

**UNIVERSIDAD MIGUEL HERNÁNDEZ**  
**FACULTAD DE MEDICINA**  
**TRABAJO FIN DE GRADO EN PODOLOGÍA**



**Título del Trabajo Fin de Grado.**

**Estudio de presión en el pie sobre el campo de césped natural y césped artificial**

**AUTOR: LUSSING, DANIEL.**

**Nº expediente. 415**

**TUTOR. JOSE ANTONIO BERNÁ GASCÓN**

**Departamento y Área. Enfermería.**

**Curso académico 2016 - 2017**

**Convocatoria de Febrero 2016/2017**

## ÍNDICE

<b>RESUMEN.....</b>	<b>3</b>
<b>INTRODUCCIÓN.....</b>	<b>3</b>
<b>ÍNDICE DE IMAGENES Y TABLAS.....</b>	<b>5</b>
<b>MATERIAL Y MÉTODOS.....</b>	<b>5</b>
<b>1. Revisión bibliográfica.....</b>	<b>5</b>
<b>2. Selección de gestos deportivos y selección del protocolo de valoración.....</b>	<b>6</b>
<b>3. Selección del tipo de estudio e instrumental de análisis.....</b>	<b>8</b>
<b>4. Selección de participantes, según los criterios de inclusión hasta un máximo de 20 jugadores.....</b>	<b>9</b>
<b>5. Toma de datos.....</b>	<b>10</b>
<b>6. Análisis resultados.....</b>	<b>12</b>
<b>DISCUSIÓN.....</b>	<b>14</b>
<b>CONCLUSIÓN.....</b>	<b>16</b>
<b>ANEXO.....</b>	<b>17</b>
<b>ÍNDICE DE IMÁGENES Y TABLAS</b>	
<b>Imagen 1. Sensore-X</b>	
<b>Tabla 1. Datos de los participantes</b>	
<b>Tabla 2. Base de recogida de datos</b>	
<b>Tabla 3. Resumen de recogida de datos</b>	
<b>Tabla 4. Presión plantar en estático</b>	
<b>Tabla 5. Comparativa de presión plantar del penalti</b>	
<b>Tabla 6. Comparativa de presión plantar de la carrera</b>	
<b>Tabla 7. Comparativa de presión plantar del eslalon</b>	

## **RESUMEN**

El fútbol es uno de los deportes más populares del mundo y más practicado. Por ello existe una gran competencia en intentar mejorar en los diferentes factores en los que ella afecta. Los campos de césped artificial como terreno es uno de ellos y van evolucionando para intentar crear un terreno con mayor semejanza a los campos de hierba natural. Esta evolución también se centra para prevenir el mayor número de lesiones que se puedan generar.

Entre el terreno de juego y el cuerpo humano se encuentra el calzado. Para cada superficie requiere de su bota con sus tacos adecuados para un buen agarre y un reparto de fuerzas ejercidas en el pie. En el calzado también se han realizado mejoras en relación al confort al rendimiento y a la prevención de lesiones. Por lo que conocer la diferencia de presión ejercida, según relación terreno y calzado, será el objetivo de este trabajo.

## **SUMMARY**

Football is one of the most popular sports in the world and more practiced. That is why there is great competition in trying to improve on the different factors in which it affects. Artificial turf fields are one of them and they are evolving to try to create a terrain with more resemblance to the natural grass fields. This evolution also focuses to prevent the greatest number of injuries that can be generated.

Between the field of play and the human body is the footwear. For each surface requires your boot with his cleats suitable for a good grip and a distribution of forces exerted on the foot. Improvements have also been made to the footwear in terms of performance comfort and injury prevention. So knowing the difference of pressure exerted, according to the relationship between ground and footwear, will be the objective of this work.

**PALABRAS CLAVE:** Presión plantar, Botas de fútbol, Campo de césped natural, Campo de césped artificial.

**KEYWORDS:** Plantar pressure, Football boots, Natural grass field, Artificial grass field.

## **INTRODUCCIÓN**

El fútbol es uno de los deportes más populares del mundo. Cada vez existe mayor competitividad en el fútbol y continuamente se intenta mejorar en los distintos factores que pueden afectar a ésta, el equipamiento y el terreno de juego son uno de ellos.

La idea de este estudio surge a partir de las pocas publicaciones relacionadas con la presión plantar en los diferentes terrenos de juego y en cuál a la larga puede ser más

patológica. Por lo que conocer esta relación con respecto la presión plantar en cada terreno de juego será finalmente el objetivo del estudio.

Según una encuesta realizada por la FIFA en el año 2006, aproximadamente 270 millones de personas en el mundo están activamente involucradas en el fútbol, incluyendo a futbolistas, árbitros y directivos. De éstas, 265 millones juegan al fútbol regularmente de manera profesional, semiprofesional o amateur, considerando tanto a hombres, mujeres, jóvenes y niños.<sup>1</sup>

La incidencia de lesiones producidas por la práctica del fútbol es de 2 a 9,4 por cada 1000 h de exposición. Predominando sobre todo las lesiones sobre los miembros inferiores: primero los esguinces, seguidos de las fracturas, las distensiones musculares, rotura de ligamentos, afectaciones en el menisco y contusiones.<sup>2</sup>

El baloncesto, el balonmano, hockey sobre hierba o el rugby son otros deportes de contacto con altos porcentajes de lesiones, pero el fútbol es el que tiene la tasa más alta según varios estudios.

En su revisión de lesiones en el fútbol localizadas en las extremidades inferiores, Wong y Hong (2005) llegan a la conclusión que los daños causados por el contacto no corporal (~ 60%) son más frecuentes que los causados por el contacto del cuerpo (~ 40%), y que el pie es una de las partes más dañadas.<sup>3</sup>

Además, la mayoría de las lesiones en el fútbol son producidas por correr, girar o rotar, saltar y aterrizar. Siendo una de las razones de la alta tasa de lesiones en el fútbol, el mal diseño de las botas. En concreto, el 77% de estas lesiones causada se le atribuyen a las botas. Por lo tanto, la mejora de las funciones de protección de las botas de fútbol podría reducir lesiones en el fútbol.<sup>4, 5</sup>

El conocimiento de áreas de presión específicas y la magnitud de la presión plantar durante los movimientos del fútbol, son necesarios para realizar un diseño óptimo.<sup>6</sup>

Eils et al (2004), realiza un estudio donde evalúan a partir de cuatro movimientos específicos de fútbol (de marcha, maniobra de corte, sprint, y disparo a gol), las diferentes características de los patrones de presiones, dando como resultados: patrones de presiones con valores de presión superiores a los observados durante el funcionamiento normal, encontrando un aumento de la presión en el corte y la parte medial del pie durante las carreras de velocidad, mientras que al chutar el mayor aumento de presión reside en el primer radio y la parte lateral del pie.<sup>7, 8</sup>

En cuanto a las acciones de juego, el control (41,60%) y el pase (39,70%), con un elemento externo como es el balón, eran las acciones más realizadas, mientras que el tiro (4,33%) y el centro (3,31%) fueron las acciones que obtuvieron porcentajes más bajos según el estudio de Diaz et al (2010).

Continuando por el terreno de juego, siempre se ha jugado en campos de césped natural o en su defecto en campos de tierra, pero en tanto hemos evolucionado que en la actualidad que desde el año 1966 se juega en el terreno de césped artificial. Desde entonces ha habido una evolución técnica de este tipo de terreno de juego.

Como se cita en el estudio del campo artificial de Baron y Ferreira, el desarrollo de césped artificial moderno se enfoca hacia reproducir las características de jugabilidad que ofrece la superficie natural. FIFA ahora permite y recomienda el uso de la nueva generación de césped artificial, que aporta nuevos criterios de jugabilidad.

Para cada terreno de juego es necesario un tipo de bota o un tipo de suela específica para su uso. Esto es debido tanto a las características del terreno, como del jugador y su posición/rol en el juego.

Aunque el césped artificial tenga una gran similitud con la hierba natural, es importante diferenciar el tipo de calzado que hay que utilizar en cada tipo de superficie. Utilizar el calzado adecuado en césped artificial para fútbol significa mejorar el rendimiento del deportista, reducir las lesiones y prolongar la vida útil del propio césped artificial.

Según las botas de fútbol que elijamos mejoraremos el rendimiento del deportista, mejorando el control del balón, incrementando la potencia en el golpeo, optimizando el agarre al césped y reduciendo las lesiones. Se recomienda las botas de fútbol con suela multitaco. Estas botas se caracterizan por tener muchos tacos cortos con forma redondeada. Estas características disminuyen la posibilidad de que el pie se enganche con el césped, disminuyendo las lesiones.<sup>10</sup>

Por ello, uno de los logros en el desarrollo de la suela para las botas es la mejora del rendimiento y la disminución del riesgo de lesión, como cita en el estudio de Brizuela, Ferrandis, Ferrús & González (1998).

Hay estudios en los cuales citan que en terrenos más duros se repartiría mejor la presión con el taco tipo “cuchilla” y que para terrenos más húmedos, el tipo de taco cónico reparte mejor las presiones (Mosqueira, 2013). Aunque también concluye su estudio sin obtener ninguna evidencia concluyente para que los jugadores de fútbol deban elegir un tipo de taco u otro con el fin de minimizar el riesgo de lesiones. Podría, sin embargo, ser beneficioso añadir amortiguación delantera a los sistema de fijación existentes. Esto permitiría un doble objetivo a los jugadores: conservar la tracción proporcionada por los sistemas de fijación con tacos más dispersos a la vez que minimizaría las fuerzas y presiones de impacto en la parte delantera del pie.

## **MATERIAL Y MÉTODOS**

### **1. Revisión bibliográfica**

Se realiza una revisión bibliográfica de las últimas publicaciones relacionadas con el trabajo en los últimos 15 años. De este modo evitaremos errores en nuestro trabajo, como realizar las mismas líneas de investigación realizadas anteriormente que desembocarían en resultados idénticos.

Al analizar los trabajos publicados, surgen nuevos objetivos y líneas de investigación que no se han seguido anteriormente, evitando así los errores descritos.

La búsqueda de los trabajos publicados se realiza en las principales bases de datos online, como son:

Dialnet: <http://dialnet.unirioja.es/>

Enfispo: <http://alfama.sim.ucm.es/isishtm/Enfispo.asp>

Intute: <http://www.intute.ac.uk/>

Google: <http://www.google.es>

Google *academic(scholar)*: <http://scholar.google.es/schhp?hl=es>

Google *books*: <http://books.google.es/bkshp?hl=es&tab=wp>

Pubmed: <http://www.ncbi.nlm.nih.gov/PubMed/>

Las palabras clave/*keywords* utilizadas para realizar la búsqueda fueron: presión plantar, botas de fútbol, campo de césped natural y campo de césped artificial.

Inglés: plantar pressure, football boots, natural grass and artificial grass.

## 2. Selección de gestos deportivos y selección del protocolo de valoración.

Para la selección del gesto deportivo se opta por elegir los gestos más repetidos o representativos de la práctica del fútbol, estos son:

**Chut penalti:** Su selección viene no de su frecuencia de aparición en el fútbol, si no de ser el gesto técnico más importante (si de goles hablamos), además los resultados obtenidos son extrapolables en términos generales a otros gestos parecidos como sería el “chut de falta”.

**Carrera en línea recta:** Es la acción básica en éste deporte, el desplazamiento es principal para el juego, a parte del pase con el balón que ya incluye un factor externo.

**Carrera en eslalon:** Es con el “salto y aterrizaje” una de las acciones que más presión plantar puede generar, además se asemeja al regate o “dribling” que es básicamente cambios repentinos de dirección, de ahí su importancia en el trabajo.

Todos estos gestos o acciones deportivas los vemos o ejecutamos mezclados entre ellos frecuentemente durante un partido de fútbol, y es muy alta, sobretodo, la carrera con cambios de ritmo y de dirección.

Siendo esta característica de fluidez y dinamismo de las acciones la que da sentido a este deporte y aplica la dificultad del control y ejecución a los jugadores que lo practican.

Además de los gestos deportivos añadimos también una valoración más:

**Presión plantar:** Esta valoración se encuentra en un punto inicial en el cual se parte a realizar cualquier gesto deportivo y del mismo modo partimos de una referencia base.

### Protocolo de valoración de los gestos deportivos:

#### CHUT PENALTI (EN ESTÁTICO)

La realización de este ejercicio se hará según los criterios seleccionados:

a) El jugador estará en bipedestación, con los pies juntos a lado del balón.

b) La distancia desde la cual se hará la salida hasta donde se golpee el balón se hará

en estático, con el fin de registrar únicamente el momento del golpeo del balón. Opavski (1988) investigó las diferencias entre una aproximación estática y una en carrera cuando se realiza un golpe máximo con el empeine, dando como resultado unas velocidades medias máximas de 23,5 a 30,8 m/s en una aproximación en

carrera

de 5 a 8 pasos.<sup>12</sup>

c) El balón se apoyará en el suelo sobre su válvula de inflado.

d) El ángulo de aproximación al balón será de 30- 45°.

Según los estudios de Isokawa y Less (1988) ésta es la angulación óptima donde la pierna y el balón alcanzan su velocidad máxima.<sup>13</sup>

e) El pie de apoyo se situará a una distancia lateral de 37 cm desde el centro del balón

(Malean y Tumilty 1993), mientras que la posición antero –posterior se situará entre 5-28cm pues autores como Hay (1988) sugieren que es la posición más eficiente.<sup>14,</sup>  
<sup>15</sup>

f) Solo servirán los ensayos que entren en la portería, volviendo a repetirse en caso de

no ser válidos, hasta un máximo de 15 repeticiones, para así evitar el posible efecto del entrenamiento y/o fatiga.

### **CARRERA EN LÍNEA RECTA.**

a) La posición de salida será con el sujeto en bipedestación, colocado en dirección al campo contrario

b) El sujeto se encontrará con la pierna dominante adelantada 25-30 cm con respecto

la pierna no dominante, los pies se dispondrán en paralelo entre ellos

c) El sujeto comienza la acción con las rodillas y la espalda rectas, el movimiento será

de tipo explosivo hasta recorrer 15-20 metros.

d) Se contabilizará como válido todo ejercicio que cumpla con los criterios anteriores.

### **CARRERA EN ESLALON.**

a) La posición de salida será con el sujeto en bipedestación, colocado en dirección al campo contrario

b) El sujeto se encontrará con la pierna dominante adelantada 25-30 cm con respecto

la pierna no dominante, los pies se dispondrán en paralelo entre ellos

c) El sujeto comienza la acción con las rodillas y la espalda rectas, el movimiento será

de tipo explosivo hasta el final del recorrido del eslalon que consta de aproximadamente 30 metros de distancia.

d) Se contabilizará como válido todo ejercicio que cumpla con los criterios anteriores.

### **PRESIÓN PLANTAR.**

a) La posición del sujeto será de una posición cómoda con los pies en la misma línea sin tener uno más adelantado ni atrasado respecto al otro.

- b) El sujeto se mantendrá de 10 a 20 segundos en su posición cómoda con brazos relajados y con la vista al frente.
- c) Esta medición se tomará en una superficie llana y neutra.
- d) Además se realizará 3 veces, 1 sin calzado y si con calcetín o media deportiva, 1 con el calzado para el terreno de césped artificial y 1 con el calzado para el terreno de hierba natural.

Todos los ejercicios válidos se repetirán un mínimo de 10 veces, si por el contrario hayan sido inválidos se repetirán hasta alcanzar dicha cifra.

Recordamos que cada gesto deportivo se realizará tanto en el campo de césped artificial como en el campo de hierba natural y con su respectivo calzado adecuado para poder realizar la comparativa del estudio. Las mediciones de la presión plantar en estática, no la tomaremos en ninguno de los terrenos sino en un terreno estable y liso que consideraremos como neutro.

### **3. Selección del tipo de estudio e instrumental de análisis.**

Tipo de estudio elegido que mejor se adapta a nuestras necesidades es un estudio Analítico Transversal. Esto es así porque, nosotros queremos analizar lo que surge al realizar un gesto deportivo, describiendo la relación existente entre el gesto deportivo y la huella plantar en una población en concreto y en un periodo de tiempo determinado, quedando la posibilidad de realizar en un futuro un estudio longitudinal que analizará los cambios que surgen tras las compensaciones pertinentes.

La población diana a la que va dirigida este estudio, son jugadores de fútbol profesional, pues aunque algunos datos puedan ser extrapolables a jugadores habituales u ocasionales, no debemos olvidar que la gran mayoría no tienen ni la misma preparación física, ni la misma calidad técnica que los jugadores seleccionados.

Criterios de inclusión:

1. Ser jugador de fútbol federado.
2. Estar en activo en la actualidad, es decir, no padecer o estar en periodo de recuperación de lesiones o no haber estado inactivo en el mismo año durante un período de más de 3-4 semanas.
3. Aceptar el consentimiento informado que se entregará previamente a la realización del estudio. (ANEXO)

Criterios de exclusión:

No cumplir alguno de los criterios de inclusión antes mencionados.

### **Instrumental de análisis.**

El instrumento principal de análisis en este estudio, será el sistema de medición de la presión plantar a modo de plantilla, conocido como SENSORE-X, de su análisis o cuantificación de la presión plantar obtendremos directamente los resultados del estudio.

SENSORE-X es un pequeño, ligero y único dispositivo capaz de medir simultáneamente dos importantes variables para la evaluación de los miembros inferiores: la presión plantar dinámica y la actividad de éstos.

La presión dinámica plantar se mide dentro del pie gracias a una red de 8 sensores de presión. El profesional puede poner los sensores de presión en cualquier lugar, sobre una plantilla o en un calcetín, para recibir la información sobre importantes partes de la suela del pie.

Estos 8 sensores se encuentran numerados del 1 al 8 repartidos cada número bajo una zona concreta del pie o plantilla como es:



1. Bajo la cabeza de M1.
2. Bajo el Hallux.
3. Entre cabeza de M2 y M3.
4. Bajo la cabeza de M4.
5. Bajo la cabeza de M5.
6. En el Arco Longitudinal Externo, bajo la Apófisis estiloides.
7. En la zona lateral del calcáneo.
8. En la zona medial del calcáneo.

La actividad se mide a través de la velocidad al andar, de los pasos dados por minuto, longitud del paso, distancia cubierta... etc

Los pacientes pueden correr, andar o estarse quietos mientras utilizan el dispositivo, ya que éste ha sido diseñado para obtener la información durante las actividades diarias habituales. El dispositivo puede estar operativo en modo de tiempo real (gama con Bluetooth®) o en modo offline, monitorizando a los pacientes hasta durante 7 días.

El software incluido en el SENSORE-X permite que la información adquirida a través del dispositivo sea transmitida al ordenador o a un SmartPhone con fáciles e intuitivos gráficos. Guarda detalles del paciente y recordatorios de próximas citas, ahorrando tiempo al no tener que manejar otros archivos.

La información puede ser exportada y los resultados de los tests pueden ser compartidos con otros especialistas médicos.

### **Elementos comunes.**

Para evitar la variabilidad de datos, que pudiera surgir al realizar el estudio usando una equipación distinta. Este apartado indica los elementos que disponían el día de la toma de datos todos los participantes, considerando este criterio indispensable en la toma de datos, estos son:

1. Equipación de juego: Camiseta, ropa interior, pantalón corto, medias nuevas, botas.
2. Las botas de fútbol serán del modelo específico para cada terreno.
3. El balón de fútbol utilizado durante la toma de datos será el mismo en todo momento.

4. La toma de datos se realizó íntegramente sobre el terreno de juego del estadio de fútbol Camilo Cano, con césped natural durante el mes de Diciembre de 2016 en condiciones meteorológicas estables.
5. Los jugadores que habitualmente utilizan soporte plantar de forma terapéutica, realizaron los ejercicios usando su soporte plantar.

#### 4. Selección de participantes.

Fueron seleccionados 10 jugadores de fútbol, de nivel amateur, pertenecientes a la Liga Regional Preferente Grupo 4 de la Comunidad Valenciana.

Son de sexo masculino, con edad promedio de 26.5 años, altura promedio de 180.3 cm, peso promedio de 76 kg, y aproximadamente el mismo tamaño de calzado.

Participante	Edad (años)	Altura (cm)	Peso (kg)	Pie dominante	Posición de juego
1	33	183	77	Diestro	Portero
2	36	184	81	Diestro	Central
3	31	180	76	Diestro	Cetral
4	24	179	72	Diestro	Lateral
5	25	177	74	Zurdo	Lateral
6	24	186	79	Diestro	Portero
7	23	179	75	Diestro	Mediocentro
8	26	174	71	Zurdo	Interior
9	26	182	79	Diestro	Interior
10	27	179	76	Diestro	Mediocentro
	Edad promedio	Altura promedio	Peso promedio		
Resultados	26.5	180.3	76		

Tabla 1. Datos de los participantes.

A todos los participantes se les exige la aceptación del consentimiento informado, que informa al participante del tipo de estudio del que va a formar parte, así como recordar a los

participantes que todos los datos obtenidos en el presente estudio cumplen con la normativa legal vigente.

El consentimiento informado será adjuntado en el apartado de anexos junto a la descripción de Ley Orgánica 15/1999, de 13 de diciembre, de Protección de Datos de Carácter Personal y Ley 41/2002, de 14 de noviembre, básica reguladora de la autonomía del paciente y de derechos y obligaciones en materia de información y documentación clínica.

## 5. Toma de datos.

Se realiza toma de datos acudiendo el día 12 de Diciembre de 2016, en el estadio de fútbol Camilo Cano como campo de césped natural y Campos de Fútbol Base Vicente del Bosque, como campo de césped artificial ambos en la Ciutat Esportiva Camilo Cano en la Nucia, en condiciones meteorológicas estables.

Para facilitar la toma de datos se rellenó una tabla por cada gesto deportivo y participante, siendo este el modelo:

Posición de juego / Sujeto	Pie estudiado	Talón Media I 8	Talón Lateral I 7	Retropié	ALE 6	Mediopié	R5	R4	R3	D1	R1	Antepié
1												
2												
3												
4												
5												
6												
7												
8												
9												
10												
<b>Total</b>												

Tabla 2. Base de recogida de datos

Pero realmente haremos un resumen utilizando los sumatorios para una mayor facilidad en la comparación de los datos usando el modelo siguiente:

	PP. Gesto. Terreno.			
Participante	Retropié	Mediopié	Antepié	Total
1				
2				
3				

4				
5				
6				
7				
8				
9				
10				
Total				

Tabla 3. Resumen de recogida de datos

## 6. Análisis de resultados.

Para el registro de datos hemos usado una hoja Excel donde se han apuntado la mediciones tomadas con el Sensores-X el cual es capaz de registrar hasta 8 sensores por cada pie.

En este estudio y para la mayor facilidad de muestra de los datos se ha recopilado la suma de los sensores 7-8 como el conjunto y muestra del retropié, el registro del sensor 6 como mediopié y la suma del registro de los sensores 1-2-3-4-5 como muestra del antepié. Esto obviamente dado el reparto de cada sensor en la planta del pie.

Comenzamos con la comparativa de la toma de datos de la presión plantar en estático de cada sujeto en un terreno neutro, siendo este un suelo liso.

La comparativa será de los datos del sujeto encontrándose ; Descalzo, con la bota de terreno de césped artificial y con la bota de terreno de hierba natural.

Sujeto	PP. Estático en Terreno Neutro. DESCALZO				Sujeto	PP. Estático en Terreno Neutro. Bota Artificial				Sujeto	PP. Estático en Terreno Neutro. Bota Natural			
	Retropié	Medio pié	Antepié	Total		Retropié	Medio pié	Antepié	Total		Retropié	Medio pié	Antepié	Total
1	3,45	0,79	4,48	8,72	1	2,23	0,5	6,12	8,85	1	2,15	0,5	4,32	6,97
2	3,55	0,45	3,38	7,38	2	2,39	0,43	6,12	8,94	2	3,11	0	3,94	7,05
3	3,11	1,17	3,31	7,59	3	1,96	0,56	4,8	7,32	3	2,85	0,46	3,11	6,42
4	2,13	0,82	6,59	9,54	4	1,13	0,6	5,72	7,45	4	2,86	0,33	4,25	7,44
5	3,44	0,43	1,94	5,81	5	2,88	0	4,36	7,24	5	3,66	0	1,6	5,26
6	3,76	0,52	1,37	5,65	6	3,88	0,43	4,26	8,57	6	3,1	0,18	3,52	6,8
7	3,29	0,53	2,32	6,14	7	2,79	0,3	3,57	6,66	7	3,17	0	2,76	5,93
8	0,44	0,27	7,18	7,89	8	1,71	0,3	5,74	7,75	8	1,63	0,1	5,49	7,22

9	2,58	0,5	2,76	5,84	9	1,22	0,25	4,4	5,87	9	2,82	0	2,87	5,69
10	1,83	0,53	3,1	5,46	10	2,94	0,14	4,12	7,2	10	2,73	0	3,47	6,2
Total	3.2	0.525	3.205	6.93	Total	2.31	0.365	4.6	7.275	Total	2.855	0.05	3.495	6.4

Tabla 4. Presión plantar en Estático

Si seguimos la tabla podemos comprobar como, según los datos, se encuentra una mayor presión localizada en el antepié en relación al resto del pie, tanto descalzo como con el calzado de ambos terrenos.

Seguimos con el gesto deportivo del chut de penalti.

PP. Penalti Artificial					PP. Penalti Natural				
Sujeto	Retropié	Mediopié	Antepié	Total	Sujeto	Retropié	Mediopié	Antepié	Total
1	0,11	0,3	9,66	9,96	1	0,25	0	5,11	5,11
2	0	0	10,13	10,13	2	0	0	14,64	14,64
3	0	0	12,47	12,47	3	0,32	0	2,91	2,91
4	0	0	12,74	12,74	4	0,12	0	12,74	12,74
5	0	0	5,87	5,87	5	0,35	0	5,4	5,4
6	0	0,19	10,98	11,17	6	0,18	0	5,11	5,11
7	0	0	11,09	11,09	7	0,36	0	3	3
8	0	0	4,73	4,73	8	0,39	0	1,47	1,47
9	0	0	3,07	3,07	9	0	0,19	13,22	13,41
10	0	0	6,55	6,55	10	0	0	5,52	5,52
Total	0	0	9,895	9,895	Total	0,215	0	5,255	5,47

Tabla 5. Comparativa presión plantar del penalti

En el gesto deportivo del chut de penalti hemos recogido las medidas registradas en el momento del chut o golpeo al balón reflejándose en la tabla que la media en relación de presión repartida en el pie se encuentra de mayor fuerza en el antepié.

Esto según cada jugador en el momento del golpeo puede ejercer mayor presión en alguna otra zona concreta del pie pero la media marca esta significativa medida.

Además recordamos que una elemento externo como puede ser sistemas de fijación externa, la bota o el mismo balón puede afectar a las medidas por lo que el balón usado siempre ha sido el mismo para todo sujeto (balon marca Nike) al igual que la bota que para terreno de césped artificial y la bota para terreno natural siendo una bota denominada mixta que se compone de tacos de goma y de aluminio.

	PP. Carrera Artificial			PP. Carrera Natural	
--	------------------------	--	--	---------------------	--

Sujeto	Retropié	Mediopié	Antepié	Total	Sujeto	Retropié	Mediopié	Antepié	Total
1	0	0,21	17,99	18,2	1	1,74	0,89	17,73	18,62
2	5,72	1,11	15,1	16,21	2	0,45	0,76	19,46	20,22
3	0,83	0,78	17,16	17,94	3	1,14	0,75	18,56	19,31
4	5,64	1,47	16,08	17,55	4	1,16	0,73	19,24	19,97
5	3,5	0,49	13,55	14,04	5	2,34	0,94	16,45	17,39
6	0	0,54	17,97	18,51	6	2,33	0,9	16,38	17,28
7	0	0,33	18,37	18,7	7	0,62	0,62	19,99	20,61
8	0	0,1	17,57	17,67	8	4,38	1,04	16,28	17,32
9	0	0,23	15,12	15,35	9	1,91	1,02	17,27	18,29
10	0	0,26	16,51	16,77	10	0,62	0,62	17,01	17,63
<b>Total</b>	<b>0</b>	<b>0,41</b>	<b>16,835</b>	<b>17,245</b>	<b>Total</b>	<b>1,45</b>	<b>0,825</b>	<b>17,5</b>	<b>19,775</b>

Tabla 6. Comparativa presión plantar de la carrera

En el gesto deportivo de la Carrera en línea recta observamos una vez más que los datos recogidos gracias a Sensore-X marcan una cantidad de Kg/cm<sup>2</sup> en su gran mayoría registrada en el antepié y ligeramente más marcado en el terreno de hierba natural con su respectivo calzado. Podemos entender como normal estas medidas dado que estamos evaluando la carrera en la cual el mayor punto de presión lo general el Hallux para el momento despegue digital.

PP. Eslalon Artificial					PP. Eslalon Natural				
Sujeto	Retropié	Mediopié	Antepié	Total	Sujeto	Retropié	Mediopié	Antepié	Total
1	0	0,39	21,44	21,83	1	1,68	1,18	16,87	18,05
2	5,37	0,9	16,89	17,79	2	0,3	0,91	19,13	20,04
3	0	0,44	20,04	20,48	3	4,38	1,34	16,86	18,2
4	1,42	1,2	17,71	18,91	4	1,49	0,09	18	18,09
5	5,83	0,88	16,02	16,9	5	5,24	0,81	13,22	14,03
6	0	0,56	19,04	19,6	6	1,06	0,78	15,06	15,84
7	0	0,52	19,97	20,49	7	0,99	0,38	18,5	18,88
8	0,18	0	14,32	14,32	8	5,35	0,92	14,48	15,4
9	0	0,23	13,85	14,08	9	0	0,6	19,33	19,93
10	0	0,66	15,46	16,12	10	3,95	0,73	15,51	16,24
<b>Total</b>	<b>0</b>	<b>0,54</b>	<b>17,3</b>	<b>17,84</b>	<b>Total</b>	<b>1,585</b>	<b>0,795</b>	<b>16,865</b>	<b>19,245</b>

Tabla 7. Comparativa presión plantar del eslalon

A la vista de los datos, nuevamente obtenemos una mayor presión registrada en la zona del antepié en relación al resto del pie y de nuevo observamos que en el terreno de hierba natural se registran mayor presiones en dicha zona de antepié. Recordamos que tanto en el gesto deportivo de la carrera en línea recta como la carrera en zig-zag o eslalon, vemos

comprometido una mayor presión en el hallux que nos ayuda a despegar siendo muy alto el punto de presión dado que soporta en tan pequeño punto todo el peso corporal. Además recordamos el terreno de juego y el factor externo del calzado para su respectivo terreno en el cual la bota para el campo de césped artificial se ha usado bota marca Nike con un reparto de 14 tacos cónicos en la suela y en campo o terreno de juego de hierba natural una bota marca Nike con un reparto de 7 tacos tipo cuchilla de goma y 6 tacos cónicos de aluminio en su suela.

## **DISCUSIÓN**

Barón & Ferreira, hacen referencia que a nivel epidemiológico, las nuevas superficies de césped artificial deportivas han demostrado estar al mismo nivel que las de natural, no siendo así en generaciones anteriores de este pavimento, donde el número de lesiones registradas era mayor, fundamentalmente debido a las deficientes cualidades mecánicas que presentaban.

En el presente estudio se ha podido comprobar que el terreno de juego de césped artificial de tercera generación sí que se encuentra al mismo nivel que el terreno de hierba natural siendo muy similares los datos recogido en ambos terrenos pero aún siendo mayores en el terreno de juego de hierba natural dado que los resultados son similares aunque hay que tener en cuenta el factor existente del calzado para cada terreno.

Por la competencia que existe y debido al gasto que supone el mantenimiento de los campos de hierba natural, como citan Barón & Ferreira en su estudio, cada vez más se propone el uso de los campos de tercera generación, campos de césped artificial modernos que se enfocan a reproducir las características de jugabilidad que ofrece la superficie natural.

Para la diferencia de presión registrada entre ambos terrenos como se ha demostrado con anterioridad en el presente estudio, podemos destacar el tipo de calzado para cada terreno siendo el de hierba natural donde se encuentra una suela más preparada para una mayor agarre al terreno lo cual supone también una mayor presión.

Como cita Mosqueira en su estudio, siendo el fútbol uno de los deportes más populares y en el que existe mayor competitividad, cada vez más se mejora en los factores que afectan a ésta, uno de ellos es el equipamiento, como es la bota de fútbol y otro es el terreno de juego.

Y es bueno que continuamente sigan mejorando cada día mediante estudios estos factores externos.

Volviendo a los datos tomados, vemos como en la presión plantar recogida de los sujetos tanto descalzos como con la bota de césped artificial y con la bota de hierba natural en un suelo neutro, hay una relación importante de mayor presión registrada en la zona del antepié. Descalzo 3.205 kg/cm<sup>2</sup>, calzado con la bota de césped artificial 4.6 kg/cm<sup>2</sup> y calzado con la bota de hierba natural 3.495 kg/cm<sup>2</sup>. Y siendo el total de presión en el pie de 6.93 de 7.275 y 6.4 kg/cm<sup>2</sup> respectivamente.

En el gesto deportivo del penalti recogemos la presión ejercida justo en el momento del golpeo del balón en ambos terrenos , pero en este gesto influirá de manera más específica el calzado usado. Esto es así debido a que no hay otro factor externo condicionante en la presión plantar a parte del balón el cual se chuta.

Como bien citan en su estudio Sterzing & Henning, el calzado debe proteger la región dorsal del pie y mejorar la rigidez del pie pero no debe influir este tipo de estructuras interferentes, como el talón del contador o de la suela exterior de inapropiadas construcciones o características, que reducen la transferencia de cantidad de movimiento al balón en el momento del chut.<sup>16</sup>

Cabe destacar y recordar que en este gesto, dado que la medición es en el momento del golpeo/chut hay disparidad en los puntos de presión de cada sujeto debido a que cada jugador golpe de una manera diferente al balón. En este gesto no hemos explicitado que deban de golpear del mismo modo tan sólo verificamos cuando en el chut ha sido gol.

Por lo tanto la presión plantar registrada ha sido de 9.895 kg/cm<sup>2</sup> en el terreno de césped artificial y 5.255 kg/cm<sup>2</sup> en el terreno de hierba natural en el conjunto de máximas presiones y de nuevo en este caso se establecen en el antepié. La media total registrada en todo el pie del total de los sujetos ha sido de 9.895 y 5.47 kg/cm<sup>2</sup> respectivamente en cada terreno. Esto nos indica que prácticamente se genera poca por no decir casi ninguna presión plantar en el mediopié ni en el retropié en el momento del golpe del balón.

Antes de continuar con los siguientes gestos , recordamos que ( los corredores de velocidad arrancan con el antepié , prácticamente inician con el despegue digital para realizar un rápido movimiento y reducir en tiempos.

Esto pasa en los gestos deportivos de la carrera en línea recta y en eslalon, pedimos a los participantes que realicen una carrera dispuesta en línea recta de unos 20m de distancia y que la realicen de manera explosiva por lo que el resultado de la presión plantar se enfoca en el antepié con unas medidas de 16.835 kg/cm<sup>2</sup> para el terreno de césped artificial y de 17.5 kg/cm<sup>2</sup> para el terreno de hierba natural, ambos en los puntos de máxima presión acumulándose estas medidas en el antepié y siendo la media total de presión registrada en todo el pie del conjunto de los participantes de 17.245 kg/cm<sup>2</sup> en terreno artificial y 19.775 kg/cm<sup>2</sup> en terreno natural.

En la carrera en eslalon la pauta a seguir fue la de recorrer un circuito en eslalon de un total de 15 metros aproximadamente con una disposición en diagonal de cada cono de 3 metros por cada 6 metros de largo entre cono y cono de manera lineal registrando las máximas presiones localizado en el conjunto del antepié con una media de 17.3 kg/cm<sup>2</sup> en el terreno artificial y 16.865 kg/cm<sup>2</sup> en el terreno natural siendo un total en la toma de la presión plantar de los participantes de 17.84 kg/cm<sup>2</sup> y 19.245 kg/cm<sup>2</sup> respectivamente para cada terreno.

Esto nos muestra la baja presión plantar ejercida tanto en el retropié como en el mediopié, esto también nos confirma que no se ejerce presión o que no se apoya prácticamente el talón y mediopié en una carrera de cambios de dirección.

Estos datos nos muestran que se genera mayor presión plantar en el terreno de juego de hierba natural respecto al césped artificial en los gestos deportivos de carrera lineal y carrera en eslalon.

## CONCLUSIONES

El objetivo principal del presente estudio fue averiguar mediante la realización de tres gestos deportivos del fútbol en qué terreno de juego se ejercía mayor presión plantar, en un campo de fútbol de césped artificial de tercera generación o en un campo de hierba natural.

Los gestos deportivos estudiado fueron el chut de penalti, la carrera en línea recta y la carrera en eslalon. Gracias a la toma de datos que hemos registrado con el SENSORE-X hemos podido averiguar y comparar las diferentes presiones ejercidas en el pie por cada gesto y en cada terreno.

En primer lugar tras la información obtenida en el presente estudio, claramente observamos que se genera una mayor presión plantar, y más concretamente, en el antepié según los gestos deportivos escogidos para el estudio.

Antes de los gestos deportivos tomamos la medición de la presión plantar en estática, es en la única medición donde hemos comparado tres tomas de datos , estando el sujeto descalzo, otra con la bota para el terreno de césped artificial y otra con la bota para el terreno de hierba natural.

Concluyendo los datos hacia una mayor presión en el pie calzando la bota de césped artificial pero de manera más repartida pero un pico de presión en el antepié de 4,6 kg/cm<sup>2</sup>, en el retropié de 2.31 kg/cm<sup>2</sup> y en el mediopié de 0.365 kg/cm<sup>2</sup> siendo un total de 7,275 Kg/cm<sup>2</sup> como presión total. Le sigue la toma de presión plantar encontrándose el sujeto descalzo y con mayor reparto de presiones registradas en el pie de 3.205 kg/cm<sup>2</sup> en el antepié un 3.2 kg/cm<sup>2</sup> en el retropié y un 0.525 kg/cm<sup>2</sup> en el mediopié y siendo un total de 6,93 Kg/cm<sup>2</sup>. Por último, la toma de presión con la bota de hierba natural es donde prácticamente solo se registra presión en el retropié, 2.855 kg/cm<sup>2</sup> y antepié, 3.495 kg/cm<sup>2</sup>, encontrándose el total por debajo de las presiones anteriormente dichas (6,4 Kg/cm<sup>2</sup>).

Esto sugiere que la presión plantar ejercida depende de la distribución de los tacos en la suela de la bota y obviamente el tipo de calzado , para terreno artificial o natural, en el cual varía la disposición de dichos tacos en la suela y también de tamaño y forma.

En relación a los gestos deportivos, ha sido en el terreno de juego de hierba natural con su respectivo calzado donde se ha obtenido mayor registro de presión plantar, en su conjunto en el antepié, siendo así en los gestos deportivos de la carrera en línea recta y carrera en eslalon. Suma total de 17.245 kg/cm<sup>2</sup> y 17.84 kg/cm<sup>2</sup> para la carrera y eslalon respectivamente en el terreno de césped artificial, en cambio la suma total para la carrera y eslalon en el terreno de hierba natural fue de 19.775 kg/cm<sup>2</sup> y 19.245 kg/cm<sup>2</sup>.

El chut de penalti, como gesto deportivo y según los datos tomados, ha sido en el terreno de césped artificial con su respectivo calzado, donde se ha registrado mayor presión plantar concretamente en la zona del antepié ( 9,895 Kg/cm<sup>2</sup> total ) que en el penalti en el terreno de juego de hierba natural ( 5,47 Kg/cm<sup>2</sup> total ).

Recordamos que los datos obtenidos del chut de penalti están relacionados con el participante en sí por el que toma la decisión de chutar a su manera registrandolo en este estudio como válido siempre y cuando haya entrado el balón en la portería.

Por lo tanto, consideramos que es en el terreno de juego de hierba natural con su respectivo calzado donde se genera mayor presión plantar cuando no se encuentra un elemento externo como es el balón de fútbol, puesto que en este gesto cabe destacar la calidad individual de cada sujeto puede variar.

Esto se debe tomar en consideración y posiblemente se encuentre debido , la alta presión en hierba natural, por el tipo de bota para el terreno siendo los tacos tipo cuchilla de goma y tipo cónicos de aluminio, generando mayor agarre al terreno pero también , gracias a los datos obtenidos, mayor presión plantar.

Por suerte

## **ANEXO**

### **Consentimiento Informado.**

*Este documento constituye su aceptación formal para colaborar de manera voluntaria y libre en este trabajo, siendo un requisito indispensable para que Ud. Participe en el proyecto.*

*El objetivo del presente estudio es determinar la diferencia entre las presiones plantares en la pierna dominante y no dominante e diferentes gestos de la práctica deportiva.*

*Siendo informado del protocolo a seguir, certifico haber comprendido la información expuesta anteriormente. Si he tenido dudas y preguntas me han sido respondidas satisfactoriamente.*

*Recordamos que la información obtenida en este estudio, así como el propio consentimiento informado cumplen con la normativa legal vigente, regulado por Ley Orgánica 15/1999, de 13 de diciembre, de Protección de Datos de Carácter Personal y Ley 41/2002, de 14 de noviembre, básica reguladora de la autonomía del paciente y de derechos y obligaciones en materia de información y documentación clínica.*

*Fecha y firma:*

Ley Orgánica 15/1999, de 13 de diciembre, de Protección de Datos de Carácter Personal.

<http://www.boe.es/boe/dias/1999/12/14/pdfs/A43088-43099.pdf>

Ley 41/2002, de 14 de noviembre, básica reguladora de la autonomía del paciente y de derechos y obligaciones en materia de información y documentación clínica.

<http://www.boe.es/boe/dias/2002/11/15/pdfs/A40126-40132.pdf>

## REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. FIFA. (2006). Big Count Stats Package. Obtenido el 12 de diciembre de 2016, de <http://www.fifa.com/>
2. Llana Belloch, S.; Pérez Soriano, P. y Lledó Figueres, E. (2010). La epidemiología del fútbol: una revisión sistemática. Revista Internacional de Medicina y Ciencias de la Actividad Física y el Deporte vol. 10 (37) pp. 22-40
3. Wong P, Hong Y. Soccer injury in the lower extremities. Br J Sports Med 2005. 39:473–482.
4. Hockenbury R T. Forefoot problems in athletes. Med Sci Sports Exerc 1999. 31(Suppl 7):448–458.
5. Omev M, Micheli L. Foot and ankle problems in the young athlete. Med Sci Sports Exerc 1999. 31(Suppl 7):470–486.
6. Wong PL, Chamari K, Mao de W, Wisløff U, Hong Y. Higher plantar pressure on the medial side in four soccer-related movements. Br J Sports Med. 2007 Feb;41(2):93-100. Epub 2006 Dec 18. PubMed PMID: 17178776; PubMed Central PMCID: PMC2658934.
7. Eils E, Streyll M, Linnenbecker S, Thorwesten L, Völker K, Rosenbaum D. Characteristic plantar pressure distribution patterns during soccer-specific movements. Am J Sports Med. 2004 Jan-Feb;32(1):140-5. PubMed PMID: 14754737.
8. Novacheck, T. F. (1998). Running injuries: a biomechanical approach. Instructional Course Lectures, 47, 397-406.
9. Díaz, A. Martínez Caro, E. Belmonte, J.P. y Diaz, A. Estudio en competición sobre el grado de utilización de la pierna no dominante en el fútbol profesional. Revista Digital Lecturas de Educación Física y Deportes. Año 10, nº 71. 2004.
10. Barón JA., Ferreira M. Criterios FIFA y propiedades biomecánicas relacionadas con la performance y epidemiología del deportista en las superficies de césped

artificial. Disponible en :  
[www.munideporte.com/imagenes/.../20100608130142jose\\_antonio\\_baron.pdf](http://www.munideporte.com/imagenes/.../20100608130142jose_antonio_baron.pdf)

11. Opavsky, P. (1988). An investigation of linear and angular Kinematics of de leg during two tipos of soccer Kick. In science and football (edited by T. Reilly, A. Lees, K. Davids and W.J. Murphy), pp. 460-467. London: E& FN Spon.

12. Isokawa, M. and Lees, A. (1988). A biomechanical analysis of the instep kicks motion in soccer. In science and football (edited by T. Reilly, A. Lees, K. David and W.J. Murphy), pp. 449-455. London: E& FN Spon.

13. McLean, B. D., & Tumilty, D. M. Left-right asymmetry in two types of soccer kic. British Journal of Sport Medicine, 27(4), 260-262. 1993.

14. Hay, J.G. (1988). The Biomechanics of Sports Techniques. 2nd ed. Englewood clips, NJ: Prentice – Hall.

15. Mosqueira M. Las botas de fútbol y los distintos tipos de formas de fijación: Diseño, presiones plantares y su relación con las lesiones del miembro inferior. FutbolPF: Revista de Preparación Física en el Fútbol. [revista en Internet] 2013 [consultado 7 de Octubre 2016]. Disponible en :  
<http://www.futbolpf.com/revista/index.php/fpf/article/view/106>

16. Sterzing T., Hennig E. The Influence of Soccer Shoes on Kicking Velocity in Full-Instep Kicks. Exerc. Sport Sci. Rev. [revista en Internet] 2008 [consultado 9 de Octubre 2016] ; 36(2):[91-97]. Disponible en :  
[https://www.researchgate.net/publication/5489112\\_The\\_Influence\\_of\\_Soccer\\_Shoes\\_on\\_Kicking\\_Velocity\\_in\\_Full-Instep\\_Kicks](https://www.researchgate.net/publication/5489112_The_Influence_of_Soccer_Shoes_on_Kicking_Velocity_in_Full-Instep_Kicks)

17. Ley Orgánica 15/1999, de 13 de diciembre, de Protección de Datos de Carácter Personal, obtenida el 12 de diciembre de 2016, en:  
<http://www.boe.es/boe/dias/1999/12/14/pdfs/A43088-43099.pdf>

18. Ley 41/2002, de 14 de noviembre, básica reguladora de la autonomía del paciente y de derechos y obligaciones en materia de información y documentación clínica, obtenida el 12 de diciembre de 2016, en:  
<http://www.boe.es/boe/dias/2002/11/15/pdfs/A40126-40132.pdf>