

Detección de alteración de motores ubicados en motocicletas

Detection of Tampering of Engines Located in Motorbikes

José Manuel Rodríguez Jiménez

Policía local Mijas-investigador asociado al Dpto. de Matemáticas aplicadas de la Universidad de Málaga, España.

Unidad de Gestión.

jmrodriguez@mijas.es | <https://orcid.org/0000-0003-3776-9887>

Miguel Ángel Canorea Ruiz

Policía Municipal de Madrid, España.

Alejandro Plaza Quesada

Policía Municipal de Madrid, España.

DOI: <https://doi.org/10.14201/cp.32162>

Recibido: 01-11-2024 | Aceptado: 13-12-2024

Resumen

La alteración de motores en motocicletas implica modificar el motor original para mejorar el rendimiento o adaptarlo a necesidades específicas, aunque estas prácticas pueden derivar en riesgos de seguridad y problemas legales. Estos cambios pueden producirse por avería del motor y necesidad de un reemplazo, lo cual es inicialmente legal, o un cambio por un motor de mayor cilindrada que dotaría a la motocicleta de mayor potencia, pero también de mayor inestabilidad al no estar preparado el resto de componentes para ese aumento de potencia. La instalación de motores de mayor potencia en motocicletas no diseñadas para soportarlos puede comprometer la seguridad, generando inestabilidad y aumentando el riesgo de accidentes debido a frenos inadecuados, poniendo en riesgo no solo su seguridad, sino también la del resto de usuarios de la vía con el uso de dicho motor alterado.

El cambio de motor tiene su vertiente delictiva. El origen de dicho motor puede no ser lícito y, aunque el conductor del vehículo no sea responsable directamente de un delito de robo al no haber intervenido directamente en la sustracción del mismo, sí puede serlo de receptación si no posee la documentación que justifique que es comprador de buena fe. Dicha documentación trasladaría la responsabilidad del delito hacia el vendedor.

La determinación de la responsabilidad penal es secundaria cuando la dificultad principal es saber si los motores instalados pertenecen o no a dicha motocicleta. Para ello se ha realizado un estudio que permite aproximar, usando métodos matemáticos que determinan el grado de pertenencia, si el motor que porta una motocicleta es el que ha sido instalado originalmente en la misma o si proviene de una motocicleta ajena.

Palabras clave

Motores; Vehículos sustraídos; Bastidor; Falsedad documental.

Abstract

The alteration of motorbike engines can be defined as the change of the original engine in order to achieve an improvement in the performance of the motorcycle. These changes can occur due to engine failure and the need for a replacement, which is initially legal, or a change to a higher engine which would give the motorbike more power, but also greater instability as the other components are not prepared for the increased power. Inadequate brakes may mean that the rider unwittingly puts his own safety and that of other road users at risk by using the altered engine.

There is a criminal aspect to engine swapping. The origin of the engine may not be lawful and, although the driver of the vehicle is not directly responsible for a theft offence as he did not directly involve in the theft of the vehicle, he may be responsible for receiving it if he does not have the documentation justifying that he is a legitimate purchaser. Such documentation would shift the responsibility for the offence to the seller.

The determination of criminal liability is secondary when the main difficulty is to know whether or not the installed engines belong to that motorbike. To this end, a study has been carried out to approximate, using mathematical methods that determine the degree of ownership, whether the engine fitted

to a motorbike is the one that was originally installed in the motorcycle or whether it comes from another motorbike

Keywords

Engines; Stolen vehicles; VIN; Forgery.

1

Introducción

En un día de partido de fútbol, junto al estadio de una ciudad grande, pueden localizarse estacionadas en sus inmediaciones miles de motocicletas de diversas marcas, modelos y cilindradas. Al estar los agentes destinados al evento en funciones de seguridad para evitar altercados, la vigilancia de los vehículos estacionados no se considera parte del dispositivo desplazado a cubrir el evento y estos no tienen mayor relevancia que la de cualquier otro vehículo estacionado en la vía pública. Una furgoneta sin distintivos relevantes circula por la zona de estacionamientos y se acerca a un punto donde no hay dispositivos policiales ni testigos que puedan observar cómo se abre la puerta bajando, unos individuos, cogen una de las motocicletas estacionadas y la introducen en la furgoneta en pocos segundos sin que absolutamente nadie se percate de los hechos. Este hecho puede repetirse varias veces con el mismo modus operandi, abandonando el lugar con un botín que deben procesar en poco tiempo y en lugares ya preestablecidos.

Esto sería una actuación habitual de grupos organizados que pueden actuar por encargo de una marca y modelo específico o por objetivos considerados de fácil introducción en el mercado por la alta demanda de piezas, siendo los motores los elementos más cotizados.

Casos como este se han documentado en la operación en Madrid y Toledo de Guardia Civil y Policía Municipal de Madrid denominada OVIBIKE, realizada en el año 2022. La estructura del grupo criminal estaba bien definida al igual que los procesos. En primer lugar, se localizaban las motocicletas de determinadas marcas y modelos por ojeadores que rastreaban los

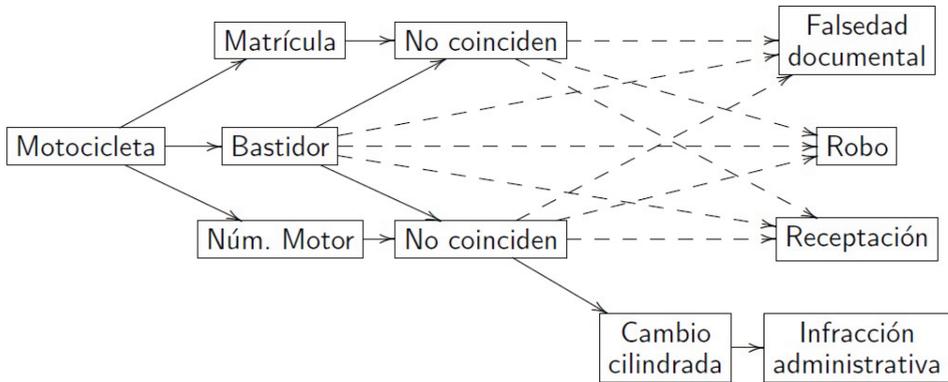
puntos de concentración de estos vehículos y que analizaban las medidas de seguridad de la zona. Con esa información, los miembros que se encargaban de la sustracción y el transporte actuaban de la forma descrita anteriormente, dejándolas ocultas y almacenadas en determinados talleres. En esos establecimientos, que contaban con las herramientas especializada necesarias, las despiezaban en pocas horas, repartiendo en otros talleres y almacenes las piezas vendibles y deshaciéndose de las no usables, como los bastidores, a los cuales se les limaba el número de motor y se reducían a partes no identificables como componentes de una motocicleta. En los almacenes se encontró material perfectamente clasificado y etiquetado, como los diferentes motores que especificaban marca, modelo y número de kilómetros.

Dentro de la documentación, el tipo de motor viene designado dentro del apartado P.5 de la ficha técnica, pero no está transcrito el número de motor completo conjuntamente con su serie. Tanto el número de bastidor como el número de motor se consideran documentos ya que identifican vehículos y sus partes. Un cambio en dichos elementos puede considerarse falsedad documental al no coincidir con el que viene transcrito en los documentos oficiales relacionados con el vehículo.

Se ha comprobado en las estaciones de Inspección Técnica de Vehículos que dentro de su protocolo no está marcada la verificación del número de motor ni cuentan con personal especializado en la localización del mismo. Esto se une a que, al ubicarse en los bajos de los vehículos, a veces sufren mucho desgaste y presentan mucha suciedad que hace casi ilegible su contenido, no pudiendo siquiera ser observables a simple vista.

En toda esta casuística se puede observar la comisión de diversos posibles delitos (ver Imagen 1), siendo muy complejo establecer una autoría clara por parte del investigador. En primer lugar, se daría el caso del robo del vehículo, que derivaría en 2 casos de receptación, consciente o inconsciente, por parte del taller y del comprador. La falsedad documental se daría en el caso de que el cambio del número de motor no estuviera registrado en la Dirección General de Tráfico, lo cual no suele hacerse, y quedaría acreditada en el caso de que se cambiara el tipo de

Imagen 1: Casuística posible ante cambio de motor



motor al no coincidir con lo anotado en la ficha técnica. Dentro de la misma marca y modelo, esa falsedad documental no podría acreditarse al coincidir el apartado P.5 de la ficha técnica del vehículo.

Las primeras actuaciones registradas en este ámbito se realizaron con casos donde era claro diferenciar un cambio de cilindrada en el motor usando descripciones físicas de los mismos y sus números de motor, requiriendo que los actuantes tuvieran los suficientes conocimientos en la materia. Los casos más comunes consistían en el cambio de un motor de 125 centímetros cúbicos de cilindrada a uno de 300 centímetros cúbicos, donde el conductor a veces no estaba autorizado legalmente a conducir dichos vehículos, como es el caso de aquellos que poseen la categoría B con 3 años de antigüedad. El detectar el cambio de motor dentro de la misma cilindrada era un caso más complejo ya que físicamente era prácticamente imposible determinarlo con una inspección visual.

Cada vez más marcas, conecedoras de este proyecto y conscientes de que su imagen se ve dañada si las estadísticas muestran que sus motocicletas son las que más se sustraen, colaboran facilitando vías de comunicación para la comprobación de los datos anómalos que se detectan.

Debido a que sería excesivo realizar consultas a las marcas cada vez que se comprueba una motocicleta en la vía pública, y

que sus medios de atención a los Cuerpos y Fuerzas de Seguridad no están operativos las 24 horas, era necesario poder establecer un método que permitiera saber si existían indicios de anomalías en la motocicleta investigada y que no dependiera de conocer la estructura física de cada uno de los motores existentes en el mercado.

En este artículo se van a examinar los datos que relacionan la información contenida en los bastidores de las motocicletas con la información contenida en los números de motor, estableciendo una posible aproximación de valores que determinen con cierto grado de confianza si los motores pertenecen a las motocicletas que los portan.

2 Método

La metodología se basa en modelos matemáticos que analizan la relación entre los números de bastidor y motor, permitiendo detectar discrepancias mediante interpolación y análisis de datos codificados. En primer lugar, existe una decodificación y extracción de información de los bastidores, unida al mismo proceso en los números de serie de motor. Con esta información, codificada adecuadamente, se puede realizar una interpolación o extrapolación de datos que emiten un valor aproximado de serie de motor a partir de un bastidor dado.

La comprobación de los datos indicados en las motocicletas es asequible a cualquier agente, ya que en la mayoría de los casos ambos datos son visibles para el observador si se conoce la ubicación de los mismos, lo cual no ocurre, por ejemplo, con los números de motor de los turismos, que quedan ocultos en el interior del vehículo.

Una observación inicial del conjunto de datos no permite establecer relaciones sin estructurar cada uno de los elementos relacionados. Es complicado observar y determinar qué método se puede aplicar en cada número de bastidor y si vale para todo

tipo de marca y modelo, por lo que es necesario analizar cada uno de ellos por separado, con el fin de determinar sus patrones y sus características especiales.

En este estudio se va a comprobar cómo se codifican los bastidores y los números de motor, qué características los definen y qué grupos se pueden establecer para obtener unos resultados fiables.

2.1 Codificación de bastidores (VIN)

En muchas notaciones, el bastidor de un vehículo se conoce como VIN, que son las siglas de Vehicle Identification Number. Este número, que en realidad no está formado solo por dígitos, está compuesto de 17 caracteres, los cuales algunas compañías han adaptado a sus intereses, desviándose de la estructura común que en un principio los define. Para evitar confusiones por lo parecido de las letras I, O y Q con los dígitos 1 y 0, estas letras no se usan en el número de bastidor.

Según la fuente consultada y el fabricante, el número de bastidor se puede codificar de diferentes formas. Para simplificar el análisis, el bastidor se divide en varias partes que permitirán agrupar los datos durante el estudio:

- Caracteres 1-3: Marca. Una misma marca puede tener diferentes series según el lugar de fabricación. El primer carácter indica la región donde se fabricó el vehículo, correspondiéndose Europa con los caracteres S a Z, aunque muchos de las motocicletas en estudio provienen de Asia, denotadas con los caracteres J a R.
- Caracteres 4-8: Modelo. El modelo puede variar a lo largo del tiempo dentro de la misma marca. Algunas marcas especifican la cilindrada o el tipo de motor de forma codificada.
- Carácter 9: En la mayoría de definiciones se corresponde con un carácter de control (dígitos 0 a 9 o la letra X), pero en la realidad solo se cumple en algunas marcas y modelos. En

otros fabricantes es un complemento, indicando una versión de la marca y modelo, o simplemente es un valor sin relevancia, pues se repite para todos los datos el mismo valor, en la mayoría de los casos el dígito 0 o 1.

- **Carácter 10: Año de emisión codificado.** Es útil para determinar la correspondencia con el año de fabricación del motor en algunos casos, pero lamentablemente no se cumple en todas las marcas. Los casos de los dígitos 0 a 9 se relacionan con los años 2000 a 2009, pasando la letra A a designar al año 2010 y a partir de ahí siguen el orden alfabético. El caso de las letras I, O y Q, al no poder figurar en el bastidor, hacen que no se consideren para relacionar los años.
- **Caracteres 11-17: Serie dentro de la misma marca y modelo.** El carácter 11 se considera por separado en algunas definiciones como una distinción de la fábrica, que puede determinar el lugar de distribución.

Ejemplo: RFBS4001161916739.

- RFB: Marca Kymco, procedente de fábrica asiática.
- S4001: Modelo Gran Dink 125.
- 1: No se corresponde con carácter de control. Es un complemento de la serie que permite diferenciar el tipo de motor asociado.
- 6: Año de fabricación 2006.
- 1916739: Serie de fabricación dentro de la misma marca y modelo.

2.2 Codificación de números de motor

Es necesario determinar los términos que se van a usar para referirse a las partes del número de motor, haciendo constar que a pesar de su nombre pueden incluir letras, incluso la I, O y Q descartadas en el número de bastidor. Se va a usar el término general número de motor para designar la codificación de los mismos debido a que las letras usadas presentan en la mayoría de los casos una interpretación numérica.

Los formatos de los números de motor se pueden agrupar por cómo están compuestos, compartiendo algunas marcas la misma codificación. No solo se comparte la misma codificación, sino, incluso, se usan los motores fabricados por otras compañías, lo cual hace mucho más sencillo para los delincuentes el poder acoplar un motor de diferente marca si es necesario para sus intereses, complicando la investigación de la procedencia del motor.

Para proceder a una identificación plena y a una correcta decodificación de los números de motor, estos se dividen en los conceptos tipo de motor y número de serie dentro de ese tipo de motor. Ese número de serie está relacionado directamente con el tipo de motor y no debe considerarse como único ya que pueden encontrarse series con la misma codificación que correspondan a diferentes tipos de motor incluso dentro de la misma marca.

Ejemplo: Para Honda, el número de motor JF28E-2036629 tiene como tipo de motor JF28E, que determina motocicletas del modelo PCX de 125 centímetros cúbicos, y como serie de motor 2036629.

Algunos fabricantes poseen una codificación dentro de los tipos de motor que permite saber para qué motocicleta están destinados.

Ejemplo: La marca Kymco suele usar los caracteres 3 y 4 del tipo de motor para indicar la cilindrada, correspondiendo 25 a 125 centímetros cúbicos, 30 a 150 centímetros cúbicos, etc., obteniéndose el valor de la cilindrada multiplicando dicho número por 5. En el caso del tipo de motor SK25M, este indica una motocicleta de 125 centímetros cúbicos.

2.3 Interpolación

En función de un bastidor, se puede definir la función $f(\text{bastidor}) =$ valor de número de motor y usar el polinomio de interpolación lineal de Newton para obtener un valor aproximado para un bastidor dado.

$$f(x|x_1, x_2) = f(x_1) + [(f(x_2) - f(x_1)) * (x - x_1) / (x_2 - x_1)]$$

Existen otro tipo de interpolaciones que pueden ser más precisas en determinados intervalos de datos con un estudio más detallado, como el caso de aplicar curvas cuadráticas de Bezier (Bezier, 1970), pero la cantidad de motocicletas fabricadas en un periodo de tiempo responde a variables externas no controlables y no puede generalizarse la aplicación de las mismas.

Una vez obtenido un número de motor aproximado usando la función de interpolación, este no tiene por qué coincidir con el motor asociado oficialmente de forma exacta. Debido a las variaciones de cada fabricante, modelo y asociación de motores en la fábrica de montaje, se han de tener en cuenta las desviaciones que se puedan producir. Se define la desviación de un fabricante para un modelo determinado como el valor absoluto de la mayor diferencia con valor negativo entre 2 números de motor consecutivos ordenados por su número de bastidor, localizados en la serie de bastidores y números de motor registrados. En caso de que no exista ninguna diferencia negativa, la desviación encontrada se considera 0 o, lo que es lo mismo, que no se ha encontrado desviación en los datos, lo cual no se da en la mayoría de los casos.

Uno de los motivos por lo que no existe una correlación exacta 1 a 1 entre número de bastidor y número de motor en la casi totalidad de los casos es debido a que en las cadenas de montaje no se producen e instalan de forma paralela, usando algunos de los motores para ser testados como garantía de calidad en el proceso. En casos como Harley Davidson o algunos modelos de Kawasaki, parece ser que el troquelado de número de bastidor y número de motor se produce de forma simultánea, circunstancia que no se ha podido comprobar por falta de respuesta por parte de las marcas.

Ejemplo: Para los números de bastidor A, B y C, ordenados por su valor de serie, los motores respectivos tienen como serie 112625, 112574 y 118008. La diferencia entre los valores de A y B es de -51 unidades, mientras que la diferencia entre los valores de B y C es de 5434 unidades. Definimos la desviación de ese

modelo de motocicleta como 51, que es el valor absoluto del mayor valor negativo encontrado.

Determinar si la diferencia en unidades que se produce entre la serie interpolada y la serie real de la motocicleta es considerada aceptable, para valorar si una serie de motor puede pertenecer a la motocicleta que lo porta, depende de la desviación del modelo de motocicleta y del tamaño del intervalo donde se evalúan los datos. A mayor amplitud del intervalo, mayor imprecisión en la aproximación de la serie por realizarse siguiendo una interpolación lineal, por lo que hay que tener en cuenta un segundo factor de desviación.

Se ha de definir una función que determine un porcentaje de validez para los datos de la motocicleta en comparación con los valores obtenidos, teniendo en cuenta la desviación del modelo y el tamaño del intervalo en el que se interpola. Esta función es el resultado del estudio de las formas de distribución de los números de motor para varios países y modelos, definiéndose como:

$$v = \text{Máximo}(0, 100 - (50 * (\text{serieMotocicleta} - \text{serieEstimada})^2 / ((\text{tamañoIntervalo} * 1/3) + \text{desviacion})^2))$$

Al definirse el valor de v como un porcentaje, el valor que resulte debe estar comprendido entre 0 y 100. Por ello se ha de definir en la función v que su valor sea el máximo entre 0 y el resultado obtenido, ya que en caso contrario podría dar resultados negativos cuando un número de motor no está dentro del rango de validez. El valor de la función v será 100 cuando la serie del motor coincida exactamente con el valor estimado mediante la función f .

Usando un intervalo para los valores de v considerados como aceptables, $60 < v \leq 100$, podemos obtener un intervalo de series de motor válidas dado un número de bastidor. Este intervalo de series de motores proporcionado es una forma fácil de interpretar los resultados y, de esta forma, comprobar si el número de motor que porta la motocicleta puede ser considerado como válido para ese número de bastidor.

2.4 Análisis

El estudio incluyó datos de motocicletas nacionales e internacionales, demostrando la eficacia del algoritmo en la detección de motores alterados y su potencial para integrarse en bases de datos globales. Para dar mayor validez al estudio realizado, se ha extendido y complementado con datos obtenidos en motocicletas de otros países que figuran en fuentes abiertas, contando la base de datos final con 10600 datos aproximadamente a fecha de realización de este artículo.

26

De estos datos se han apartado las marcas denominadas raras, al existir poco volumen de motocicletas en el mercado que pertenezcan a estas marcas. No se han descartado los datos, sino aplazado su estudio hasta ampliar la muestra con un número de datos mínimo que garantice la obtención de resultados fiables. El disponer de un solo dato de una marca y modelo determinado puede ofrecer orientación sobre un nuevo caso, pero el usuario que valore esos datos debe contar con la suficiente experiencia en su manejo, ya que el algoritmo no puede proporcionarle información al ser necesarios al menos 2 datos para poder ofrecer una respuesta con una valoración estimada.

En la primera fase del estudio se descartaron datos que no ofrecían información relevante, como el código de homologación o la fecha de primera matriculación.

El código de homologación depende del número de bastidor, por lo cual es una información redundante y que, en este estudio, no aporta mayor conocimiento. Sin embargo, sí es de gran utilidad en caso de bastidores borrados o manipulados, ya que puede orientar a los investigadores en la reconstrucción de los datos borrados.

La fecha de la primera matriculación ofrece gran margen de error y no se puede establecer una relación clara ya que depende de factores externos como la zona y el modelo donde la motocicleta ha sido destinada para la venta. Se han encontrado casos con variaciones superiores a 2 años entre motocicletas con

bastidores casi consecutivos debido a rematriculaciones, por lo que debe ser valorado adecuadamente. Este valor es útil como complemento a la investigación ofreciendo un indicio fiable cuando la variación es considerable. No obstante, al disponer los bastidores de un carácter que orienta sobre la fecha de emisión, puede considerarse un valor no necesario.

Una vez descartados los valores que no ofrecían información relevante, se procedió a una evaluación mediante agrupaciones (clústeres) que compartían características similares. Estas agrupaciones no eran similares en todas las marcas, por lo que hubo que proceder a una partición del bastidor y una división de los tipos de métodos que se podían usar según las marcas y modelos.

Los bastidores se dividieron en 3 partes durante el estudio para determinar las agrupaciones:

- Caracteres 1-8: Determinan una marca y modelo de motocicleta en un rango de tiempo.
- Carácter 9: Al no ser siempre un carácter de control, se considera como un valor separador adicional. Se usa en marcas como Piaggio o Suzuki.
- Caracteres 10-17: Serie del bastidor. Engloba el año de emisión para algunos casos. La parte inicial de la serie es la que permite establecer unas diferencias orientativas sobre el número de motor asociado, sobre todo, sobre la serie del motor.

En función de las marcas y su codificación de bastidores según los 3 grupos indicados, se procedió a una clasificación de métodos para establecer la relación número de bastidor-número de motor. Cuando para un tipo de bastidor se pueden aplicar al menos 2 métodos, se usa el menos restrictivo y que permite agrupar mayor cantidad de datos sin llevar a error.

Los métodos usados se denominan según los caracteres usados para establecer la relación y son los siguientes (entre paréntesis el inicio del número de bastidor):

- Método 10: Usa los caracteres comunes 1 a 10 del bastidor para la agrupación. Puede usarse para las siguientes marcas:
 - Suzuki (VTT)
 - Triumph (SMT)
- Método 11: Usa los caracteres comunes 1 al 11 del bastidor para la agrupación. Puede usarse para las siguientes marcas:
 - Cagiva (ZCG)
 - Dresel (WDM)
 - Husqvarna (ZCG)
 - MV Augusta (ZCG)
 - Piaggio (ZAP)
 - Yamaha (9C6, JYA, LBP, LPR, MH3, MLE, RKR, RLC, VG5, VTL, ZDO)
 - Yiying (LD5)

Nota: El inicio de bastidor ZCG, al igual que otros que no se mencionan en este estudio, se ha encontrado en varias marcas.

- Método 12: Usa los caracteres comunes 1 al 12 del bastidor para la agrupación. Puede usarse para las siguientes marcas:
 - Arctic Cat (VAD)
 - Daelim (KMY)
 - Derbi (VTH)
 - Ducati (ZDM)
 - Fantic (ZFM)
 - Honda (ME4, VTM, ZDC)
 - Husqvarna (ZKH)
 - Kawasaki (JKA, JKB, MH4, ML5, RGS)
 - Kymco (LC2, RFB)
 - Malaguti (ZJM)
 - Peugeot (VGA)
 - Piaggio (LBM, RP8)
 - Rieju (VTP)
 - Royal Enfield (ME3)
 - SMC (RFR)
 - Suzuki (JS1, LC6, MH8, MLC)
 - SWM (ZNO)
 - SYM (LXM, RFG)
 - TGB (RFC)
 - TM Racing (ZEX)

- Método 10-12: Usa los caracteres comunes 1 al 8 y 10 al 12, ignorando el carácter 9. Se usa en aquellos números de bastidor que tienen caracteres de control. Puede usarse para las siguientes marcas:
 - Aprilia (ZD4)
 - Baotian (L82, LX6, LZP)
 - Benelli (ZBN)
 - Beta (ZD3)
 - BMW (WB1, WB3, WB4)
 - Brixton (VA4)
 - BTM (L82)
 - Can-Am (3JB)
 - CF Moto (LCE)
 - Derbi (ZDP)
 - Goes (LCE)
 - Hanglong (LLM)
 - Honda (JH2, LTM, LWB, MLH, RLH)
 - Hyosung (KM4)
 - Keeway (L4H, LBB, TSY)
 - KTM (VBK)
 - Linhai (LL8)
 - Longjia (L4H)
 - Mitt (LFG)
 - Motowell (L4H, L5Y, LUJ)
 - PGO (RFV)
 - Qian Jiang (LAW)
 - Qingqi (LAE)
 - Suzuki (JSA)
 - TMS (L82, LFG)
 - Voge (LLC)
 - Wottan (LFG, LZB)
 - Zontes (LD3)

Esta clasificación permite separar la parte final del bastidor y asociarla con un número que es el que se usará como base para la interpolación. Igualmente, a cada grupo resultante de la clasificación se le asocia un tipo de motor fijo, variando únicamente la serie del motor. Esta serie del motor puede presentar letras, pero suelen ser comunes y son asociables a un número, por lo que permiten el uso en la interpolación al interpretarse como valor numérico.

- Ejemplo 1:

- Bastidor JKALE650EFDA01306. Motor ER650AE-AJ6081.
- Bastidor JKALE650EFDA01710. Motor ER650AE-AJ7975.

Los bastidores Kawasaki de la serie JKA usan el método 12, por lo que tienen como parte común JKALE650EFDA. Esta agrupación permite conocer el tipo de motor, el ER650AE, y reduce los datos a considerar para la interpolación. El inicio de las series de motor es común y es AJ para este caso, por lo que se puede optar por cambiarlo a un número o descartarlo para tomar únicamente los valores numéricos. De esta forma, los valores a usar para la interpolación se reducirían a:

- Bastidor 01306. Motor 6081.
- Bastidor 01710. Motor 7975.

Estos valores son más sencillos de manejar en los cálculos.

- Ejemplo 2:

- Bastidor JSAAK47A642110446. Motor K428-167878.
- Bastidor JSAAK47A542113208. Motor K428-172812.

A diferencia del ejemplo anterior, los bastidores Suzuki de la serie JSA tienen carácter de control. Esto hace que no se pueda agrupar por los 12 primeros caracteres ya que se observa como difiere el carácter de control en la posición 9 y que haría que no se ordenaran adecuadamente los bastidores según ese criterio.

Descartando el carácter de la posición 9 y agrupando según el criterio 10-12, se pueden reducir los datos adecuadamente para ser usados en los cálculos de interpolación, quedando de la siguiente forma:

- Bastidor 10446. Motor 167878.
- Bastidor 13208. Motor 172812.

Los mismos datos simplificados pueden usarse para estimar un número de motor usando extrapolación. Esta metodología se usa cuando los valores que se quieren examinar están fuera del

rango de datos que se poseen, pero se tienen al menos 2 datos que nos permitan realizar una valoración. Estos datos han de ser considerados adecuadamente y conociendo las limitaciones de la extrapolación matemática cuando no siguen un patrón fijo. En el caso de que los valores sean muy cercanos, la pendiente de la recta resultante de extrapolación lineal puede verse afectada y emitir una valoración con una desviación desproporcionada. A partir de las extrapolaciones realizadas durante las evaluaciones del método, se considera que una diferencia inferior a 300 unidades en el número de bastidor de los datos usados puede dar resultados incorrectos con una probabilidad alta, por lo que se condiciona la aplicación de la extrapolación a datos que cumplan dichos criterios.

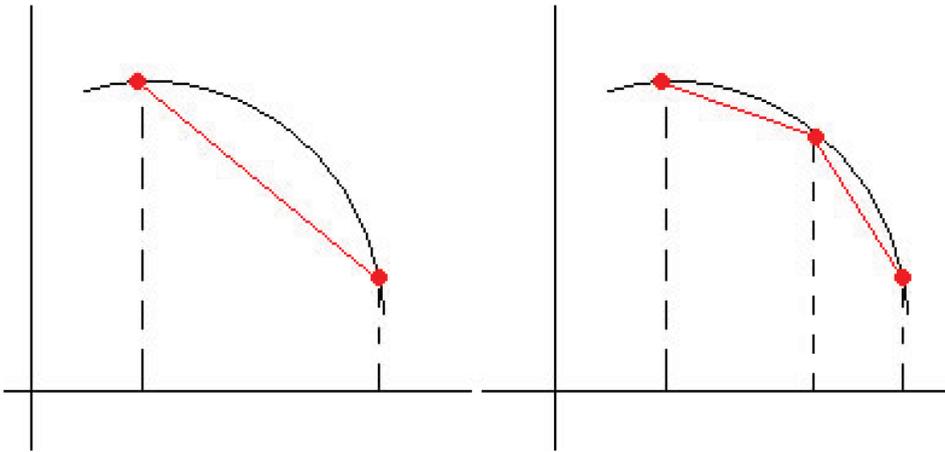
El sistema usado, con algunas variaciones y consideraciones, puede ser usado en sentido inverso, permitiendo estimar un número de bastidor a partir de un número de motor. No puede usarse en todos los casos debido a que el mismo tipo de motor se usa para varias marcas y modelos, pero el número de casos es inferior al 5 % en los datos usados en este estudio.

2.5 Automatización del algoritmo

Partiendo de una base de datos inicial de números de bastidor y números de motor, puede crearse un tipo de inteligencia artificial que use un algoritmo evolutivo basado en la aceptación-rechazo de nuevos datos. Cada vez que el sistema recibe un nuevo dato, lo evalúa siguiendo la metodología establecida usando la interpolación/extrapolación y lo considera aceptable o lo rechaza. Si lo considera aceptable, este dato pasaría a formar parte de la base de datos ampliada, lo cual haría que los algoritmos usados para evaluar ese tipo de bastidores recibieran una mejora al reducirse los intervalos donde se evaluarían los nuevos datos (ver Imagen 2). Este método de sistema autoevaluado ya fue descrito en la investigación de permisos de conducir falsificados (Ojeda Aciego y Rodríguez-Jiménez, 2023).

En el caso de que el valor estimado se considerara dudoso, al ofrecer un porcentaje de aceptación que no permite valorar adecuadamente si es un dato correcto (40-60 %), el dato pasaría a

Imagen 2: Reducción del margen de error en interpolación numérica



una base de datos externa considerada de “datos dudosos”. Estos datos dudosos son evaluables nuevamente a lo largo del tiempo cuando la aportación de nuevos datos permita realizar una nueva comprobación. Esos nuevos datos pueden determinar con mayor seguridad si el dato dudoso es aceptable o no.

De la misma forma, un autoanálisis del sistema puede comprobar si existen valores erróneos en la base de datos. Estos son los casos de errores de transcripción o de datos considerados válidos inicialmente por no existir un mínimo de datos para evaluar y que el propio algoritmo revela como dudosos. Durante la realización de este estudio, se han detectado unos 12 casos aproximadamente de errores de transcripción usando el sistema de autoanálisis, lo cual dota al sistema de robustez.

3 Resultados

En los primeros casos detectados de motores que no pertenecían a la motocicleta que los portaba, existía una diferencia clara en el tipo de motor, lo cual era indicio suficiente para proseguir con la investigación, consultando a las marcas fabricantes sobre la veracidad de los datos obtenidos en la anomalía detectada.

Ejemplo: Caso real de motocicleta Yamaha X-Max con matrícula 42**GF* localizada en Mijas el 17-9-23.

Se comprobó la motocicleta asociada al bastidor JYASJO6400005145, portando la motocicleta el motor J409E-047289. Usando una aplicación informática en la que se había implementado el algoritmo, se determinó que el tipo de motor correspondiente debería ser J406E y la serie de motor estimada sería 021384 con una variación de ± 840 unidades.

Al no coincidir el tipo de motor y existir una gran diferencia en su número de serie, se procedió a evaluar de forma inversa a partir del número de motor. No pudo estimarse un rango al no existir suficientes datos, pero sí se obtuvo que dicho motor correspondería a un bastidor con una serie inferior a JYASJO98000003514.

Realizando las comprobaciones a través de la marca, se comprobó el número de motor asociado real, J406E-021381, el cual había sido estimado con una gran precisión por el algoritmo, y el número de bastidor correspondiente al motor que portaba, JYASJO98000001345, que se correspondía con la estimación realizada, aunque esta fuera menos precisa por la falta de datos.

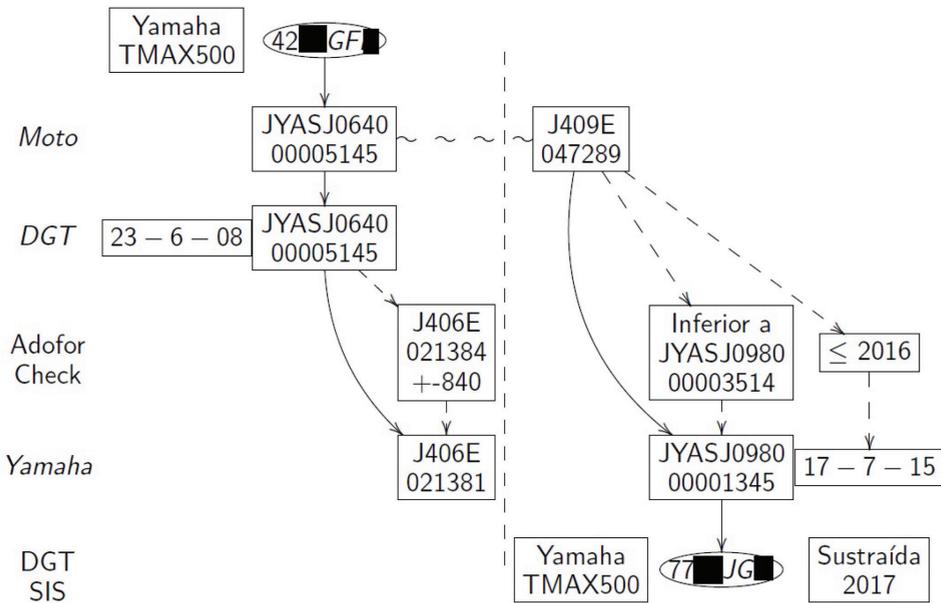
Comprobado este número de bastidor aportado por la marca, se verificó que pertenecía a una motocicleta de la misma marca y modelo, aunque de diferente año de fabricación (2008 y 2015 respectivamente), que figuraba sustraída desde el año 2017 (ver Imagen 3).

La continua aportación de datos al sistema hace que se refinan los resultados de las evaluaciones y que la precisión del algoritmo aumente. No solo son posibles la evaluación y la detección de motores que difieran en su tipo de motor, sino que se ha llegado a detectar también algún caso en el que el tipo de motor es el mismo y solo varía la serie.

Ejemplo: Caso real de motocicleta Honda PCX 125 con matrícula 67**KV* localizada en Madrid el 14-6-24.

Se comprobó mediante una aplicación donde estaba implementado el algoritmo el bastidor ZDCJF83AOKFO14025, portando

Imagen 3: Descripción del proceso de verificación del vehículo 42**GF*



la motocicleta el motor JF64E-2137531. Según el algoritmo, el tipo de motor correspondiente coincide y la serie de motor estimada es 2114151 con una variación de ± 109 unidades (ver Imagen 4)

Al existir una notable diferencia en el número de serie del motor, se procedió a evaluar de forma inversa a partir del número de motor. Se estimó un rango de bastidores con una precisión de 13 caracteres ZDCJF83A?KFO3, siendo la parte variable estimada del bastidor el intervalo 6849-8970.

Realizando las comprobaciones a través de la marca Honda, se verificó el número de motor asociado real, JF64E-2113956, el cual había sido estimado con una gran precisión a pesar de que el grado de desviación tenía un margen de error aproximado de 100 unidades. El número de bastidor correspondiente al motor que portaba, ZDCJF83AOKFO37811, se correspondía con la estimación realizada al estar dentro del rango de bastidores indicado.

Comprobado este número de bastidor aportado por la marca Honda, se verificó que pertenecía a una motocicleta de la misma

Imagen 4: Datos aportados por el algoritmo en la aplicación Adoforcheck

ADOFOR CHECK BASIC 240601	ADOFOR CHECK BASIC 240601
ZDCJF83A0KF014025	jf64e-2137531
XXX02-Bastidor de moto <input type="radio"/>	XXX03-Motor de moto <input type="radio"/>
Comprobar	Comprobar
Imágenes de ayuda	Imágenes de ayuda
Datos para: ZDCJF83A0KF014025 *Mot. JF64E-2114151 +- 109 -Fiabilidad: 75 % INT -Años: 2018-2020 -Marca(s): HONDA -Modelos: PCX125	Datos para: JF64E-2137531 (VERSION EN PRUEBAS) Bastidores posibles: *Intervalo : ZDCJF83A? KF03(6849-8970) -Marca(s): HONDA -Modelo(s): PCX125 -Año: 2020

marca y modelo, variando el año de primera matriculación en tan solo 10 meses, que figuraba sustraída desde el año 2023.

La aplicación Adoforcheck en la cual se implementó el algoritmo se ha distribuido a más de 450 agentes de Policía Nacional, Guardia Civil, Mossos, Ertzaintza y Policía Local en diversos puntos de toda España, para el testeo del algoritmo. No puede considerarse que exista una muestra delimitada que se haya usado para probar el algoritmo al no poder definirse como tal de forma estricta, ya que los datos que se han comprobado no han sido devueltos en su totalidad para su registro, y los datos usados para las comprobaciones han ido aumentando a medida que se iban recibiendo y procesando.

La distribución y el uso de la aplicación comenzó a realizarse cuando contaba aproximadamente con unos 2000 datos, variando hasta los casi 10600 existentes en el momento de la realización de las conclusiones de este estudio. La introducción de nuevas marcas y modelos en determinados intervalos de tiempo, que no existían en los datos iniciales, hacen que la muestra sea evolutiva y no fija, por lo que no se ha podido evaluar adecuadamente cada uno de estos casos tal como se hace en un experimento a partir de una muestra fija dada con un grupo de datos de aprendizaje y otro de evaluación.

Entre los casos detectados de cambio de motor, sustraídos o no, usando el algoritmo, se han reportado 51 a día de la fecha. Se tiene constancia de que el número de casos detectados es superior, no habiendo podido ser registrados adecuadamente. Las zonas de Madrid y Barcelona son las que concentran el mayor número de detecciones.

3.1 Ampliación del estudio a motocicletas de Suecia

Para estudiar que el algoritmo es extensible y reproducible en otros países, se fueron examinando casos de motocicletas con placa de matrícula extranjera que se encuentran en nuestro país. Estos casos eran escasos y aislados, ya que es difícil que un ciudadano de otro país traslade un vehículo de estas características por los costes que ello conlleva.

El Gobierno sueco permite consultar públicamente la base de datos de vehículos registrados en su país a través del enlace <https://fordon-fu-regnr.transportstyrelsen.se/>. Para motocicletas de determinadas marcas con fecha anterior al año 2017, aparecen reflejados en la consulta el número de bastidor y el número de motor, por lo que se pueden usar para comprobar los resultados del algoritmo.

Obteniendo matrículas de motocicletas de forma semialeatoria que aparecían en páginas web dedicadas a la venta de vehículos, se valoró una muestra superior a 2000 motocicletas de forma paralela a la base de datos inicial. Con esta nueva muestra se realizaron 2 estudios.

En el primer estudio se comprobó la validez del algoritmo únicamente con las motocicletas de origen sueco, siendo compatible incluso para marcas de motocicletas que no se comercializan en España. No se encontraron anomalías ni ningún dato que presentara discrepancias con la metodología descrita.

En un segundo estudio se valoró la inclusión de los datos suecos en la base de datos existente con la información recabada de motocicletas matriculadas en España, siendo todos los datos compatibles y complementarios a los ya existentes.

La confirmación de la validez del algoritmo para motocicletas matriculadas en Suecia permitió ampliar la base de datos original sustancialmente, siendo esta ampliada regularmente con datos que provienen de motocicletas matriculadas en dicho país.

4 **Discusión**

La metodología matemática empleada en este artículo y los resultados obtenidos en los diferentes casos estudiados indican que el porcentaje de éxito, entendiendo como éxito que el motor que porta el vehículo se haya comprobado mediante fuentes oficiales que ha sido cambiado, es bastante alto una vez que el algoritmo detecta que hay un posible cambio de motor, superior al 90 %.

Por la proliferación de robo de vehículos de determinadas marcas, se ha intensificado la búsqueda de datos de los modelos más frecuentes, sobre todo de aquellos que, por la ubicación del número de motor, hacen más sencilla su detección. Esto conlleva un mayor refinamiento en los resultados ofrecidos, lo cual implica mayor precisión en la detección de un motor cambiado.

La carencia de datos para algunas marcas y modelos en determinados espacios de tiempo es uno de los problemas que se afrontan cada vez que se detecta una motocicleta de este tipo. Contar con al menos un dato de la marca y modelo a veces es suficiente para orientar sobre el tipo de motor y el tipo de serie que se usa. La experiencia permite que se pueda usar conocimiento adicional

sobre la estructura de los números de motores de ciertas marcas y, por similitud, concretar al menos si la estructura es válida.

Se ha comprobado que la metodología empleada puede usarse en casi todas las marcas, existiendo casos específicos que aún están bajo investigación, como ciertas motocicletas de BMW cuya seriación sigue un patrón diferente.

Para casos como Harley Davidson o Buell, aunque podría usarse la metodología de la misma forma, la investigación de patrones ha permitido establecer un caso particular de cómo extraer el número de motor correcto sin necesidad de usar el algoritmo, al estar codificado dentro del bastidor. Dentro de la aplicación se ha implementado el caso específico para no depender del número de datos que se tengan.

Dentro de Europa, se están haciendo comprobaciones para verificar si la metodología es extensible a motocicletas cuya matriculación se realiza en otros países, siendo los resultados diversos. Con los datos de motocicletas de países como Francia, Hungría o Suecia se ha verificado que el sistema es compatible e incluso se complementan las bases de datos de ambos países. En otros países europeos se poseen aún datos escasos para poder valorarlos adecuadamente, si bien actualmente todos los casos contemplados usando datos previos han resultado evaluables positivamente.

Usando esos datos de motocicletas que portan matrículas extranjeras en nuestro país, la línea de investigación indica que hay ciertos modelos que parece que se producen únicamente para determinados países y otros que se distribuyen por varios.

Otra variante del uso del algoritmo que está facilitando la labor de los investigadores es el poder trazar el número de bastidor de una motocicleta que ha sido borrado total o parcialmente a partir del número de motor.

El mal uso de esta metodología puede llevar a casos de motores considerados cambiados erróneamente. El desconocer las peculiaridades de los formatos, fechas de emisión o estructuras es un hecho que se ha de admitir previamente para abstenerse de valorar un motor dudoso. Por ejemplo, el caso de usar solamente

la interpolación de un número de motor que usan varias marcas sin usar la valoración comprobando el número de bastidor.

En cuanto a la tipología penal de los casos detectados, las sentencias que se están recibiendo tienden hacia la figura de la receptación más que a la sustracción. El fundamento es que no se puede demostrar que el titular de la motocicleta realizara la sustracción del vehículo, orientando la investigación hacia determinados talleres donde se realizaron los cambios si el titular puede demostrarlo con una factura. Los casos complejos se producen cuando la motocicleta tiene más de un titular durante el periodo comprendido entre la fecha de robo del motor que porta y la actualidad, ya que se desconoce en qué momento se instaló el motor.

El tipo penal de falsedad documental, cuando hay un cambio de tipo de motor, aunque está claro al diferenciarse con el tipo de motor que viene descrito en la ficha de características técnicas, suele quedar en segundo plano cuando el origen del motor es de un vehículo sustraído. Entre todas las sentencias que han podido ser recopiladas, no existe ninguna condena por este concepto.

Se suelen aplicar los atenuantes de error de tipo o prohibición, ya que los titulares de las motocicletas en su mayoría desconocen que el origen del motor proviene de un ilícito penal, aunque el precio del motor puede incitarles a pensar que el origen del mismo no es legal.

No se puede excluir la parte gráfica en los estudios, ya que es complementaria a la parte de análisis de los datos. El hecho de clonar el número de bastidor y el número de motor de una motocicleta puede hacer que el algoritmo los dé como válidos, cuando pueden observarse anomalías en la forma del grabado de los datos. La combinación de ambas aporta una fuerte base para el estudio de las falsificaciones y la localización de los falsificadores basados en sus patrones (Ojeda Aciego y Rodríguez-Jiménez, 2021). La asociación de motocicletas con motores cambiados pertenecientes a las mismas marcas y modelos en zonas concretas de una región no solo permite trazar la identidad de los responsables, sino establecer los vínculos que puedan tener sus clientes y los indicios para investigar si forman parte de la misma red criminal (Rodríguez-Jiménez *et al.*, 2016).

Tras los resultados obtenidos en los diferentes casos donde el algoritmo ha detectado un posible cambio de motor, la metodología propuesta ha demostrado ser altamente efectiva, contribuyendo significativamente a la recuperación de vehículos sustraídos y a la detección de motores alterados, reforzando la seguridad vial y facilitando investigaciones legales.

Siendo el algoritmo complejo para una aplicación directa mediante una tabla visible de datos, la opción de una aplicación que realice los cálculos necesarios y presente los resultados al usuario se ha comprobado que es un método eficiente y útil. Al no ser necesario el acceso a un enlace externo para el que sea necesario el uso de internet, las comprobaciones son sencillas, ágiles y directas, siempre y cuando el usuario tenga los conocimientos mínimos para interpretar los resultados adecuadamente.

Las propias compañías han visto reducidas las consultas de verificación al consultarse únicamente aquellos casos considerados como positivos, siendo su interacción con los agentes de la autoridad más fluida y con una respuesta más positiva al comprobarse que se están detectando más casos en proporción al número de consultas realizadas.

Como trabajo futuro se ha comenzado a recopilar datos de motores de otro tipo de vehículos para expandir el estudio hacia ellos, cumpliéndose la estructura básica de datos del algoritmo planteado en este artículo. Inicialmente se ha extendido hacia ciclomotores y quads, por similitud en la localización de los elementos identificativos y por la coincidencia de marcas de fabricantes en un número considerable de casos, lo cual conlleva estructuras similares, si no coincidentes. El precio en el mercado de los motores de ciclomotores es considerablemente menor al de las motocicletas, por lo que el beneficio obtenido por los delincuentes es menor, limitándose a un mercado más local la distribución este tipo de motores y piezas.

La dificultad de extender el estudio hacia turismos o camiones radica en la complejidad de localizar el número de motor y poder recabar los datos necesarios para establecer una base de datos de referencia. No solo por estar los motores cubiertos e

inaccesibles desde el exterior, sino que, aun con el motor visible, el número de motor queda lejos de la vista del observador siendo necesario acceder mediante endoscopio o incluso desmontar algunas piezas del anclaje.

Agradecimientos

Los autores agradecen a los miembros de ADOFOR su colaboración para llevar a cabo este estudio, así como a las marcas oficiales que siempre han colaborado en la comprobación de datos para verificar que los motores habían sido sustituidos en los casos detectados.

Referencias bibliográficas

- Bezier, P. (1970). *Numerical control: mathematics and applications. Emploi des machines à commande numérique*. London, New York : J. Wiley.
- Ojeda Aciego, M. y Rodríguez-Jiménez, J. M. (2021). Formal concept analysis with negative attributes for forgery detection. *Computational and Mathematical Methods*, 3(6). <https://doi.org/10.1002/cmm4.1124>
- Ojeda Aciego, M. y Rodríguez-Jiménez, J. M. (2023). Advances in Forgery Detection of Driving Licences Using Truthfulness Degrees. *Computational Intelligence and Mathematics for Tackling Complex Problems 4. Studies in Computational Intelligence*, vol. 1040. https://doi.org/10.1007/978-3-031-07707-4_18
- Rodríguez-Jiménez, J. M., Cordero, P., Enciso, M. y Mora, A. (2016). Analysing criminal networks using Formal Concept Analysis with Negative Attributes. En *Proc. of International Conference on Computational and Mathematical Methods in Science and Engineering (CMMSE)*.