la instalación de los cañones un estudio de los vientos predominantes de la zona, para su correcta ubicación. Se recomienda la colocación de cañones a 2 metros de altura, protegidos con colchonetas, para evitar posibles lesiones de los usuarios.
- *Capa elástica*: Se recomienda la utilización de esta capa siempre que la sub-base sea asfáltica. Si la sub-base es de zahorra compactada no se recomienda su utilización. La capa elástica está compuesta por caucho

SBR y resinas de poliuretano. Se puede instalar prefabricada en rollos o instalarla “in situ”. La capa elástica prefabricada tendrá un espesor de 12 mm y la instalada “in situ” de 15 mm. Incluir capa elástica en campos de fútbol con sub-base asfáltica ayuda a mejorar las propiedades mecánicas de la instalación, sobre todo porque el nivel de amortiguación y de deformación vertical es mayor. De este modo se puede aumentar la vida útil de la instalación unos años más.

Una vez que se han tenido en cuenta todos estos criterios, la construcción de un campo de césped artificial se basará fundamentalmente en el conjunto de niveles, materiales y/o capas que constituirán la estructura desde el suelo base hasta las fibras de césped que están en contacto con el deportista.

2.2.1. Propuesta de Pliego de Prescripciones Técnicas para la Ejecución de un Campo de Césped Artificial.

PLIEGO DE PRESCRIPCIONES TÉCNICAS PARA LA EJECUCIÓN DE UN CAMPO DE CÉSPED ARTIFICIAL	
1.	Objeto del Pliego.
2.	Presupuesto del contrato (o Tipo de Licitación).
3.	Fianza provisional.
4.	Características Técnicas de las obras a realizar (o Programa de Necesidades; o Descripción de las obras).
4.1.	Ubicación.
4.2.	Medidas y marcajes.
4.3.	Equipamientos deportivos (Soportes de los banderines, Porterías, etc.).
4.4.	Otros trabajos (<i>retirada del anterior césped; desmontaje y montaje de elementos externos, iluminación, etc.</i>).
4.5.	Certificación y Homologación según norma UNE-EN15330-1:2008 “Superficies deportivas. Superficies de hierba artificial”.
5.	Situación actual de la parcela.
6.	Características de los materiales a instalar.
6.1.	<i>Césped Artificial.</i>
6.2.	<i>Relleno.</i>
	No se debería pedir un tipo determinado de césped artificial o de relleno, sino que éste cumpliera unas características determinadas (por ejemplo que cumpla en laboratorio la UNE-EN 15330-1). Si se define una estructura, un tipo de fibra, color, puntadas, kg/m², relleno, etc. de forma específica, se está beneficiando a unos fabricantes con respecto a otros. Por tanto, lo importante es que se presente un informe sobre el producto de césped artificial, en el que se haya evaluado la fibra por el envejecimiento climático y resistencia a la radiación UV, y el conjunto de sistema de césped artificial por el resto de ensayos. Consideramos esta opción más beneficiosa para la instalación de un campo de césped artificial de calidad, que la identificación de un producto determinado en el pliego.
6.3.	<i>* (EXTRA a medir por un laboratorio) Características del Tufting.</i>
6.3.0.1.	Ensayos de Durabilidad y de identificación del sistema instalado. Ejemplo:
6.3.0.1.1.	Resistencia al arranque del penacho por un extremo.
6.3.0.1.2.	Resistencia a la rotura en la dirección del tejido.
6.3.0.1.3.	Resistencia a la rotura en dirección opuesta al tejido.
6.4.	<i>Cinta y Adhesivo de pegado.</i>
6.4.0.1.	Tipología.
6.4.0.2.	Color.

6.4.0.3.	Encolado.
6.4.0.4.	Características.
6.5.	<i>Marcaje de campos.</i>
6.5.0.1.	Líneas a marcar (ej. blancas, amarillas, Fútbol-7, etc.).
6.5.0.2.	Anchura de líneas (ej. blancas 10 cm. Fútbol-11, amarillas 7 cm. Fútbol-7, etc.).
6.6.	<i>Sistema de Riego.</i>
6.6.0.1.	Estructura.
6.6.0.2.	Ubicación.
6.6.0.3.	Características.
6.7.	<i>Firme.</i>
6.7.0.1.	Compactado del Terreno.
6.7.0.1.1.	Capas de base granular No Aglomeradas (Zahorras). Características.
6.7.0.1.1.1.	Subbase granular.
6.7.0.1.1.2.	Base granular.
6.7.0.1.2.	Capas de base granular Aglomeradas (Bases Asfálticas). Características.
6.7.0.1.2.1.	1ª Capa: Mezcla Bituminosa en Caliente (4-5 cm.). Características.
6.7.0.1.2.2.	2ª Capa: Mezcla Bituminosa en Caliente (2-3 cm.). Características.
6.7.0.1.3.	Fabricación, ejecución y compactación del terreno.
7.	Categoría y Clasificación del Contratista.
8.	Duración del Contrato y Ejecución de las obras.
9.	Control e Inspección de las obras.
10.	Plazo de Garantía.
11.	Revisión de precios.
12.	Criterios de Valoración para la Adjudicación (ejemplo de 100 puntos).
12.1.	Oferta económica (hasta 30 puntos).
12.2.	Mejoras en la calidad y diseño de los materiales a emplear (hasta 25 puntos).
12.3.	Mejoras de medios materiales y recursos humanos (hasta 10 puntos).
12.4.	Mejoras en el proyecto (hasta 10 puntos).
12.5.	Ampliación del plazo de garantía (hasta 10 puntos).
12.6.	Homologación y certificación de calidad del producto instalado (hasta 15 puntos).
13.	Mesa de Contratación.
14.	Sanciones y Resolución del contrato.
15.	Otras disposiciones legales.

2.3. ¿ES NECESARIO REALIZAR UNA CERTIFICACIÓN DE CALIDAD? LAS MARCAS DE CALIDAD EN CÉSPED ARTIFICIAL.

En la actualidad, las exigencias del sector deportivo y los cambios a los que se ve sometido han provocado que la calidad se convierta en un factor determinante para el logro de resultados y el éxito de las organizaciones (Gallardo et al., 2008).

La calidad es el conjunto de características que hace que un producto, en este caso los campos de fútbol de césped artificial, satisfagan las exigencias de los clientes a los que está destinado. Para estos usuarios, la calidad es el valor que tiene el producto en relación al servicio que allí se desarrolla y sus propósitos iniciales. Así, según este valor asignado lo clasificarán como mejor, igual o peor que otros productos comparables (Boned, 2005).

La gestión por la calidad se basa en: factores de planificación para detectar las necesidades; el desarrollo de la gestión planificada, en la que se hacen operativos los procedimientos; el control, en el que se evalúa el desarrollo de esta gestión sobre la calidad, como los recursos económicos, humanos y materiales (instalaciones deportivas) con la intención de volver a planificar y mejorar.

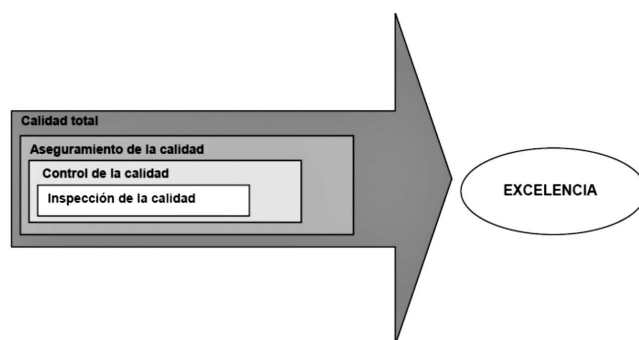


Figura 2.3. Etapas de la evolución de la calidad (Boned, 2005).

Como se representa en la Figura 2.3, cada etapa de la calidad, se ha visto precedida por una anterior. Las etapas no representan estados contrapuestos, sino complementarios, a través de una extensión del concepto de calidad. Centrándonos en nuestro objeto de estudio, los campos de fútbol de césped artificial respaldaron en un primero momento la inspección de la calidad del producto, mediante su perfeccionamiento a través de la investigación en laboratorio.

Posteriormente, se propuso una serie de protocolos de calidad de estas instalaciones deportivas, con normativas de construcción, tanto nacionales como internacionales, que permitieran una ejecución normalizada de los proyectos.

Seguidamente, los estudios sobre la seguridad y calidad de esta superficie, propiciaron la regulación sobre los requerimientos y propiedades que el pavimento de césped artificial debía poseer para la práctica del fútbol. De modo que se instaura la homologación y certificación de la superficie.

Finalmente, las organizaciones deben cerciorarse sobre si el césped artificial en el fútbol se encuentra además aceptado por la opinión de sus usuarios. Esta visión integral, permitirá la mejora constante del sistema de calidad, una vez haya perdido la instalación deportiva sus propiedades, o a pesar de mantenerlas, no cumpla las expectativas de los usuarios.

Estas cuatro fases constituyen el más adecuado desarrollo de la excelencia en la gestión una organización deportiva. Desde la concepción inicial del proyec-

to de césped artificial, todos los restantes procesos de la entidad deportiva (realización del pliego de prescripciones, control de la obra, certificación del producto una vez instalado en base a normativa, mantenimiento adecuado, contraste de la satisfacción de los usuarios, etc.) optimizarán tanto el ciclo de vida campo de fútbol como la propia gestión de recursos de la entidad.

En la gestión actual basada en la excelencia y calidad de una organización, las certificaciones de sus procesos y productos son requisitos fundamentales. La certificación es un proceso en el cual, una entidad registradora o certificadora, examina, evalúa y avala un sistema o producto empleado por la organización conforme a una serie de normas establecidas, mediante una medición objetiva. Estas auditorías son realizadas por expertos profesionales en la materia que examinan y avalan después de realizar una serie de controles y pruebas.

A nivel de gestión empresarial, las normas más reconocidas en el panorama internacional son las certificaciones ISO (*International Organization for Standardization*) 9001:2008, de sistemas de gestión de la calidad, y 14001:2004, de calidad medioambiental, o el modelo EFQM (*European Foundation for Quality Management*) de excelencia.

Pero, no sólo el hecho de conseguir una certificación debe ser el motivo por el que una entidad deportiva (sobre todo pública) deba evaluar sus procedimientos, servicios o instalaciones que ofrece a los usuarios. Lo que realmente manifiestan estas certificaciones es que existe un alto grado de seguridad y calidad en aquello que se está ofreciendo. Por tanto, una entidad de servicio público debe garantizar que sus servicios y sus instalaciones, responden a parámetros de calidad y seguridad. De lo contrario, los usuarios deportivos podrían estar sufriendo una negligencia por la utilización de estas instalaciones (Landaberea, 2000), de la cual es responsable la Administración pública (si fuera la titular, que según Gallardo (2006) lo es de un 82% de las instalaciones deportivas de Castilla-La Mancha), y podrían pedir esta responsabilidad en cuanto a los posibles daños que sufrieran (Crespo, 2003). De aquí la importancia en la homologación y certificación de las instalaciones deportivas.

La generación y difusión de normativa orientada a garantizar la adecuación de las instalaciones utilizadas por los deportistas, unido a una adecuada gestión de los equipamientos deportivos que las integran, basada en criterios de calidad, pueden constituir pilares básicos que, por un lado, estimulen la innovación en el sector industrial de las instalaciones deportivas, y por otro, garanticen la seguridad y la calidad de la práctica deportiva de los usuarios (Durá et al., 2004).

2.3.1. Las Normas NIDE. Normalización de proyectos de campos de fútbol de césped artificial.

Según Rosa (2009), la normalización persigue una serie de objetivos, muy beneficiosos para las organizaciones deportivas:

- Garantizar la calidad y la seguridad.
- Facilitar la adaptación de los productos a los fines a que se destinan.

- Establecer unos mínimos estándares de calidad.
- Proteger la salud y el medio ambiente.
- Prevenir políticas de precios bajos.
- Facilitar la cooperación tecnológica.

Para el Consejo Superior de Deportes (2008) la normalización en materia de deportes es la actividad de elaboración y revisión de normas en el ámbito del deporte. Es un proceso técnico de carácter voluntario cuyo objetivo es mejorar la calidad de los productos, servicios y empresas, promover la seguridad, permitir la intercambiabilidad de los productos y disminuir las barreras al comercio. Es una herramienta para conseguir la calidad considerando la seguridad. La normalización la constituyen las normas al efecto, las cuales recogen la idoneidad, adaptación a la función y seguridad de los productos mediante una serie de requisitos técnicos a verificar por métodos de ensayo.

Con este fin nace la Normativa sobre Instalaciones Deportivas y para el Esparcimiento (en adelante, NIDE), elaborada por el Consejo Superior de Deportes, y que pueden consultarse en su página Web (www.csd.gob.es). Esta normativa tiene como objetivo definir las condiciones reglamentarias, de planificación y de diseño que deben tenerse en cuenta en el proyecto y la construcción de instalaciones deportivas en todo el país. Las normas NIDE se componen de los dos tipos siguientes:

- Normas Reglamentarias.
- Normas de Proyecto.

Las Normas Reglamentarias tienen por finalidad la de normalizar, dando un tratamiento similar en los distintos usos o deportes, aspectos tales como los dimensionales, de trazado, orientación, iluminación, tipo de pavimentos, material deportivo no personal, que influyen en la práctica activa del deporte o de la especialidad de que se trate. Estas normas constituyen una información básica para la posterior utilización de las Normas de Proyecto.

Dado que las normas NIDE abarcan gran cantidad de modalidades deportivas, en su elaboración se han tenido en cuenta los reglamentos vigentes de la Federaciones Deportivas correspondientes. Además, también se han considerado las normas europeas y españolas (UNE-EN) existentes en este ámbito (sobre todo referentes a pavimentos y superficies deportivas, equipamientos, iluminación de espacios para deportes, instalaciones para espectadores, etc.).

En cuanto a las Normas de Proyecto, éstas tienen una triple finalidad:

- Servir de referencia para la realización de todo proyecto de una instalación deportiva.
- Facilitar unas condiciones útiles en la planificación de las instalaciones deportivas, para lo cual se definen los usos posibles, las clases de instalaciones normalizadas, el ámbito de utilización de cada una, los aspectos a considerar antes de iniciar el diseño de la instalación deportiva y un procedimiento para calcular las necesidades de instalaciones deportivas de una zona geográfica determinada.
- Definir las condiciones de diseño consideradas mas idóneas en cuanto a establecer los tipos normalizados de instalaciones deportivas, definiendo

los distintos espacios y dimensiones de esos espacios, así como las características funcional-deportivas de los distintos tipos y de sus espacios.

Las Normas Reglamentarias y de Proyecto son de obligada aplicación en todos aquellos proyectos que se realicen total o parcialmente con fondos del Consejo Superior de Deportes y en instalaciones deportivas en las que se vayan a celebrar competiciones oficiales regidas por la Federación Deportiva nacional correspondiente. No obstante es competencia de dicha Federación la homologación de la instalación.

En el caso del fútbol, existe normativa específica para campos de Fútbol-11 y también campos de Fútbol-7, dentro de las *NIDE Normas Reglamentarias de Campos Grandes*, cuya versión vigente es la de 2005. Sus apartados son: Tamaño del campo, Bandas exteriores y seguridad, Trazado del campo, Altura libre de obstáculos, Orientación, Iluminación, Superficie de juego, Equipamiento deportivo y Cerramiento. A su vez, todas las modalidades deportivas de campos grandes tienen en común las *NIDE Normas de Proyecto para Campos Grandes y Atletismo*, también de 2005.

En Fútbol-11 y Fútbol-7, las Normas NIDE-2005, dedican especial consideración a su apartado de *Superficies de Juego*. Establece que son aptas las superficies de juego de hierba natural, césped artificial y tierra. En competiciones internacionales y nacionales la superficie de juego será de hierba natural. No obstante podrá ser de césped artificial, cuando así lo autorice la RFEF o la organización deportiva correspondiente. En competiciones regionales, de aficionados y juveniles, la superficie de juego será preferentemente de hierba natural, y del mismo modo podrá ser de césped artificial si así lo autoriza la RFEF o la organización deportiva correspondiente. La superficie de juego será plana con ligera pendiente y drenaje suficiente para evacuación del agua de lluvia, será lisa, exenta de hoyos e irregularidades, blanda y no abrasiva.

Todos los pavimentos deportivos (hierba natural, césped artificial y tierra) deben reunir una serie de requisitos de acuerdo a las Normas UNE correspondientes. Sin embargo, los requisitos para el césped artificial que establecen las NIDE-2005 están desfasados, ya que hace referencia a la Norma UNE 41958 IN de "Pavimentos Deportivos", cuyo informe se encuentra anulado por el Consejo Superior de Deportes en su normalización de superficies deportivas (2008), adoptándose otra serie de preceptivos vigentes, sobre todo la UNE-EN 15330-1:2007 de "Especificaciones para superficies deportivas de hierba artificial para uso exterior".

Según las NIDE-2005, los campos de fútbol de césped artificial pueden ser de alguno de los dos tipos que se indican en la Tabla 2.4:

Tabla 2.4. Tipos de césped artificial para campos de fútbol según NIDE-2005.

Césped Artificial Fútbol	Relleno	Altura de pelo (mm.)	Tipo de fibra	Altura de relleno (%)
	Arena	25 – 35	Fibrilada / Monofilamento	70 - 90
	Arena + caucho	50 – 60		60 - 80

Las superficies de césped artificial con relleno de arena deben colocarse sobre una base elástica para una buena absorción de impactos. Los pavimentos con relleno de arena y granulado de caucho pueden no incluir la capa elástica siempre que el relleno de caucho le proporcione los niveles de absorción de impactos que se indican las normas preceptivas. Además, las NIDE-2005 explica que la construcción de un campo de fútbol de césped artificial requiere previamente de la compactación del terreno base, una aportación de capa de zahorras compactadas, una capa de aglomerado asfáltico con una correcta planimetría y pendientes hacia las canaletas perimetrales de recogida de agua, la base elástica, y por ultimo la superficie de césped artificial con el relleno.

Tanto los campos de Fútbol-11 como Fútbol-7, dispondrán de una banda perimetral exterior de seguridad, pavimentada y de al menos 1 m. de anchura. Se les dotará de un sistema de riego perimetral, preferiblemente automático y de un drenaje al menos perimetral con canaleta. El sistema de riego se hará colocando perimetralmente y fuera de las bandas exteriores, cañones de agua, sin incluir aspersores dentro del campo, solamente se colocaran aspersores exteriormente para cubrir las zonas donde no lleguen los cañones. Además, la caída del agua de riego no producirá desplazamiento del relleno para lo cual la inclinación y la presión del agua será la adecuada.

En las Normas de Proyecto se establecen distintas combinaciones entre campos de Fútbol-11 y Fútbol-7 (incluso junto el rugby) (Figura 2.4). Por regla general, se combinan dos campos de Fútbol-7 con uno de Fútbol-11, siguiendo un aumento proporcionado de las dimensiones de todos los campos. Para estas combinaciones, las normas NIDE-2005 recomiendan terrenos de juego de césped artificial (con unos niveles intensos de utilización).

DIMENSIONES DE ESPACIOS ÚTILES AL DEPORTE COMBINACIONES DE CAMPOS GRANDES					
TIPO	DIMENSIONES		Superficie (m ²)	Campos Longitudinales	Campos Transversales
	Ancho (m)	Largo (m)			
1	55	95	5225	FUT (90x50)	2 FUT7 (50X30)
2	65	105	6825	FUT (100x60)	2 FUT7 (60X36)
3	68	105	7140	FUT (100x63)	2 FUT7 (63X40)
4	73	122	8906	RUG (115 X 66) FUT (105x68)	2 FUT7 (65X45)
5	77	127	9779	RUG (120 X 70) FUT (105x68)	2 FUT7 (65X45)

Figura 2.4. Combinaciones de campos de fútbol según NIDE-2005.

En último lugar, las normas NIDE-2005 también hacen mención a otros criterios de calidad para el césped artificial que han elaborado los organismos internacionales deportivos como FIFA y UEFA, con la pretensión de establecer unos niveles óptimos de calidad del producto y seguridad del jugador para este tipo de superficies, mediante pruebas de laboratorio como pruebas de campo, de forma que se puedan certificar productos e instalaciones.

2.3.2. La Normativa UNE-EN para los campos de fútbol de césped artificial.

España ha carecido históricamente de normativa aplicable a los equipamientos deportivos y zonas de juego, lo que ha tenido una repercusión importante tanto en la calidad de estos equipamientos como de la práctica deportiva en general (Durá et al., 2004). Al margen de las dimensiones que deben cumplir los campos por exigencia del reglamento de juego, en nuestro país no ha existido una legislación o normativa que garantice la seguridad de los pavimentos y del equipamiento deportivo. La transferencia de competencias sobre legislación deportiva de instalaciones deportivas a las Comunidades Autónomas llevó a algunas Autonomías a realizar actuaciones orientadas a establecer algún tipo de regulación, pero al no existir un criterio común se provocaban situaciones contradictorias, de forma que un mismo producto o equipamiento podía ser válido para una parte de España y no para otra (Durá et al., 2004).

Las normas españolas UNE (*Una Norma Española*) intentan reducir este retraso histórico. Son elaboradas por AENOR (Asociación Española de Normalización y Certificación) mediante sus Comités Técnicos de Normalización. Las normas europeas EN, pueden haber sido adoptadas y ratificadas como normas españolas, en el binomio UNE-EN, habiendo sido previamente elaboradas por el Comité Europeo de Normalización, a través de sus comités técnicos con objeto de que unifiquen los criterios de normalización en el ámbito europeo, de tal manera que sustituyan las que existen en cada país. Por tanto, deben recibir el rango de norma nacional y europea.

La actual normalización se realiza con la participación de expertos (fabricantes, profesionales, usuarios, centros de investigación, representantes de las Administraciones públicas, etc.) que voluntariamente se incorporan a los trabajos de normalización a través de AENOR. El Consejo Superior de Deportes participa en los trabajos de normalización de los comités técnicos europeos y de AENOR, en los que también participan las Administraciones Autonómicas, centros de investigación y empresas fabricantes o instaladoras.

Las Normas UNE, o UNE-EN, no son de obligado cumplimiento salvo que la Administración competente las haga obligatorias mediante Ley, Decreto, Reglamento o exija su cumplimiento en los Pliegos de Prescripciones Técnicas de los Proyectos de construcción o en los Contratos de Suministros. Los particulares (técnicos, empresas, usuarios, etc.) pueden exigir que los productos cumplan las normas en sus proyectos y contratos. A pesar de la no obligatoriedad, los titulares de instalaciones deportivas ya sean públicas o privadas disponen de una referencia de calidad y seguridad para la adquisición, dotación y construcción de los equipamientos deportivos. En caso de litigio los laboratorios de ensayo se basarán en los criterios de las normas para precisar responsabilidades.

Mediante la aplicación de las normas por las empresas fabricantes, instaladoras o constructoras y la demanda de su aplicación por los titulares de las instalaciones deportivas, los deportistas y usuarios de dichas instalaciones se beneficiarán de la mejora de la calidad y de la seguridad de los equipamientos deportivos.

Respecto al césped artificial, el Comité CEN TC/217 “*Surfaces for sport areas*” realiza la normalización europea. El Subcomité de AENOR AEN/CTN-147/ SC-3 “*Suelos para Deportes*” es el encargado de la normalización española y del seguimiento del Comité Europeo.

El comportamiento de una superficie de césped artificial depende de los componentes utilizados para su fabricación, de la forma en que se instala en su lugar, de la intensidad de utilización a la que una superficie se somete y del nivel de mantenimiento realizado. Para asegurarse que una superficie proporciona los niveles aceptables de comportamiento, ésta puede evaluarse a lo largo de su ciclo de vida.

La homologación en este apartado tiene por objeto cumplir una serie de requisitos que precisen que el terreno de juego es apto para el juego, seguro para los deportistas y poseen una mínima calidad con los estándares establecidos. Principalmente, se realizan pruebas de laboratorio del sistema que se va a instalar, junto con sus capas constituyentes, así como también pruebas de campo, donde se ensaya el sistema ya instalado. Estos test se encuentran normalizados, de manera que han sido adoptados por organismos nacionales e internacionales.

Las normas UNE-EN se clasifican en dos tipos: Normas de Especificaciones, o requisitos que han de cumplir las superficies deportivas; y Normas de Métodos de Ensayo, que verifican mediante el resultado de dichos ensayos el cumplimiento de los requisitos de las Normas de Especificaciones (Tabla 2.5).

Tabla 2.5. Normas UNE-EN para superficies deportivas de césped artificial.

SUPERFICIES DEPORTIVAS DE CÉSPED ARTIFICIAL	
REFERENCIA	TÍTULO
UNE-EN 12228:2002	Determinación de la resistencia de las juntas de los pavimentos sintéticos
UNE-EN 12229:2007	Procedimiento para preparación de muestras de ensayo de hierba sintética y textiles
UNE-EN 12234:2002	Determinación del comportamiento a la rodadura del balón
UNE-EN 12234:2003	Determinación del comportamiento a la rodadura del balón
UNE-EN 12235:2006	Determinación del comportamiento vertical del balón
UNE-EN 12235:2006/AC	Determinación del comportamiento vertical del balón
UNE-EN 12616:2003	Determinación de la infiltración agua
UNE-EN 13672:2005	Determinación de resistencia a abrasión de hierba sintética sin relleno
UNE-EN 13746:2006	Determinación de cambios dimensionales debidos a los efectos de variación de las condiciones de agua, hielo y calor
UNE-EN 13864:2006	Determinación de la resistencia a tracción de las fibras sintéticas
UNE-EN 14808:2006	Determinación de absorción de impacto
UNE-EN 14809:2006	Determinación de deformación vertical
UNE-EN 14809:2006/AC	Determinación de deformación vertical
UNE-EN 14836:2006	Procedimiento de envejecimiento climático acelerado
UNE-EN 14837:2006	Determinación de la resistencia a deslizamiento
UNE-EN 15301-1:2007	Determinación de la resistencia rotacional
UNE-EN 15306:2007	Determinación de la resistencia al uso (Método Lisport)
UNE-EN 15330-1:2007	Especificaciones para superficies deportivas de hierba artificial para uso exterior

Si bien, la norma principal para los administradores deportivos que han detener en cuenta la gestión de las instalaciones deportivas de césped artificial es la **UNE-EN 15330-1:2007**. Esta Norma especifica las características de comportamiento y durabilidad de las superficies deportivas de césped artificial utilizadas principalmente en exteriores (como fútbol, hockey, rugby, tenis y multideporte).

Es importante comentar que los requisitos que se aplican a esta Norma son para deportes comunitarios, educativos y de ocio. Es decir, que la propia Norma UNE-EN 15330-1:2007 explica detenidamente que para niveles de competición profesionales y de élite, son los organismos de gestión de deportes internacionales (en fútbol, la FIFA) los que han publicado sus propias especificaciones. Además aclara que los requisitos de estos organismos deportivos internacionales podrían diferir de los detallados en la Norma, y por ello se aconseja a los diseñadores de las instalaciones que se aseguren de que se seleccionan superficies que ofrecen niveles de comportamiento adecuados para el nivel de competición que se vaya a jugar en el campo.

Las especificaciones de esta Norma están basadas en exámenes de aprobación tipo, por las Normas de Métodos de Ensayo (que se describían en la tabla anterior) y que están realizados en el laboratorio. Sin embargo, es en los ensayos de la superficie de césped artificial una vez ya instalada, donde realmente son relevantes estos resultados. De manera que la Norma faculta la evaluación de estos requerimientos “*in situ*” sobre las superficies instaladas. Asimismo, proporciona una serie de directrices de ensayo en las instalaciones.

Los test “*in situ*” se deberían realizar después de la instalación, y posteriormente una vez cada dos o tres años dependiendo de los niveles de utilización y las disposiciones locales, tal y como se plantea en esta Norma. Los resultados obtenidos en los ensayos iniciales deberían normalmente estar de acuerdo con la sección deportiva correspondiente (en este caso para Fútbol). Si bien la Norma fija que a partir de entonces, el grado de cambio permitido debería ser un acuerdo entre el comprador y el fabricante/suministrador y/o cualquier relación nacional o reglas de competición.

En los campos de fútbol de césped artificial de tamaño Fútbol-11 deberían ensayarse las 5 posiciones indicadas en la Figura 2.5., según la Norma UNE-EN 15330-1:2007. Para campos más pequeños (es decir, de Fútbol-7), deberían evaluarse tan sólo las posiciones 1, 3 y 4, del campo anterior.

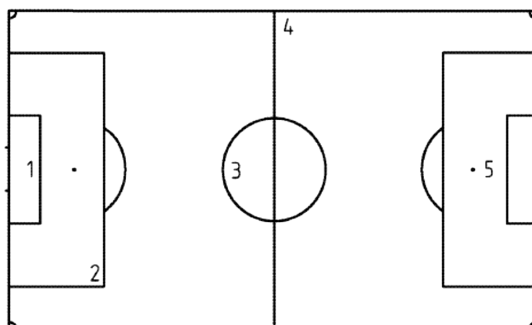


Figura 2.5. Posiciones de ensayo para campos de fútbol según Norma UNE-EN 15330-1:2007.

Así, la Norma estima que deben realizarse los siguientes ensayos en cada una de las posiciones:

- Rebote vertical del balón.
- Rodadura del balón.
- Absorción de impactos.
- Deformación vertical.
- Resistencia rotacional.
- Regularidad de la superficie.

2.3.3. Comparación con los ensayos de campo de FIFA Football Turf

Aunque la introducción del césped artificial en el fútbol profesional será tarde o temprano una realidad, fue necesaria la autorización de los órganos gestores del deporte para lograr la aceptación social de este tipo de pavimento para la práctica del fútbol.

Fundamentalmente fueron las primeras investigaciones realizadas sobre la calidad técnica y seguridad, las que han permitido sentar las bases que han hecho posible la admisión por parte de las asociaciones y confederaciones internacionales, como RFEF, UEFA y FIFA. Estos organismos han incorporado en su reglamentación de la posibilidad de usar campos de fútbol de césped artificial en las competiciones oficiales.

Desde el inicio, FIFA ha sostenido que el césped artificial debería ser una alternativa y no un sustituto de la hierba natural de alta calidad. Sin embargo, dadas las condiciones climáticas del planeta, no siempre es posible conseguir superficies naturales de estas características. El desarrollo del fútbol en cualquier lugar del mundo ha sido un objetivo perseguido por FIFA, aliándose así, con las superficies de césped artificial para conseguirlo.

En el apoyo al proceso de normalización del césped sintético, tanto FIFA como UEFA han reconocido que son equiparables los criterios de rendimiento en comparación con la hierba natural de alta. De manera que el principal hito es la unificación de criterios internacionales en el año 2005 cuando se introduce el Concepto de Calidad de FIFA para Césped Artificial (*FIFA Quality Concept for Football Turf*).

La regulación FIFA consta de dos sellos de calidad: el sello *FIFA Recommended 1 star* (FIFA 1 estrella), destinado a campos de fútbol con un pavimento de calidad aceptable, con una duración de 3 años desde su concesión; y el sello *FIFA Recommended 2 stars* (FIFA 2 estrellas), destinado a las más exigentes competiciones oficiales internacionales, con una duración de 1 año.

Como ya se ha comentado, mientras que la Norma UNE-EN 15330-1:2007 para campos de fútbol de césped artificial condiciona sus requisitos al desarrollo de un deporte comunitario y de ocio, en el manual FIFA Football Turf propone especificaciones tanto para el fútbol recreativo y comunitario (categoría FIFA 1 estrella) como para el fútbol profesional (categoría FIFA 2 estrellas). Para conseguir cualquiera de estas certificaciones es necesario realizar pruebas tanto en

laboratorio (del producto), como de campo (una vez instalado el sistema de césped artificial). Muchos campos de fútbol implantan sistemas de césped artificial que ya han sido testados previamente en el laboratorio y que poseen esta primera certificación, y solamente deben ensayar las pruebas de campo.

Mientras que en la Norma UNE-EN se realizan 6 ensayos “in situ”, en los test de campo en FIFA Football Turf se realizan estos mismos ensayos más otras 3 pruebas de interacción entre superficie y balón/jugador, en total 9 pruebas de campo. No obstante, debido a la corta experiencia en la certificación del césped artificial, ha provocado que se sucedan constantemente cambios en las normativas. FIFA ha cambiado en tan sólo cuatro años, tres veces los requerimientos en las pruebas de ensayo, publicando nuevas innovaciones en sus versiones del Manual de Requisitos para el Césped Artificial FIFA (*FIFA Quality Concept - Handbook of Requirements for Football Turf*) en febrero de 2005, enero de 2008, y en la actual versión de mayo de 2009.

En las pruebas de campo entre superficie/balón, a los test de Rebote vertical y Rodadura del balón, se le une la prueba de Rebote angular del balón (aunque la versión de mayo de 2009 la elimina para FIFA 1 estrella), en la que el balón será lanzado a través de un cañón, con un ángulo de 15° con respecto a la horizontal, calculándose la diferencia porcentual de velocidad del balón entre los dos periodos, antes y después del bote.

En cuanto a los test de superficie/jugador, a los tres anteriores se les une la prueba de Resistencia al deslizamiento lineal, con la simulación del deslizamiento de un péndulo cuya superficie está formada por tacos deportivos y que se desliza por el césped artificial, y la prueba de Resistencia a la abrasión de la piel, en la que se calcula la fricción de una capa de silicona (representativa de la piel humana), sobre un útil de ensayo rotacional que comprobará la coeficiente de fricción con la superficie. Ambas pruebas no son realizadas para FIFA 1 estrella, según la versión de mayo de 2009.

No obstante, las posiciones de ensayo entre ambas normativas también son distintas, ya que mientras la Norma UNE-EN plantea 5 posiciones en todo el campo de ensayo como mostraba en el anterior apartado, el manual FIFA Football Turf establece 6 posiciones diferentes de ensayo, para todas sus pruebas (Figura 2.6).

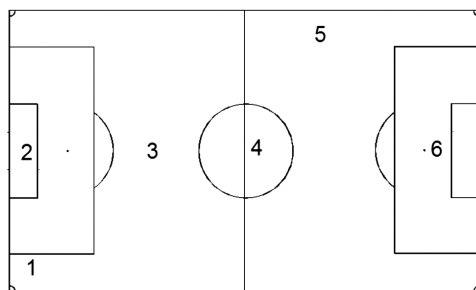


Figura 2.6. Zonas de ensayo en el campo de fútbol según el manual FIFA Football Turf.

2.3.4. Requisitos de los campos de fútbol de césped artificial según las Normas Internacionales.

Tal y como sucedía en las pruebas de campo a realizar y en las posiciones de las zonas de ensayo, también existen diferencias en cuanto a los requerimientos de la superficie de césped artificial para lograr la aptitud, según las diferentes normas internacionales (Tabla 2.6). Los parámetros de la Norma UNE-EN 15330-1:2007 son en algunos casos, más permisivos que las categorías FIFA Football Turf.

Tabla 2.6. Especificaciones para campos de fútbol de césped artificial por las normas internacionales en test de campo.

PRUEBAS DE CAMPO	REQUERIMIENTOS		
	UNE-EN 15330-1:2007	FIFA 1 estrella	FIFA 2 estrellas
REBOTE VERTICAL DEL BALÓN	0,60 m. - 1,01 m. ¹	0,60 m. - 1 m.	0,60 m. - 0,85 m.
RODADURA DEL BALÓN	4 m. - 10 m.	Inicial ² : 4 m. - 10 m.	Inicial ² : 4 m. - 8 m.
		Re-test ³ : 4 m. - 12 m.	Re-test ³ : 4 m. - 10 m.
ABSORCIÓN DE IMPACTOS	55% - 70%	55% - 70%	60% - 70%
DEFORMACIÓN VERTICAL	4 mm. - 10 mm.	4 mm. - 9 mm.	4 mm. - 8 mm.
RESISTENCIA ROTACIONAL	25 Nm. - 50 Nm.	25 Nm. - 50 Nm.	30 Nm. - 45 Nm.
REGULARIDAD DE LA SUPERFICIE	< 10 mm.	< 10 mm.	< 10 mm.
REBOTE ANGULAR DEL BALÓN		seco 45%-70%	Seco: 45%-60%
		mojado 45%-80%	Mojado: 45%-80%
RESISTENCIA AL DESLIZAMIENTO LINEAR		3 g. - 6 g.	3 g. - 5,5 g.
RESISTENCIA A LA ABRASIÓN DE LA PIEL		120 - 220	130 - 210

¹ Según la Norma UNE-EN 15330-1:2007, la altura del rebote del balón será un porcentaje del valor en hormigón entre 45% y 75%. Puesto que la expresión del resultado en porcentaje es difícil de visualizar en rebote real, los requisitos son convertidos en alturas absolutas, con un rebote del balón en hormigón de 1,35 m. al igual que en el test FIFA Football Turf.

² Según el Manual de Requisitos del Césped Artificial FIFA de mayo de 2009, se considerarán los parámetros de la rodadura de balón *Inicial*, cuando el campo sea testado en los primeros 12 meses desde su inauguración.

³ Según el Manual de Requisitos del Césped Artificial FIFA de mayo de 2009, se considerarán los parámetros de la rodadura de balón *Re-test*, cuando el campo sea testado posteriormente a los primeros 12 meses desde su inauguración, así como en sucesivos ensayos de campo FIFA.

2.3.5. Marca de Calidad de la Real Federación Española de Fútbol.



Figura 2.7. Certificados de acreditación Nivel 1 (izquierda) y Nivel 2 (derecha) de un campo de fútbol de césped artificial por la Marca de Calidad de la RFEF.

En la temporada 2005-06 la RFEF dictó la circular N° 69 que fijaba los criterios de homologación de los campos de césped artificial. El objetivo de esta homologación es asegurar las condiciones de seguridad y espectacularidad del juego en los campos de fútbol de césped artificial, tanto a nivel amateur, como a nivel semi-profesional (2ª División “B” y 3ª División).

El IBV será a partir de la temporada 2009-10, el organismo gestor de la RFEF encargado de la evaluación de los campos de césped artificial que vayan a albergar competiciones federativas en las distintas categorías controladas por la RFEF, así como en aquellas federaciones autonómicas que suscriban el presente convenio.

Existen 2 niveles de acreditación (Figura 2.7), en función del nivel de calidad que presente el campo. Los campos homologados con Nivel 2 tendrán un nivel de calidad superior que los de Nivel 1 (Tabla 2.7), que será el mínimo exigido por la RFEF para la disputa de partidos en competición autonómica.

Tabla 2.7. Requerimientos de los ensayos según nivel de certificación.

PROPIEDAD	MÉTODO DE ENSAYO	REQUERIMIENTOS	
		NIVEL 1	NIVEL 2
Reducción de fuerzas (%)	UNE-EN 14808	45 – 70	55 – 70
Deformación vertical (mm)	UNE-EN 14809	3 – 10	4 – 10
Tracción rotacional (N·m)	UNE-EN 15301-1	25 – 55	25 – 50
Bote vertical de balón (m)	UNE-EN 12235	0.608 – 1.212	0.608 – 1.012
Rodadura de balón (m)	UNE-EN 12234	4 – 13	4 – 10

En la Figura 2.8 se muestra el proceso a seguir por una Administración o propietario para solicitar a la RFEF las pruebas necesarias para obtener la homologación correspondiente en su campo de fútbol de césped artificial ya instalado:

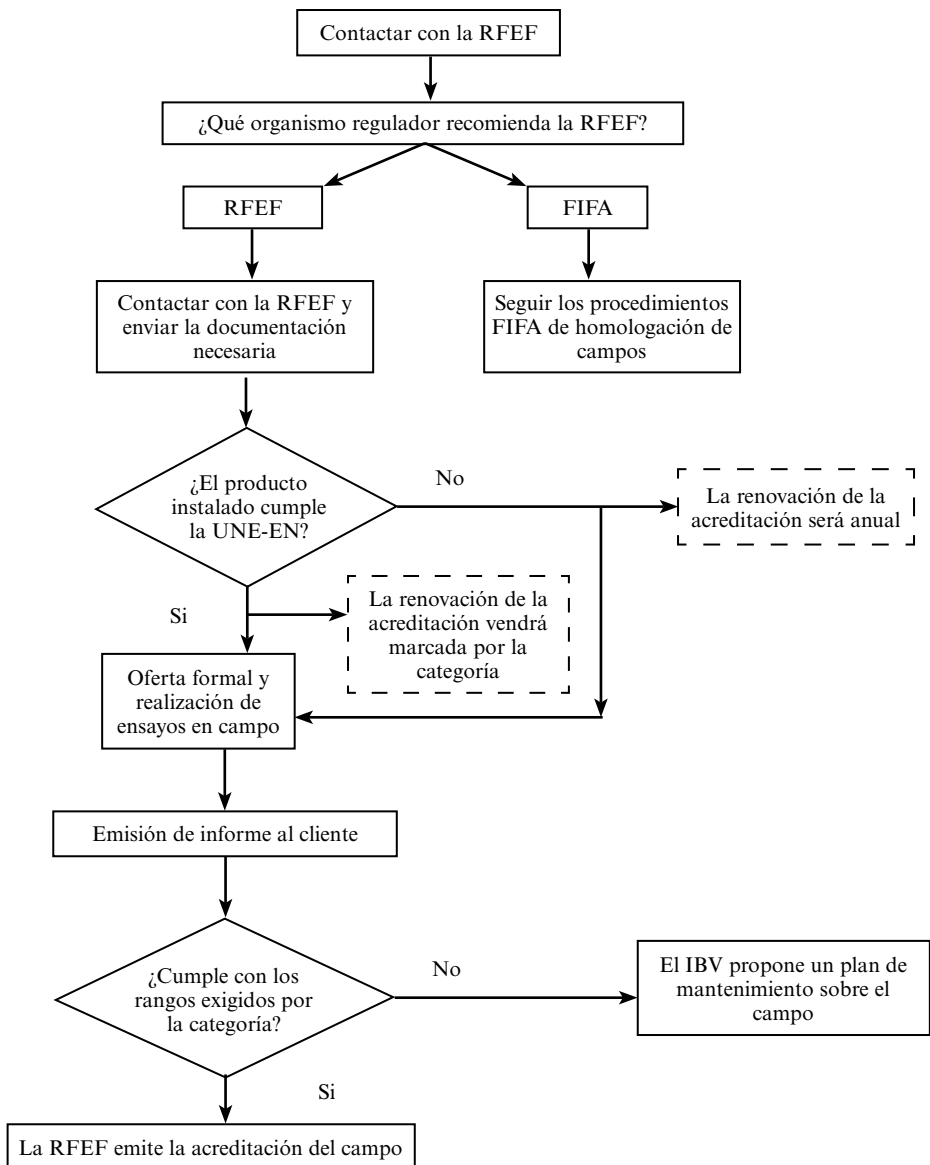


Figura 2.8. Mapa conceptual sobre pasos a seguir para lograr la certificación RFEF en un campo de fútbol de césped artificial ya instalado.

No obstante, si se instala un campo de césped artificial nuevo, el sistema de césped artificial tiene que haber superado todos los ensayos de la norma UNE-EN 15330-1 como se explica en la Figura 2.9. Sin este requisito, no se podrá homologar según la marca de calidad RFEF:

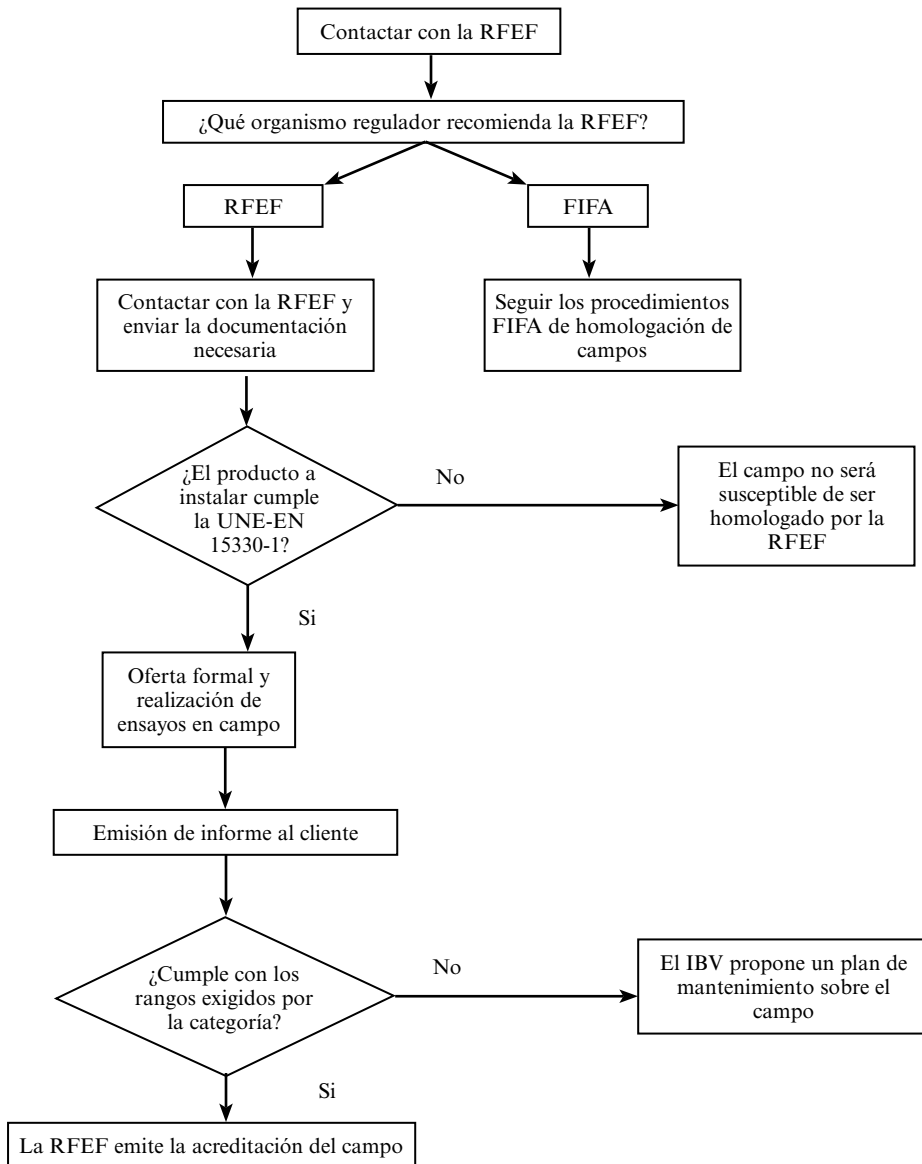


Figura 2.9. Mapa conceptual sobre pasos a seguir para lograr la certificación RFEF en un campo de fútbol de césped artificial de nueva instalación.

La acreditación de la correspondiente certificación de calidad de césped artificial RFEF, no tiene un coste elevado. Además de lo especificado anteriormente, para obtenerse la certificación de un campo se deberán cumplir las especificaciones propias de las Reglas del Juego. Las certificaciones deberán solicitarse antes de la finalización de la temporada vigente con el fin de realizar los trámites pertinentes, obtener la acreditación y que tenga vigencia antes del inicio de la temporada siguiente.

Las empresas instaladoras, deberán garantizar que los productos instalados se han fabricado siguiendo un control de producción en fábrica acorde al Anexo D de la norma UNE-EN 14904:2006. Además se responsabilizará de la calidad del producto final, tanto del material instalado como del proceso de instalación.

2.4. ¿CÓMO SE HA DE MANTENER EL CAMPO? EL MANTENIMIENTO DEL CÉSPED ARTIFICIAL.

Realmente, una de las principales razones por las que el número de instalaciones de superficie sintética ha aumentado tanto en los últimos años es el menor mantenimiento que precisa respecto a su homólogo natural. No obstante, tal y como advierten Gallardo et al. (2007:17), *“El mantenimiento del césped artificial no es un lujo, sino una necesidad”*.

Es obvio que no puede instalarse y abandonar el espacio deportivo como se ha estado realizando en las primeras instalaciones de césped artificial, fruto de la desinformación de los responsables deportivos. El mantenimiento de una superficie artificial es distinto, pero igual de importante que el cuidado que necesita el césped natural. La durabilidad de un campo de césped artificial, se reducirá significativamente por la falta de mantenimiento, por lo que irá en detrimento de la inversión realizada en el campo (ESTO, 2008; FIFA, 2007c; Green Floor y Moure, 2004). Según la FIFA (2007c), el cuidado regular de un césped artificial es fundamental por varias razones. Principalmente porque ayuda a mantener:

- La estética.
- La seguridad.
- La calidad de juego.
- La durabilidad.

Para Sánchez (2007) las causas del deterioro del césped artificial pueden ser externas (materiales de desecho, materiales contaminantes medioambientales, etc.) o del propio material (tratamiento inadecuado de las juntas, pérdida de pelo, compactación, etc.). Los organismos internacionales gestores de cada deporte, como la FIFA, son conscientes de que el césped artificial debe poseer las cualidades necesarias para poder disputar partidos en cualquier momento.

Si un campo no recibe el mantenimiento apropiado, perderá sus cualidades de juego a largo plazo. Si esto sucede, el balón rodará sobre la superficie mas rápido, de forma desigual y su rebote podría cambiar en cada lugar del terreno. Los jugadores no se sentirían cómodos corriendo sobre esta superficie y se frustrarían por no poder controlar un balón cuyo rebote o trayectoria es impredecible.

ble. Uno de los primeros síntomas de deterioro es que el pelo de césped artificial empieza a perder su verticalidad (estando tumbado horizontalmente) y existe una alta desfibrilación del tejido (pérdida y/o rotura de pelo), por lo que el caucho se hace más visible.

A medida que el campo va siendo utilizado, el caucho se compacta y cada vez la longitud de pelo libre es mayor, lo que provoca una mayor zona de interacción entre la fibra y el calzado de tacos de los jugadores, acelerando el desgaste de la misma. A medida que se va perdiendo fibra, se debe ir reduciendo la capa de caucho con el fin de que la longitud de fibra que sobresale del caucho sea la adecuada para darle una apariencia al campo lo más parecida posible a la hierba natural posible (Figura 2.10).

La función de la capa de caucho es actuar como amortiguador de los impactos que se producen tanto al correr como al saltar o caer. Debido a que el desgaste de la fibra conlleva la disminución del espesor de la capa de caucho, llegará un momento en que dicha capa no cumplirá su función; es ese el momento en que el pavimento llega al final de su vida útil (Rosa et al., 2006).

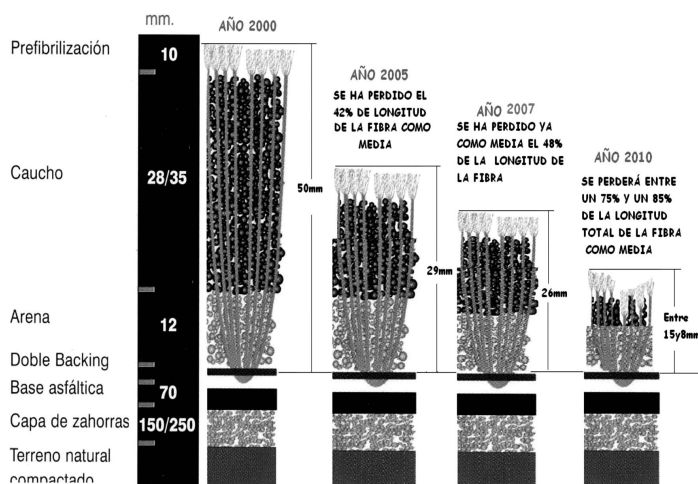


Figura 2.10. Pérdida de longitud de fibra por el uso (Franco, 2008).

• Degradación material:

Sin un adecuado mantenimiento específico el material sufre una degradación clara, ya que el material se compacta y se tumba, eso provoca que las posibilidades reales de degradación aumenten, ya que los agentes atmosféricos, sol, agua viento etc., multiplican claramente su actuación sobre el material.

Un campo de fútbol con un correcto mantenimiento debe sobrepasar los quince años de vida, lo que significa unas 55.000 horas útiles. Hemos conocido campos con 6 años ya impracticables, que no han pasado de 18.000 horas de vida útil. Está claro que proteger la inversión con un mantenimiento específico nos lleva a triplicar su vida útil.

Aumentar esa vida útil es relativamente fácil con un mantenimiento especializado. El césped artificial tiene cuatro elementos básicos en su estructura, a estos cuatro les debemos proteger de los agentes atmosféricos, de los jugadores y de los elementos ajenos. Estos agentes actúan sobre las cuatro partes principales en las que podríamos dividir el césped artificial. (Backing, fibra, carga y soporte elástico).

- Tipos degradación del césped.

❖ *Rotura de la manta.*

La manta se puede romper por tres circunstancias:

- Esfuerzos: Ya sean constante o puntuales excesivos.
- Por presencia de elementos vegetales que con humedad enraízan y desgarran el Backing.
- Por la propia dilatación del material en las juntas.
- Para evitar este tipo de roturas se debe cuanto antes, por pequeña que sea la rotura, reparar el defecto de estas zonas deterioradas. Un pequeño desgarrar por un esfuerzo puntual, o por una pequeña dilatación puede convertirse en un grave problema, ya que se llega a dañar la sub base o una amplia zona del terreno.

❖ *Compactación de la carga y de la base elástica.*

- La carga y la base elástica están formadas por material, en pequeñas partículas, que se caracteriza por tener un composición que determina unas características de agarre de desplazamiento, de técnica, de drenaje, de elasticidad.
- Los diferentes efectos externos como la polución, viento o agua, o los intrínsecos de las características del uso, los jugadores arrastran en sus botas provocan que los materiales se mezclen y creen un conglomerado que no ayuda a mantener las características propias de este material. Los propios elementos orgánicos vegetales pasan a formar parte de este conglomerado.
- Nuestra experiencia en el mantenimiento de este tipo de superficies nos ha enseñado que en el relleno utilizado para estas cargas se ha convertido, sin un mantenimiento específico, en un conglomerado de caucho, arena y restos, este conglomerado semisólido ha dejado de tener las propiedades características de esta carga y base, por lo que se han originado lesiones y el campo se ha degradado prematuramente.

❖ *Pérdida del material elástico y de la carga.*

Evidentemente por los agentes externos las características intrínsecas del relleno se van perdiendo, por agentes parecidos a los que provocan la erosión, el relleno se pierde, el relleno se aglomera en una zonas del campo, y se pierde en otras, etc. Estas mermas producen que el césped pierda todas sus características deportivas, y conlleva además a una mayor exposición de la fibra y del backing, lo que aumenta proporcionalmente la degradación.

❖ *Tendido de la fibra.*

La fibra de polipropileno es vertical en origen, pero por diferentes agentes (paso del tiempo, el uso, los agentes atmosféricos....) terminan por tumbar la fibra.

La fibra tumbada provoca que el rozamiento varíe, ya no va a ser de abajo a arriba sobre el pelo, ahora el rozamiento se realizaría en la parte central del tallo, esto provoca que las fibras se rompan por la mitad (provocado por el rozamiento o por el roce entre fibras), en vez de degradarse sólo su zona superior, se produce entonces una degradación exponencialmente superior. La fibra partida queda encima de la siguiente, por lo que el proceso se multiplica.

Esta degradación característica es la que hasta ahora hemos conocido, se suelen simultanear en el tiempo, ya que son “enfermedades” que se complementan unas a otras, y acaban destruyendo el campo. La pérdida de relleno, provoca la compactación, disminuye el volumen, aumenta el riesgo de exposición de la fibra y del backing, a su vez mayor tendido, todo nos lleva a la pérdida de las propiedades deportivas (rozamiento, agarre y elasticidad) y termina destruyendo el campo (Figura 2.11).



Figura 2.11. Rotura de una junta del césped artificial (izquierda) y exceso de desfibrilación del terreno (derecha)

• Degradación de otros elementos.

❖ *Defectos en riegos y en drenajes:*

- El que los riegos estén estropeados provoca que los aspersores rieguen unas zonas en exceso, otras en defecto, provocan un movimiento de aguas o un encharcamiento que aceleran los procesos erosivos.
- Los riegos en mal estado son agentes aceleradores de las enfermedades descritas, en cambio bien utilizados aumentan las propiedades deportivas tanto al momento como en el espacio de tiempo y el proceso de vida, alargan la vida de la fibra en un 40 por ciento.
- Un drenaje sucio o indebidamente utilizado provoca que se acumule cantidad de restos orgánicos, lo que aumenta las posibilidades de degradación.

❖ *Defectos en el subsuelo: en la base asfáltica.*

- La base si está mal construida hace que enraícen plantas, se producen movimientos subterráneos que des-homogeneizan el terreno de juego, etc.
- Los defectos del sub-suelo son de difícil arreglo, ya que hay que desmontar parte de la manta y de la capa asfáltica.

• *Pérdida de la capacidad deportiva.*

Este es un proceso inevitable con el paso del tiempo, pero evidentemente un mantenimiento específico, profesional y especializado evita que el mismo tenga un crecimiento exponencial. La experiencia nos ha llevado a evitar la degradación media en muchas horas de uso, prácticamente hemos conseguido aumentar con un mantenimiento adecuado las horas de uso en un 25 por ciento. Al disminuir las propiedades físicas del material se produce una pérdida de las capacidades físicas del propio material. Esto provoca que desaparezcan la elasticidad y la capacidad intrínseca del césped de absorber los impactos.

Se pierde exponencialmente el coeficiente de rozamiento, esto modifica claramente dos interacciones. La del balón en el terreno de juego, y claro está la del propio jugador. Una alta degradación varía el bote y la manera de rodar del esférico, pero lo que es más grave, aumenta el riesgo de lesiones.

2.4.1. Mantenimiento Especializado.

Un mantenimiento adecuado (descompactación del material de relleno, cepillado de la fibra, reorganización o reposición del relleno, etc.) propicia que, en primer lugar la longitud de fibra que es pisada por los jugadores sea menor (por lo que se retrasa el desgaste) y en segundo lugar se mantengan las propiedades mecánicas del pavimento de forma que se pueda garantizar la seguridad de los jugadores.

Hasta ahora los responsables de mantenimiento de los campos de césped artificial no contaban con unas directrices claras que les marquen cuándo deben llevar a cabo las operaciones de mantenimiento y cuáles son las más adecuadas, puesto que en distintos estudios demostraron que el efecto de dichas operaciones es diferente dependiendo de la estructura del pavimento de césped artificial (Rosa et al., 2006).

Hay dos tipos de mantenimiento, el preventivo y el específico o especial. Siguiendo a distintos autores (Ayuntamiento de Valencia, 2007; Campaña, 2007; FIFA, 2007c; Franco, 2008; Manserco, 2008), para el mantenimiento de un campo de césped artificial de 3ª generación, consistirá básicamente en las siguientes operaciones:

Mantenimiento preventivo:

- Inspección. Es imprescindible inspeccionar diariamente el terreno, para detectar cualquier anomalía, como pueden ser pequeñas roturas, zonas despegadas, etc. Así como también a otros elementos como botes de bebida, comida, colillas, chicles, etc.
- Limpieza del campo a diario (3-4 días) dependiendo del uso y se puede hacer manualmente o con maquinaria. La limpieza rutinaria será de hojas, restos de fibra, cáscaras de pipas, tiritas, papeles, etc.
- Reparación de pequeños desperfectos.
- Cepillado de la superficie para mantener vertical el césped. Al igual que sucede con la carga, las fibras del césped artificial debido al uso se van agachando y apelmazando, esto genera una pérdida de elasticidad, una disminución del rozamiento superficial que hace que el balón o la pelota ruede o bote más rápido y un envejecimiento prematuro de la propia fibra que al estar mas en contacto con la arena se desfibrila con mas rapidez. Para evitar esta situación perjudicial se recomienda cepillar las fibras para mantenerlas verticales. Esta operación, además esta dedicada a redistribuir la carga que con el uso se va acumulando en unas zonas más que en otras. El cepillado se suele realizar con un cepillo especial para campos de fútbol de césped artificial, que contiene unas cerdas que no dañan la fibra y que redistribuyen bien la carga.
- Riego. Para muchos autores el riego es necesario solamente si se va a hacer uso de la superficie, antes de la práctica deportiva, para limpiar la



superficie, humedecerla para el juego y reducir su temperatura. Mientras la superficie no se utilice, no tiene por qué realizarse esta operación.

Figura 2.12. Exceso de contaminación en la superficie.

Mantenimiento específico o especial (se hará 1 ó 2 vez al año):

- Descompactación y aireación del relleno. Se hará utilizando una maquinaria específica que tratará el relleno, caucho y arena, aireándolo y evitando su compactación.

- Redistribución del relleno. Se inspeccionará toda la superficie del campo para localizar las zonas con exceso o falta de rellenos.
- Aporte de relleno y material elástico. Se aportará el material necesario para el uso correcto del campo.
- Conservación y reparación del césped (encolado de juntas, etc.).

Baron (2010) presenta las tareas de mantenimiento, según su periodicidad y en función de la importancia de cada una de ellas (Tabla 2.8.):

	Tarea (Preventivo)	Periodicidad idónea	Nivel de importancia (1 a 5)
1	Limpieza de bandas de objetos y basura	Semanal (En función del uso)	5
2	Inspección de juntas del césped y líneas de marcaje	Mensual (En función del uso)	4
3	Test de verificación de niveles de relleno	Cuatrimstral (En función del uso)	3
4	Limpieza de las canaletas de drenaje y chequeo de arquetas	Trimestral (En función del uso)	3
5	Cepillado general de la superficie de juego	Semanal/quincenal (En función del uso)	5
6	Descompactación del relleno de granulado de caucho u orgánico (control de juntas y puntos de penalti)	Semestral (En función del uso)	5
7	Limpieza de la superficie y el relleno y retirada de elementos contaminantes del sistema mediante aspirado	Trimestral (En función del uso)	5
8	Distribución mecánica del granulado de caucho, longitudinal y transversalmente	Trimestral (En función del uso)	5
9	Desinfección de la red de riego	Anual (En función del uso)	2
	Tarea (Mantenimiento Correctivo)	Periodicidad	Nivel de importancia (1 a 5)
10	Aplicación de herbicida biodegradable	Anual en caso de que se detecte aparición de hierbas	4
11	Recebado del campo	Cuando el campo tenga más de 1,5 cm de fibra al descubierto.	5
12	Reparación de juntas	Cuando se aprecie rotura pequeña	5

Tabla 2.8. Frecuencia de tareas de mantenimiento (Barón, 2010).

Referente a las tareas especiales, la ESTO (2008), asegura que deben de ser llevadas a cabo por empresas especializadas en el mantenimiento de estas superficies, puesto que cuentan con las herramientas y el equipo más adecuado. Por tanto, el mantenimiento del césped artificial aporta beneficios interesantes a la organización deportiva y a sus usuarios:

- Alarga la vida útil del campo. Sin un adecuado mantenimiento específico, el material sufre una alta degradación, se compacta y se tumba.
- Abarata los costes de reposición, como los del caucho.

- Aumenta la higiene de los campos, ya que además de la limpieza puede tratarse con productos fitosanitarios evitando hongos y problemas sanitarios.
- Mejora la calidad de juego.
- Abarata los costes de agua al estar en mejor estado (menos compactación, máxima absorción de agua).
- Reduce el número de lesiones, manteniendo unas mejores condiciones de seguridad del campo.

2.5. ¿QUÉ HACER CON EL CÉSPED ARTIFICIAL CUANDO SE ACABA SU VIDA ÚTIL? LA RENOVACIÓN Y RECICLAJE DEL CÉSPED ARTIFICIAL.

Según la clasificación dada por el **Catálogo Europeo de Residuos, Orden MAM/304/2002**, ninguno de los componentes del césped artificial está considerado como residuo peligroso (a menos que haya sido expuesto a elementos tóxicos o haya sufrido un vertido de materiales clasificados como peligrosos).

Para el reciclaje del césped artificial y sus componentes hay que tener en cuenta la **Ley 10/1998**, de 21 de abril, de Residuos, que tiene por objeto prevenir la producción de residuos, establecer el régimen jurídico de su producción y gestión y fomentar, por este orden, su reducción, su reutilización, reciclado y otras formas de valorización, así como regular los suelos contaminados, con la finalidad de proteger el medio ambiente y la salud de las personas. También hay que tener en cuenta la normativa u ordenanza municipal de la zona dónde se vaya a proceder a la renovación y reciclado del césped artificial.

Los componentes principales que forman parte del césped artificial consisten en:

- Un material soporte de poliéster recubierto de látex o silicona (backing).
- Unas fibras que formarán las hojas de césped hechas de polipropileno o polietileno.
- Un sistema de acolchado formado por compuestos de caucho y arena de sílice. En algunos casos el caucho procede de procesos de reciclado de neumáticos fuera de uso.
- Por último se utiliza un sistema de anclaje formado por adhesivos y tejidos sintéticos específicos.

En el año 2006 la Unión Europea publicó la nueva Directiva Marco 12/2006 relativa a los residuos que sustituye a todas las anteriores y viene a implantar una nueva filosofía en la gestión de los residuos, sean del tipo que sean.

La nueva Directiva Marco, aún no traspuesta al derecho español, está enfocada a la prevención, no sólo corrección y toma conciencia del ciclo de vida del producto, asegurando el retorno del residuo y elevando el uso del producto reciclado mediante la valorización. Estas medidas se aplican a las sustancias u objetos de los que se desprenda su poseedor o tenga la obligación de desprenderse debiendo quedar prohibido el abandono, vertido y eliminación incontrolada de residuos y, por otro lado, fomentando la prevención, el reciclado y la transforma-

ción de los residuos para poder ser utilizados. Se deberá establecer la obligación a los poseedores de residuos de entregarlos a recolectores públicos o privados o a una empresa de gestión. Normalmente, el coste de la eliminación de los residuos recaerá en el poseedor que los remita a un recolector o a una empresa, así como en los anteriores poseedores o en el fabricante del producto generador de los residuos, en virtud del principio de que “quien contamina, paga”.

La correcta gestión de los residuos debe seguir las siguientes pautas en orden jerárquico:

- 1. Reducción en origen.** Reducir o rehacer los productos que le entregan con más empaques del que realmente se necesitan. Elegir empaques y productos elaborados con materiales reciclados o reciclables. A menor cantidad de materiales consumidos, menor cantidad de residuos a disponer.
- 2. Reutilización.** Es dar un uso diferente a un bien al que inicialmente tenía.
- 3. Reciclaje.** Es el proceso mediante el cual se transforman los residuos sólidos recuperados en materia prima para la elaboración de nuevos productos.
- 4. Otros métodos de valorización** (incineración, valorización energética.)
La incineración consiste en la oxidación total de los residuos en exceso de aire y a temperaturas superiores a 850°C según la normativa europea. Se realiza en hornos apropiados con aprovechamiento o no de la energía producida en cuyo caso se habla de valorización energética.
La valorización energética de los residuos consiste en la obtención de energía a partir de su combustión. El poder calorífico de los residuos es variable, en el caso de los plásticos hidrocarbonados se estima que es comparable a la de los derivados del petróleo con algunas ventajas medioambientales, como la de no generar óxidos de azufre, causantes de la lluvia ácida. Sin embargo la combustión de PVC genera un 50% de energía que los anteriores.
- 5. Vertedero controlado** (cuando no es posible ninguna otra opción). Una vez realizados todos los tratamientos anteriores todavía persiste una fracción de los residuos denominada rechazo, que no se ha podido reciclar o valorizar y cuyo destino final es el vertedero controlado.

Un vertedero se considera sanitariamente controlado cuando se toman las medidas necesarias para evitar que resulte nocivo, molesto o cause deterioro al medio ambiente.

2.5.1. Beneficios del reciclaje.

1. Ambientales.

- Disminución de la explotación de los recursos naturales.

- Disminución de la cantidad de residuos que generen un impacto ambiental negativo al no descomponerse fácilmente.
- Reduce la necesidad de los rellenos sanitarios y la incineración.
- Disminuye las emisiones de gases de invernadero.
- Ayuda a sostener el ambiente para generaciones futuras.

2. Beneficios Sociales.

- Alternativa de generación de empleo.
- Crea una cultura social.
- Genera nuevos recursos para instituciones de beneficio social.

3. Beneficios Económicos.

- El material reciclable se puede comercializar, con esto las empresas obtienen materia prima de excelente calidad, a menor costo y además de un alto ahorro de energía.

2.5.2. ¿Cual es nuestra contribución como ciudadanos al reciclaje y al mejoramiento del medio ambiente?

Nosotros como ciudadanos, como habitantes del planeta Tierra, podemos contribuir de muchas maneras, entre ellas tenemos:

- Haciendo una sensibilización ecológica.
- Realizando la separación en la fuente (reciclable, no reciclable).
- Comprando productos fabricados con material reciclable o reciclado.
- Sacando los residuos sólidos debidamente separados el día de la recolección.
- No dejando basuras o residuos en la calle.
- Colocando mis residuos frente a mí residencia o negocio, en bolsas bien cerradas.
- Cuidando las zonas verdes y manteniéndolas libres de escombros y residuos.

2.5.2.1. Soluciones de reciclado de césped artificial.

Con los datos expuestos ha quedado claro que realizar una correcta gestión de todos los residuos que se generan en una actividad, no solo es una necesidad, sino una obligación legal.

Por tanto la correcta forma de actuación, como productor de residuos, es la de entregárselo a un gestor intermedio autorizado por la Comunidad Autónoma y este a su vez lo envía a un gestor final o también directamente con el gestor final. Todo este proceso debe estar controlado por los documentos de control y justificantes de entrega que se realizan a la Comunidad Autónoma (que no es obligatorio para residuos no peligrosos, pero con el césped lo hacemos).

Las viejas superficies de césped artificial que en un momento dado sean cambiadas presentan el inconveniente de su excesivo peso, ya que generalmente se encuentran cargadas de arena de sílice y caucho. Esto se puede solucionar mediante un proceso de cortado en piezas pequeñas y la extracción del relleno por medios mecánicos. Así los “retales” generados se podrán reutilizar en otros lugares para paisajismo o enviar a un gestor de plásticos usados para su reciclaje, como se ha comentado anteriormente.

El relleno de arena de sílice, se puede filtrar y secar para poder ser reutilizado en la nueva instalación, reduciendo no sólo los costes sino también materias primas.

El reciclaje del caucho puede volver a ser utilizado para otros campos de césped artificial, una vez filtrado de impurezas y separado de la arena y siempre y cuando esté en óptimas condiciones para estar a la intemperie. Otra finalidad del caucho es reutilizarlo para mezcla bituminosa para la fabricación de asfalto, aislante acústico y anti vibratorio en viviendas, pavimentos de parques infantiles o alcorques para árboles.

En los últimos años han ido surgiendo diferentes polémicas sobre el poder contaminante de este material y si por tanto debería considerarse un residuo peligroso, pero la realidad es que ni los estudios realizados por la Agencia Ambiental Norteamericana (EPA) ni los realizados por las entidades europeas (EEDEMS, ALIAPUR) han encontrado ningún indicio de riesgo ambiental en estos productos.

Los céspedes artificiales principalmente contienen fibras de polipropileno ó polietileno, permiten un buen nivel de reciclaje dirigido a la elaboración de productos con especificaciones técnicas altas (mobiliario urbano, vallas, etc.).

Los procesos de reciclaje no son infinitos (ya que cada vez se producen alteraciones moleculares en el plástico y se van acumulando más impurezas difíciles de separar que van invalidando el producto para otros usos). También surgen dificultades económicas en el proceso (mayores costes de recuperación, clasificación, trituración, lavado, secado, separación por densidad y extrusión). Por esta razón, hay un gran porcentaje que se llevan a un vertederos controlados sin darles ninguna utilidad, ya que consideramos que pueden ser reutilizables o reciclados.

El polipropileno es uno de esos polímeros versátiles que tienen una gran resistencia mecánica, elevada flexibilidad, excelente resistencia a la intemperie (rayos ultravioleta y a los agentes químicos) y no afecta al medio ambiente por su ausencia de productos químicos y adhesivos. Es un producto inerte, totalmente reciclable. Sólo hay que asegurarse que el residuo se entrega a un gestor de plásticos debidamente autorizado (la lista de entidades gestoras autorizadas es información pública y normalmente se encuentran listados en las páginas Web de las Comunidades Autónomas).

El backing (la alfombra), debido a los materiales que lo componen, es muy complicado su reciclaje, además se le suma el alto coste de separación. Este material normalmente acaba en vertederos controlados o bien en valorización energética para producir energía (Gallardo, 2009).

2.5.2.2. Campos de césped artificial más sostenibles. Proyecto Europeo Ecoturf

ECOTURF es un proyecto europeo cofinanciado por la Comisión Europea a través del programa Eco Innovación. Además del IBV, forman parte del consorcio RECIPNEU (Portugal), ISA Sport (Holanda) y ACTECO, Poligras y la Fundación Comunidad Valenciana Región Europea (España) (www.ecoturf.es).

Esta investigación tiene dos objetivos principales. En primer lugar, tratar de alargar el tiempo de vida de los campos deportivos de césped artificial para retrasar al máximo el momento de retirada de la superficie y conseguir que el terreno de juego esté en las mejores condiciones posibles a lo largo de su vida útil. En segundo lugar, Ecoturf busca dar una solución eficiente al problema que se produce cuando un campo llega al final de su vida útil. Para que sean más sostenibles, es posible la reutilización de algunos materiales en la instalación de un nuevo campo (por ejemplo, la arena), mientras que el resto se pueden reciclar.

Las inquietudes que promueven el desarrollo de este proyecto es el posible impacto medioambiental del retirado de dichos campos. Las cantidades de material se estiman en torno a 100 toneladas por campo, que actualmente son llevadas directamente a los vertederos.

Ecoturf pondrá en marcha un servicio de gestión integral del ciclo de vida del césped artificial basado en la optimización de las operaciones de mantenimiento y la reutilización de residuos tras la retirada de un campo, todo ello a través de sistemas eficientes tanto desde el punto de vista ecológico como económico. El proyecto llevará a cabo la adaptación del proceso actual de separación de materiales retirados, para que pueda realizarse in situ con equipos móviles de mantenimiento, permitiendo así su reutilización en nuevas instalaciones. Con este fin, se diseñará un nuevo prototipo de máquina para separar fibra, el caucho y la arena. Los beneficios medioambientales de este nuevo proceso incluyen la reutilización del caucho y demás materiales de relleno (arena), el reciclado de los materiales que componen la moqueta, una reducción del 80% del total de residuos que actualmente se llevan a los vertederos y el ahorro de 1.000 litros de combustible fósil por cada campo retirado. En definitiva, **Ecoturf** desarrollará técnicas para prolongar la vida útil del césped sintético a fin de reducir las toneladas de desechos que implica el recambio de estas superficies. El objetivo general es reducir el impacto medioambiental que el césped artificial provoca en el momento de su retirada. Con la aplicación de técnicas de recuperación y reciclaje, los materiales que componen el césped artificial no sólo pueden adquirir una “nueva vida” sino que también suponen un interesante valor económico. Así, por un lado, la arena de las superficies que han quedado obsoletas puede servir para la instalación de nuevos campos, mientras que el caucho se puede destinar a la fabricación de losetas de parques infantiles o para hacer carreteras y la fibra sintética puede reciclarse para obtener bolitas de polietileno, que al haber perdido propiedades por el uso, la exposición a rayos ultravioletas o a las condiciones meteorológicas, posiblemente no puede ser empleado para producir césped artificial deportivo, pero sí que sirve para elaborar el césped artificial decorativo u otros productos.

EPÍLOGO

Los pavimentos de hierba artificial constituyen una revolución en el ámbito del deporte y, en particular, en el mundo del fútbol desde múltiples perspectivas que van desde las posibilidades que brinda para mejorar su práctica, haciéndola más segura y eficiente, hasta las oportunidades que ofrece para hacerla más sostenible, evitando el consumo de recursos hídricos y favoreciendo la amortización de las inversiones que requiere. La velocidad con la que se han impuesto dichos pavimentos así lo atestigua.

Este texto ha sido concebido y desarrollado con la aspiración de ser un libro de referencia al servicio de todos los profesionales, asociaciones deportivas y empresas que trabajan en esta área, considerando el ciclo de vida completo de estos pavimentos, desde su diseño, fabricación e instalación, hasta su uso, mantenimiento y reciclado.

Es el resultado de la amplia labor de investigación y estudio que desarrollan en colaboración las entidades que lo han elaborado (la Real Federación Española de Fútbol, la Universidad de Castilla-La Mancha y el Instituto de Biomecánica de Valencia) y pretende, huyendo de planteamientos excesivamente académicos, hacer aprovechables los conocimientos actualmente disponibles para ordenar de una manera eminentemente práctica la información relacionada con los criterios de diseño, uso y mantenimiento de los pavimentos de hierba artificial utilizados en el fútbol que han sido extraídos de una amplia revisión documental no siempre accesible a los profesionales que intervienen en este sector.

Se trata de una monografía con la que aspiramos a hacer económica y socialmente útil el conocimiento científico y tecnológico que gira alrededor de los pavimentos de césped artificial y, por lo tanto, de la innovación, que es uno de los principales motores que mueve el deporte. Confiamos en haberlo logrado.

Pedro Vera
Director del Instituto de Biomecánica de Valencia

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Alcaide, F. (2006). *Nuevos planteamientos estratégicos en la gestión de las sociedades anónimas deportivas y clubes de fútbol: propuesta de un modelo de retribución*. Universidad Autónoma de Madrid, Madrid.
- Alcántara, E. (2007). Aspectos biomecánicos de los pavimentos deportivos de hierba natural y artificial, *I Curso de Experto Universitario en Gestión del Césped Deportivo Natural y Artificial*. Las Rozas: Fundación RFEF y UCLM.
- Andersson, H., Ekblom, B., & Krustup, P. (2008). Elite football on artificial turf versus natural grass: Movement patterns, technical standards, and player impressions. *Journal of Sports Sciences*, 26(2), 113-122.
- Ardá, A. (1998). *Análisis de los patrones de juego en fútbol 7. Estudio de las acciones ofensiva*. Tesis doctoral. Universidad de La Coruña, La Coruña.
- Ayuntamiento de Valencia. (2007). *Manual de mantenimiento de instalaciones deportivas*. Valencia: Fundación Deportiva Municipal.
- Barón, J. A. (2010). Plan de mantenimiento de césped artificial: Operaciones y periodicidad, *Mantenimiento integral de instalaciones deportivas: el césped artificial*. Umbrete: IAD.
- Barreales, L. (2007). Consideraciones generales sobre la contratación administrativa de instalaciones de césped artificial, evolución de estas superficies y compromiso con el medio ambiente, *I Curso de Experto Universitario en Gestión del Césped Deportivo Natural y Artificial*. Las Rozas: Fundación RFEF y UCLM.
- Boned, C. (2005). La excelencia en la gestión de entidades proveedoras de servicios de Actividad Física y Deporte. Los Modelos de Calidad Total, *II Master de Gestión de Entidades y Servicios Deportivos*. Madrid: Universidad Europea de Madrid.
- Bosco, C., Matteucci, E., & Locatelli, E. (1985). Pista dura, pista morbida, come cambia l'elasticità SDS. *Rivista di cultura sportiva*, 4, 54-59.
- Burillo, P. (2009). *Los campos de fútbol de césped artificial en Castilla-La Mancha. Hacia un modelo de seguridad, funcionalidad deportiva y satisfacción de los usuarios*. Departamento de didáctica de la expresión musical, plástica y corporal, Universidad de Castilla-La Mancha, Toledo.
- Campaña, J. (2007). Técnicas para la instalación de campos deportivos de césped artificial. Mantenimiento. Principales problemas y soluciones, *Mantenimiento de Instalaciones Deportivas: Piscinas y Césped Artificial*. Armilla: Instituto Andaluz del Deporte.
- Catón, J. (2008). Características y mantenimiento del césped artificial. Investigaciones relacionadas con las fibras del césped artificial, *II Curso de Experto Universitario en Gestión del Césped Deportivo Natural y Artificial*. Las Rozas: Fundación RFEF y UCLM.
- Claudio, L. (2008). Synthetic turf health debate takes root. *Environmental Health Perspectives*, 116(3), 116-122.
- Consejo Superior de Deportes. (2008). *Normas europeas en materia de deportes*. Madrid: Ministerio de Educación, Política Social y Deportes.

- Correal, J. (2008). Situación actual y perspectivas del césped artificial como superficie deportiva *II Curso de Experto Universitario en Gestión del Césped Deportivo Natural y Artificial*. Las Rozas: Fundación RFEF y UCLM.
- Crespo, J. (2003). Las responsabilidades de carácter extracontractual en las que incurrir técnicos y organizadores de eventos deportivos. *Revista de Biomecánica*, 40, 19-22.
- Chivers, I. (2008). Turfgrass sports surfaces and their relationship to player injuries. En J. C. Stier, L. Han & D. Li (Eds.), *Proceedings of the second international conference on turfgrass management and science for sports fields* (pp. 115-132). Beijing: International Society for Horticultural Science (ISHS).
- Dumlop, J. (2001). Wear and care: assessing the benefits of synthetic surfaces. *Stadia*, 8, 74-76.
- Durá, J. V., Gimeno, S., Zamora, T., & Martínez, A. (2004). Normalización de los equipamientos para el deporte. Seguridad y calidad en la gestión de instalaciones deportivas. *Ingeniería y Territorio*, 66, 52-59.
- Ekstrand, J., Timpka, T., & Hägglund, M. (2006). Risk of injury in elite football played on artificial turf versus natural grass: a prospective two-cohort study. *British Journal of Sports Medicine*, 40, 975-980.
- Escudero, J. M., & Palao, J. M. (2005). Incidencia de la modalidad de juego (fútbol 7 y fútbol 11) sobre la eficacia de las acciones de juego en categorías de formación (11-12 años). [Versión electrónica] *Lecturas: Educación Física y Deportes. Revista Digital*, 10(90), 1-10. Disponible en: <http://www.efdeportes.com/efd90/futbol.htm> [Fecha de consulta: 20/01/2009]
- FIFA. (2007a). FIFA U-17 Championship Peru 2005. *Turf Roots*, 1, 8-10.
- FIFA. (2007b). Finnair Stadium, Finland. *Turf Roots*, 1, 16-18.
- FIFA. (2007c). Mantenimiento de un campo artificial “Football Turf”. [Versión electrónica] Disponible en: www.fifa.com [Fecha de consulta: 18/10/2007]
- FIFA. (2007d). Psychology and Coach Education. *Turf Roots*, 2, 3-5.
- FIFA. (2007e). Stade de Suisse, BSC Young Boys. *Turf Roots*, 2, 24-25.
- FIFA. (2007f). Technical Analysis, FIFA U-20 World Cup Canada 2007. *Turf Roots*, 2, 37-42.
- FIFA. (2007g). TECHNICAL STUDY with ProZone. Red Bull Salzburg vs. Blackburn Rovers FC. *Turf Roots*, 1, 19-26.
- FIFA. (2007h). Win in Africa with Africa. *Turf Roots*, 2, 6-8.
- FIFA. (2007i). Woodley Sports Football Club. *Turf Roots*, 2, 16-21.
- FIFA. (2009a). *FIFA Quality Concept for Football Turf. Handbook of Requirements*. Zurich: Fédération Internationale de Football Association.
- FIFA. (2009b). *FIFA Quality Concept for Football Turf. Handbook of Test Methods*. Zurich: Fédération Internationale de Football Association.
- Franco, D. (2008). Mantenimiento y problemática de los campos de césped artificial, *II Curso de Experto Universitario en Gestión del Césped Deportivo Natural y Artificial*. Las Rozas: Fundación RFEF y UCLM.
- Ford, K. R., Manson, N. A., Evans, B. J., Myer, G. D., Gwin, R. C., Heidt Jr, R. S., et al. (2006). Comparison of in-shoe foot loading patterns on natural grass and synthetic turf. *Journal of Science and Medicine in Sport*, 9, 433-440.

- Foster, J. B. (2007). Newer artificial turf appears safer for soccer players. *Bio-Mechanics*, 14(9), 9-10.
- Gallardo, L. (2006). *Instalaciones Deportivas de la Comunidad Autónoma de Castilla-La Mancha. Censo Nacional de Instalaciones de Deportivas 2005*. Madrid: Consejo Superior de Deportes. Ministerio de Educación y Ciencia.
- Gallardo, L., Cabrera, J., & Dorado, A. (2009). *Los sistemas de contratación pública en el deporte : manual práctico para su aplicación*. Madrid: Opade. Círculo de Gestores Deportivos de Madrid.
- Gallardo, L., García Tascón, M., & Burillo, P. (2008). New sports management software: a needs analysis by a panel of Spanish experts. *International Journal of Information Management*, 8(4), 235-245.
- Gallardo, L., García Tascón, M., Gallardo, A., & Burillo, P. (2007). El césped artificial un valor en alza en las instalaciones deportivas. *Agua y Gestión*, 77, 13-18.
- Gallardo, A. (2009). *Análisis de la satisfacción de la práctica deportiva en los campos de fútbol de césped natural y artificial de la Región de Murcia, desde del punto de vista del gestor, entrenador y deportista*. Departamento de Ciencias de la Actividad Física y del Deporte. Universidad de San Antonio de Murcia. Murcia.
- Gallardo, A., Felipe J. L. Burillo, P., & Gallardo, L. (2010). Satisfacción de entrenadores y deportistas con los campos de fútbol. *Revista Cultura, Ciencia y Deporte*, 5, 189-199.
- Green Cross España. (2007). *Manual de Buenas Prácticas y métodos de educación y concienciación en el Desarrollo Sostenible a través del Deporte*. Madrid: Fundación Biodiversidad.
- Green Floor, S. L., & Moure, M. (2004). Análisis del sector del césped artificial. *Instalaciones deportivas XXI*, 128, 42-46.
- Haydu, J., Way, B., Hodges, A., Cisar, J. L., & Aldous, D. E. (2008). Economic challenges confronting New Zealand's sports turf industry. En J. C. Stier, L. Han & D. Li (Eds.), *Proceedings of the second international conference on turfgrass management and science for sports fields* (pp. 349-356). Beijing: International Society for Horticultural Science (ISHS).
- Landaberea, J. A. (2000). La responsabilidad derivada de la compra negligente de equipamientos deportivos que no respetan las normas y recomendaciones de seguridad. *Revista de Biomecánica*, 28, 18-21.
- Lawton, G. (2005). Pitch battle over artificial grass. *New Scientist*, 2502, 35-37.
- Lees, A., & Nolan, L. (1998). The biomechanics of soccer: a review. *Journal of Sports Sciences*, 16(3), 211-234.
- Lozano, V. (2004). Naturaleza artificial, un nuevo concepto de césped artificial. *Instalaciones Deportivas XXI*, 131, 66-67.
- Manserco. (2008). Mantenimiento de un campo de césped artificial, *II Curso de Experto Universitario en Gestión del Césped Deportivo Natural y Artificial*. Las Rozas: Fundación RFEF y UCLM.
- McAuliffe, K. W. (2008). The role of performance testing and standards in the sports turf industry: A case study approach. En J. C. Stier, L. Han & D. Li

- (Eds.), *Proceedings of the second international conference on turfgrass management and science for sports fields* (pp. 391-398). Beijing: International Society for Horticultural Science (ISHS).
- McMahon, T. A., & Greene, P. R. (1979). The influence of track compliance on running. *Journal of Biomechanics*, 12, 893-904.
 - McNitt, A. S., Petrunak, D., & Hardness, S. (2007). Evaluation of playing surface characteristics of various in-filled systems. *Evaluation*, 9, 20.
 - Meyers, M., & Barnhill, B. (2004). Incidence, causes, and severity of high school football injuries on FieldTurf vs. natural grass: A 5-year prospective study. *American Journal of Sports Medicine*, 32(7), 1626-1638.
 - Monreal, J. A. (2007). Protección fitosanitaria: Plagas, enfermedades y malas hierbas, *I Curso de Experto Universitario en Gestión del Césped Deportivo Natural y Artificial*. Las Rozas: Fundación RFEF y UCLM.
 - Murray, B. (1996). *The World's Game: A History of Soccer*. Champaign: University of Illinois Press.
 - Naunheim, R., Parrott, H., & Standeven, J. (2004). A Comparison of Artificial Turf. *The Journal of Trauma: Injury, Infection, and Critical Care*, 57(6), 1311-1314.
 - North Vancouver Recreation Commission. (2005). *Sutherland Secondary School artificial turf field impact assessment*. North Vancouver: City of North Vancouver.
 - Notigras. (2007, julio). El reciclaje del césped y la mejora del mantenimiento son los retos del futuro. *Notigras*. [Versión electrónica] Disponible en: <http://www.notigras.es/seccion.aspx?id=34> [Fecha de consulta: 07/07/2007]
 - Notigras. (2007, noviembre). El césped se hace sostenible. *Notigras*. [Versión electrónica] Disponible en: <http://www.notigras.es/seccion.aspx?id=94>. [Fecha de consulta: 11/11/2007]
 - Notigras. (2008, mayo). La tribuna de los futbolistas *Notigras*. [Versión electrónica] Disponible en: <http://www.notigras.es/seccion.aspx?id=173>. [Fecha de consulta: 30/05/2008]
 - Notigras. (2008, septiembre). Todo el fútbol español se disputará sobre césped sintético. *Notigras*. [Versión electrónica] Disponible en: <http://www.notigras.es/seccion.aspx?id=215>. [Fecha de consulta: 03/09/2008]
 - Olaso, J. (2009). Interacción biomecánica entre la bota de fútbol y el terreno, *III Curso de Experto Universitario en Gestión del Césped Deportivo Natural y Artificial*. Las Rozas: Fundación RFEF y UCLM.
 - Ortego, G. (2008). Perspectivas del césped: Sistemas de césped y aspectos constructivos, *II Curso de Experto Universitario en Gestión del Césped Deportivo Natural y Artificial*. Las Rozas: Fundación RFEF y UCLM.
 - Párraga, J. A., & Sánchez, A. (2002). Estudio comparativo sobre los costes de mantenimiento y rentabilidad económica, social y deportiva entre campos de fútbol con pavimentos de césped natural artificial en el ámbito Universitario. *Revista Motricidad*, 8, 21-46.
 - Pasanen, K., Parkkari, J., Rossi, L., & Kannus, P. (2008). Artificial playing surface increases the injury risk in pivoting indoor sports: a prospective one-

- season follow-up study in Finnish female floorball. *British Journal of Sports Medicine*, 42, 194-197.
- Popke, M. (2002). Shock Value. [Reports - Descriptive]. *Athletic Business*, 26(9), 54-66.
 - Rocco, R. (2005). Calzado de fútbol y superficies de juego. En W. E. Garrett, D. T. Kirkendall & S. R. Contiguglia (Eds.), *Medicina del fútbol* (pp. 135-159). Badalona: Paidotribo.
 - Rosa, D. (2009). Aspectos biomecánicos de los pavimentos deportivos. Hierba artificial, *III Curso de Experto Universitario en Gestión del Césped Deportivo Natural y Artificial*. Las Rozas: Fundación RFEF y UCLM.
 - Rosa, D., Sanchís, M., & Alcántara, E. (2006). Efecto de las operaciones de mantenimiento sobre las propiedades de los campos de hierba artificial. *Revista de Biomecánica*, 124, 36-39.
 - Rosa, D., Sanchís, M., Alcántara, E., & Zamora, T. (2007). Avances en el estudio de campos de hierba artificial, aportaciones biomecánicas. En P. Pérez & S. Llana (Eds.), *Biomecánica aplicada a la actividad física y al deporte* (pp. 405-429). Valencia: Ayuntamiento de Valencia.
 - Rosa, D., Sanchís, M., Alcántara, E., & Zamora, T. (2008). Contribuciones de la Biomecánica al estudio de los terrenos de juego de hierba artificial. En M. Izquierdo (Ed.), *Biomecánica y Bases Neuromusculares de la Actividad Física y el Deporte* (pp. 469-488). Madrid: Editorial Médica Panamericana.
 - Salzmann, N. (2007). Environmental and Health study SBR Rubber granulates, *I Curso de Experto Universitario en Gestión del Césped Deportivo Natural y Artificial*. Las Rozas: Fundación RFEF y UCLM.
 - Sánchez, A. (2007). La gestión de campos de césped artificial: Estudio comparativo con los campos de césped natural, *I Curso de Experto Universitario en Gestión del Césped Deportivo Natural y Artificial*. Las Rozas: Fundación RFEF y UCLM.
 - Stiles, V. H., James, I. T., Dixon, S. J., & Guisasola, I. N. (2009). Natural Turf Surfaces: The Case for Continued Research. *Sports Medicine*, 39(1), 65-84.
 - Vercammen, M. (2007). ¿Césped natural o artificial?, *I Curso de Experto Universitario en Gestión del Césped Deportivo Natural y Artificial*. Las Rozas: Fundación RFEF y UCLM.
 - Whitlock, C. (2008). *Review of Synthetic Turf Safety*. Bernardsville: Somerset Hills School District.

