

|  |
| --- |
| **Universidad Internacional de La Rioja**  **Escuela Superior de Ingeniería y Tecnología**  **Máster Universitario en Análisis y Visualización de Datos Masivos** |
|  |
| Estudio de nuevas variables para el cálculo de goles esperado en un partido  de futbol. |

**Trabajo Fin de Máster**

**Tipo de trabajo:** Técnicas estadísticas y de inteligencia artificial; y su aplicación para el análisis masivo de datos

**Presentado por:** Ruiz Guevara, Sergio

**Director/a:** Díaz Benito, César Orlando

**Resumen**

**Nota:**

**Palabras Clave:**

**Abstract**

**Keywords:**

**Índice de contenidos**

[1. Introducción 8](#_Toc81067948)

[1.1 Justificación 8](#_Toc81067949)

[1.2 Planteamiento del trabajo 9](#_Toc81067950)

[1.3 Estructura de la memoria 9](#_Toc81067951)

[2. Contexto y estado del arte 11](#_Toc81067952)

[2.1 Contexto 11](#_Toc81067953)

[2.2 Estado del arte 14](#_Toc81067954)

[3. Objetivos concretos 19](#_Toc81067955)

[3.1. Objetivo general 19](#_Toc81067956)

[3.2. Objetivos específicos 19](#_Toc81067957)

[4. Metodología del trabajo 20](#_Toc81067958)

[4.1. Obtención de los datos 20](#_Toc81067959)

[4.1.1. StatsBomb Open-Data 20](#_Toc81067960)

[4.1.2. WyScout Soccer match event dataset 21](#_Toc81067961)

[4.2. Preparación del *dataset* 22](#_Toc81067962)

[4.2.1. Importación 23](#_Toc81067963)

[4.2.2. Creación de los *datasets* de tiros 24](#_Toc81067964)

[4.2.3. Combinación de *datasets* 26](#_Toc81067965)

[4.3. *Dataset* utilizado 29](#_Toc81067966)

[4.4 Diseño del modelo 32](#_Toc81067967)

[5. Desarrollo específico de la contribución 33](#_Toc81067968)

[6. Conclusiones y trabajo futuro 34](#_Toc81067969)

[6.1. Conclusiones 34](#_Toc81067970)

[6.2. Líneas de trabajo futuro 34](#_Toc81067971)

[7. Bibliografía 35](#_Toc81067972)

[Anexos 40](#_Toc81067973)

**Índice de tablas**

[Tabla 1: Partidos y temporadas de cada competición en los datos de StatsBomb Open-Data. 20](#_Toc81067974)

[Tabla 2: Partidos y temporadas de cada competición en los datos de WyScout Soccer match event dataset. 21](#_Toc81067975)

**Índice de figuras**

**No se encuentran elementos de tabla de ilustraciones.**

**Glosario**

TFM Trabajo de Fin de Master

xG Expected goals o goles esperados

df Dataframe

# 1. Introducción

El presente Trabajo de Fin de Master (TFM) corresponde a la titulación del Máster Universitario en Análisis y Visualización de Datos Masivos de la Escuela Superior de Ingeniería y Tecnología (ESIT) de la Universidad Internacional de La Rioja (UNIR). Este TFM, así como todo el Master ha sido realizado de manera online.

## 1.1 Justificación

En la actualidad palabras como *big data*, inteligencia artificial o análisis de datos son cada vez más usadas en nuestro día a día. Si bien no siempre se hace un uso correcto está claro que son conceptos cada vez más conocidos y usados en todo aquello que nos rodea. Las empresas desde hace años están usando estas tecnologías para mejorar sus negocios. En el mundo del deporte no es diferente.

La estadística avanzada es muy usada en el mundo del deporte profesional tanto por entrenadores como ojeadores o periodistas para entender mejor que ha ocurrido en un partido o a lo largo de una temporada. Si bien los deportes americanos fueron los pioneros en este sentido pocos años después el mundo del futbol también empezó a usar esta tecnología. En la faceta deportiva se usa para mejorar el rendimiento del equipo como para encontrar jugadores para contratar (Mena Camino, 2021), así como evitar lesiones, aunque su uso dentro de los clubes también sirve para mejorar los ingresos provenientes de los fans o la optimización de operaciones internas como los dispositivos de seguridad o el uso de los recursos materiales (De Torres, 2021). También lo usan agentes externos como son las casas de apuestas para decidir sus cuotas o los medios de comunicación para representar aquello que ocurre en el terreno de juego (Pérez, 2017).

Dentro de la estadística avanzada los goles esperados (xG del inglés *expected goals*) son una de las medidas existentes más populares. Esta variable le da a cada disparo realizado un porcentaje de probabilidad de ser gol. El porcentaje depende de distintas variables como son la posición, la distancia o la parte del cuerpo usada. Si estos porcentajes de cada disparo son sumados a lo largo de un partido obtenemos el resultado esperado en ese momento.

Este trabajo busca encontrar nuevas variables a esta medida para darle una mayor precisión. En este trabajo se estudian variables que están relacionadas con el factor mental, se estudia si el marcador, el minuto y si se juega de local o visitante entre otras variables son fundamentales a la hora de conseguir marcar y si estas variables se pueden trasladar al modelo de manera numérica. También se estudia si la repetición de acciones parecidas afecta, es decir, si la segunda vez que se realiza un disparo de características parecidas se ve alterado por el anterior y de qué manera.

La obtención de un mejor modelo de cálculo puede ser de gran ayuda para mejorar el análisis de los datos por parte de los distintos analistas en el mundo del futbol, así como para que estos puedan predecir mejor futuros encuentros y mejorar así su rendimiento.

## 1.2 Planteamiento del trabajo

Como se ha explicado anteriormente este trabajo busca obtener nuevas variables para el cálculo de los xG. En base a los datos que se tienen de un encuentro se usa como base el cálculo actual que usan las herramientas de análisis de datos.

A partir de ese modelo inicial se añaden variables al cálculo para comprobar si existe correlación con lograr marcas y si mejora el modelo previo. En caso afirmativo se añade al modelo y se le añade una nueva variable. Una vez se hayan probado todas las variables posibles el modelo resultante es comparado con el inicial para hacer estudiar qué nivel de mejora se ha obtenido.

Para extraer el cálculo de nuevas variables y comparar el nuevo modelo con el actual se ha utilizado el lenguaje de programación Python.

## 1.3 Estructura de la memoria

Esta memoria se estructura en seis capítulos de la siguiente forma:

En el primer capítulo se realiza una introducción del trabajo explicando que motivos justifican el mismo, así como el planteamiento realizado.

En el segundo capítulo se explica la situación actual en cuanto a la estadística avanzada en el mundo del futbol y especialmente en el caso de los goles esperados en un partido a partir de la información recogida. Se muestran estudios previos realizados y la historia de esta rama hasta la actualidad para comprender mejor el contexto del trabajo.

En el tercer capítulo se explican los distintos objetivos de este trabajo, así como la metodología usada para lograrlos.

Posteriormente en el cuarto se presenta el desarrollo de la contribución realizada en el trabajo. Se explica los cálculos realizados, y los algoritmos creados en base a estos cálculos y los resultados obtenidos.

En el capítulo número cinco se muestran las conclusiones del trabajo y resumiendo el trabajo realizado, que objetivos han sido logrados satisfactoriamente y que posibles futuras líneas de trabajo han aparecido al finalizar este TFM.

Por último, en el capítulo seis aparece la bibliografía usada durante todo el trabajo.

# 2. Contexto y estado del arte

En este apartado se explican tanto la historia del análisis estadístico en el mundo del futbol así como los estudios sobre la probabilidad de marcar gol durante un partido para así poder poner en contexto el trabajo. También se comentan los estudios más recientes relacionados con los goles esperados para conocer el estado actual del arte.

## 2.1 Contexto

El análisis estadístico en el mundo del futbol comienza en la década de los años 50 con Charles Reep, un contable de las fuerzas aéreas británicas que empezó a anotar todas las jugadas ofensivas de los partidos a los que atendía (Weiss, 2020) . A partir de sus anotaciones, sus vivencias y el análisis realizado en más de 600 partidos y 4 copas del mundo durante 15 años terminó escribiendo el primer *paper* para una revista científica de estadística con su escrito “Skill and chance in association football” (Reep et al., 1971) donde se explicaba estadísticamente como las opciones de anotar eran mayores cuanto menor fuese el número de pases realizados (Williams, 2020) (Friends of Tracking, 2020). Esta idea era contraria a la filosofía futbolística del momento donde el espectador prefería ver gran cantidad de pases y regates en vez de un futbol directo por lo que la opinión pública británica en un primer momento estuvo en contra de sus teorías y nunca obtuvo ningún reconocimiento. Una década más tarde, entre finales de los setenta y principios de los ochenta, el tiempo le dio la razón y el futbol inglés pasó a ser el dominador a nivel europeo debido a su futbol directo y de pocos pases, un futbol que ha sido el característico del país hasta hace pocos años.

Este estudio fue el primero en crear un modelo probabilístico, pero todavía estaba lejos de lo que hoy conocemos como goles esperados. No fue hasta 1997 cuando el propio Charles Reep junto a Richard Pollard, a partir del registro de todos los disparos del Mundial de Futbol de 1986, publicaron “Measuring the effectiveness of playing strategies at soccer” (Pollard & Reep, 1997) cuando se publicó el primer modelo con diversas variables usando una regresión lineal para predecir la probabilidad de anotar un gol mediante un disparo. Este modelo fue el inicio de todos los estudios posteriores y es considerado el precursor de los goles esperados pese a haber cierta discusión puesto que el termino goles esperados fue usado por primera vez en 1993 en el artículo “The Effect of an Artificial Pitch Surface on Home Team Performance in Football (Soccer)” (Barnett & Hilditch, 1993) aunque su estudio se centraba en si jugar en campos de hierba artificial daba ventaja al equipo local.

Según el modelo la probabilidad de anotar dependía de algunas variables que todavía se usan actualmente como son la distancia horizontal entre la posición del disparo y el punto de penalti, el ángulo entre el lugar donde se produce el disparo y el palo más cercano, la distancia del defensa más cercano o si era una jugada a balón parado (córner, falta) o una jugada abierta. Otras variantes que más adelante se dejaron de usar y que este primer modelo si tenía en cuenta era la posición en que se obtenía el balón en un primer momento, el número de veces que el futbolista tocaba el balón antes de disparar.

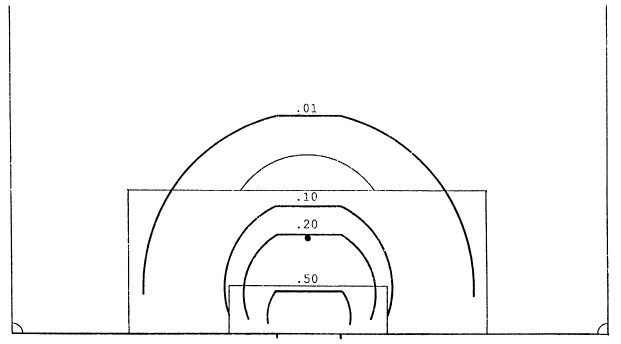


Ilustración 1: Contornos de probabilidad de anotar en tiros lanzados en juego abierto y con el defensa más cercano a menos de una yarda. (Pollard & Reep, 1997)

Con la entrada en siglo XXI hubo una gran mejora tecnológica para las empresas de captación de datos deportivos gracias al *machine learning* y a la captura óptica de datos espaciales que dejaron atrás la captación manual de los datos, estas mejoras hicieron crecer la industria de las estadísticas deportivas convirtiéndolo en un negocio multimillonario. Al factor tecnológico también se le unió el aumento de la popularidad del análisis estadístico en el mundo del deporte (principalmente en Estados Unidos) gracias a la novela “Moneyball: The Art of Winning an Unfair Game” (Lewis, 2004) que posteriormente llegó a la gran pantalla con la película “Moneyball” (Miller, 2011) que explica la historia real de como un equipo de béisbol norteamericano mejoró sus resultados al empezar a basar sus contrataciones en métodos estadísticos. Gracias a todo ello el número de investigaciones académicas sobre métricas avanzadas creció exponencialmente. (Williams, 2020)

En 2004 Richard Pollard usando como base su publicación de 1997 publicó “Applications of logistic regression to shots at goal in association football: calculation of shot probabilities, quantification of factors and player/team” donde hizo el mismo estudio para los disparos registrados en el Mundial de Futbol de 2002 donde investigó 12 posibles variables de las cuales determinó que solo 5 factores era significativos: la distancia a la portería, el ángulo desde la portería, si el jugador que efectuó el tiro estaba al menos a 1m del defensor más cercano, si el tiro fue precedido inmediatamente por una centro o no y el número de jugadores de campo entre el lanzador y el arco. El autor esperaba que la posición en la que se ubicaba el portero a la hora del lanzamiento fuera otra variable, pero tuvo que descartar tal hipótesis.

Si bien durante los últimos años ha habido un gran número de investigaciones en este campo la más importante sin duda ha sido la de Sam Green. Sam Green es un analista de datos de Opta, una de las principales empresas de estadísticas deportivas, y es conocido por ser el creador de la formulación moderna de los xG (Green, 2012). Su modelo trata de dar un % de acierto a cada disparo a partir de una regresión logística donde las variables de entrada son las siguientes (Gregory, 2017):

* Tipo de jugada (juego abierto, tiro libre directo, tiro de esquina, saque de banda, rebote, solo contra el portero…)
* Tipo de asistencia (balón largo, centro, pase corto…)
* Parte del cuerpo usada (cabeza, pierna u otra)
* Distancia a portería
* Ángulo visible de la portería
* Gran oportunidad (variable subjetiva)

El ejemplo más básico es el lanzamiento de penalti que siempre es contabilizado como 0,76xG. Al sumar los % de cada disparo durante un partido, una sucesión de partidos o toda una temporada podemos obtener el número de xG que ha obtenido un jugador o un equipo durante el periodo elegido.

Para crear el modelo la empresa Opta usó los datos de 300.000 disparos y, si bien el modelo no es público por motivos empresariales, se conoce que es redefinido cada cierto tiempo con los nuevos disparos que han sido recopilados.

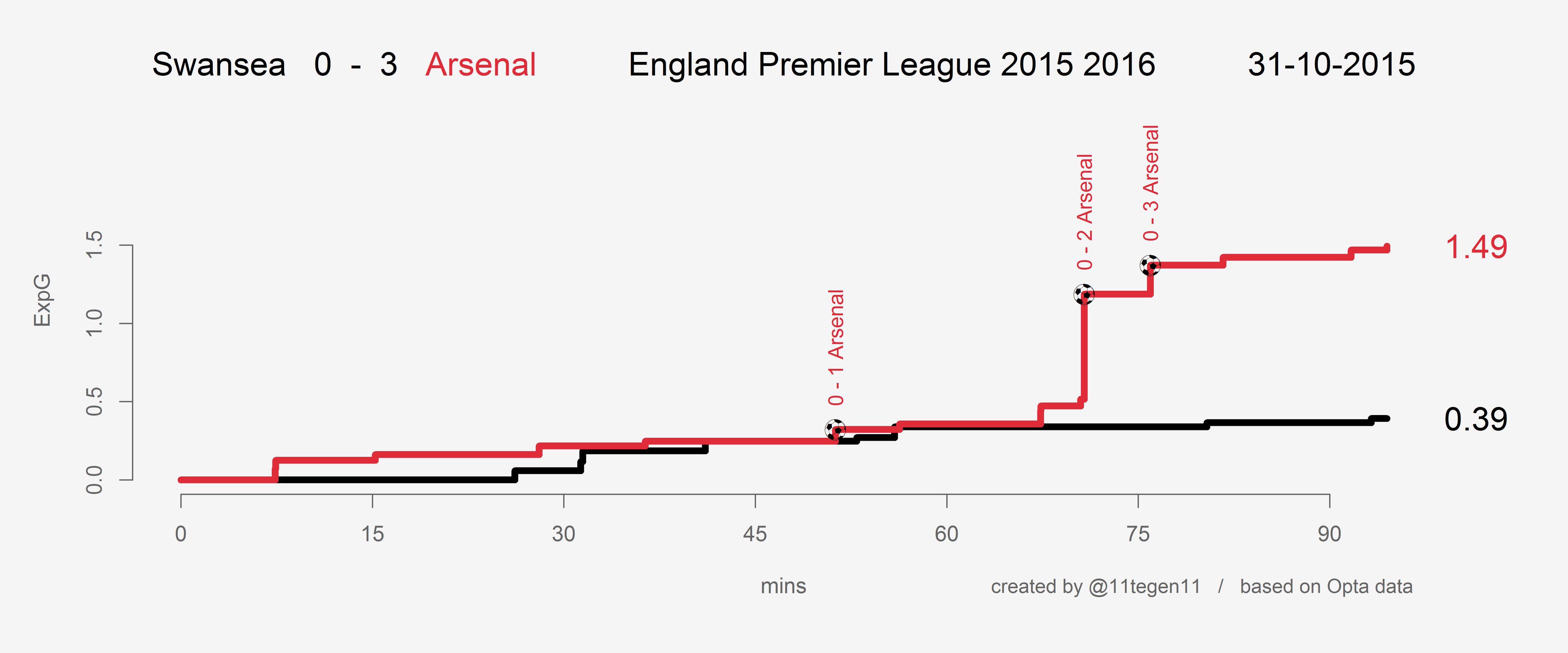


Ilustración 2: Gráfico de la acumulación de los xG durante un partido de futbol.(11tegen11, 2015)

Durante los últimos 10 años se han generado una gran cantidad de modelos usando como base la idea de Sam Green y haciendo algunas modificaciones en las variables usadas. (Brener, 2017) Cada empresa de métricas deportivas tiene su modelo e incluso existen modelos *open-source*, cabe destacar en la mayoría de los casos las diferencias entre ellas no son grandes.(Martinez Arastrey, 2018)

En agosto de 2017 la cadena británica BBC utilizó por primera vez los xG para su resumen estadístico de los partidos de la liga de futbol inglesa en su programa “Match of the Day” haciendo crecer todavía más su popularidad y llegando a ser conocido por el público general.(Coronis, 2021) Actualmente la mayoría de equipos de futbol profesional tienen su equipo de analistas de datos e incluso algunos de ellos han hecho grandes inversiones en el sector.(Andersen, 2021)

## 2.2 Estado del arte

Como se ha comentado previamente en la actualidad existen una gran cantidad de modelos para calcular los xG. Algunos de ellos han sido comparados entre sí (Mackay, 2017) y se pueden apreciar ciertas diferencias. Una de las principales es el uso de la variable *Big Chance* (o Gran Oportunidad) que utiliza la empresa Opta y que añade precisión al modelo. En este aspecto hay ciertas dudas sobre si usarla al ser una variable subjetiva basada en la opinión de la persona que recoge los datos y la decisión de contabilizar un disparo como gran oportunidad puede ser influenciada por el propio resultado del disparo. En la Ilustración 3 podemos comprobar como todos los disparos con más de 0,3xG fueron considerados grandes ocasiones.

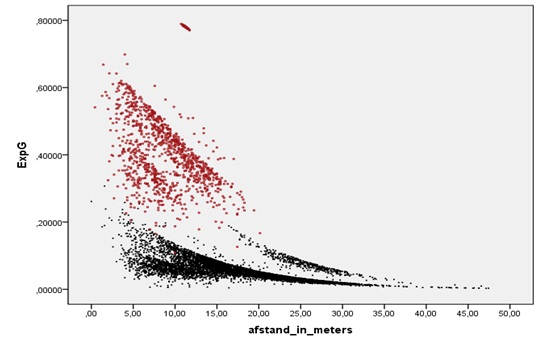


Ilustración 3: Relación entre xG y distancia a porteria diferenciando por Big Chance o no.(Mullenberg, 2016)

Para no depender de una variable subjetiva como es la de Big Chance y gracias a la mejora en la captura de datos que ha habido en los últimos años la empresa SportsBomb ha elaborado un modelo propio a partir de capturar la posición de todos los futbolistas en el momento del disparo, así como si están en movimiento, parados o en el suelo. De esta manera se puede evaluar cuantos futbolistas hay entre el jugador que dispara y la portería otorgando un alto xG si no hay ningún rival en la portería pese a disparar desde lejos y un bajo xG si hay una gran cantidad de futbolistas para bloquear el disparo pese a que sea este más cercano. En la Ilustración 4 se puede comprobar la diferencia entre modelos.



Ilustración 4: Comparativa del mismo disparo entre el modelo de xG de UnderStat (0,93xG) con el de SportsBomb (0,29xG).(Goodman, 2018b)

Los creadores del modelo explican que no modifica excesivamente las predicciones al analizar grandes cantidades de disparos, pero es útil para corregir casos atípicos, dejar de usar variables sesgadas y mejorar la precisión en muestras pequeñas como pueden ser un único partido. Mas allá de la medida explicita de los xG este nuevo modelo también ayuda a analizar otras métricas del juego como son las relacionadas con la buena colocación de la defensa o del portero en los momentos del disparo.

La propia empresa SportsBomb posteriormente ha añadido otra variable al cálculo de los xG, en este caso se trata de la altura en la que se realiza el disparo o *Shot Impact Height* (SIH). Hay que destacar que la empresa ya tenia incorporado en su modelo una variable para saber si el disparo venia precedido por un pase a ras de suelo o un pase alto por lo que cierta medida ya se contemplaba anteriormente, pero al tener un mayor abanico de opciones el nuevo modelo da mayor valor a disparar un balón que va a ras de suelo que antes mientras que los xG se ven reducidos en casos más atípicos donde el futbolista debe hacer un movimiento antinatural para golpear y que requieren de una mayor técnica como se muestra en la Ilustración 5.(Knutson, 2020)

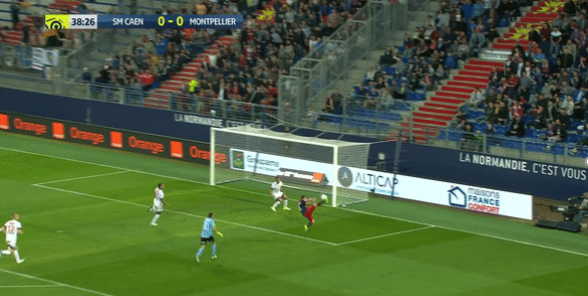


Ilustración 5: Ejemplo de disparo complicado por la altura del balón al golpear. Los xG se reducen en el nuevo modelo de 0,65xG a 0,35xG.(Knutson, 2020)

Otros tipos de modelos creados han tenido en cuenta variables como la calidad específica del futbolista en cuestión, su calidad ofensiva en el caso del atacante y defensiva por parte de la defensa o el portero. Ejemplos de modelos que usan la calidad de los futbolistas son “Improving the estimation of outcome probabilities of football matches using in-game information” (Noordman, 2019) y “Expected Goals in Soccer: Explaining Match Results using Predictive Analytic” (Eggels, 2016). En ambos casos se usaron como valores para determinar las habilidades de los futbolistas los atributos de los jugadores en el videojuego FIFA de Electronic Arts.

Si bien en ambos trabajos se explica que esta variable mejora la precisión del modelo cabe destacar tres aspectos: por un lado, igual que ocurría con la variable Big Chance en este caso se usa una variable subjetiva para medir la habilidad de los futbolistas, no todo el mundo estará de acuerdo en que X jugador sea mejor que Y disparando o parando disparos. Por otro, al tener en cuenta la habilidad del futbolista se elimina poder analizar los futbolistas entre sí puesto que para un mismo disparo para la misma ocasión dos futbolistas acumularán distinto grado de xG. La propia medida de xG debería ser la que permita hacer el análisis de que futbolista es mejor o peor y para ello los disparos deben evaluarse de la misma manera para todos. El tercer aspecto es que para futbolistas que no aparecen en el videojuego no se tendrá conocimiento de esa variable.

En este último trabajo también se usó el marcador como variable, es decir, si el equipo del lanzador iba ganando, perdiendo o empatando en ese momento. Esta variable es interesante puesto que el marcador puede afectar psicológicamente a ambos equipos, el trabajo, pero, no explica de qué manera afecta a los xG esta variable y para jugadas parecidas en que escenarios se marcan más goles. También en “Un nuovo modello di Expected Goals” (Giacobbe, 2016) se muestra un modelo donde también se tiene en cuenta el resultado para calcular los xG, el autor muestra gráficamente como para una misma distancia la probabilidad de marcar es más alta cuando se tiene una ventaja de más de 2 goles que cuando el resultado esta empatada y en caso de perder por 2 goles o más las probabilidades son aún más bajas. El mismo modelo analiza el factor campo y muestra como para disparos igual de lejanos la probabilidad de marcar es mayor en el caso de los equipos locales respecto de los visitantes tal y como se aprecia en la Ilustración 6.

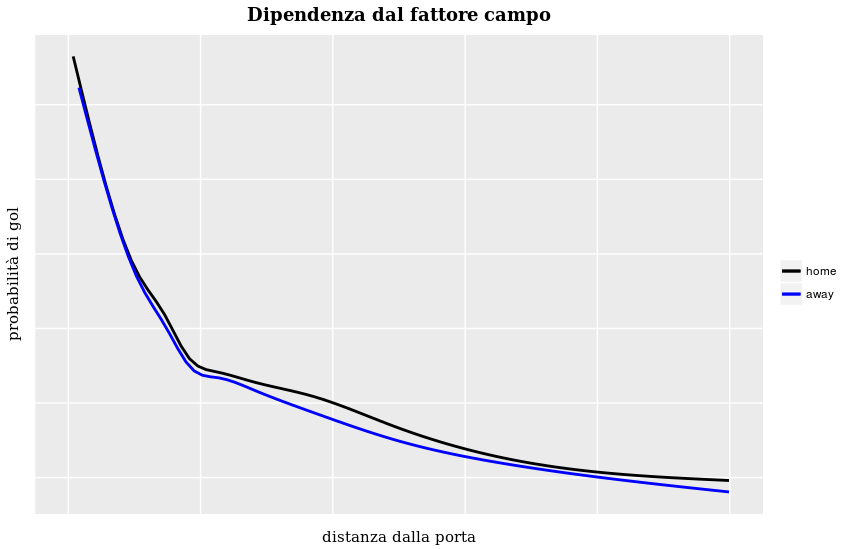


Ilustración 6: Diferencia entre la probabilidad de marcar si eres local o visitante para cada distancia a puerta.(Giacobbe, 2016)

Es interesante destacar que también se han realizado modelos de xG a partir de redes neuronales como son los descritos en la entrada de blog “Using Neural Networks to calculate Expected Goals” (Blum, 2017) y las tesis “Applying Machine Learning Methods to Predict the Outcome of Shots in Football” (Hedar, 2020) y “Creating a Model for Expected Goals in Football using Qualitative Player Information” (Madrero, 2020) donde muestran conseguir una mayor precisión en los datos que con un modelo generado a partir de la regresión logística aunque en ambos casos la diferencia no es especialmente significativa y se pierde cierta transparencia en el proceso que no ocurre con la regresión logística. En cuanto a si es mejor utilizar redes neuronales u otros modelos de machine learning como pueden ser Random Forest o XGBoost David Sumpter, *Data Scientist* del equipo de futbol sueco Hammarby IF, dice lo siguiente: “Soy escéptico si alguno de ellos (los modelos que no son la regresión logística) son necesarios para este problema. Es mejor utilizar la regresión lineal con las características seleccionadas correctamente” (Friends of Tracking, 2020).

La métrica de los xG tiene en cuenta toda la información posible en el momento previo al disparo y sirve para analizar a los atacantes. Similar a esta métrica, pero para analizar la habilidad de los porteros se ha creado la métrica xGOT (expected goals on target) que solo analiza aquellos disparos que van entre los tres palos (terminan en parada del portero o son gol) y que tiene en cuenta información sobre el propio disparo. Las variables que se tienen en cuenta en este caso son la trayectoria, la velocidad del disparo y las coordenadas de la portería donde fue el disparo. Un disparo pese a tener un xG bajo por la situación en la que se dispara puede tener un alto xGOT si la ejecución es buena, tal como muestra la Ilustración 7. (Goodman, 2018a; Whitmore, 2021)

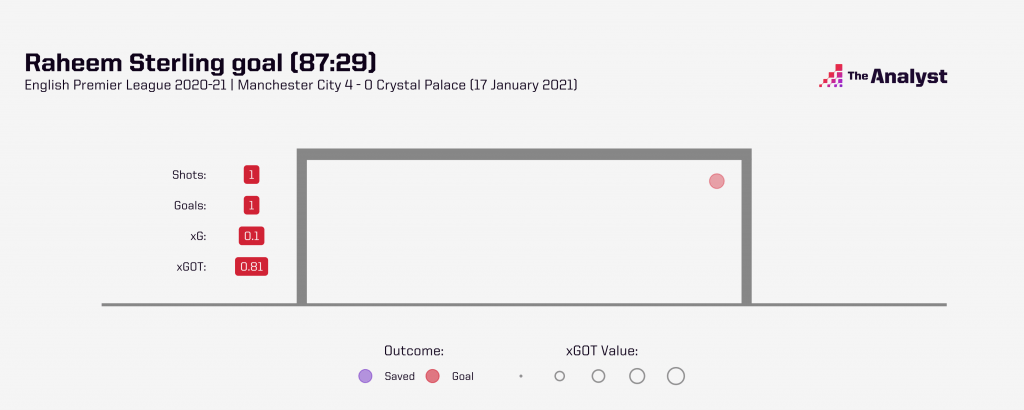
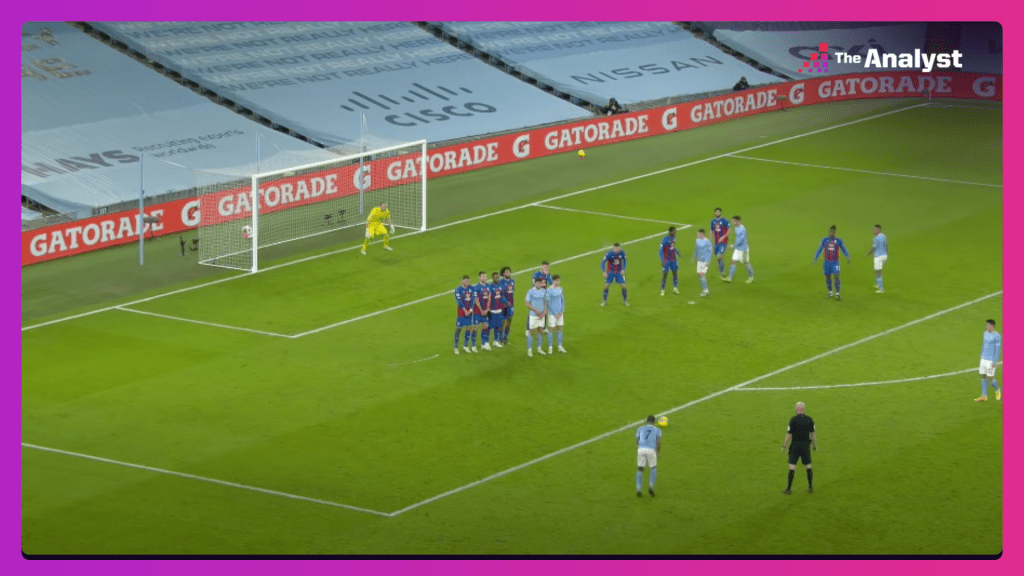


Ilustración 7: Ejemplo de disparo con bajo xG (0,1 xG) y alto xGOT (0,81 xGOT) al ser un gran disparo muy bien colocado pese a la dificultad.

# 3. Objetivos concretos

## 3.1. Objetivo general

El objetivo de este TFM consiste en generar un modelo para el cálculo de los xG en el futbol que añada nuevas variables con el objetivo de obtener una mayor precisión. Este nuevo modelo debe ser válido para poder obtener el dato tanto al finalizar el partido como en tiempo real.

## 3.2. Objetivos específicos

1. Estudiar y conocer el actual estado del arte en el campo del estudio probabilístico de un disparo. Como han evolucionado los modelos probabilísticos durante los años y cuáles son los últimos estudios en este campo.
2. Obtener todos los datos posibles relacionados con un disparo en un partido de futbol, así como las circunstancias en las que ocurre el disparo.
3. Analizar y decidir qué variables son útiles para los cálculos a realizar.
4. Desarrollar una metodología para comprobar mediante cálculos si las variables escogidas mejoran el modelo probabilístico existente.
5. Evaluar el modelo final obtenido con el inicial y comparar en qué grado se ha mejorado el modelo. Evaluar posibles inconvenientes de este nuevo modelo.

# 4. Metodología del trabajo

En esta sección se especifica la metodología empleada para lograr un modelo de xG propio con nuevas variables, el análisis de las nuevas variables y el del propio modelo. La estructura es la siguiente:

* **Obtención de los datos:** Se explica el origen de los datos utilizados en el trabajo, el formato de origen de los datos y los motivos por los que han sido utilizados estos datos.
* **Preparación del *dataset*:** Se detalla los pasos realizados para transformar los datos de origen en el *dataset* utilizado para realizar el modelo.
* **Dataset utilizado:** Se detalla los datos utilizados finalmente y se comparan con los utilizados en otros estudios.
* **Diseño del modelo:** Se expone las técnicas utilizadas para generar el modelo, así como los parámetros utilizados.

## 4.1. Obtención de los datos

Tras realizar una búsqueda de *datasets* públicos solo se ha encontrado dos fuentes *open-data* que proporcionen una cantidad de información suficiente para generar un modelo de xG: una de la empresa StatsBomb y otra de WyScout. El resto de las bases de datos futbolísticas solo aportaban datos generales de los partidos como el resultado, el número de disparos, la posesión, etc.

También se ha estudiado la posibilidad de pagar a alguno de los proveedores de datos existentes para obtener una mucho mayor cantidad de los datos, pero el coste era en todos los casos muy elevado puesto que son productos orientados a profesionales del sector (equipos, ojeadores, jugadores…).

### 4.1.1. StatsBomb Open-Data

Los datos provenientes de la empresa StatsBomb han sido obtenidos a partir de repositorio de Github abierto para uso académico y personal (Lawrence et al., 2018/2021). Este repositorio aporta datos en formato JSON (JavaScript Object Notation) de todos los eventos ocurridos en los distintos partidos que hay en el repositorio (ver Tabla 1) así como datos sobre los partidos, las competiciones y las alineaciones de estos.

En los datos sobre eventos tenemos todos los pases, disparos, paradas, faltas, recepciones de balón, córneres… con las coordenadas donde ha ocurrido, el jugador que lo ha realizado, el momento del partido en el cual ha ocurrido, así como información específica sobre cada tipo de evento, por ejemplo, en caso de pase que tipo de pase ha sido. Además, permite relacionar datos entre sí por ejemplo un pasé completado con la recepción de balón del jugador que lo recibe.

En el caso de los disparos también tenemos información sobre el sistema Freeze Frame creado por StatsBomb (StatsBomb, 2021) que a partir de una imagen en el momento del disparo conoce la posición de todos los futbolistas en dicho momento. De esta manera se puede tener una mayor información como el número de jugadores entre el balón y la portería o la cercanía de los rivales.

En total a partir de StatsBombs Open-Data tenemos:

* 889 Partidos
* 7 Competiciones
* 3.198.449 Eventos

Que provienen de las distintas competiciones y temporadas:

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| Competición | Partidos | Temp. | Detalle |
| La Liga | 485 | 16 | Primera división española masculina |
| FA Women's Super League | 195 | 3 | Primera división inglesa femenina |
| FIFA World Cup | 64 | 1 | Trofeo de naciones mundial masculino |
| Women’s World Cup | 52 | 1 | Trofeo de naciones mundial femenino |
| NWSL | 36 | 1 | Primera división estadounidense femenina |
| Premier League | 33 | 1 | Primera división inglesa masculina |
| UEFA Champions League | 14 | 1 | Competición europea de clubes masculina |

Tabla 1: Partidos y temporadas de cada competición en los datos de StatsBomb Open-Data.

### 4.1.2. WyScout Soccer match event dataset

Por su parte los datos de WyScout provienen del repositorio de Figshare abierto también para uso personal y académico (Pappalardo et al., 2019; Pappalardo & Massuco, 2019). En este caso el repositorio ofrece datos de entrenadores, árbitros, jugadores, equipos, competiciones, partidos y eventos. Al igual que con los de StatsBomb los datos están en ficheros JSON.

Los datos sobre eventos son muy parecidos a los de StatsBomb si bien tiene algo menos de detalles sobre estos y no tiene la posición del resto de jugadores durante ningún evento más allá de las coordenadas del futbolista que realiza la acción.

Aunque los datos de StatBomb tienen más información sobre los disparos los datos de WyScout también han sido usados puesto que el nivel de información es suficiente y la cantidad de datos es incluso mayor (ver Tabla 2) por lo que se ha escogido combinar ambos *datasets* para así tener una cantidad mayor de datos pese a que no todos los disparos tendrán la misma cantidad de información.

En este caso WyScout Soccer match event dataset aporta datos de:

* 1941 Partidos
* 7 Competiciones
* 3.251.294 Eventos

Que provienen de las distintas competiciones y temporadas:

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| Competición | Partidos | Temp. | Detalle |
| Ligue 1 | 380 | 1 | Primera división francesa masculina |
| Premier League | 380 | 3 | Primera división inglesa masculina |
| Serie A | 380 | 1 | Primera división italiana masculina |
| La Liga | 380 | 1 | Primera división española masculina |
| Bundesliga | 306 | 1 | Primera división alemana masculina |
| FIFA World Cup | 64 | 1 | Trofeo de naciones mundial masculino |
| European Championship | 51 | 1 | Trofeo de naciones europeas masculino |

Tabla 2: Partidos y temporadas de cada competición en los datos de WyScout Soccer match event dataset.

## 4.2. Preparación del *dataset*

Para la preparación del *dataset* final a partir de los datos originales explicados anteriormente se ha aprovechado el código creado por Andrew Rowlinson en su TFM (Rowlinson, 2020b) y al que se puede acceder a partir de su repositorio de Github (Rowlinson, 2020a) como base puesto que los datos de origen son los mismos salvo que en su caso hay unos pocos partidos menos provenientes del repositorio de StatsBomb.

Si bien la mayor parte del código usado en este trabajo para la preparación del dataset ha sido el mismo al de Andrew Rowlinson se han hecho algunas modificaciones, ya sea por funciones que han quedado obsoletas en nuevas versiones de Python o para añadir nuevos parámetros para ser estudiados y utilizados en la creación de este modelo de xG.

Los pasos seguidos son los siguientes:

### 4.2.1. Importación

Los datos del repositorio de StatsBomb son descargados de manera manual y se convierten en archivos Parquet mediante código para así comprimirlos y poder trabajar posteriormente con ellos de una manera más rápida y eficiente. Al importarlos obtenemos los siguientes *dataframes (df)*:

* df\_competition: 37 entradas
* df\_match: 879 entradas
* df\_lineup: 26794 entradas
* df\_event: 3198449 entradas
* df\_freeze: 277829 entradas
* df\_tactic: 36817 entradas
* df\_related: 6219794 entradas

En el caso del repositorio de WyScout los datos son descargados desde el propio código y posteriormente también se convierten en archivos Parquet. En este caso los *dfs* obtenidos son los siguientes:

* df\_coach: 208 entradas
* df\_player: 3603 entradas
* df\_team: 142 entradas
* df\_competition: 7 entradas
* df\_match: 1941 entradas
* df\_formation: 74098 entradas
* df\_substitution: 11097 entradas
* df\_event: 3251294 entradas

Además, en el caso de WyScout se hacen algunas modificaciones en los nombres de los equipos y las competiciones para así estar escritas de la misma forma que lo están en los datos de StatsBomb. También se comprueba que hay 100 partidos que aparecen en ambos repositorios por lo que se eliminan todos los datos de esos partidos del repositorio de WyScout al tener una menor información de estos.

### 4.2.2. Creación de los *datasets* de tiros

Une vez importados los datos de una manera óptima para trabajarlos el siguiente paso es crear los *datasets* con únicamente los tiros y toda la información posible sobre ellos. En el código original se realiza la modificación de los *df* de eventos originales tanto de WyScout como de StatsBomb para poder conocer las acciones previas a cada disparo y relacionarlas con el mismo. Por ejemplo, si un disparo dice que viene precedido por un pase se busca toda la información sobre ese pase para así añadirla al disparo (altura del pase, tipo de pase…). Se tiene en cuenta la diferencia de tiempo entre eventos para, por ejemplo, poder determinar si un disparo viene de un contraataque o si se puede seguir considerando que la jugada es un córner o una falta si no ha pasado suficiente tiempo desde que se sacó.

Otra característica añadida es conocer si el disparo se realiza con su mejor pierna, en el caso de WyScout se consigue a partir de la información sobre cada jugador que hay en *df\_player* mientras que en el caso de StatsBomb, que no tiene información específica sobre la pierna de cada jugador, se obtiene calculando que pierna es la más usada por cada futbolista en los datos que tenemos.

A nivel posicional se estandarizan las coordenadas de los eventos para que se considere que todos los estadios son iguales (en realidad cada estadio tiene unas medidas distintas dentro de unos límites reglamentarios). También se añaden variables como el ángulo respecto al centro de la portería (*middle\_angle*), el ángulo de portería visible, la distancia hasta la portería (*distance\_to\_goal*) y variables que son creadas a partir de estas como *distance\_visible\_angle* y *log\_distance\_to\_goal* (ver Ilustración 1).

Interfaz de usuario gráfica, Aplicación, Gráfico de líneas

Descripción generada automáticamente

Ilustración 8: Cálculo de las distancias y ángulos. (Rowlinson, 2020b)

Además de todas las variables creadas con el código original para este trabajo también se ha añadido nuevas. Entre ellas se ha añadido una columna para saber si el equipo que realiza el disparo es local o visitante. Anteriormente se ha mostrado como el factor campo es importante (ver Ilustración 6) y por ello se quiere añadir al modelo para tenerlo en cuenta y ver qué importancia tiene dentro del modelo.

También se ha añadido el número de jugadores que hay en el campo en el momento del disparo tanto en el equipo que ataca (*players*) como en el equipo rival (*players\_rival*). Ambas variables nos pueden mostrar si los futbolistas logran una mayor confianza al estar con ventaja de futbolistas o si ocurre cuando se está en una situación de desventaja. También una mayor eficiencia con más futbolistas puede ser debido a una peor defensa rival por falta de jugadores en el momento del disparo o durante la creación de la jugada. Para añadir estas variables las expulsiones que aparecen en el *df* de eventos teniendo en cuenta si el futbolista expulsado estaba en el campo en ese momento (puede ser expulsado un jugador que está en el banquillo).

Sumado a las variables ya expuestas también se ha añadido el tipo de competición (*competition\_type*) para diferenciar los partidos de liga de los de torneos con eliminatorias (Mundial, UEFA Champions League…) y ver si hay diferencias a nivel de xG y la jornada en la que se realiza el partido (*match\_week*) para conocer si afecta el momento de la temporada a la hora de la efectividad de los disparos ya sea debido a un menor cansancio al inicio de la competición, un mejor momento de forma en una parte intermedia o un mayor cansancio y una presión mayor en los últimos partidos de la competición.

### 4.2.3. Combinación de *datasets*

Una vez están preparados los *datasets* por separado se unen y se trata de hacer coincidir los nombres de los equipos y de los jugadores a partir del paquete de Python fuzzymatcher (Linacre, 2017/2017) para tener así una única ID para ambos campos. También se añaden las variables obtenidas mediante el *df* de Freeze Features en los disparos de StatsBomb.

Además, en nuestro caso hemos incluido la variable Match Moment (Momento del partido) en la que separamos el minuto del partido en grupos de 15 minutos (del minuto 0 al 15, del 15 al 30…). Con esta variable se quiere estudiar cómo afecta el momento en el que se encuentra el partido en la efectividad de los goles. Por ejemplo, si es posible que se marquen más goles de larga distancia en los primeros momentos por la falta de ritmo del portero o si la efectividad es mayor o menor en los últimos minutos cuando hay mayor presión para modificar el resultado antes de que acabe el partido.

Otras variables añadidas han sido el número de disparo que es cada uno de ellos durante el partido tanto para el equipo (*shot\_number*) como para el futbolista que lo realiza (*shot\_player\_number*). Estas variables quieren estudiar si hay alguna mejora en los disparos a medida que el equipo o el futbolista realiza un mayor número de ellos o por el contrario hay menos probabilidad de marcar ya sea por cansancio o mejor conocimiento de la defensa o del portero.

También se han incluido otras dos variables como las descritas anteriormente, pero separando en distintas zonas del campo escogidas como “similares” y llamadas Shot Zones (zonas de disparo). Una de las variables cuenta cuantos disparos lleva un jugador en cada zona específica (*shot\_zone\_player\_number*) y otra cuenta los disparos de todo el equipo en esa zona (*shot\_zone\_number*). Estas dos variables quieren profundizar más acerca de la mejora o el empeoramiento de la calidad de los disparos al realizar un mayor número, pero con un mayor detalle al separar por zonas donde los disparos pueden ser considerados “similares”. Estas zonas son las siguientes (ver Ilustración 8):

* **Zona 1:** Disparos cercanos pero escorados.
* **Zona 2:** Disparos centrados y desde muy poca distancia, en boca de gol.
* **Zona 3:** Disparos centrados y desde dentro del área.
* **Zona 4:** Disparos de media distancia y laterales.
* **Zona 5:** Disparos desde la frontal del área.
* **Zona 6:** Disparo centrados y de media distancia.
* **Zona 7:** Disparos lejanos.

Gráfico, Gráfico de embudo

Descripción generada automáticamente

1

1

4

7

6

5

4

3

2

Ilustración 9: Mapa de las distintas zonas generadas.

También se han unificado las jornadas en distintos grupos (*competition\_part*) para hacer las diferenciaciones del momento de la temporada que se ha comentado en el punto anterior. En el caso de torneo con eliminatorias se han separado la fase de grupos de las propias eliminatorias y en el caso de las ligas nacionales se han dividido en inicio, mitad y final de la temporada.

Por último, también se ha creado un *dataset* con 1000 disparos ficticios realizados dentro del área en zonas donde tenemos menos de 100 disparos. A estos tiros se les coloca un 0% de probabilidad si están pegados a la línea de fondo y un 4,1% en el resto de tiros al ser la probabilidad existente en los tiros reales lanzados desde esas zonas (Rowlinson, 2020b). Este *dataset* es útil para incluir aquellos tiros que no realizan los futbolistas en la vida real puesto que son muy complicados y así incluir tiros en zonas donde el *dataset* original tiene muy pocos o ningún tiro (Sumpter, 2020). Junto a ello se han identificado y eliminado los *outlier*, es decir, zonas donde el número de disparos es menor de 20 y el porcentaje de acierto es mayor del 8% (Rowlinson, 2020b). Las zonas donde los disparos han sido eliminados se muestra en la Ilustración 10. En total han sido eliminados 228 disparos.

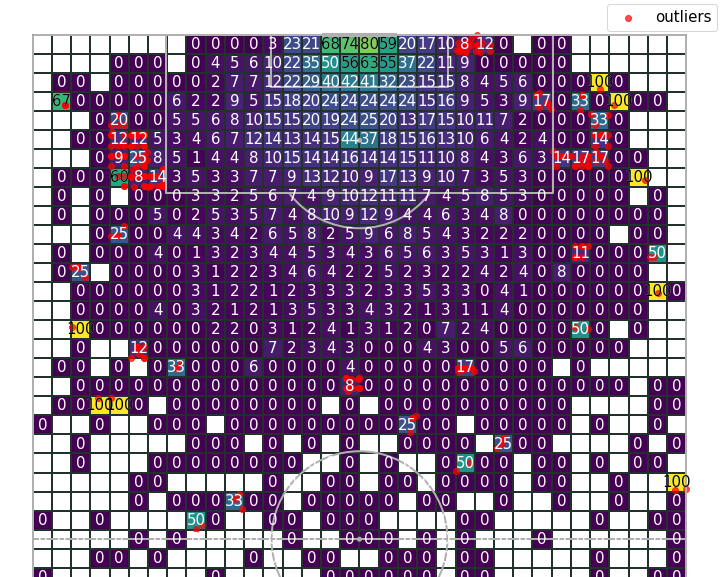


Ilustración 10: Porcentaje de acierto de los disparos en cada zona del campo e identificación de outliers con los datos de StatsBomb y WyScout.

## 4.3. *Dataset* utilizado

Finalmente obtenemos un *dataset* único con las siguientes variables (se obvia las variables relacionadas con ID’s y nombres de partidos, equipos y jugadores):

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| Nombre | Descripción | StatsBomb | WyScout |
| **dataset** | StatsBomb o WyScout | X | X |
| **competition\_gender** | Masculino o femenino | X | X |
| **competition\_type** | Liga o copa | X | X |
| **match\_week** | Jornada de la competición | X | X |
| **competition\_part** | Momento de la competición (Inicio, mitad, final, grupos o eliminatorias) | X | X |
| **H\_A\_column** | Equipo local o visitante | X | X |
| **minute** | Minuto de partido | X | X |
| **match\_moment** | Momento de partido (0-15min, 15-30min, 30-45min…) | X | X |
| x | Coordenada X del disparo en el campo. | X | X |
| y | Coordenada Y del disparo en el campo. | X | X |
| **visible\_angle** | Ángulo formado entre el lugar del disparo y los dos postes de la portería. | X | X |
| **middle\_angle** | Ángulo formado por la recta que va del centro de la portería al lugar del disparo y de la perpendicular a la portería. | X | X |
| **distance\_to\_goal** | Distancia entre el lugar del disparo y el centro de la portería. | X | X |
| **distance\_visible\_angle** | Distancia entre el lugar del disparo y el poste más cercano. | X | X |
| **log\_distance\_to\_goal** | Logaritmo de la distancia entre el lugar del disparo y el centro de la portería. | X | X |
| **shot\_type\_name** | Juego abierto, penalti, tiro libre (si ha ocurrido menos de 10 segundos después del lanzamiento), córner (si ha ocurrido menos de 10 segundos después del lanzamiento) o saque de banda (si ha ocurrido menos de 10 segundos después del saque). | X | X |
| **shot\_one\_on\_one** | Si el disparo se realiza en una situación de 1 contra 1. | X |  |
| **shot\_open\_goal** | Si el disparo se realiza sin ningún rival en el camino. | X |  |
| **under\_pressure** | Cuando el disparo empieza o termina simultáneamente a un evento de presión por parte del rival. (StatsBomb, 2019) | X |  |
| **counter\_attack** | Si el disparo se realiza durante un contraataque (robar el balón y atacar rápidamente). (StatsBomb, 2019; WyScout, 2018) | X | X |
| **fast\_break** | Si el disparo se realiza en un ataque rápido (robar el balón en tercio de campo propio y disparar en el último cuarto en menos de 25 segundos. (Rowlinson, 2020b) | X | X |
| **strong\_foot** | Si el disparo se ha realizado con la pierna buena/más utilizada. | X | X |
| **body\_part\_name** | Parte del cuerpo del disparo (pierna derecha, pierna izquierda u otro). | X | X |
| **shot\_zone** | Zona de disparo. Ver Ilustración 9. | X | X |
| **shot\_number** | Número de disparo del equipo en el partido. | X | X |
| **shot\_zone\_number** | Número de disparo del equipo en el partido y en una zona concreta. | X | X |
| **shot\_player\_number** | Número de disparo del futbolista en el partido. | X | X |
| **shot\_zone\_player\_number** | Número de disparo del futbolista en el partido y en una zona concreta. | X | X |
| **assist\_type** | Tipo de asistencia (pase, recuperación, despeje, jugada directa o rebote). | X | X |
| **pass\_end\_x** | La coordenada x de la asistencia de pase. | X |  |
| **pass\_end\_y** | La coordenada y de la asistencia de pase. | X |  |
| **carry\_length** | La distancia entre el lugar que se recibe el pase y el lugar donde se ha disparado. | X |  |
| **pass\_switch** | Si el pase previo fue un cambio de costado (el pase recorrió un 50% del campo horizontalmente). (StatsBomb, 2019) | X | X |
| **pass\_cross** | Si el pase previo fue un centro (un pase desde un costado y desde la parte final del campo). (StatsBomb, 2019) | X | X |
| **pass\_cut\_back** | Si el pase previo fue un pase atrás desde la parte final del campo y hacia el interior del área. (StatsBomb, 2019) | X | X |
| **pass\_height\_name** | Altura del pase previo. Alto si se recibe encima de los hombros (StatsBomb) o 1 metro encima o más alto (WyScout). En el resto de los casos se considera Bajo/A ras de suelo. | X | X |
| **pass\_technique\_name** | Técnica del pase previo (Pase en profundidad, córner lanzado recto, córner lanzado con efecto hacia la portería, córner lanzado con efecto hacia fuera de la portería u otro) | X | X |
| **smart\_pass** | Si el pase previo ha sido un pase inteligente, que ha pasado entre 2 o 3 rivales y ha generado una ventaja. (WyScout, 2018) |  | X |
| **area\_shot** | El área alrededor del jugador que dispara. Calculado como el área de un diagrama de Voronoi, es decir, el área donde el lanzador es el jugador más cercano a ese punto en el campo. (Rowlinson, 2020b) | X |  |
| **area\_goal** | El área alrededor del portero. Calculado como el área de un diagrama de Voronoi, es decir, el área donde el portero es el jugador más cercano a ese punto en el campo. (Rowlinson, 2020b) | X |  |
| **n\_angle** | Número de jugadores dentro del ángulo formado entre el lugar del disparo y los dos postes de la portería. (Rowlinson, 2020b) | X |  |
| **goalkeeper\_x** | Coordenada X del portero. | X |  |
| **goalkeeper\_y** | Coordenada Y del portero. | X |  |
| **players** | Jugadores en el campo del propio equipo. | X | X |
| **players\_rival** | Jugadores en el campo del equipo rival. | X | X |
| **goal** | Si el disparo ha sido gol. | X | X |

## 4.4 Diseño del modelo

En nuestro problema disponemos de unos parámetros de entrada (variables posicionales, de acción previa, de tipo de acción, de contexto…) y una variable de salida (la variable binaria gol) por lo que estamos hablando de un problema de aprendizaje supervisado donde se buscará la probabilidad (xG) de que la variable de salida sea 1 (es decir gol) mediante una técnica de clasificación.

Para obtener esta probabilidad se han utilizado distintos modelos de clasificación que han sido comparados para identificar cuál de ellos nos da un mejor resultado. A continuación, se hará una pequeña descripción de cada modelo, así como se abordará la metodología empleada en cada caso.

### 4.4.1 Regresión Logística

La Regresión Logística Simple, desarrollada por David Cox en 1958, es un método de regresión que permite estimar la probabilidad de una variable cualitativa binaria en función de una variable cuantitativa. Una de las principales aplicaciones de la regresión logística es la de clasificación binaria, en el que las observaciones se clasifican en un grupo u otro dependiendo del valor que tome la variable empleada como predictor. En nuestro caso estimaremos la probabilidad de que un disparo sea gol o no gol en base a todas las variables disponibles. Es un método ampliamente utilizado desde la década de los 80 debido a las facilidades computacionales con que se cuenta desde entonces. (Alonso Fernández, 2006; Amat Rodrigo, 2016).

La función logística o sigmoide se expresa de la siguiente manera (Amat Rodrigo, 2016):

(Ec. 1)

Que al substituir x de la Ec. 1 por la función (- α - β1x1 - β2x2 - … - βpxp ) se obtiene:

Que es la probabilidad de que la variable Y sea 1 dado los distintos predictores x1, x2… Si esta probabilidad es mayor a 0,5 el clasificador lo catalogará como 1 (gol) y por el contrario si es menor lo catalogará como 0 (no gol) aunque para nuestro problema lo importante no es la catalogación si no la probabilidad en si misma.

Nuestro objetivo, por lo tanto, es obtener los parámetros o pesos (α, β1, β2, … - βp) óptimos de cada variable para obtener

### 4.4.2 LightGBM

### 4.4.3 XGBoost

### 4.4.4 Random Forest

Explicación de como se ha generado los distintos modelos. Subdatasets utilizados (penaltis y no penaltis, con pase previo y sin…). Explicar creación de modelo de Regresión logística y del modelo XGBoost.

# 5. Desarrollo específico de la contribución

Explicar resultados obtenidos y comparaciones

# 6. Conclusiones y trabajo futuro

## 6.1. Conclusiones

## 6.2. Líneas de trabajo futuro

# 7. Bibliografía

11tegen11. (2015, octubre 31). Arsenal pulled away in the 2nd half. Their defensive numbers look very impressive again. But what’s up with Swansea? Https://t.co/LKXVcvCaRT [Tweet]. *@11tegen11*. https://twitter.com/11tegen11/status/660510093365129216/photo/1

Alonso Fernández, A. M. (2006). *Introducción a la regresión logística*. http://halweb.uc3m.es/esp/Personal/personas/amalonso/esp/bstat-tema9.pdf

Amat Rodrigo, J. (2016, agosto). *Regresión logística simple y múltiple*. https://www.cienciadedatos.net/documentos/27\_regresion\_logistica\_simple\_y\_multiple

Andersen, K. (2021, marzo 13). Interview: The creator of OptaJoe and how xG came about. *A Word of Arsenal*. https://awordofarsenal.com/2021/03/13/interview-the-creator-of-optajoe-and-how-xg-came-about/

Barnett, V., & Hilditch, S. (1993). The Effect of an Artificial Pitch Surface on Home Team Performance in Football (Soccer). *Journal of the Royal Statistical Society. Series A (Statistics in Society)*, *156*(1), 39-50. https://doi.org/10.2307/2982859

Blum, J. (2017, octubre 27). Using Neural Networks to calculate Expected Goals. *Jon Blum*. https://jonblum.wordpress.com/2017/10/27/using-neural-networks-to-calculate-expected-goals/

Brener, A. (2017). *Expected Goals Model* [Python]. https://github.com/andrebrener/expected\_goals

Coronis, A. (2021, mayo 3). Los “expected goals”, la métrica de moda del análisis big data. *Futbol Sapiens*. https://www.futbolsapiens.com/mas-sapiens/los-expected-goals-la-metrica-de-moda-del-analisis-big-data/

De Torres, A. (2021, enero). *¿Cómo funciona el Big Data en fútbol?* [Educativa]. ESIC. https://www.esic.edu/rethink/tecnologia/big-data-en-futbol

Eggels, H. P. H. (2016). *Expected Goals in Soccer: Explaining Match Results using Predictive Analytic* [Eindhoven University of Technology]. https://pure.tue.nl/ws/portalfiles/portal/46945853

Friends of Tracking. (2020, mayo 8). *The Ultimate Guide to Expected Goals*. https://www.youtube.com/watch?v=310\_eW0hUqQ&t=1101s

Giacobbe. (2016, septiembre 8). Un nuovo modello di Expected Goals. *L’Ultimo Uomo*. https://www.ultimouomo.com/un-nuovo-modello-di-expected-goals/

Goodman. (2018a, noviembre 12). *A New Way to Measure Keepers’ Shot Stopping: Post-Shot Expected Goals*. StatsBomb. https://statsbomb.com/2018/11/a-new-way-to-measure-keepers-shot-stopping-post-shot-expected-goals/

Goodman, M. (2018b, mayo 18). The Dual Life of Expected Goals (Part 2). *StatsBomb*. https://statsbomb.com/2018/05/the-dual-life-of-expected-goals-part-2/

Green, S. (2012, abril 9). *Assessing The Performance of Premier League Goalscorers*. Stats Perform. https://www.statsperform.com/resource/assessing-the-performance-of-premier-league-goalscorers/

Gregory, S. (2017, enero 30). *Expected Goals in Context*. Stats Perform. https://www.statsperform.com/resource/expected-goals-in-context/

Hedar, S. (2020). *Applying Machine Learning Methods to Predict the Outcome of Shots in Football* [Uppsala University]. https://www.diva-portal.org/smash/get/diva2:1448482/FULLTEXT01.pdf

Knutson, T. (2020, julio 31). StatsBomb Release Expected Goals with Shot Impact Height. *StatsBomb*. https://statsbomb.com/2020/07/statsbomb-release-expected-goals-with-shot-impact-height/

Lawrence, T., Yorke, J., & haghanim. (2021). *StatsBomb Open Data*. StatsBomb. https://github.com/statsbomb/open-data (Original work published 2018)

Lewis, M. (2004). *Moneyball: The Art of Winning an Unfair Game*.

Linacre, R. (2017). *RobinL/fuzzymatcher* [Python]. https://github.com/RobinL/fuzzymatcher (Original work published 2017)

Mackay, N. (2017, junio 19). How accurate are xG models II: the ‘Big Chance’ Dilemma. *Mackay Analytics*. https://mackayanalytics.nl/2017/06/19/how-accurate-are-xg-models-ii-the-big-chance-dilemma/

Madrero, P. (2020). *Creating a Model for Expected Goals in Football using Qualitative Player Information* [Universitat Politècnica de Catalunya]. https://upcommons.upc.edu/bitstream/handle/2117/328922/147841.pdf

Martinez Arastrey, G. (2018, mayo 22). *What are Expected Goals (xG)?* Sport Performance Analysis. https://www.sportperformanceanalysis.com/article/what-are-expected-goals-xg

Mena Camino, L. (2021). *Buscando el recambio perfecto para Fernando*. Big Data International Campus. https://www.campusbigdata.com/difusion/Futuro\_Recambio\_Fernando.pdf

Miller, B. (2011). *Moneyball* [Drama]. https://www.filmaffinity.com/es/film974637.html

Mullenberg, J. (2016, octubre 14). *Expected Goals: Wat is het en hoe berekenen we het? - Tussen de linies* [TussenDeLinies]. https://www.tussendelinies.nl/expected-goals-uitgelegd/

Noordman, R. (2019). *Improving the estimation of outcome probabilities of football matches using in-game information* [Amsterdam School of Economics]. https://www.scisports.com/wp-content/uploads/2019/10/Noordman-Rogier-12366315-MSc-ETRICS.pdf. https://www.scisports.com/wp-content/uploads/2019/10/Noordman-Rogier-12366315-MSc-ETRICS.pdf

Pappalardo, L., Cintia, P., Rossi, A., Massucco, E., Ferragina, P., Pedreschi, D., & Giannotti, F. (2019). A public data set of spatio-temporal match events in soccer competitions. *Scientific Data*, *6*(1), 236. https://doi.org/10.1038/s41597-019-0247-7

Pappalardo, L., & Massuco, E. (2019). *Soccer match event dataset*. https://doi.org/10.6084/m9.figshare.c.4415000

Pérez, D. (2017, junio 12). Big Data en el fútbol [Deportiva]. *Objetivo Analista*. https://objetivoanalista.com/big-data-futbol/

Pollard, R., & Reep, C. (1997). Measuring the Effectiveness of Playing Strategies at Soccer. *Journal of the Royal Statistical Society. Series D (The Statistician)*, *46*(4), 541-550.

Reep, C., Pollard, R., & Benjamin, B. (1971). Skill and Chance in Ball Games. *Journal of the Royal Statistical Society. Series A (General)*, *134*(4), 623-629. https://doi.org/10.2307/2343657

Rowlinson, A. (2020a). *Expected-goals-thesis* [Jupyter Notebook]. https://github.com/andrewRowlinson/expected-goals-thesis

Rowlinson, A. (2020b). *Football Shot Quality: Visualizing the Quality of Soccer/ Football Shots* [Aalto University]. https://aaltodoc.aalto.fi/bitstream/handle/123456789/45953/master\_Rowlinson\_Andrew\_2020.pdf

StatsBomb. (2019). *StatsBomb Open Events Structure and Data Specification v4.0.0*.

StatsBomb. (2021, marzo 4). *El Freeze Frame de StatsBomb y la cantidad de defensores entre balón y portería*. StatsBomb. http://statsbomb.com/es/2021/03/el-freeze-frame-de-statsbomb-y-los-defensores-entre-balon-y-porteria/

Sumpter, D. (2020, mayo 13). @903124S @andrew\_puopolo @the\_spearman The point of the fake data is two-fold. It allows you to include things you know that are impossible (put players never do because its impossible) and then you can push the non-linear terms to really understand how the probability of success is shaped. [Tweet]. *@Soccermatics*. https://twitter.com/Soccermatics/status/1260598182624575490

Weiss, A. (2020, septiembre 7). *Charles Reep, la modernidad del pasado* [Deportiva]. La Media Inglesa. http://www.lamediainglesa.com/articulo/charles-reep-la-modernidad-del-pasado

Whitmore, J. (2021, marzo 24). What Are Expected Goals on Target (xGOT)? *The Analyst*. https://www.statsperform.com/resource/introducing-expected-goals-on-target-xgot/

Williams, A. (2020, abril 7). The roots of Expected Goals (xG) and its journey from «nerd nonsense» to the mainstream. *These Football Times*. https://thesefootballtimes.co/2020/04/08/the-roots-of-expected-goals-xg-and-its-journey-from-nerd-nonsense-to-the-mainstream/

WyScout. (2018, marzo 26). Wyscout main events description. *Wyscout FootballData*. https://footballdata.wyscout.com/events-manual/

# Anexos