

Trabajo Fin de Grado

Grado en Ingeniería de Organización Industrial

Proceso analítico jerárquico y TOPSIS aplicados a la selección de una cámara digital

Autor: Guillermo Pérez Peinado

Tutor: José Manuel García Sánchez

**Dpto. Organización Industrial y Gestión de
Empresas I
Escuela Técnica Superior de Ingeniería
Universidad de Sevilla**

Sevilla, 2019



Proyecto Fin de Carrera
Ingeniería de Telecomunicación

Proceso analítico jerárquico y TOPSIS aplicados a la selección de una cámara digital

Autor:

Guillermo Pérez Peinado

Tutor:

José Manuel García Sánchez

Profesor titular

Dpto. de Organización Industrial y Gestión de Empresas I

Escuela Técnica Superior de Ingeniería

Universidad de Sevilla

Sevilla, 2019

Trabajo Fin de Grado: Proceso analítico jerárquico y TOPSIS aplicados a la selección de una cámara digital

Autor: Guillermo Pérez Peinado

Tutor: José Manuel García Sánchez

El tribunal nombrado para juzgar el Proyecto arriba indicado, compuesto por los siguientes miembros:

Presidente:

Vocales:

Secretario:

Acuerdan otorgarle la calificación de:

Sevilla, 2019

El Secretario del Tribunal

A mi familia

Agradecimientos

Los estilos adoptados por nuestra Escuela y utilizada en este texto es una versión y adaptación a Word® del la versión L^AT_EX que el Prof. Payán realizó para un libro que desde hace tiempo viene escribiendo para su asignatura. Por ello, la Escuela le está agradecida. Por otro lado, la adaptación se hizo sobre un formato que el prof. Aguilera arregló, basándose en su tesis doctoral. Su aportación ha sido muy relevante para que este formato vea la luz. Esta adaptación la llevamos a cabo el alumno Silvio Fernández, becario del Centro de Cálculo, y yo mismo, sobre un trabajo preliminar del alumno Julián José Pérez Arias.

A esta hoja de estilos se le incluyó unos nuevos diseños de portada. El diseño gráfico de las portadas para proyectos fin de grado, carrera y máster, está basado en el que el prof. Fernando García García, de la Facultad de Bellas Artes de nuestra Universidad, hiciera para los libros, o tesis, de la sección de publicación de nuestra Escuela. Nuestra Escuela le agradece que pusiera su arte y su trabajo a nuestra disposición.

Guillermo Pérez Peinado

Alumno de la Escuela Técnica Superior de Ingeniería

Sevilla, 2019

Resumen

A lo largo de su vida, cualquier individuo se verá obligado a tomar decisiones, una y otra vez, decisiones que podrán ser de mayor o menor importancia, pero siempre supondrán renunciar a una de las dos partes en favor de la otra. Racionalmente, intentaremos tomar la decisión que para nuestro juicio sea la correcta, pero a día de hoy eso parece una tarea cada vez más complicada, debido a la gran multitud de factores y alternativas que entran en juego.

Los métodos de decisión multicriterio constituyen una aplicación matemática de gran utilidad a la hora de seleccionar una alternativa. A menudo tan solo necesitan una serie de criterios para elegir una opción óptima, o darnos una clasificación por orden de preferencia de todas las alternativas posibles.

Este proyecto consistirá en la aplicación del método AHP y TOPSIS para la selección de una cámara digital. Debido a los grandes avances tecnológicos desde el inicio de este mercado, la elección de una cámara que se ajuste a las necesidades del usuario deja abierto un inmenso abanico de posibilidades. Para llevar a cabo los métodos contaremos con la opinión de 5 personas familiarizadas con el ámbito de la fotografía, teniendo cada una de ellas una idea clara de las características que buscan en una cámara.

Abstract

Throughout his life, any individual will be forced to make decisions, again and again, decisions that may be more or less important, but will always mean giving up one of the two parties in favor of the other. Rationally, we try to make the decision that is correct for our judgment, but today it seems an increasingly complicated task, due to the great multitude of factors and alternatives that come into play.

The multicriteria decision methods constitute a very useful mathematical application when selecting an alternative. Frequently, they just need a series of criteria to choose an optimal option, or give us a ranking in order of preference of all possible alternatives.

This project will consist of the application of the AHP and TOPSIS method for the selection of a digital camera. Due to the great technological advances since the beginning of this market, the choice of a camera that fits the user's needs leaves an immense range of possibilities open. To carry out the methods we will have the opinion of 5 people familiar with the field of photography, each of them having a clear idea of the characteristics they are looking for in a camera.

Índice

Agradecimientos	ix
Resumen	xi
Abstract	xiii
Índice	xiv
Índice de Tablas	xvi
Índice de Figuras	xviii
1 Introducción y objetivo del proyecto	1
2 Exposición del Problema	3
3 Contexto Teórico del Método	11
3.1 <i>Reseña Histórica</i>	11
3.2 <i>Decisión Multicriterio</i>	12
3.3 <i>Características comunes de la Decisión Multicriterio</i>	12
3.4 <i>Método AHP</i>	13
3.4.1 Construir matrices de comparación pareadas	16
3.4.2 Calcular vectores de prioridad	17
3.4.3 Determinar ranking de Prioridad	18
3.4.4 Consistencia del Método	18
3.5 <i>Método TOPSIS</i>	21
4 Aplicación de los Método	25
4.1 <i>Método AHP</i>	25
4.1.1 Calculo vectores prioridad de criterios	27
4.1.2 Evaluando las alternativas	31
4.1.3 Determinar ranking de Prioridad	53
4.2 <i>Método TOPSIS</i>	59
4.2.1 Calcular matriz de decisión normalizada	59
4.2.2 Calcular matriz de decisión normalizada ponderada	60
4.2.3 Calcular ideales positivo y negativo	61
4.2.4 Calcular distancia a ideal positivo y negativo	61
4.2.5 Calcular ratio de proximidad/lejanía	62
5 Análisis de Resultados y Conclusiones	65
5.1 <i>AHP</i>	65
5.2 <i>TOPSIS</i>	67
Referencias	71
Referencias Web	73
Anexo A. Cuestionario	75
Anexo B. Contestación de los Usuarios	85
Anexo C. Tablas AHP	101

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1. Valores para el Índice de Consistencia Aleatoria	20
Tabla 2. Puntuación criterios para Ignacio	27
Tabla 3. Matriz de comparación de criterios para Ignacio	27
Tabla 4. Matriz normalizada de comparación de criterios para Ignacio	28
Tabla 5. Ratio de consistencia para Ignacio	28
Tabla 6. Pesos de los criterios para Ignacio	29
Tabla 7. Pesos de los criterios para los usuarios y su media	29
Tabla 8. Matriz de comparación de precios	31
Tabla 9. Matriz de comparación de precios normalizada	32
Tabla 10. Importancia relativa del criterio precio	32
Tabla 11. Valoración tamaño del sensor para Ignacio	35
Tabla 12. Matriz de comparación tamaño del sensor para Ignacio	35
Tabla 13. Matriz normalizada de tamaño del sensor para Ignacio	36
Tabla 14. Importancia relativa del sensor para Ignacio	36
Tabla 15. Importancia relativa del sensor para los usuarios	37
Tabla 16. Valoraciones usuarios para velocidad de ráfaga	38
Tabla 17. Matriz de comparación de velocidad de ráfaga para Ignacio	39
Tabla 18. Matriz normalizada velocidad de ráfaga para Ignacio	40
Tabla 19. Importancia relativa velocidad de ráfaga	40
Tabla 20. Valoraciones usuario para estabilización de imagen	42
Tabla 21. Matriz de comparación estabilización para Ignacio	42
Tabla 22. Matriz normalizada de estabilización para Ignacio	43
Tabla 23. Pesos estabilización para Ignacio	43
Tabla 24. Importancia relativa para estabilización de Imagen	44
Tabla 25. Valoraciones usuario para resolución	45
Tabla 26. Matriz de comparación resolución para Ignacio	45
Tabla 27. Matriz normalizada resolución para Ignacio	46
Tabla 28. Vectores de puntuación s	46
Tabla 29. Valoraciones usuarios para fps	48
Tabla 30. Matriz de comparación fps para Ignacio	48
Tabla 31. Matriz normalizada fps para Ignacio	49
Tabla 32. Importancia relativa fps para cada usuario	49
Tabla 33. Matriz de comparación para peso	51

Tabla 34. Matriz normalizada para peso	51
Tabla 35. Evaluaciones alternativas para el atributo peso	52
Tabla 36. Vector de pesos de criterio para Ignacio	53
Tabla 37. Puntuación de las alternativas para Ignacio	53
Tabla 38. Ranking alternativas para Ignacio	54
Tabla 39. Vector de pesos de criterio para Ana	55
Tabla 40. Puntuaciones alternativas para Ana	55
Tabla 41. Ranking de prioridad para Ana	55
Tabla 42. Vector de pesos de criterio para Germán	56
Tabla 43. Puntuación de las alternativas para Germán	56
Tabla 44. Ranking de prioridad para Germán	56
Tabla 45. Vector de pesos de criterios para Emmett	57
Tabla 46. Puntuación de las alternativas para Emmett	57
Tabla 47. Ranking de prioridad para Emmett	57
Tabla 48. Vector de pesos de criterio para Jake	58
Tabla 49. Puntuación de las alternativas para Jake	58
Tabla 50. Ranking de prioridad para Jake	58
Tabla 51. Matriz alternativas/criterios para Ignacio	59
Tabla 52. Matriz de decisión normalizada para Ignacio	59
Tabla 53. Matriz de decisión normalizada ponderada para Ignacio	60
Tabla 54. Ideales positivo y negativo para Ignacio	61
Tabla 55. Vector diferencia con ideal positivo para Ignacio	61
Tabla 56. Vector diferencia con ideal negativo para Ignacio	62
Tabla 57. Ratio de proximidad/lejanía para Ignacio	62
Tabla 58. Ranking final alternativas para Ignacio	63
Tabla 59. Ranking final usuarios	63
Tabla 60. Puntuaciones finales de cada alternativa	65
Tabla 61. Puntuaciones finales y media TOPSIS	68
Tabla 62. Puntuaciones medias para AHP y TOPSIS	68

ÍNDICE DE FIGURAS

Ilustración 1. Cámara Nikon D750	4
Ilustración 2. Lumix G90	5
Ilustración 3. Cámara Canon EOS 90D	6
Ilustración 4. Cámara Sony a6500	7
Ilustración 5. Cámara Sony A7 II	8
Ilustración 6. Cámara Pentax KP	9
Ilustración 7. Estructura jerárquica AHP	14
Ilustración 8. Escala de valores de Saaty	14
Ilustración 9. Diagrama de flujo AHP	15
Ilustración 10. Matriz pareada AHP	16
Ilustración 11. Método TOPSIS	21
Ilustración 12. Diagrama de flujo TOPSIS	22
Ilustración 13. Media pesos de criterio	30
Ilustración 14. Distribución de pesos por usuario	30
Ilustración 15. Pesos del criterio precio	33
Ilustración 16. Factor de recorte sensor	34
Ilustración 17. Puntuación de los usuarios para el sensor	37
Ilustración 18. Importancia relativa medio del criterio tamaño del sensor	38
Ilustración 19. Valoraciones de cada usuario para la velocidad de ráfaga	39
Ilustración 20. Importancia relativa media para el criterio velocidad de ráfaga	41
Ilustración 21. Peso medio para el criterio estabilización de imagen	44
Ilustración 22. Promedio importancias relativas para resolución	47
Ilustración 23. Promedio importancias relativas para fps	50
Ilustración 24. Importancias relativas para el criterio peso	52
Ilustración 25. Valoraciones finales usuarios y media AHP	66
Ilustración 26. Valoraciones finales de los usuarios con TOPSIS	67
Ilustración 27. Comparativa de la puntuación media para AHP y TOPSIS	69

1 INTRODUCCIÓN Y OBJETIVO DEL PROYECTO

Antes de hablar sobre los métodos de decisión multicriterio me gustaría empezar la redacción de este proyecto explicando cual ha sido el motivo personal que me ha llevado a la elección de este trabajo en concreto.

A pesar de haber estudiado una carrera como ingeniería de organización industrial, mi pasión desde una temprana edad ha sido el tema audiovisual, dedicando mi tiempo libre a la fotografía, edición de fotografía, creación y edición de video. Por lo tanto, mi idea principal para realizar el trabajo de fin de grado era intentar relacionar la ingeniería con la fotografía.

Tras un tiempo de meditación y búsqueda, se me ocurrió usar una de las herramientas que estudiamos en la carrera, como es la decisión multicriterio, aplicada a la elección de una cámara digital.

Dentro de la empresa, cada día es más importante la toma de decisiones. Constantemente esta se verá obligada a realizar decisiones una y otra vez, decisiones que deberá llevar a cabo un decisor. Gracias al estudio de la decisión multicriterio, hoy en día esta tarea se puede realizar de forma notablemente más sencilla que antes de la aparición de estos métodos.

A pesar de que todos los métodos al ser realizados por seres humanos tienen un componente subjetivo, se han podido desarrollar herramientas matemáticas que facilitan la toma de decisión a la hora de buscar una solución óptima y coherente para la empresa, agilizando y mejorando este proceso.

El propósito de este proyecto es analizar el método Proceso Analítico Jerárquico, dicho abreviadamente, AHP (Analytic Hierarchy Process) y posteriormente comparar los resultados con el método TOPSIS (Technique of Order Preference Similarity to the Ideal Solution). El método AHP, creado en la década de los 70, consiste en la selección de una alternativa en base a una serie de criterios que usualmente están en conflicto. No obstante, TOPSIS, seleccionará la mejor alternativa valorando la distancia de la misma respecto a la solución “ideal” y la solución “anti ideal”. Como se ha explicado anteriormente, los métodos serán aplicados a la elección de una cámara digital. Para llevar a cabo los cálculos de manera congruente, los decisores serán personas familiarizadas con el ámbito de la fotografía, teniendo unos conocimientos en este sector más que suficientes para entender los distintos criterios y alternativas implicados en el proceso.

A su vez, también se llevará a cabo una explicación teórica de los métodos y todos sus pasos, de modo que cualquier persona que lea el documento sin ningún conocimiento previo en la materia, sea capaz de utilizar los métodos para otra aplicación. Así como los procedimientos para realizar el método, también estarán detallados de forma teórica todos los conceptos técnicos relacionados con la fotografía que sean necesarios para comprender nuestro problema.

De forma resumida, el proyecto comenzará exponiendo el problema en cuestión, con sus criterios y alternativas, en el capítulo dos. El siguiente capítulo hará referencia al contexto teórico, hablando tanto de temas generales de la decisión multicriterio como de los métodos en cuestión. Continuaremos en el capítulo cuatro con la aplicación y resolución de los métodos. Y para finalizar en el último capítulo analizaremos los resultados obtenidos en ambos métodos, comparándolos entre sí.

2 EXPOSICIÓN DEL PROBLEMA

El proyecto consistirá en la elección de una cámara digital a través de la herramienta AHP y TOPSIS. Para llevar a cabo los métodos será necesario definir una serie de criterios y alternativas, de forma que un grupo de personas, cada una con una serie de preferencias, puedan obtener una solución que se adapte mejor a sus necesidades.

Se han escogido a 5 personas, que ya sea de manera profesional o como hobby, llevan años en el mundo de la fotografía y poseen unos conocimientos suficientes para entender de manera clara el impacto de cada criterio a la hora de seleccionar una cámara.

Los criterios a evaluar en la aplicación del método serán 7, explicados en la siguiente lista:

- **Precio:** obtenidos de la página web Amazon
- **Tamaño del sensor:** a grandes rasgos un tamaño de sensor más elevado se traduce en una mayor calidad de imagen, aunque dentro de la aplicación del método se verá más detalladamente este apartado
- **Velocidad de ráfaga:** fotogramas por segundo que es capaz de disparar la cámara, muy importante para fotografía de deporte donde es necesario captar un momento concreto
- **Estabilización de imagen:** una gran variedad de cámaras cuenta con diferentes técnicas para corregir los pequeños temblores que se producen al disparar fotos a mano alzada
- **Resolución de video:** resolución máxima de video permitida por la cámara
- **Fps Video:** el número máximo de fotogramas por segundo que permite la cámara al grabar video, independientemente de la resolución. Es un factor determinante a la hora de realizar videos a cámara lenta o slow motion
- **Peso:** para muchos fotógrafos que realizan fotografía de paisaje el peso puede ser clave a la hora de llevar la cámara a cuevas durante toda una ruta de senderismo

Se han descartado varios criterios tales como el ISO máximo, ya que cada cámara soporta iso altos de manera diferente, la velocidad de obturación, debido a que actualmente cualquier cámara del mercado ofrece unos valores mínimos suficientes para cualquier situación, y la batería, teniendo en cuenta que no era tan relevante puesto que la mayoría de fotógrafos cuentan siempre con varios repuestos a la hora de realizar sus viajes.

A continuación, se mostrarán las 6 alternativas entre las que tendrán que elegir, con sus correspondientes características técnicas referentes a los 7 criterios. Se han seleccionado estas 6 cámaras de forma que nuestros decisores obtengan un rango medio de precios y marcas, buscando que sea más fácil para ellos encontrar una solución que se ajuste a sus necesidades. Los precios serán sacados de Amazon y el resto de características de una página técnica de fotografía para comparar cámaras (dpreview).

NIKON D750

- Precio: 1144,43 €
- Tamaño sensor: Full frame (35.9 x 24 mm)
- Velocidad de Ráfaga: 6.5 fps
- Estabilización de Imagen: No
- Resolución de Video: Full HD (1920 x 1080)
- FPS Video: 60
- Peso: 750 gramos



Ilustración 1. Cámara Nikon D750

PANASONIC LUMIX G90

- Precio: 992,60 €
- Tamaño sensor: Micro 4/3 (17,3 x 13 mm)
- Velocidad de Ráfaga: 9 fps
- Estabilización de Imagen: Estabilizador de imagen mecánico
- Resolución de Video: 4K (3840 x 2160)
- FPS Video: 120
- Peso: 536 gramos



Ilustración 2. Lumix G90

CANON EOS 90D

- Precio: 1270,43 €
- Tamaño sensor: APS-C (22.3 x 14.9 mm)
- Velocidad de Ráfaga: 11 fps
- Estabilización de Imagen: No
- Resolución de Video: 4K (3840 x 2160)
- FPS Video: 120
- Peso: 701 gramos



Ilustración 3. Cámara Canon EOS 90D

SONY A6500

- Precio: 999 €
- Tamaño sensor: APS-C (23.5 x 15.6 mm)
- Velocidad de Ráfaga: 11 fps
- Estabilización de Imagen: Estabilizador de imagen mecánico
- Resolución de Video: 4K (3840 x 2160)
- FPS Video: 120
- Peso: 453 gramos



Ilustración 4. Cámara Sony a6500

SONY A7 II

- Precio: 1018,98 €
- Tamaño sensor: Full frame (35.9 x 24 mm)
- Velocidad de Ráfaga: 5 fps
- Estabilización de Imagen: Estabilizador de imagen mecánico
- Resolución de Video: Full HD (1920 x 1080)
- FPS Video: 60
- Peso: 599 gramos



Ilustración 5. Cámara Sony A7 II

PENTAX KP

- Precio: 883 €
- Tamaño sensor: APS-C (23.5 x 15.6 mm)
- Velocidad de Ráfaga: 7 fps
- Estabilización de Imagen: Estabilizador de imagen mecánico
- Resolución de Video: Full HD (1920 x 1080)
- FPS Video: 60
- Peso: 703 gramos



Ilustración 6. Cámara Pentax KP

3 CONTEXTO TEÓRICO DEL MÉTODO

Dentro de la teoría de la decisión multicriterio existen numerosos métodos y aplicaciones, pero como hemos visto anteriormente, nos centraremos en los métodos AHP y TOPSIS, los cuales pertenece al grupo de métodos multicriterio discretos. En este apartado explicaremos el contexto en el que surgieron, así como cuáles son sus características. Y acabaremos exponiendo de manera exacta el desarrollo teórico de los métodos.

3.1 Reseña Histórica

La aparición en la década de los 70 del llamado paradigma decisional multicriterio con un enfoque empírico ha supuesto una revolución en el campo de la teoría de la decisión. Al comienzo, la teoría adquirió un punto de vista monocriterio, sin embargo, más adelante se descubrió que los decisores toman sus decisiones en base a una serie de objetivos o criterios, es decir, la solución no puede depender únicamente de un objetivo, sino que busca la paz entre un conjunto de diferentes objetivos.

Durante estos años, el análisis de problemas de decisión con criterios múltiples significó una de las áreas de desarrollo más activa en el campo de las ciencias de decisión. En 1975, el 3.5 % de los trabajos presentados al Congreso de las Asociaciones Europeas de Investigación Operativa estaban dedicados a temas multicriterio. Porcentaje que se vio aumentado en el transcurso de los siguientes años, constituyendo en 1985, el 14%.

Esta revolución científica enfocada al análisis multicriterio comenzó con los trabajos de Koopmans (1951) y Kuhn & Tucker (1951), donde se deducen las condiciones que garantizan la existencia de soluciones eficientes a un problema multiobjetivo. Y más adelante, Charnes & Cooper (1961) con su libro *Management Models and Industrial Applications of Linear Programming* desarrollaría los puntos clave para la programación por metas.

Muchos otros investigadores llevaron a cabo estudios sobre estas técnicas, todo ello culminó en la I Conferencia Mundial sobre Toma de Decisiones Multicriterio, celebrada en Estados Unidos en octubre de 1972, en la Universidad de Carolina del sur. Conferencia que supuso el nacimiento de la idea multicriterio. En aquella Conferencia se pactó la construcción del Grupo Especial Interesado en Tomas de Decisiones Multicriterio (*Special Interest Group on Multiple Criteria Decision Making*), más tarde convertido en la actual Sociedad Internacional de Toma de Decisiones Multicriterio (*International Society on Multiple Criterio Decision Making*). Este grupo ha impartido desde entonces 25 conferencias por todo el mundo, siendo la última en Turquía en junio de 2019. El éxito y apoyo que el paradigma multicriterio obtuvo por parte de la comunidad científica culminó con la aparición de la revista *Journal of Multi-Criterio Decision Analysis*.

Una vez establecido el marco de referencia sobre el que nace la decisión multicriterio, cabe destacar la fecha en la que un profesor de la Universidad de Pittsburg, llamado Thomas L. Saaty, desarrolló la idea del proceso analítico jerárquico, publicando su libro “The Analytic Hierarchy Process: Planning, Priority Setting, Resource Allocation” en 1980. Con este libro quedaron fundamentadas las bases para el método AHP, aplicación que se sigue utilizando en la actualidad para resolver problemas complejos con criterios múltiples.

Tan solo unos meses después, en 1981, surgió el método TOPSIS, originalmente creado por Ching-Lai Hwang y K. Paul Yoon.

3.2 Decisión Multicriterio

El laureado economista estadounidense Herbert Simon afirmó que cualquier Homo Sapiens a lo largo del transcurso de un día, toma entre 6000 y 8000 decisiones. Desde el primer momento en el que suena el despertador por la mañana, hasta que decidimos apagar la luz por la noche, estamos constantemente decidiendo que puede venir mejor. Lo que nos hace pensar que nuestra vida y nuestro éxito está ligado a las decisiones que personalmente tomamos, o que otras personas toman por nosotros.

Nosotros no pasamos por alto este hecho, al igual que las empresas, que paulatinamente están indagando más en la ciencia de la decisión multicriterio, con el fin de que directivos, jefes, mandos y personas en general desarrollen habilidades concretas para la toma de decisiones, ya que de esta manera consiguen que la organización funcione de manera más eficiente.

La teoría de la toma de decisiones comenzó a analizarse con la siguiente estructura. Una vez localizado el problema, se establecen una serie de soluciones factibles, luego, a cada una de estas soluciones se le asigna un número que representa el grado de deseabilidad de esta solución con respecto al centro decisor. Y para acabar, haciendo uso de las herramientas matemáticas que apliquen para el método elegido se seleccionará la solución óptima, aquella con mayor grado de deseabilidad.

Esta estructura que acabamos de explicar coincide con los problemas de programación matemática, donde las soluciones se ven forzadas a cumplir las restricciones del problema. La función objetivo se ve representada mediante el criterio del problema. Y todas las soluciones dependen de este criterio, el cual representa las preferencias del centro decisor. En principio esta estructura no presenta ningún problema en el plano teórico, pero cuando se quiere llevar a la práctica, presenta varios problemas. En la mayoría de casos, no somos capaces de tomar una decisión en base a un único criterio. Al contrario, cuantos más criterios entren en juego, seremos capaces de valorar mejor todas las alternativas posibles, con el fin de elegir la que mejor se adapte a nuestras preferencias. Como se va a explicar más adelante, entrar en una zapatería y elegir el zapato más barato es simplemente un problema de búsqueda, no corresponde a un problema de decisión. Todo el movimiento multicriterio se basa en el hecho de encontrar una solución factible teniendo en cuenta una serie de criterios u objetivos que usualmente se encuentran en conflicto.

Milton Friedman, en su libro *“Teoría de los precios”* realizó esta distinción que acabamos de comentar. Para Friedman un problema donde criterios múltiples entraban en juego se consideraba un problema económico. Sin embargo, un simple problema de búsqueda como es encontrar el zapato más barato representaría un problema tecnológico. Estos últimos no pueden entrar dentro del ámbito de la decisión multicriterio.

3.3 Características comunes de la Decisión Multicriterio

Antes de entrar más a fondo a explicar los métodos en cuestión sería conveniente detallar una serie de conceptos y características que tienen en común todos los métodos de decisión multicriterio.

La base para cualquier problema de decisión consiste en elegir la mejor opción entre una serie de alternativas basándose en un conjunto de criterios. Por lo tanto, es importante dejar bien definido el término criterio, el cual podemos entender de una manera sencilla aclarando cuatro conceptos básicos que tiene cualquier problema de decisión:

- **Atributo:** valores que representan una realidad objetiva de cada alternativa.

- **Objetivos:** diferentes direcciones de mejora que puede tomar un atributo.
- **Nivel de aspiración:** nivel aceptable de logro para un atributo.
- **Meta:** nivel de aspiración que se quiere alcanzar en un atributo concreto.

Por ejemplo, el precio sería el atributo, maximizar el precio un objetivo, y obtener un precio menor al nivel de aspiración propuesto sería la meta.

Siempre que el decisor vaya a tomar una decisión, este se verá envuelto en un ambiente de decisión, un tipo de escenario. El ambiente de decisión es muy relevante a la hora de asegurar que el decisor pueda tomar una buena elección. Eduardo Pérez Gorostegui diferenció, según la información de la que se disponga, tres tipos de ambientes de decisión:

- **Ambientes con certeza:** el decisor tiene un conocimiento específico del escenario en el que va actuar y de las diferentes alternativas posibles.
- **Ambientes con riesgo:** muy parecido al primero, con la diferencia de que el decisor conoce las distintas probabilidades de que un escenario ocurra. Por lo tanto, actuará acorde a estas probabilidades.
- **Ambientes con incertidumbre:** se carece de información acerca del escenario en cuestión.

Los métodos desarrollados en este proyecto (AHP y TOPSIS) entran dentro del grupo de ambientes con certeza. Los árboles de decisión son un ejemplo de ambientes con riesgo, y para los ambientes con incertidumbre existen numerosos criterios de decisión como el criterio de Laplace o Criterio de Hurwicz.

3.4 Método AHP

Creado por Thomas L. Saaty en 1980, el método AHP (Analytic Hierarchy Process) propone una estructura jerárquica de 3 niveles para la resolución de un problema de decisión multicriterio.

Actualmente es una herramienta usada por multitud de empresas para solucionar problemas complejos de decisión. Los 3 niveles de la estructura jerárquica se dividen en meta u objetivo como primer nivel, los diferentes criterios a evaluar en el segundo nivel, y las diferentes alternativas en el nivel más bajo.

Aquí podemos ver un ejemplo visual de la estructura jerárquica propuesta por Saaty:

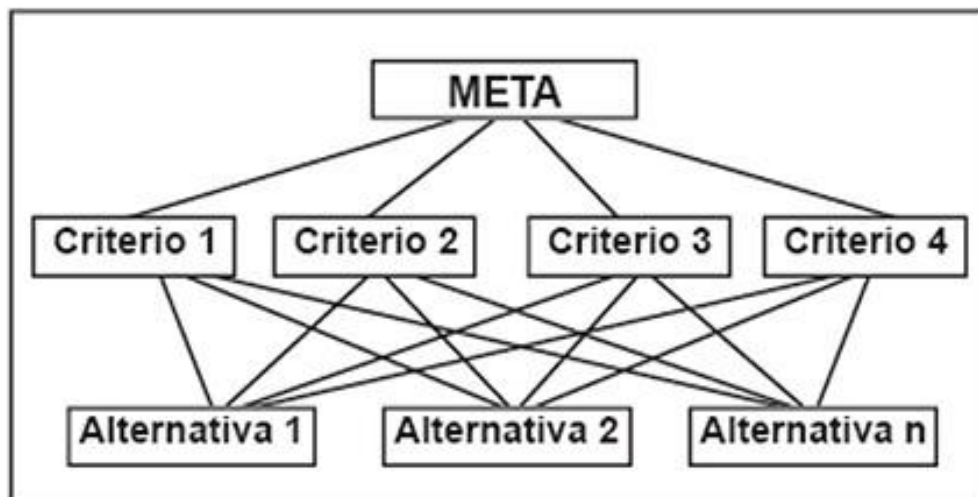


Ilustración 7. Estructura jerárquica AHP

Gracias al método AHP, un problema de decisión complejo puede descomponerse en varias jerarquías de acuerdo con los atributos o criterios seleccionados. Una vez que el problema ha sido detectado, debemos descomponerlo siguiendo el esquema visto en la Ilustración 7. Por ejemplo, para nuestro proyecto, la meta sería comprar una cámara digital, los criterios los siete comentados en el capítulo 2 del trabajo, y las alternativas las 6 cámaras diferentes seleccionadas para este problema.

Aplicando una serie de comparaciones por parejas entre criterios, se determinará la importancia de cada criterio, y más adelante, se realizarán las mismas comparaciones entre alternativas para cada criterio, evaluando así la importancia de cada alternativa dentro del criterio *i*.

La importancia que tiene cada atributo respecto a otro se determinará gracias a una tabla de valores creada por el mismo Saaty, esta tabla nos permitirá realizar los juicios de valor por parejas.

VALOR	DEFINICIÓN	COMENTARIOS
1	Igual importancia	El criterio A es igual de importante que el criterio B
3	Importancia moderada	La experiencia y el juicio favorecen ligeramente al criterio A sobre el B
5	Importancia grande	La experiencia y el juicio favorecen fuertemente el criterio A sobre el B
7	Importancia muy grande	El criterio A es mucho más importante que el B
9	Importancia extrema	La mayor importancia del criterio A sobre el B está fuera de toda duda
2,4,6 y 8	Valores intermedios entre los anteriores, cuando es necesario matizar	

Ilustración 8. Escala de valores de Saaty

Aunque lo habitual es utilizar los números impares para determinar las comparaciones por parejas, a veces es posible utilizar valores intermedios como se muestra al final de la Ilustración 8.

El método le asignará un peso a cada criterio gracias a la matriz de comparación por parejas, significando un peso elevado una mayor importancia del criterio en cuestión. A continuación, para cada criterio, se realizará otra matriz de comparación por parejas de las alternativas, generando el peso que posee cada alternativa dentro del criterio elegido. Una vez obtenidos todos los pesos, se combinarán para obtener un listado de todas las alternativas del problema. Este ranking global permitirá extraer la solución óptima según las preferencias del decisor.

A grandes rasgos, podríamos resumir los diferentes pasos del método en el siguiente diagrama de flujo:

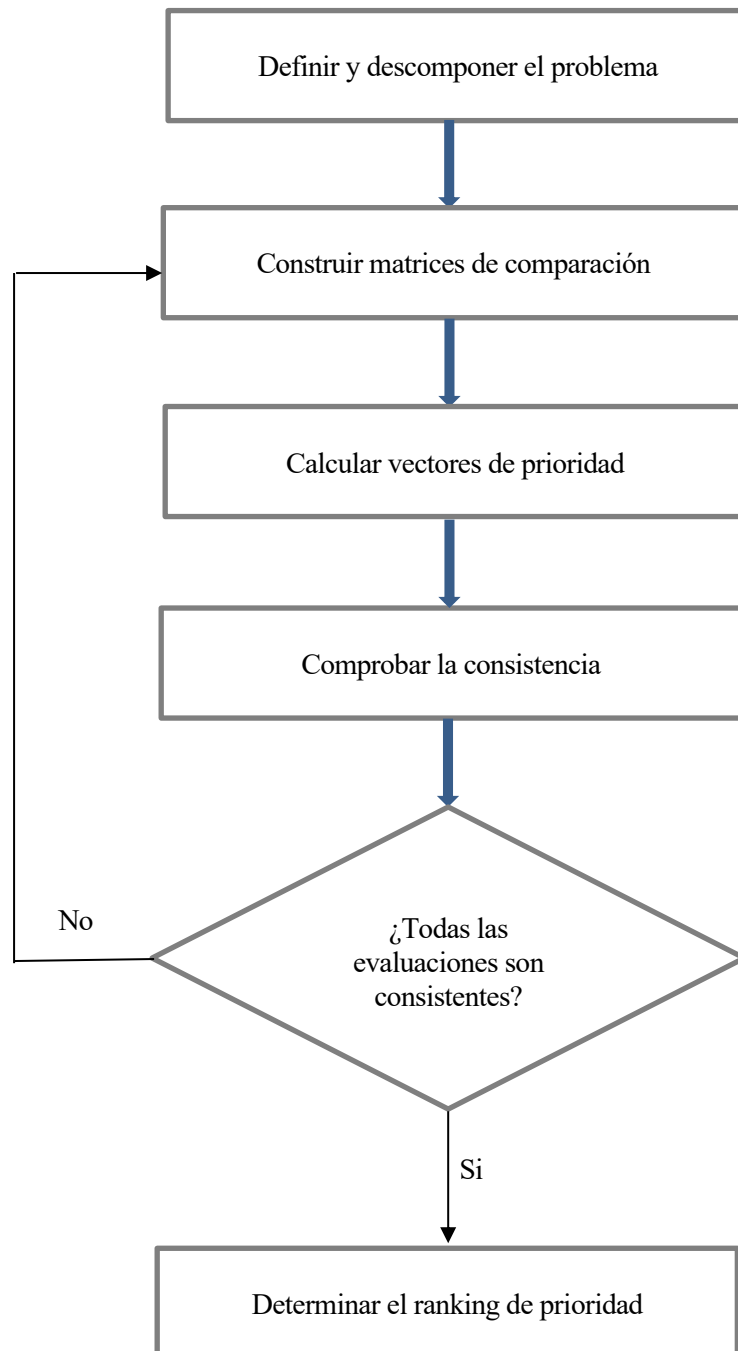


Ilustración 9. Diagrama de flujo AHP

Sería necesario explicar de manera detallada tres pasos del método para entender más adelante su aplicación.

3.4.1 Construir matrices de comparación pareadas

La técnica de comparación por pares, propuesta originalmente por Thurstone (1927), es una técnica bien establecida y ampliamente utilizada en el proceso analítico jerárquico (AHP) para comparar dos criterios o alternativas con respecto a un criterio dado.

Todas las comparaciones se organizarán en una matriz $A=(a_{ij})_{n \times n}$ siendo n el número de criterios, o alternativas, según corresponda, y por consiguiente la dimensión de la matriz.

$$A = \begin{bmatrix} a_{11} & a_{12} & \cdots & a_{1n} \\ a_{21} & a_{22} & \cdots & a_{2n} \\ \vdots & \vdots & \ddots & \vdots \\ a_{n1} & a_{n2} & \cdots & a_{nn} \end{bmatrix}$$

Ilustración 10. Matriz pareada AHP

Todas las matrices deben cumplir la propiedad de reciprocidad. Es decir, el elemento a_{ij} de la matriz A , para $i=1,2,\dots,n$ y $j=1,2,\dots,n$, representa la importancia relativa del criterio de la fila i , cuando se le compara con el criterio de la columna j . Por consiguiente, para el valor $a_{ij} = 9$, entendemos que el criterio i es extremadamente más importante que el criterio j . La diagonal de la matriz siempre ha de ser 1, puesto que se estaría comparando el criterio con el mismo, en el caso de $i=j$. Por lo tanto, ha de cumplirse que:

$$a_{ij} = \frac{1}{a_{ji}}$$

$$A = \begin{pmatrix} 1 & a_{12} & \cdots & a_{1n} \\ 1/a_{12} & 1 & \cdots & a_{2n} \\ \vdots & \vdots & \ddots & \vdots \\ 1/a_{1n} & 1/a_{2n} & \cdots & 1 \end{pmatrix}$$

El número de comparaciones a realizar por el decisor será:

$$\frac{n \times n - n}{2}$$

Nuestro problema constara de 21 comparaciones para la matriz de los criterios, y 15 comparaciones para la matriz de las alternativas.

El siguiente paso, una vez que tenemos nuestra matriz A , será proceder a la normalización de la misma. Para ello, deberemos primero sumar el valor de todas las columnas:

$$S_1, S_2, \dots, S_n = \forall_j: \sum_{i=1}^n a_{ij}$$

Siendo S_1 la suma de la columna 1, S_2 la suma de la columna 2, y así sucesivamente.

A continuación, dividiremos cada elemento de la matriz entre el total de su correspondiente columna, obteniendo el valor de a_{ij} normalizado:

$$\bar{a}_{ij} = \frac{a_{ij}}{S_j}$$

La matriz A normalizada nos quedaría así:

$$\bar{A} = \begin{bmatrix} 1/S_1 & a_{12}/S_2 & \dots & a_{1n}/S_n \\ a_{21}/S_1 & 1/S_2 & \dots & a_{2n}/S_n \\ \vdots & \vdots & \ddots & \vdots \\ a_{n1}/S_1 & a_{n2}/S_2 & \dots & 1/S_n \end{bmatrix}$$

3.4.2 Calcular vectores de prioridad

Una vez formulada la matriz de comparación entre criterios y las matrices de comparación de alternativas es necesario calcular los vectores de prioridad que definirán el peso específico que tiene cada criterio o alternativa con respecto a las demás, de manera que podamos analizar cuál es el criterio o alternativa con mayor importancia para nuestro problema.

Si consideramos la matriz de comparación entre criterios A , y W al vector de pesos de criterio, este se calcularía obteniendo los promedios de $A_{\text{normalizada}}$, es decir, sumando cada fila y dividiéndola por n . Es decir:

$$W_j = \frac{\sum_{i=1}^n \bar{a}_{ij}}{n} \quad W = \begin{bmatrix} \frac{\sum_{j=1}^n \bar{a}_{1j}}{n} \\ \frac{\sum_{j=1}^n \bar{a}_{2j}}{n} \\ \vdots \\ \frac{\sum_{j=1}^n \bar{a}_{nj}}{n} \end{bmatrix}$$

Una vez calculado el vector de pesos de criterio, para obtener el ranking de prioridad es necesario obtener el vector de pesos de las alternativas.

Llamemos por ejemplo B a la matriz que compara cada alternativa con otra respecto al criterio seleccionado. Como nuestro problema tiene siete criterios quiere decir que tendremos que construir 7 matrices B de dimensión $n \times n$, en nuestro caso dimensión seis ya que son el número de cámaras a evaluar. Como ya hemos expresado en el apartado anterior estas matrices tienen las mismas propiedades y se rellenan empleando el mismo procedimiento que la matriz de comparación de criterios.

Obtendremos para cada criterio un vector S^j que representara los pesos de cada alternativa dentro de ese criterio, para acabar tan solo hemos de unificar los siete vectores hallados en la matriz S y así elaborar la matriz final de puntuación de las alternativas.

$$S_j = \frac{\sum_{i=1}^n \bar{b}_{ij}}{n} \quad S^j = \begin{bmatrix} \frac{\sum_{j=1}^n \bar{b}_{1j}}{n} \\ \frac{\sum_{j=1}^n \bar{b}_{2j}}{n} \\ \vdots \\ \frac{\sum_{j=1}^n \bar{b}_{nj}}{n} \end{bmatrix} \quad S = [S^1, S^2 \dots S^n]$$

3.4.3 Determinar ranking de Prioridad

Como último paso, con el fin de poder evaluar consecuentemente todas las alternativas deberemos crear el ranking de prioridad. Será el resultado de combinar la importancia relativa de los criterios junto con la puntuación de las alternativas. Explicado matemáticamente:

$$V_j = S^j \times W$$

V_j equivale al peso que representa la alternativa j. Para obtener el ranking tan solo tendremos que ordenar de manera decreciente el vector V y así veremos que alternativa ha conseguido alcanzar la mayor puntuación (peso). Siendo esta la alternativa que para nuestro centro decisor equivale a una solución óptima.

3.4.4 Consistencia del Método

Una vez obtenidos todos los resultados es hora de comprobar la consistencia de todas las matrices de comparación. Durante el proceso de la toma de decisiones, todas las matrices deben salvaguardar la propiedad de transitividad, es decir, si considero que el criterio 1 es extremadamente más importante que el criterio 4, y que el criterio 4 es a su vez más importante que el 2, no puedo considerar el criterio 2 más importante que el 1. Por lo tanto, no puedo decir que el atributo $A > B$, $B > C$, y luego $A < C$.

Durante el proceso de toma de decisión, casi con total seguridad nos enfrentaremos a matrices que presentan inconsistencia, ya sea al comparar criterios o alternativas, puesto que conseguir la consistencia total es muy complicado teniendo en cuenta que todos los juicios han sido tomados por seres humanos. No obstante, el método AHP incluye un proceso para verificar el grado de consistencia de las matrices pareadas. Es de vital importancia verificar la consistencia antes de concluir con los resultados finales, dado que, de encontrarnos con

alguna matriz inconsistente, será necesario que el decisor modifique sus juicios para que esta cumpla la propiedad de transitividad, de no ser así, el proceso de análisis jerárquico carecería de significado.

El proceso propuesto por el método AHP consiste en calcular el cociente entre dos valores para hallar la proporción de consistencia (*Consistency Ratio, CR*), propuesto por Saaty en 1991:

$$CR = \frac{CI}{RI}$$

3.4.4.1 Índice de Consistencia

Según Saaty, para que una matriz pareada sea consistente ha de cumplirse que $a_{ik} = a_{ij} \times a_{jk} \forall i, j, k$. Significaría que la matriz cumple la propiedad de transitividad, y también la de proporcionalidad, es decir, si w_1 es 2 veces mejor que w_3 , y w_3 es 4 veces mejor que w_4 , w_1 deberá ser 8 veces mejor que w_4 . Podemos afirmar que una matriz es consistente si todas sus comparaciones están basadas en datos exactos, y por consiguiente se cumple que:

$$a_{ij} = w_i/w_j$$

Siendo A la matriz que representa las preferencias del decisor entre pares de alternativas, y W la matriz de todos los pesos

$$W = [w_i/w_j] = \begin{bmatrix} w_1/w_1 & w_1/w_2 & \dots & w_1/w_n \\ w_2/w_1 & w_2/w_2 & \dots & w_2/w_n \\ \vdots & \vdots & \ddots & \vdots \\ w_n/w_1 & w_n/w_2 & \dots & w_n/w_n \end{bmatrix}$$

Los elementos a_{ij} de la matriz A estiman la proporción relativa de w_i/w_j , donde w es el vector de pesos relativos de las alternativas. Según el teorema de Perron-Frobenius:

$$A \cdot W = \lambda_{max} \cdot W$$

Donde λ_{max} es el autovalor principal de la matriz A. Quedaría definir el índice de consistencia (*Consistency Indez, CI*) como:

$$CI = \frac{\lambda_{max} - n}{n - 1}$$

Donde $\lambda_{max} = n$ y $CI = 0$ en el caso de una matriz completamente consistente. Esto significaría que las matrices A y W son iguales. En la práctica esto no sucede, y para cualquier matriz inconsistente $\lambda_{max} \geq n$, siendo el resultado más perfecto conforme el valor de lambda se acerca a n.

3.4.4.2 Índice de Consistencia Aleatorio

El índice de consistencia aleatoria (*Random Consistency Index, RI*) equivale al valor promedio de CI si las matrices pareadas se hubieran obtenido de manera aleatoria. El mismo Saaty propuso una tabla de valores para este índice en consecuencia con la dimensión del problema

Tamaño de la Matriz	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Índice de Consistencia aleatorio	0	0,58	0,9	1,12	1,24	1,32	1,41	1,45	1,49

Tabla 1. Valores para el Índice de Consistencia Aleatoria

Por último, realizando el cociente entre el índice de consistencia y el índice de consistencia aleatoria obtendríamos el valor de la proporción de consistencia. Esta proporción deberá ser menor al 5% en matrices 3x3, inferior al 9% en matrices 4x4, e inferior al 10% en matrices 5x5 o superior. Para nuestro problema, debemos comprobar que el CI es siempre menor a 0,1.

3.5 Método TOPSIS

El método TOPSIS es una técnica que defiende la similitud de cada alternativa respecto a la solución ideal. Tan solo requiere un número mínimo de entradas por parte del centro decisor para proporcionar el ranking final de preferencia.

La idea fundamental del método describe que la mejor solución será aquella que mantiene la distancia mínima con respecto a la solución ideal, así como la distancia más alejada de la solución anti ideal. Por ejemplo, en la siguiente ilustración, donde ambos criterios deben ser maximizados, TOPSIS presentaría la alternativa A como la mejor solución debido a que está colocada más cerca de la solución ideal que B, y más lejos de la anti ideal.

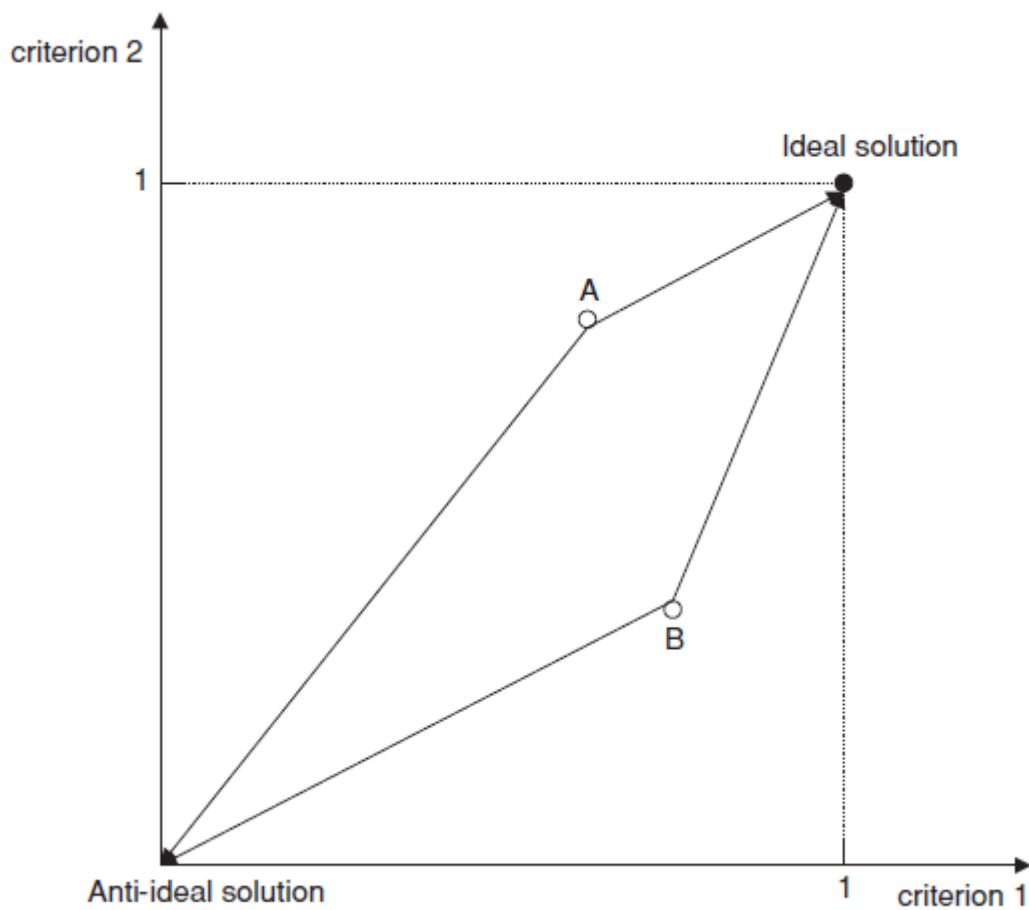


Ilustración 11. Método TOPSIS

Los pasos para llevar a cabo el método TOPSIS podríamos representarlos en el siguiente esquema:

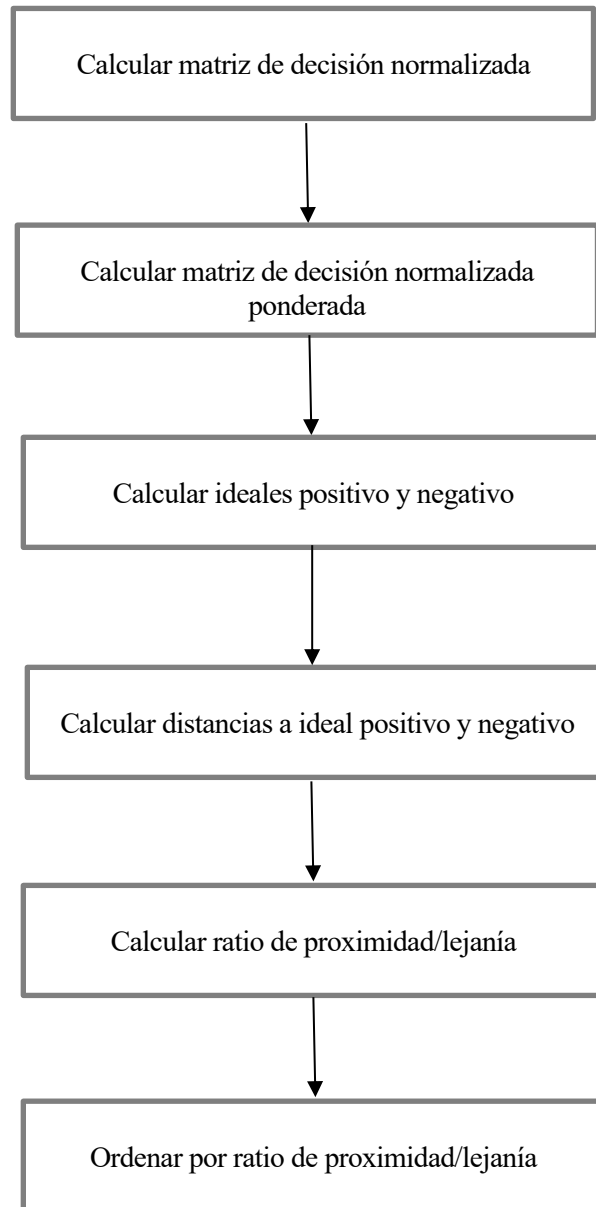


Ilustración 12. Diagrama de flujo TOPSIS

El primer paso consiste en construir la matriz con la puntuación de las alternativas en cada uno de los diferentes criterios. Una vez construida, esta matriz ha de ser normalizada de manera que nos permita comparar la medición en diferentes unidades. Para llevar a cabo la normalización, cada elemento de la matriz será dividido por la raíz cuadrada del sumatorio cuadrado de su correspondiente columna.

En el segundo paso entran en juego los pesos de cada criterio. Existen múltiples métodos para obtener los pesos, en este trabajo he optado por utilizar una ponderación AHP ya que al haber sido calculada previamente en el anterior método me ahorrará un poco de trabajo. Para construir la matriz de decisión normalizada ponderada tan solo es necesario multiplicar cada elemento por su peso correspondiente.

Una vez calculada la matriz ponderada, calcularemos los ideales positivo y negativo en el paso 3. Es importante diferenciar entre criterio positivo y negativo, en nuestro problema por ejemplo el precio sería un criterio negativo al ser un criterio que se desea minimizar, y por contrario, el sensor de la cámara se considera un criterio positivo, a consecuencia de que es preferible maximizarlo. Siendo V_j el valor ideal positivo y negativo para cada criterio j , se obtiene a razón de:

$$V_j^+ = \begin{cases} V_j^{max}, & \text{si } j \text{ es un criterio positivo} \\ V_j^{min}, & \text{si } j \text{ es un criterio negativo} \end{cases}$$

$$V_j^- = \begin{cases} V_j^{max}, & \text{si } j \text{ es un criterio negativo} \\ V_j^{min}, & \text{si } j \text{ es un criterio positivo} \end{cases}$$

El siguiente paso consiste en calcular la distancia respecto al ideal positivo y negativo de cada alternativa. Para cada alternativa i , su distancia será:

$$d_i^+ = \sqrt{\sum_j (v_{ij} - v_j^+)^2}$$

$$d_i^- = \sqrt{\sum_j (v_{ij} - v_j^-)^2}$$

Y por último calcularemos el ratio de proximidad/lejanía para cada alternativa i . Este es calculado como la división entre la distancia al punto ideal negativo y la suma de ambas distancias:

$$R_i = \frac{d_i^-}{d_i^- + d_i^+}$$

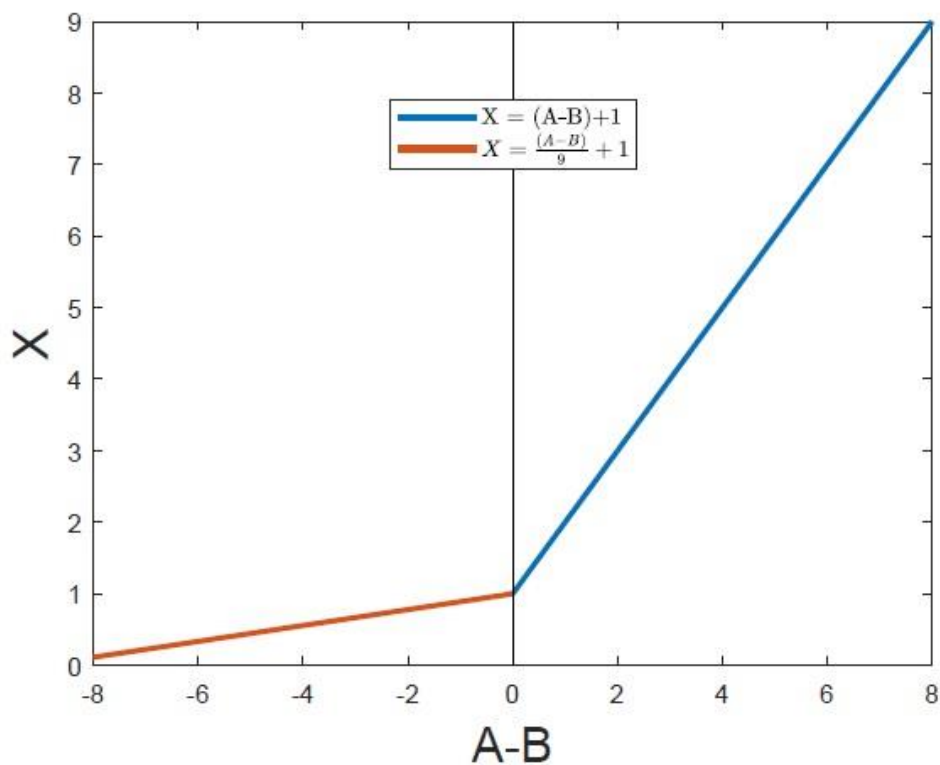
El ratio de proximidad/lejanía proporcionará siempre valores entre 0 y 1. Si a la alternativa se halla más cerca del punto ideal se acercará a 1, por el contrario, si está más cerca del punto anti ideal, su valor se hallará más próximo a 0.

4 APLICACIÓN DE LOS MÉTODOS

Una vez desarrollado el marco teórico del método procederemos a la aplicación de nuestro problema. Para la resolución del mismo han sido elegidas cinco personas que protagonizaran el papel de centro decisor. Estos cinco usuarios deberán responder previamente a un cuestionario que se muestra en el Anexo A.

4.1 Método AHP

Para facilitar a los usuarios una realización cómoda y sencilla del cuestionario, y a su vez asegurarnos una respuesta concisa, tan solo les he pedido que valoren cada criterio con un número del 1 al 9. Y luego mediante el siguiente procedimiento matemático, han sido calculadas todas las matrices de comparación pareadas:



Por ejemplo, considerando A y B dos criterios diferentes, y X el valor de su comparación, sabemos de antemano que al comparar A frente a B un 9 significa una importancia extrema del criterio A frente al B, asimismo, un 1 significaría que el criterio A es totalmente irrelevante a la hora de compararlo con B. Es decir:

$$A = B ; X = 1$$

$$\left. \begin{array}{l} A = 9 \\ B = 1 \end{array} \right\} X = 9 \qquad \left. \begin{array}{l} A = 1 \\ B = 9 \end{array} \right\} X = 1/9$$

Cuando $A > B$ aplicaremos la siguiente formula:

$$X = (A - B) + 1$$

Y cuando $A < B$ esta otra:

$$X = \frac{1}{(B - A) + 1}$$

El problema no pierde su linealidad al realizar este procedimiento ya que no se multiplican variables y cumple la condición en ambos extremos, por lo que se considera matemáticamente correcto y es posible aplicarlo a nuestro método.

4.1.1 Cálculo vectores prioridad de criterios

En primer lugar, antes de entrar a evaluar las diferentes alternativas, resulta interesante poder ver gráficamente la importancia que tiene cada criterio para los diferentes usuarios. Debido a que el procedimiento a la hora de aplicar el método ha sido el mismo para cada usuario, con el fin de no llenar el documento de tablas mostraré tan solo las tablas de Ignacio, y luego compararemos la solución conjunta de los cinco decisores. En el Anexo C se mostrarán por completo todas las tablas de cada uno de los cinco usuarios.

Ignacio decidió puntuar los criterios de la siguiente forma:

Criterios	
Precio	9
Sensor	7
Ráfaga	8
Estabilizador	6
Resolución	6
Fps	5
Peso	3

Tabla 2. Puntuación criterios para Ignacio

Por lo tanto, aplicando la fórmula explicada en el inicio de este apartado, su matriz pareada de comparación de criterios es la siguiente:

Matriz de comparación de criterios							
	Precio	Sensor	Ráfaga	Estabilizador	Resolución	Fps	Peso
Precio	1	3	2	4	4	5	7
Sensor	0,33	1	0,5	2	2	3	5
Ráfaga	0,5	2	1	2	3	4	6
Estabilizador	0,25	0,5	0,50	1	1	2	4
Resolución	0,25	0,5	0,33	1	1	2	4
Fps	0,2	0,33	0,25	1	0,5	1	3
Peso	0,14	0,2	0,167	0,25	0,25	0,33	1
SUMA	2,68	7,53	4,75	11,25	11,75	17,33	30,00

Tabla 3. Matriz de comparación de criterios para Ignacio

Una vez normalizada aplicando el procedimiento visto en el apartado 3.4.1:

Matriz Normalizada							
	Precio	Sensor	Ráfaga	Estabilizador	Resolución	Fps	Peso
Precio	0,37	0,40	0,42	0,36	0,34	0,29	0,23
Sensor	0,12	0,13	0,11	0,18	0,17	0,17	0,17
Ráfaga	0,19	0,27	0,21	0,18	0,26	0,23	0,20
Estabilizador	0,09	0,07	0,11	0,09	0,09	0,12	0,13
Resolución	0,09	0,07	0,07	0,09	0,09	0,12	0,13
Fps	0,07	0,04	0,05	0,09	0,04	0,06	0,10
Peso	0,05	0,03	0,04	0,02	0,02	0,02	0,03
	1	1	1	1	1	1	1

Tabla 4. Matriz normalizada de comparación de criterios para Ignacio

Mediante el promedio de cada fila obtenemos la importancia relativa (peso) de cada criterio. También calculamos la ratio de consistencia siguiendo los pasos explicados en el apartado 3.4.4, este nos dio un valor de 0,03, como se cumple que $0,03 < 0,1$ podemos afirmar que la matriz es consistente y avanzar en la aplicación del método.

Imp. Relativa	Lambda Max
0,34	7,366290703
0,15	7,365305763
0,22	7,385605841
0,10	7,266209071
0,09	7,266979306
0,07	7,210057624
0,03	7,14739578
1,00 Promedio	7,28683487
CI	0,047805812
RI	1,32
CR	0,036216524

Tabla 5. Ratio de consistencia para Ignacio

Podemos verificar que los pesos de criterio siguen la relación vista en el cuestionario, donde Ignacio le asignaba una mayor importancia al precio (9), y una importancia menor al peso (3):

Criterios	Imp. Relativa
Precio	0,34
Sensor	0,15
Ráfaga	0,22
Estabilizador	0,10
Resolución	0,09
Fps	0,07
Peso	0,03

Tabla 6. Pesos de los criterios para Ignacio

En la siguiente tabla se muestran los pesos que tienen los diferentes criterios para los 5 usuarios encuestados:

	Ignacio	Ana	Germán	Emmett	Jake	Media
Precio	0,34	0,09	0,09	0,12	0,04	0,14
Sensor	0,15	0,40	0,29	0,20	0,28	0,26
Ráfaga	0,22	0,04	0,18	0,04	0,05	0,11
Estabilizador	0,10	0,21	0,03	0,12	0,03	0,10
Resolución	0,09	0,06	0,12	0,32	0,28	0,17
Fps	0,07	0,07	0,25	0,08	0,24	0,14
Peso	0,03	0,14	0,04	0,12	0,08	0,08

Tabla 7. Pesos de los criterios para los usuarios y su media

Se aprecia que el criterio más importante para la mayoría de los usuarios es el sensor, resultado lógico en la mayoría de casos puesto que es un elemento fundamental a la hora de elegir una cámara. El peso sin embargo es el menos importante por norma general, y nos da a entender que nuestros usuarios no tienen interés en realizar

trayectos largos con la cámara.

Utilizaremos un gráfico para exponer de forma más precisa la media de los pesos para cada criterio:

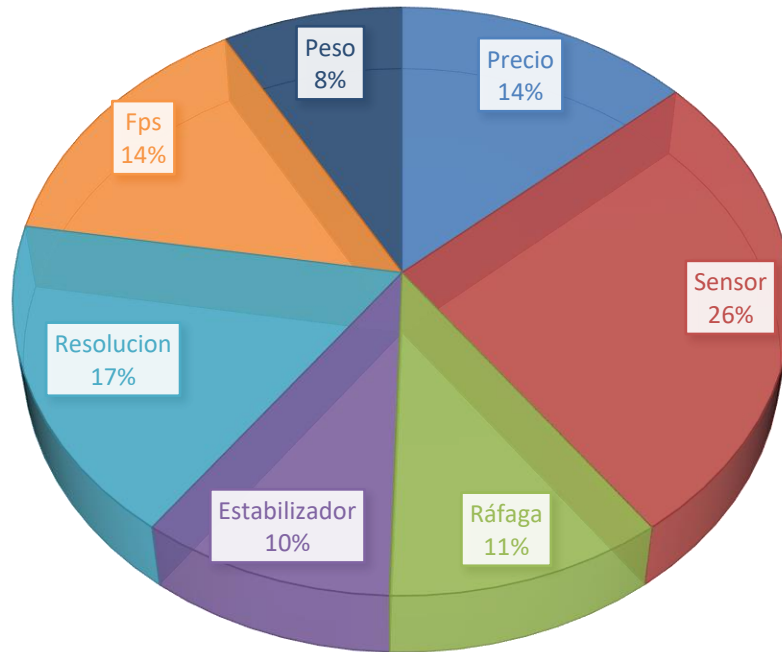


Ilustración 13. Media pesos de criterio

Distribución de Pesos por Usuario

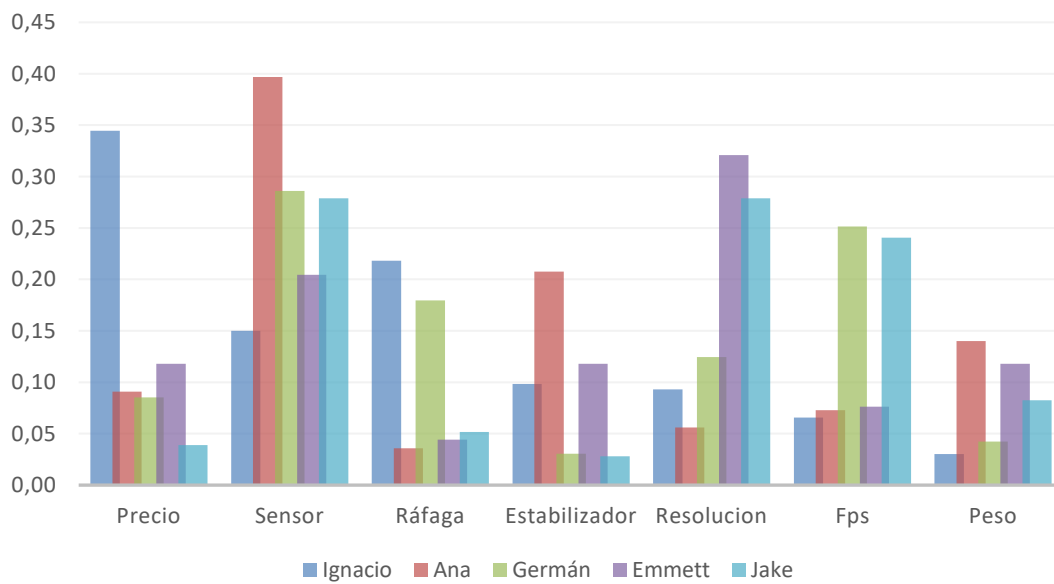


Ilustración 14. Distribución de pesos por usuario

4.1.2 Evaluando las alternativas

Una vez definidos los diferentes pesos que tienen los criterios dentro de nuestro problema, pasamos a evaluar las 6 alternativas dentro de cada uno de los diferentes criterios. Al igual que con el vector de pesos de criterio, en este apartado tan solo mostrare el procedimiento completo para el usuario Ignacio. El Anexo C contendrá todas las tablas y cálculos llevados a cabo por el resto de decisores del problema.

4.1.2.1 Precio

Para el criterio precio nos encontramos ante una particularidad en nuestro problema, es un criterio objetivo que todos los usuarios quieren minimizar, es decir, para ellos que el precio en una cámara fuese menor, siempre resultaría beneficioso.

Con el fin de facilitar la aplicación de método, en este caso concreto, existe la posibilidad de automatizar las matrices, de forma que el precio más bajo sea premiado con un mayor peso. Por consiguiente, los cinco usuarios del problema contarán con la misma matriz de precio.

Los elementos a_{ij} de esta matriz han sido calculados de la siguiente forma: considerando P_i el precio de la alternativa i , y P_j el precio de la alternativa j :

$$a_{ij} = \frac{P_j}{P_i}$$

De manera que $a_{ij} > 1$ cuando $P_j > P_i$, y $a_{ij} < 1$ cuando $P_j < P_i$. La matriz de comparación pareada será la siguiente:

Precio						
	Nikon D750	Lumix G90	Canon EOS D90	Sony A6500	Sony A7 II	Pentax KP
Nikon D750	1	0,87	1,11	0,87	0,89	0,77
Lumix G90	1,15	1	1,28	1,01	1,03	0,89
Canon EOS D90	0,90	0,78	1	0,79	0,80	0,70
Sony A6500	1,15	0,99	1,27	1	1,02	0,88
Sony A7 II	1,12	0,97	1,25	0,98	1	0,87
Pentax KP	1,30	1,12	1,44	1,13	1,15	1
SUMA	6,62	5,74	7,35	5,78	5,89	5,11

Tabla 8. Matriz de comparación de precios

Y una vez que aplicamos la normalización de la misma:

Precio Normalizado						
	Nikon D750	Lumix G90	Canon EOS D90	Sony A6500	Sony A7 II	Pentax KP
Nikon D750	0,15	0,15	0,15	0,15	0,15	0,15
Lumix G90	0,17	0,17	0,17	0,17	0,17	0,17
Canon EOS D90	0,14	0,14	0,14	0,14	0,14	0,14
Sony A6500	0,17	0,17	0,17	0,17	0,17	0,17
Sony A7 II	0,17	0,17	0,17	0,17	0,17	0,17
Pentax KP	0,20	0,20	0,20	0,20	0,20	0,20
	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00

Tabla 9. Matriz de comparación de precios normalizada

Alternativas	Imp. Relativa
Nikon D750	0,15
Lumix G90	0,17
Canon EOS D90	0,14
Sony A6500	0,17
Sony A7 II	0,17
Pentax KP	0,20

Tabla 10. Importancia relativa del criterio precio

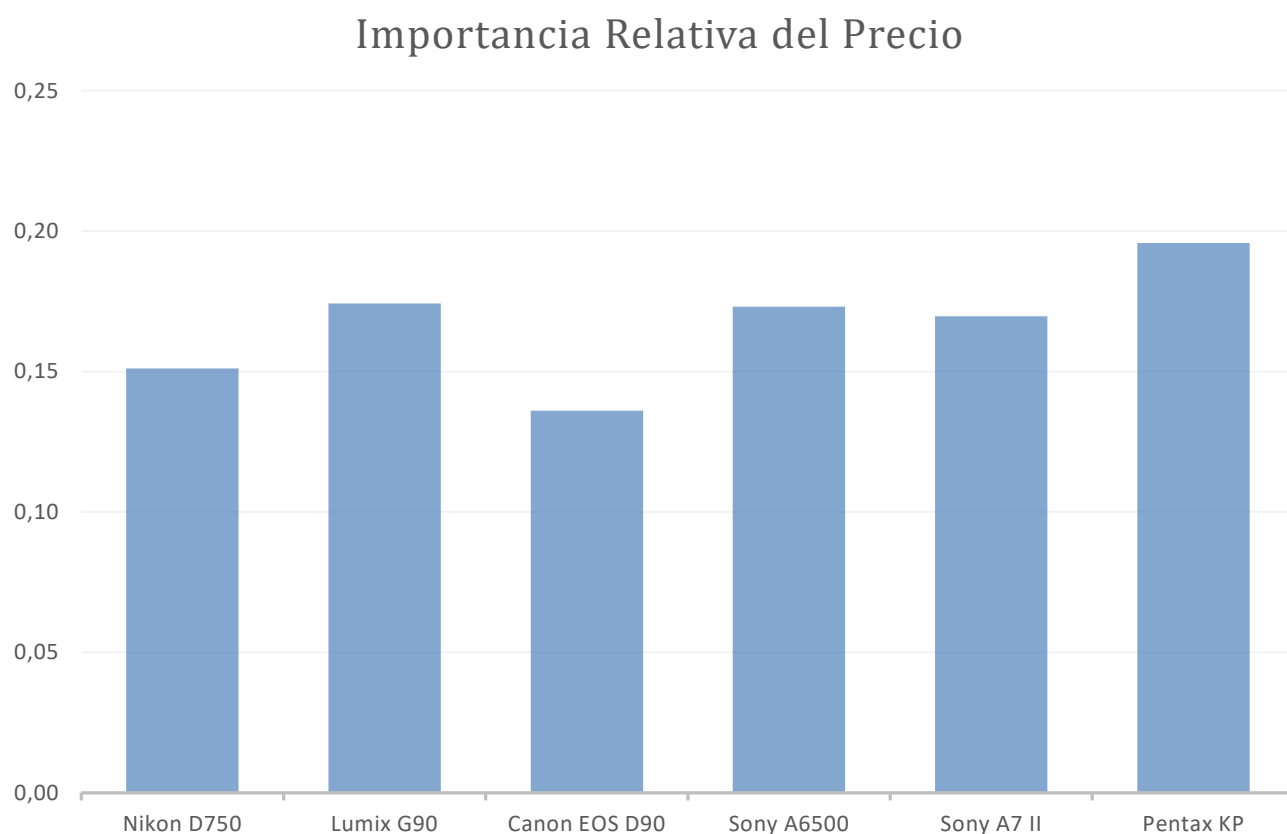


Ilustración 15. Pesos del criterio precio

Mediante este gráfico podemos apreciar cómo se cumplen los requisitos de los cinco decisores de minimizar el atributo precio de la cámara. Puesto que la alternativa con mayor puntuación es la Pentax KP (0,20) debido a ser la más económica, y por contrario la Canon EOS D90 (0,14) tiene la importancia relativa más baja al ser la cámara más costosa.

4.1.2.2 Tamaño del Sensor

Como ya he explicado anteriormente, el sensor de una cámara es un elemento crucialmente importante para la determinación del aspecto final que tendrá la foto. Cuanto más grande sea el sensor, significará que el factor de recorte que aplica la cámara sobre el objetivo será menor por lo que también será posible sacarle el máximo provecho al objetivo de la cámara, aprovechando toda su focal. En la siguiente foto podemos ver un ejemplo de cómo se vería el mismo paisaje, según qué tipo de sensor tiene instalado la cámara:

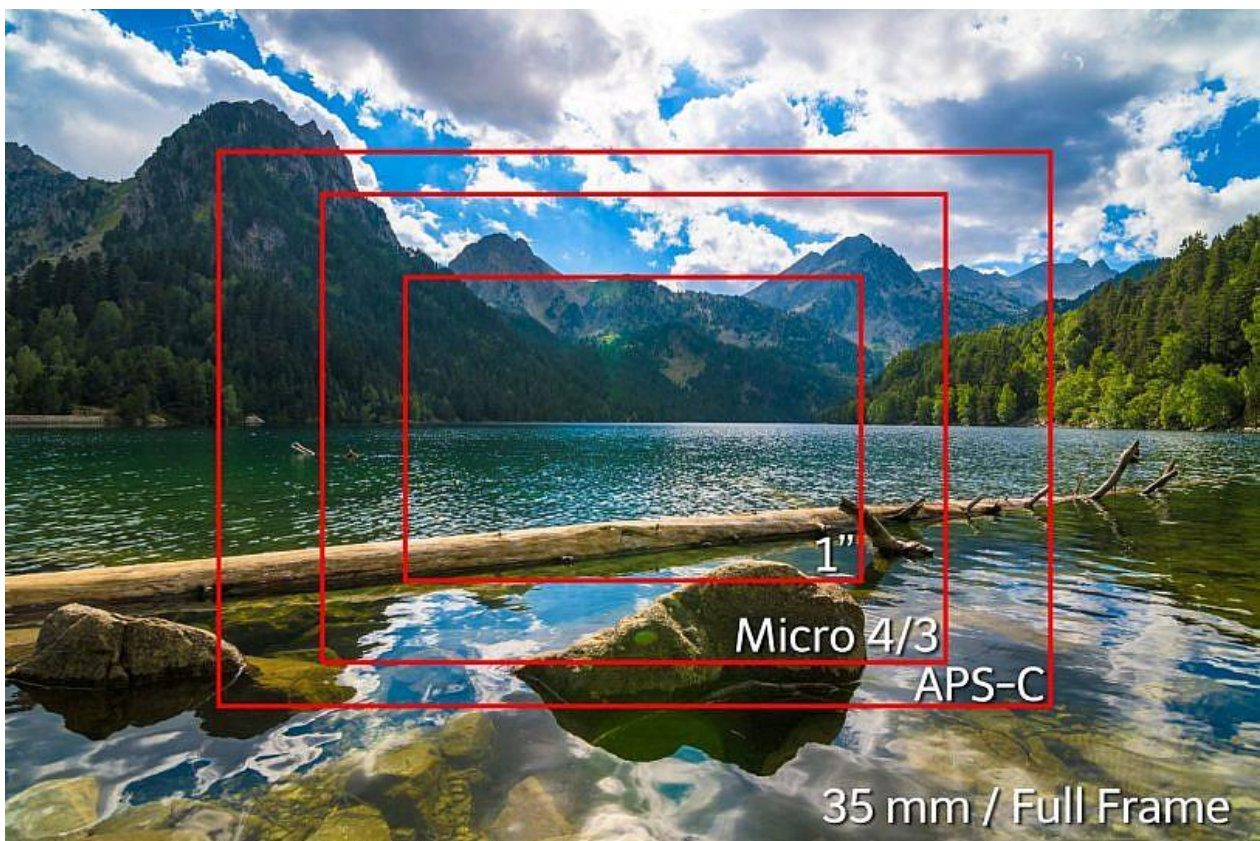


Ilustración 16. Factor de recorte sensor

Pero no solo es un elemento importante por el factor de recorte que le aplica a nuestras fotografías, un tamaño mayor de sensor también se traduce en una mayor sensibilidad, es decir, en condiciones nocturnas le será mucho más sencillo captar luz, por lo que producirá fotos con una menor cantidad de ruido, mayor rango dinámico, y mejor exactitud de color.

Teniendo en mente todo esto, sería razonable pensar que todos nuestros encuestados valorarían maximizar el tamaño del sensor, pero debido a la importancia de esta característica, y a todo su engranado tecnológico, el sensor desempeña un papel fundamental a la hora de marcar el precio de una cámara. Siendo a veces necesario renunciar a un sensor de mayor calidad debido a las limitaciones económicas del comprador.

Ignacio valoro los sensores de las diferentes alternativas de la siguiente forma:

Sensor	
Nikon D750	9
Lumix G90	3
Canon EOS D90	5
Sony A6500	5
Sony A7 II	9
Pentax KP	5

Tabla 11. Valoración tamaño del sensor para Ignacio

La tabla de comparación pareada y su versión normalizada serían las siguientes:

Tamaño del Sensor						
	Nikon D750	Lumix G90	Canon EOS D90	Sony A6500	Sony A7 II	Pentax KP
Nikon D750	1	7,00	5,00	5,00	1,00	5,00
Lumix G90	0,14	1	0,33	0,33	0,14	0,33
Canon EOS D90	0,20	3,00	1	1,00	0,20	1,00
Sony A6500	0,20	3,00	1,00	1	0,2	1,00
Sony A7 II	1,00	7,00	5,00	5,00	1	5,00
Pentax KP	0,20	3,00	1,00	1,00	0,20	1
SUMA	2,74	24,00	13,33	13,33	2,74	13,33

Tabla 12. Matriz de comparación tamaño del sensor para Ignacio

Sensor Normalizado						
	Nikon D750	Lumix G90	Canon EOS D90	Sony A6500	Sony A7 II	Pentax KP
Nikon D750	0,36	0,29	0,38	0,38	0,36	0,38
Lumix G90	0,05	0,04	0,03	0,03	0,05	0,03
Canon EOS D90	0,07	0,13	0,08	0,08	0,07	0,08
Sony A6500	0,07	0,13	0,08	0,08	0,07	0,08
Sony A7 II	0,36	0,29	0,38	0,38	0,36	0,38
Pentax KP	0,07	0,13	0,08	0,08	0,07	0,08

Tabla 13. Matriz normalizada de tamaño del sensor para Ignacio

El peso de cada alternativa dentro del atributo sensor para Ignacio sería el siguiente:

Alternativas	Imp. Relativa
Nikon D750	0,36
Lumix G90	0,04
Canon EOS D90	0,08
Sony A6500	0,08
Sony A7 II	0,36
Pentax KP	0,08

Tabla 14. Importancia relativa del sensor para Ignacio

Todos los usuarios le han otorgado la nota máxima a la cámara Nikon y a la Sony A7 II puesto que cuentan con un sensor full frame, el cual es una de las mejores opciones que pueden incluir en una cámara a nivel de usuario, sin embargo, a la hora de evaluar los otros sensores no todos han coincidido:

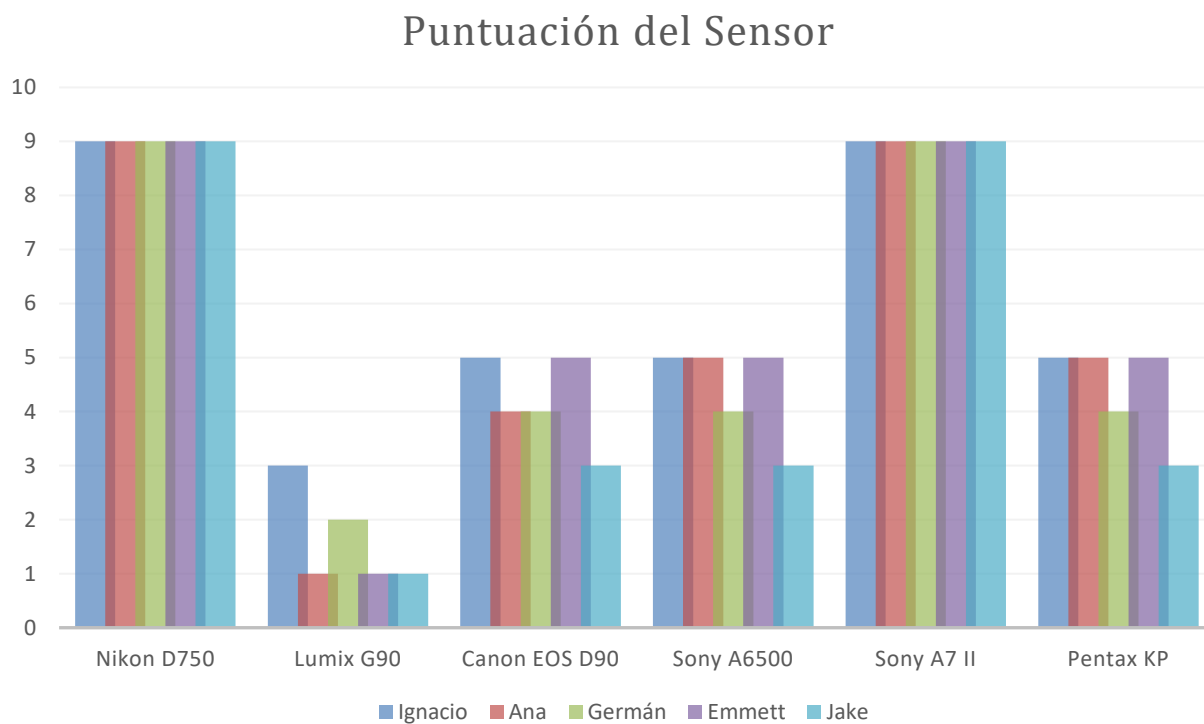


Ilustración 17. Puntuación de los usuarios para el sensor

Teniendo en cuenta la puntuación de todos los usuarios veremos gráficamente la importancia del sensor para cada alternativa:

Sensor	Ignacio	Ana	Germán	Emmett	Jake
Nikon D750	0,36	0,36	0,37	0,36	0,39
Lumix G90	0,04	0,03	0,03	0,03	0,03
Canon EOS D90	0,08	0,06	0,07	0,09	0,07
Sony A6500	0,08	0,10	0,07	0,09	0,07
Sony A7 II	0,36	0,36	0,37	0,36	0,39
Pentax KP	0,08	0,10	0,07	0,09	0,07

Tabla 15. Importancia relativa del sensor para los usuarios

PESO MEDIO DEL SENSOR

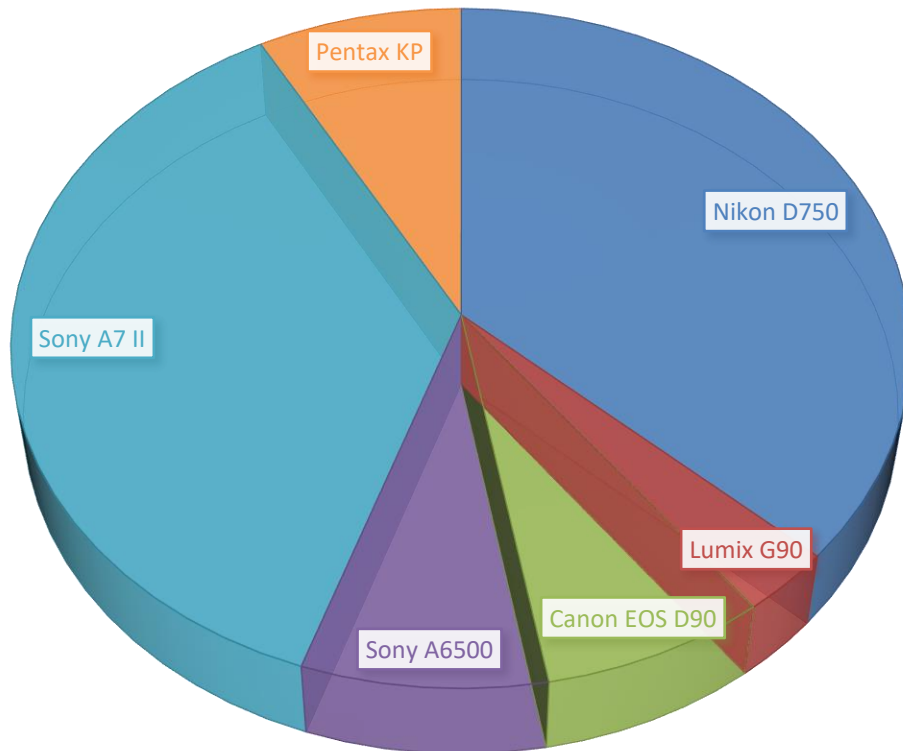


Ilustración 18. Importancia relativa medio del criterio tamaño del sensor

4.1.2.3 Velocidad de Ráfaga

La velocidad de ráfaga, a diferencia del tamaño del sensor, no es una característica “vital” para la cámara. Del mismo modo que ciertos fotógrafos puedan necesitar una velocidad específica para conseguir la foto que buscan, para otros puede llegar a ser irrelevante, siempre y cuando no sean valores muy pequeños. En la siguiente tabla vemos las valoraciones que le han dado los usuarios:

Ráfaga	Ignacio	Ana	Germán	Emmett	Jake
Nikon D750	5	4	2	5	2
Lumix G90	7	7	6	7	5
Canon EOS D90	9	9	8	9	8
Sony A6500	9	9	8	9	8
Sony A7 II	2	3	1	3	1
Pentax KP	6	5	4	6	4

Tabla 16. Valoraciones usuarios para velocidad de ráfaga

Valoraciones Velocidad de Ráfaga

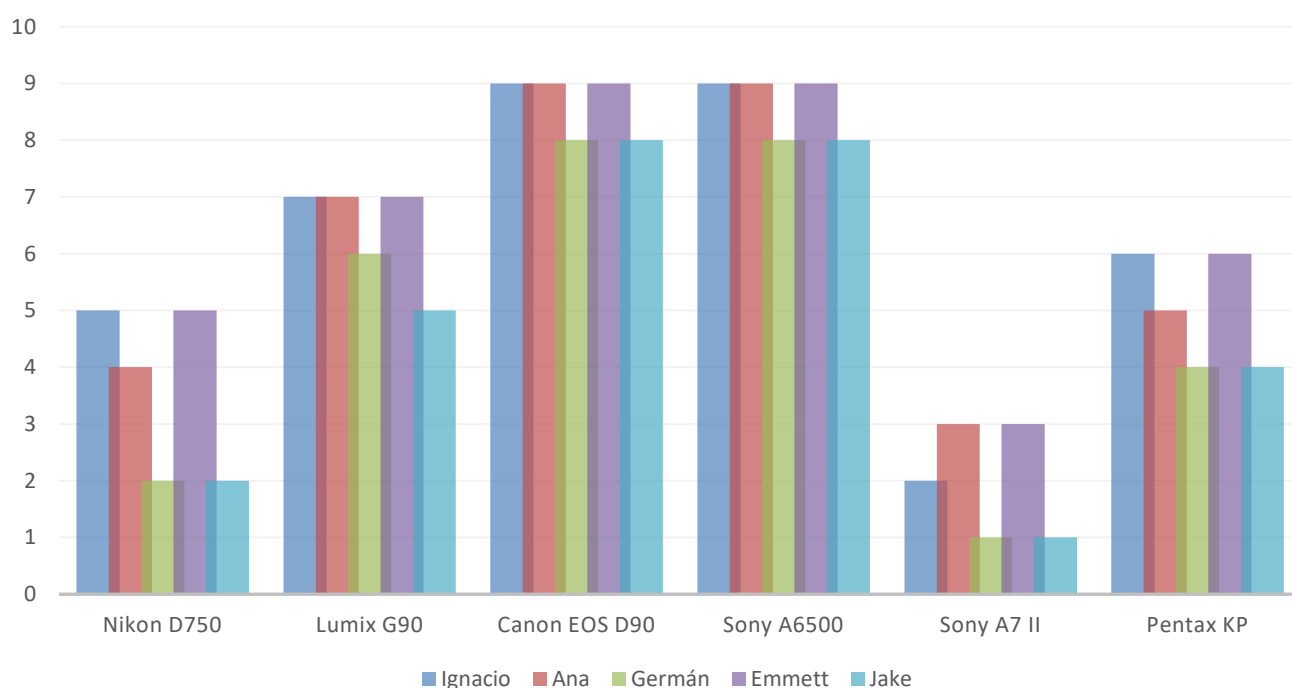


Ilustración 19. Valoraciones de cada usuario para la velocidad de ráfaga

En el caso de Ignacio, su matriz de comparación quedaría así:

Velocidad de Ráfaga						
	Nikon D750	Lumix G90	Canon EOS D90	Sony A6500	Sony A7 II	Pentax KP
Nikon D750	1	0,33	0,20	0,20	4,00	0,50
Lumix G90	3,00	1	0,33	0,33	6,00	2,00
Canon EOS D90	5,00	3,00	1	1,00	8,00	4,00
Sony A6500	5,00	3,00	1,00	1	8	4,00
Sony A7 II	0,25	0,17	0,13	0,13	1	0,20
Pentax KP	2,00	0,50	0,25	0,25	5,00	1
SUMA	16,25	8	2,91	2,91	32	11,7

Tabla 17. Matriz de comparación de velocidad de ráfaga para Ignacio

Velocidad de Ráfaga Normalizada						
	Nikon D750	Lumix G90	Canon EOS D90	Sony A6500	Sony A7 II	Pentax KP
Nikon D750	0,06	0,04	0,07	0,07	0,13	0,04
Lumix G90	0,18	0,13	0,11	0,11	0,19	0,17
Canon EOS D90	0,31	0,38	0,34	0,34	0,25	0,34
Sony A6500	0,31	0,38	0,34	0,34	0,25	0,34
Sony A7 II	0,02	0,02	0,04	0,04	0,03	0,02
Pentax KP	0,12	0,06	0,09	0,09	0,16	0,09

Tabla 18. Matriz normalizada velocidad de ráfaga para Ignacio

A continuación, se muestra una tabla donde aparece la importancia relativa de cada usuario para cada alternativa y un gráfico donde se puede ver la influencia de cada cámara dentro de este atributo:

Ráfaga	Ignacio	Ana	Germán	Emmett	Jake
Nikon D750	0,07	0,05	0,04	0,07	0,05
Lumix G90	0,15	0,16	0,17	0,15	0,13
Canon EOS D90	0,33	0,34	0,34	0,33	0,35
Sony A6500	0,33	0,34	0,34	0,33	0,35
Sony A7 II	0,03	0,04	0,03	0,03	0,03
Pentax KP	0,10	0,08	0,09	0,10	0,09

Tabla 19. Importancia relativa velocidad de ráfaga

PROMEDIO VELOCIDAD DE RÁFAGA

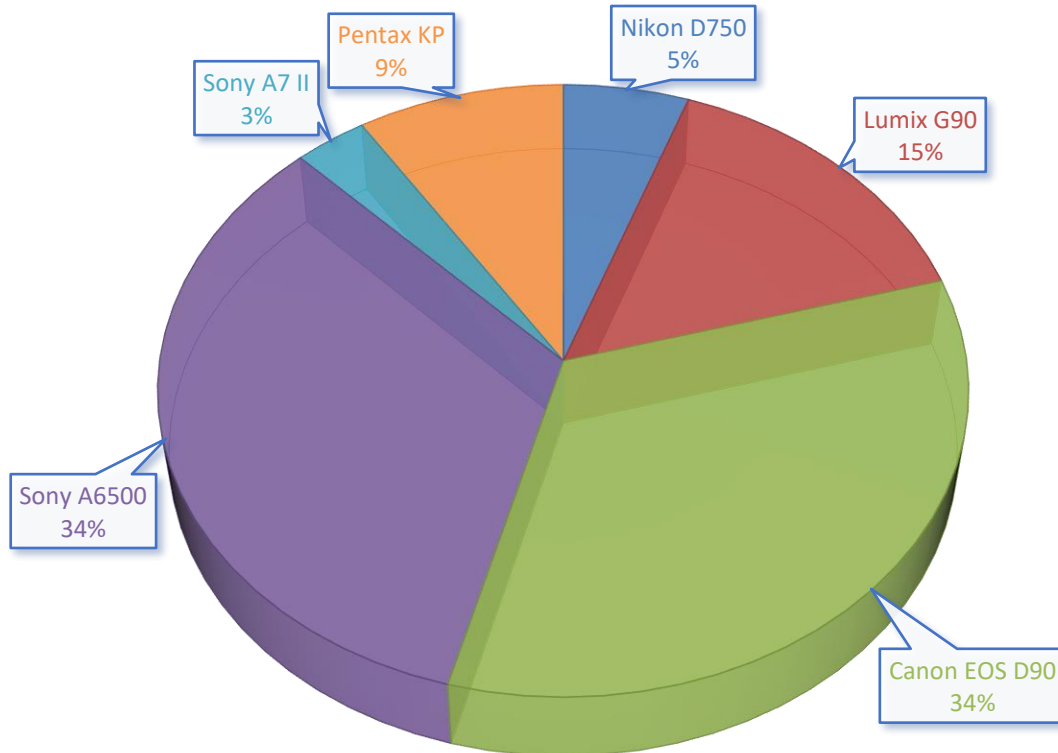


Ilustración 20. Importancia relativa media para el criterio velocidad de ráfaga

4.1.2.4 Estabilización de Imagen

El trípode es una herramienta que nos permite sacar fotografías con una completa estabilidad sin importar la velocidad de obturación ni la distancia focal. Pero habrá ocasiones en las que no podamos contar con un trípode y tendremos que hacerlas sujetando la cámara mano alzada. Es muy probable que las pequeñas vibraciones que emite nuestro cuerpo se vean reflejadas en la fotografía final estropeando el aspecto de la imagen, especialmente en un escenario nocturno o con poca luz, o si necesitamos una distancia focal grande (zoom).

Gracias a los avances tecnológicos en las últimas décadas hoy en día contamos con dos sistemas de estabilización de imagen:

- Sistema de estabilización óptico: incluido en el objetivo
- Sistema de estabilización mecánico o sensor-shift: incluido en el cuerpo de la cámara

En nuestro problema hemos evaluado seis cámaras de las cuales cuatro tienen estabilizador de imagen mecánico y las otras dos no cuentan con ningún tipo de estabilizador. Sin embargo, se les ha pedido a los decisores que valoren este atributo debido a que podría variar la puntuación, según los intereses de cada usuario en la estabilización de imagen.

La puntuación obtenida por los usuarios ha sido la siguiente:

Estabilizador	Ignacio	Ana	Germán	Emmett	Jake
Nikon D750	1	1	1	1	1
Lumix G90	5	9	4	9	9
Canon EOS D90	1	1	1	1	1
Sony A6500	5	9	4	9	9
Sony A7 II	5	9	4	9	9
Pentax KP	5	9	4	9	9

Tabla 20. Valoraciones usuario para estabilización de imagen

La matriz de comparación pareada de Ignacio, su versión normalizada y su vector de pesos quedaría así:

Estabilización de imagen						
	Nikon D750	Lumix G90	Canon EOS D90	Sony A6500	Sony A7 II	Pentax KP
Nikon D750	1	0,20	1,00	0,20	0,20	0,20
Lumix G90	5,00	1	5,00	1,00	1,00	1,00
Canon EOS D90	1,00	0,20	1	0,20	0,20	0,20
Sony A6500	5,00	1,00	5,00	1	1	1,00
Sony A7 II	5,00	1,00	5,00	1,00	1	1,00
Pentax KP	5,00	1,00	5,00	1,00	1,00	1
SUMA	22	4,4	22	4,4	4,4	4,4

Tabla 21. Matriz de comparación estabilización para Ignacio

Estabilización Normalizada						
	Nikon D750	Lumix G90	Canon EOS D90	Sony A6500	Sony A7 II	Pentax KP
Nikon D750	0,05	0,05	0,05	0,05	0,05	0,05
Lumix G90	0,23	0,23	0,23	0,23	0,23	0,23
Canon EOS D90	0,05	0,05	0,05	0,05	0,05	0,05
Sony A6500	0,23	0,23	0,23	0,23	0,23	0,23
Sony A7 II	0,23	0,23	0,23	0,23	0,23	0,23
Pentax KP	0,23	0,23	0,23	0,23	0,23	0,23

Tabla 22. Matriz normalizada de estabilización para Ignacio

Alternativas	Imp. Relativa
Nikon D750	0,05
Lumix G90	0,23
Canon EOS D90	0,05
Sony A6500	0,23
Sony A7 II	0,23
Pentax KP	0,23

Tabla 23. Pesos estabilización para Ignacio

Los vectores de puntuación S de cada usuario serían los siguientes:

Estabilizador	Ignacio	Ana	Germán	Emmett	Jake
Nikon D750	0,05	0,03	0,06	0,03	0,03
Lumix G90	0,23	0,24	0,22	0,24	0,24
Canon EOS D90	0,05	0,03	0,06	0,03	0,03
Sony A6500	0,23	0,24	0,22	0,24	0,24
Sony A7 II	0,23	0,24	0,22	0,24	0,24
Pentax KP	0,23	0,24	0,22	0,24	0,24

Tabla 24. Importancia relativa para estabilización de Imagen

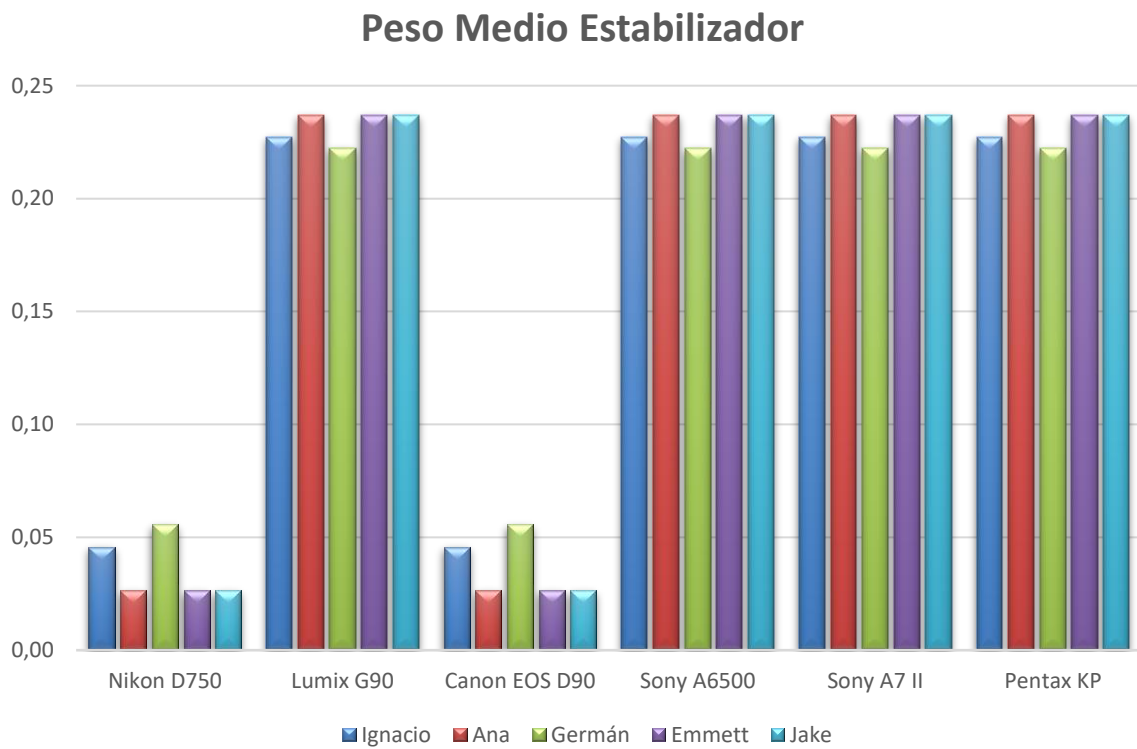


Ilustración 21. Peso medio para el criterio estabilización de imagen

4.1.2.5 Resolución de Video

Pese a existir un gran abanico de diferentes tipos de resoluciones en el mercado, con este atributo sucede lo mismo que con el anterior. Como nuestras seis alternativas han sido seleccionadas dentro un rango de precios pensados en un nivel adquisitivo medio, la resolución permitida por cada una de ellas es parecida al resto de las alternativas en la comparación. No obstante, es importante tener en cuenta la puntuación de los usuarios para cada alternativa, ya que algunos pueden estar más o menos interesados en la grabación de video:

Resolución	Ignacio	Ana	Germán	Emmett	Jake
Nikon D750	6	5	4	7	7
Lumix G90	9	9	8	9	9
Canon EOS D90	9	9	8	9	9
Sony A6500	9	9	8	9	9
Sony A7 II	6	5	4	7	7
Pentax KP	6	5	4	7	7

Tabla 25. Valoraciones usuario para resolución

Y las dos matrices pareadas de comparación para el decisor Ignacio:

Resolución de Video						
	Nikon D750	Lumix G90	Canon EOS D90	Sony A6500	Sony A7 II	Pentax KP
Nikon D750	1	0,25	0,25	0,25	1,00	1,00
Lumix G90	4,00	1	1,00	1,00	4,00	4,00
Canon EOS D90	4,00	1,00	1	1,00	4,00	4,00
Sony A6500	4,00	1,00	1,00	1	4	4,00
Sony A7 II	1,00	0,25	0,25	0,25	1	1,00
Pentax KP	1,00	0,25	0,25	0,25	1,00	1
SUMA	15	3,75	3,75	3,75	15	15

Tabla 26. Matriz de comparación resolución para Ignacio

Resolución Normalizada						
	Nikon D750	Lumix G90	Canon EOS D90	Sony A6500	Sony A7 II	Pentax KP
Nikon D750	0,07	0,07	0,07	0,07	0,07	0,07
Lumix G90	0,27	0,27	0,27	0,27	0,27	0,27
Canon EOS D90	0,27	0,27	0,27	0,27	0,27	0,27
Sony A6500	0,27	0,27	0,27	0,27	0,27	0,27
Sony A7 II	0,07	0,07	0,07	0,07	0,07	0,07
Pentax KP	0,07	0,07	0,07	0,07	0,07	0,07

Tabla 27. Matriz normalizada resolución para Ignacio

Los vectores de puntuación S para cada usuario quedarían así:

Resolución	Ignacio	Ana	Germán	Emmett	Jake
Nikon D750	0,07	0,06	0,06	0,08	0,08
Lumix G90	0,27	0,28	0,28	0,25	0,25
Canon EOS D90	0,27	0,28	0,28	0,25	0,25
Sony A6500	0,27	0,28	0,28	0,25	0,25
Sony A7 II	0,07	0,06	0,06	0,08	0,08
Pentax KP	0,07	0,06	0,06	0,08	0,08

Tabla 28. Vectores de puntuación s

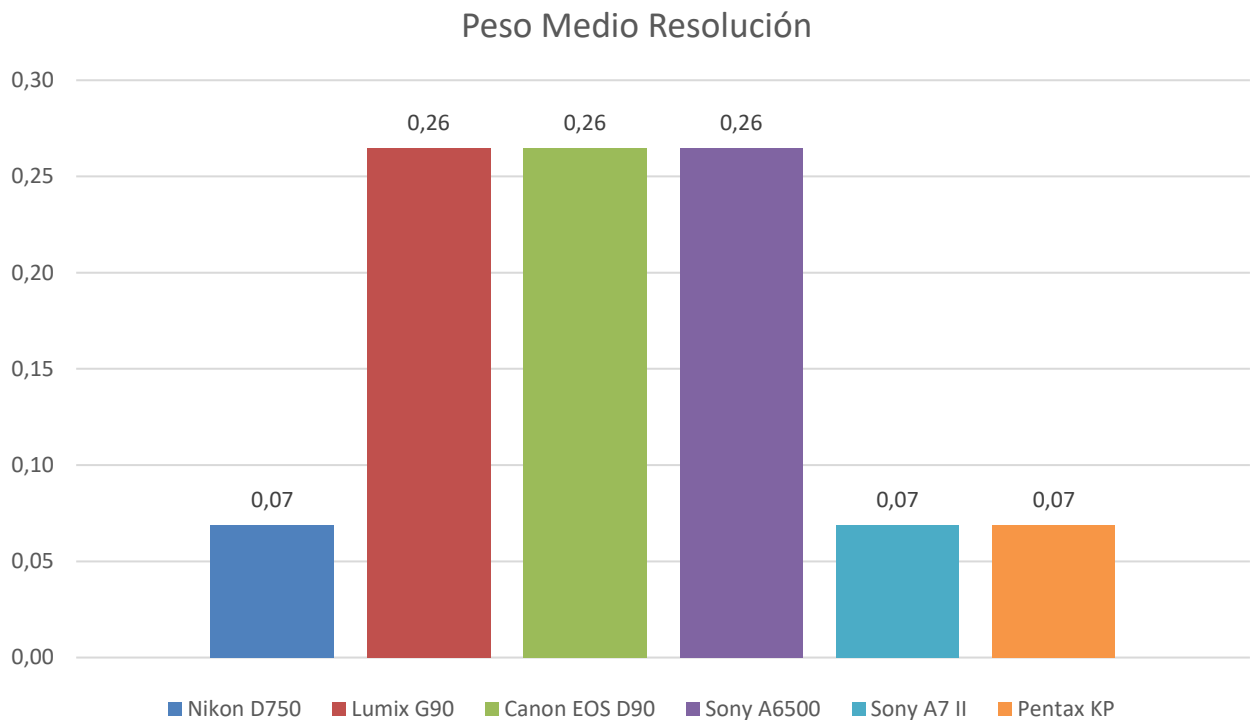


Ilustración 22. Promedio importancias relativas para resolución

4.1.2.6 Fotogramas por segundo al grabar video (FPS)

Independientemente de la resolución ofrecida por una cámara al grabar video, otro factor importante es la cantidad de fps elegida para el video. Un video está formado por un conjunto de imágenes, también llamadas fotogramas o *frames*, y según la cantidad de imágenes que la cámara sea capaz de captar en un segundo obtendremos el número que nos interesa, los fotogramas por segundo (fps).

El formato más estandarizado por el cine actualmente es grabar a 24 fps, es el más habitual ya que nuestro cerebro está acostumbrado a él, y ofrece ese look característico de las películas. El problema viene cuando nos interesa grabar algún movimiento rápido, este número tan bajo de fps puede provocar que la imagen salga borrosa.

Es por ello, que para grabar cualquier tipo de deporte se utiliza un número de fps superior, de forma que nos aseguremos la nitidez del video. De igual manera, para realizar el famoso “*slow motion*” o cámara lenta, será necesario tener el máximo número de fps posibles, lo ideal es realizarlo por encima de 100. Teniendo cuidado porque aumentar el número de fps provoca que nuestros videos pierdan claridad. Es importante grabar este tipo de escenas al aire libre con una buena iluminación.

Las puntuaciones de los decisores para este atributo han sido las siguientes:

FPS	Ignacio	Ana	Germán	Emmett	Jake
Nikon D750	4	4	3	5	2
Lumix G90	8	9	7	8	6
Canon EOS D90	8	9	7	8	6
Sony A6500	8	9	7	8	6
Sony A7 II	4	4	3	5	2
Pentax KP	4	4	3	5	2

Tabla 29. Valoraciones usuarios para fps

Y una vez más mostrare los pasos realizados con el usuario Ignacio para calcular el vector S de importancia relativa:

Fps Video						
	Nikon D750	Lumix G90	Canon EOS D90	Sony A6500	Sony A7 II	Pentax KP
Nikon D750	1	0,20	0,20	0,20	1,00	1,00
Lumix G90	5,00	1	1,00	1,00	5,00	5,00
Canon EOS D90	5,00	1,00	1	1,00	5,00	5,00
Sony A6500	5,00	1,00	1,00	1	5	5,00
Sony A7 II	1,00	0,20	0,20	0,20	1	1,00
Pentax KP	1,00	0,20	0,20	0,20	1,00	1
SUMA	18	3,6	3,6	3,6	18	18

Tabla 30. Matriz de comparación fps para Ignacio

Fps Normalizada						
	Nikon D750	Lumix G90	Canon EOS D90	Sony A6500	Sony A7 II	Pentax KP
Nikon D750	0,06	0,05	0,05	0,05	0,07	0,07
Lumix G90	0,33	0,27	0,27	0,27	0,33	0,33
Canon EOS D90	0,33	0,27	0,27	0,27	0,33	0,33
Sony A6500	0,33	0,27	0,27	0,27	0,33	0,33
Sony A7 II	0,07	0,05	0,05	0,05	0,07	0,07
Pentax KP	0,07	0,05	0,05	0,05	0,07	0,07

Tabla 31. Matriz normalizada fps para Ignacio

Los vectores S para cada usuario:

FPS	Ignacio	Ana	Germán	Emmett	Jake
Nikon D750	0,06	0,06	0,06	0,07	0,06
Lumix G90	0,30	0,33	0,28	0,29	0,33
Canon EOS D90	0,30	0,33	0,28	0,29	0,33
Sony A6500	0,30	0,33	0,28	0,29	0,33
Sony A7 II	0,06	0,06	0,06	0,07	0,07
Pentax KP	0,06	0,06	0,06	0,07	0,07

Tabla 32. Importancia relativa fps para cada usuario

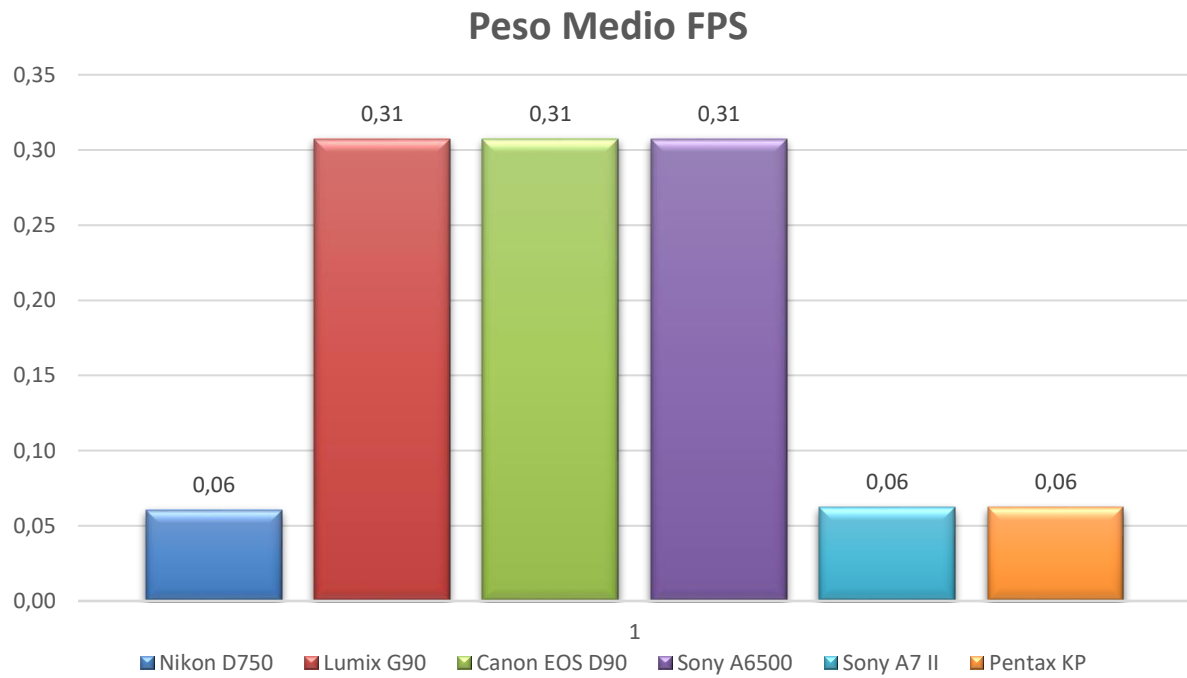


Ilustración 23. Promedio importancias relativas para fps

4.1.2.7 Peso

Con el criterio peso nos encontramos ante el mismo caso visto en el apartado 4.2.1 para el criterio precio. Al ser un atributo completamente objetivo, representado por un valor numérico, todos nuestros decisores han coincidido en minimizarlo, de forma que cuanto menor peso tengo la cámara, mayor será su puntuación en el método.

En consecuencia, el procedimiento para calcular su importancia relativa para cada alternativa ha sido el mismo. A continuación, podemos ver las tablas de comparación:

Peso						
	Nikon D750	Lumix G90	Canon EOS D90	Sony A6500	Sony A7 II	Pentax KP
Nikon D750	1	0,71	0,93	0,60	0,80	0,94
Lumix G90	1,40	1	1,31	0,85	1,12	1,31
Canon EOS D90	1,07	0,76	1	0,65	0,85	1,00
Sony A6500	1,66	1,18	1,55	1	1,32	1,55
Sony A7 II	1,25	0,89	1,17	0,76	1	1,17
Pentax KP	1,07	0,76	1,00	0,64	0,85	1
SUMA	7,44	5,32	6,96	4,50	5,95	6,98

Tabla 33. Matriz de comparación para peso

Una vez normalizada:

Peso Normalizado						
	Nikon D750	Lumix G90	Canon EOS D90	Sony A6500	Sony A7 II	Pentax KP
Nikon D750	0,13	0,13	0,13	0,13	0,13	0,13
Lumix G90	0,19	0,19	0,19	0,19	0,19	0,19
Canon EOS D90	0,14	0,14	0,14	0,14	0,14	0,14
Sony A6500	0,22	0,22	0,22	0,22	0,22	0,22
Sony A7 II	0,17	0,17	0,17	0,17	0,17	0,17
Pentax KP	0,14	0,14	0,14	0,14	0,14	0,14

Tabla 34. Matriz normalizada para peso

Calculando el promedio obtenemos el peso de cada alternativa para el criterio peso:

Alternativas	Imp. Relativa
Nikon D750	0,13
Lumix G90	0,19
Canon EOS D90	0,14
Sony A6500	0,22
Sony A7 II	0,17
Pentax KP	0,14

Tabla 35. Evaluaciones alternativas para el atributo peso

De manera gráfica podemos verificar como la alternativa con menor peso, la Sony A6500 es la que obtiene una mayor importancia relativa para este criterio, así como, al contrario, la Nikon D750 es la más pesada y por lo tanto su importancia relativa es la menor:

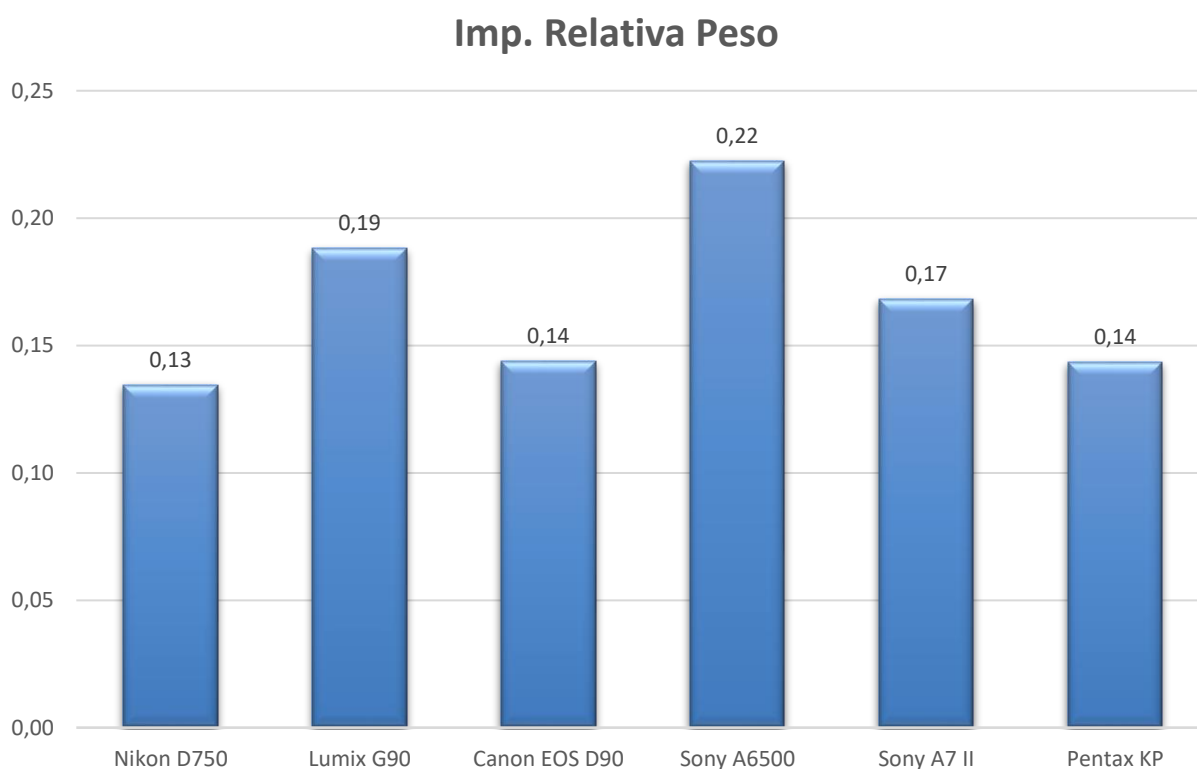


Ilustración 24. Importancias relativas para el criterio peso

4.1.3 Determinar ranking de Prioridad

Una vez que tenemos definidos tanto el vector de pesos de criterio (w), como la puntuación de las alternativas (s), para determinar el ranking debemos aplicar la fórmula vista en el apartado 3.4.3:

$$V_j = S^j \times W$$

Para cada usuario, y para cada alternativa. Al ser este el último paso del método, pero no por ello menos importante, mostraré las tablas de los 5 usuarios para poder comprobar cuál ha sido la solución óptima de cada decisor.

IGNACIO

Su vector de pesos de criterios:

Criterios	Precio	Sensor	Ráfaga	Estabilizador	Resolución	Fps	Peso
W	0,34	0,15	0,22	0,1	0,09	0,07	0,03

Tabla 36. Vector de pesos de criterio para Ignacio

Y su puntuación de las alternativas:

Cámara/Criterio	Precio	Sensor	Ráfaga	Estabilizador	Resolución	Fps	Peso
Nikon D750	0,15	0,36	0,07	0,05	0,07	0,06	0,13
Lumix G90	0,17	0,04	0,15	0,23	0,27	0,3	0,19
Canon EOS D90	0,14	0,08	0,33	0,05	0,27	0,3	0,14
Sony A6500	0,17	0,08	0,33	0,23	0,27	0,3	0,22
Sony A7 II	0,17	0,36	0,03	0,23	0,07	0,06	0,17
Pentax KP	0,2	0,08	0,1	0,23	0,07	0,06	0,14

Tabla 37. Puntuación de las alternativas para Ignacio

Multiplicando la matriz S por el vector W obtenemos el Ranking de prioridad de las alternativas:

MODELO	PUNTUACION TOTAL
Nikon D750	0,1398
Lumix G90	0,1708
Canon EOS D90	0,1867
Sony A6500	0,2173
Sony A7 II	0,157
Pentax KP	0,1397

Tabla 38. Ranking alternativas para Ignacio

Ordenando de manera decreciente podemos declarar cuál es la alternativa óptima para Ignacio, en este caso sería la Sony A6500, y la clasificación quedaría así:

1. Sony A6500
2. Canon EOS D90
3. Lumix G90
4. Sony A7 II
5. Nikon D750
6. Pentax KP

ANA

Criterios	Precio	Sensor	Ráfaga	Estabilizador	Resolución	Fps	Peso
W	0,09	0,4	0,04	0,21	0,06	0,07	0,14

Tabla 39. Vector de pesos de criterio para Ana

Cámara/Criterio	Precio	Sensor	Ráfaga	Estabilizador	Resolución	Fps	Peso
Nikon D750	0,15	0,36	0,05	0,03	0,06	0,05	0,13
Lumix G90	0,17	0,03	0,16	0,24	0,28	0,31	0,19
Canon EOS D90	0,14	0,06	0,34	0,03	0,28	0,31	0,14
Sony A6500	0,17	0,10	0,34	0,24	0,28	0,31	0,22
Sony A7 II	0,17	0,36	0,04	0,24	0,06	0,05	0,17
Pentax KP	0,20	0,10	0,08	0,24	0,06	0,05	0,14

Tabla 40. Puntuaciones alternativas para Ana

El ranking de prioridad, una vez ordenado, nos quedaría así:

MODELO	PUNTUACION TOTAL
1.-Sony A7 II	0,241
2.-Nikon D750	0,190
3.-Sony A6500	0,186
4.-Lumix G90	0,147
5.-Pentax KP	0,136
6.-Canon EOS D90	0,115

Tabla 41. Ranking de prioridad para Ana

GERMÁN

Criterios	Precio	Sensor	Ráfaga	Estabilizador	Resolución	Fps	Peso
W	0,09	0,29	0,18	0,03	0,12	0,25	0,04

Tabla 42. Vector de pesos de criterio para Germán

Cámara/Criterios	Precio	Sensor	Ráfaga	Estabilizador	Resolución	Fps	Peso
Nikon D750	0,15	0,37	0,04	0,06	0,06	0,06	0,13
Lumix G90	0,17	0,03	0,17	0,22	0,28	0,28	0,19
Canon EOS D90	0,14	0,07	0,34	0,06	0,28	0,28	0,14
Sony A6500	0,17	0,07	0,34	0,22	0,28	0,28	0,22
Sony A7 II	0,17	0,37	0,03	0,22	0,06	0,06	0,17
Pentax KP	0,20	0,07	0,09	0,22	0,06	0,06	0,14

Tabla 43. Puntuación de las alternativas para Germán

MODELO	PUNTUACION TOTAL
1.-Sony A6500	0,216
2.-Canon EOS D90	0,204
3.-Lumix G90	0,172
4.-Sony A7 II	0,163
5.-Nikon D750	0,158
6.-Pentax KP	0,087

Tabla 44. Ranking de prioridad para Germán

EMMETT

Criterios	Precio	Sensor	Ráfaga	Estabilizador	Resolución	Fps	Peso
W	0,12	0,2	0,04	0,12	0,32	0,08	0,12

Tabla 45. Vector de pesos de criterios para Emmett

Cámara/Criterios	Precio	Sensor	Ráfaga	Estabilizador	Resolución	Fps	Peso
Nikon D750	0,15	0,36	0,07	0,03	0,08	0,07	0,13
Lumix G90	0,17	0,03	0,15	0,24	0,25	0,29	0,19
Canon EOS D90	0,14	0,09	0,33	0,03	0,25	0,29	0,14
Sony A6500	0,17	0,09	0,33	0,24	0,25	0,29	0,22
Sony A7 II	0,17	0,36	0,03	0,24	0,08	0,07	0,17
Pentax KP	0,20	0,09	0,10	0,24	0,08	0,07	0,14

Tabla 46. Puntuación de las alternativas para Emmett

MODELO	PUNTUACION TOTAL
1.-Sony A6500	0,210
2.-Lumix G90	0,186
3.-Sony A7 II	0,174
4.-Canon EOS D90	0,171
5.-Nikon D750	0,144
6.-Pentax KP	0,123

Tabla 47. Ranking de prioridad para Emmett

JAKE

Criterios	Precio	Sensor	Ráfaga	Estabilizador	Resolución	Fps	Peso
W	0,04	0,28	0,05	0,03	0,28	0,24	0,08

Tabla 48. Vector de pesos de criterio para Jake

Cámara/Criterios	Precio	Sensor	Ráfaga	Estabilizador	Resolución	Fps	Peso
Nikon D750	0,15	0,39	0,05	0,03	0,08	0,06	0,13
Lumix G90	0,17	0,03	0,13	0,24	0,25	0,33	0,19
Canon EOS D90	0,14	0,07	0,35	0,03	0,25	0,33	0,14
Sony A6500	0,17	0,07	0,35	0,24	0,25	0,33	0,22
Sony A7 II	0,17	0,39	0,03	0,24	0,08	0,07	0,17
Pentax KP	0,20	0,07	0,09	0,24	0,08	0,07	0,14

Tabla 49. Puntuación de las alternativas para Jake

MODELO	PUNTUACION TOTAL
1.-Sony A6500	0,218
2.-Canon EOS D90	0,204
3.-Lumix G90	0,194
4.-Sony A7 II	0,177
5.-Nikon D750	0,166
6.-Pentax KP	0,089

Tabla 50. Ranking de prioridad para Jake

4.2 Método TOPSIS

Al igual que con el anterior método, como el procedimiento para los cinco decisores es análogo, tan solo mostraré el procedimiento completo para Ignacio. Y luego en los resultados finales compararé el resultado obtenido entre los cinco decisores.

4.2.1 Calcular matriz de decisión normalizada

Primero necesitamos la matriz con las diferentes alternativas y criterios:

Alternativas/Criterios	Precio	Sensor	Ráfaga	Estabilizador	Resolución	Fps	Peso
Nikon D750	1144,43	9	6,5	1	6	60	750
Lumix G90	992,6	3	9	5	9	120	536
Canon EOS D90	1270,43	5	11	1	9	120	701
Sony A6500	999	5	11	5	9	120	453
Sony A7 II	1018,98	9	5	5	6	60	599
Pentax KP	883	5,00	7	5	6	60	703
Suma cuadrados	6724977,41	246,00	439,25	102,00	351,00	54000,00	2399416,00

Tabla 51. Matriz alternativas/criterios para Ignacio

Ha sido posible utilizar las características de cada alternativa para todos los criterios a excepción de sensor, estabilizador y resolución, al ser necesario un número. Para ello en el cuestionario se le ha preguntado a cada usuario por su puntuación personal

Una vez que obtenemos esta matriz procedemos a su normalización.

Matriz de decisión normalizada							
Alternativas/Criterios	Precio	Sensor	Ráfaga	Estabilizador	Resolución	Fps	Peso
Nikon D750	0,441	0,574	0,310	0,099	0,320	0,258	0,484
Lumix G90	0,383	0,191	0,429	0,495	0,480	0,516	0,346
Canon EOS D90	0,490	0,319	0,525	0,099	0,480	0,516	0,453
Sony A6500	0,385	0,319	0,525	0,495	0,480	0,516	0,292
Sony A7 II	0,393	0,574	0,239	0,495	0,320	0,258	0,387
Pentax KP	0,340	0,319	0,334	0,495	0,320	0,258	0,454

Tabla 52. Matriz de decisión normalizada para Ignacio

4.2.2 Calcular matriz de decisión normalizada ponderada

Como hemos comentado en el capítulo 3, utilizaremos la ponderación AHP calculada previamente en el método. El usuario Ignacio decidió evaluar los criterios de manera que su ponderación nos queda de la siguiente manera:

Criterios	Precio	Sensor	Ráfaga	Estabilizador	Resolución	Fps	Peso
Peso	0,34	0,15	0,22	0,1	0,09	0,07	0,03
Tipo	Negativo	Positivo	Positivo	Positivo	Positivo	Positivo	Negativo

Los criterios a maximizar son considerados positivos, así como negativos los criterios que deseamos minimizar. Teniendo en cuenta el peso de cada criterio podemos calcular la matriz de decisión normalizada ponderada:

Matriz de decisión normalizada ponderada							
Alternativas/Criterios	Precio	Sensor	Ráfaga	Estabilizador	Resolución	Fps	Peso
Nikon D750	0,150	0,086	0,068	0,010	0,029	0,018	0,015
Lumix G90	0,130	0,029	0,094	0,050	0,043	0,036	0,010
Canon EOS D90	0,167	0,048	0,115	0,010	0,043	0,036	0,014
Sony A6500	0,131	0,048	0,115	0,050	0,043	0,036	0,009
Sony A7 II	0,134	0,086	0,052	0,050	0,029	0,018	0,012
Pentax KP	0,116	0,048	0,073	0,050	0,029	0,018	0,014
Norma Euclídea	0,34	0,15	0,22	0,10	0,09	0,07	0,03
Máximo	0,167	0,086	0,115	0,050	0,043	0,036	0,015
Mínimo	0,116	0,029	0,052	0,010	0,029	0,018	0,009

Tabla 53. Matriz de decisión normalizada ponderada para Ignacio

4.2.3 Calcular ideales positivo y negativo

Para criterios de tipo positivo, el ideal positivo representará el máximo de la matriz de decisión normalizada ponderada. Por el contrario, en criterios de tipo negativo, el ideal positivo equivaldrá al mínimo:

Criterios	Precio	Sensor	Ráfaga	Estabilizador	Resolución	Fps	Peso
Ideal Positivo	0,116	0,086	0,115	0,050	0,043	0,036	0,009
Ideal Negativo	0,167	0,029	0,052	0,010	0,029	0,018	0,015

Tabla 54. Ideales positivo y negativo para Ignacio

4.2.4 Calcular distancia a ideal positivo y negativo

Una vez tenemos definido los ideales de cada criterio es posible calcular la distancia de cada alternativa respecto a los puntos ideales:

Vector diferencia con ideal positivo								
Alternativas/Criterios	Precio	Sensor	Ráfaga	Estabilizador	Resolución	Fps	Peso	Norma euclídea
Nikon D750	0,034	0,000	-0,047	-0,040	-0,014	-0,018	0,006	0,074
Lumix G90	0,014	-0,057	-0,021	0,000	0,000	0,000	0,002	0,063
Canon EOS D90	0,051	-0,038	0,000	-0,040	0,000	0,000	0,005	0,075
Sony A6500	0,015	-0,038	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,041
Sony A7 II	0,018	0,000	-0,063	0,000	-0,014	-0,018	0,003	0,069
Pentax KP	0,000	-0,038	-0,042	0,000	-0,014	-0,018	0,005	0,062

Tabla 55. Vector diferencia con ideal positivo para Ignacio

Vector diferencia con ideal negativo								
Alternativas/Criterios	Precio	Sensor	Ráfaga	Estabilizador	Resolución	Fps	Peso	Norma euclídea
Nikon D750	-0,017	0,057	0,016	0,000	0,000	0,000	0,000	0,062
Lumix G90	-0,036	0,000	0,042	0,040	0,014	0,018	-0,004	0,072
Canon EOS D90	0,000	0,019	0,063	0,000	0,014	0,018	-0,001	0,070
Sony A6500	-0,036	0,019	0,063	0,040	0,014	0,018	-0,006	0,088
Sony A7 II	-0,033	0,057	0,000	0,040	0,000	0,000	-0,003	0,077
Pentax KP	-0,051	0,019	0,021	0,040	0,000	0,000	-0,001	0,070

Tabla 56. Vector diferencia con ideal negativo para Ignacio

4.2.5 Calcular ratio de proximidad/lejanía

Por último, para finalizar el método necesitamos el ratio de proximidad/lejanía (R_i):

Ratio de proximidad/lejanía	
Cámara	Puntuación
Nikon D750	0,453
Lumix G90	0,535
Canon EOS D90	0,482
Sony A6500	0,681
Sony A7 II	0,526
Pentax KP	0,534

Tabla 57. Ratio de proximidad/lejanía para Ignacio

Ordenando de manera decreciente obtenemos el ranking final de las alternativas:

Cámara	Puntuación
Sony A6500	0,681
Lumix G90	0,535
Pentax KP	0,534
Sony A7 II	0,526
Canon EOS D90	0,482
Nikon D750	0,453

Tabla 58. Ranking final alternativas para Ignacio

Según el método TOPSIS la cámara Sony A6500 sería la mejor alternativa para el usuario Ignacio, ambos métodos coinciden en la primera opción, ya que AHP también elegía esta cámara como la mejor alternativa para Ignacio, sin embargo, la concordancia se pierde a la hora de analizar el ranking por completo. Con el AHP aparecía la Canon EOS D90 como segunda opción, en cambio TOPSIS elige a la Lumix G90. También notamos un cambio en la última posición donde la Pentax KP es reemplazada por la Nikon D750.

Comparando el resultado con el resto de usuarios obtenemos la siguiente tabla:

Cámaras/Usuarios	Ignacio	Ana	Germán	Emmett	Jake
Nikon D750	0,453	0,679	0,627	0,594	0,693
Lumix G90	0,535	0,317	0,367	0,400	0,304
Canon EOS D90	0,482	0,337	0,490	0,455	0,395
Sony A6500	0,681	0,580	0,497	0,629	0,406
Sony A7 II	0,526	0,889	0,612	0,736	0,700
Pentax KP	0,534	0,561	0,268	0,530	0,236

Tabla 59. Ranking final usuarios

5 ANÁLISIS DE RESULTADOS Y CONCLUSIONES

5.1 AHP

El método AHP, ha otorgado a cuatro de los cinco decisores, todos excepto Ana, la cámara Sony A6500 como solución factible del problema. Sin duda una gran opción valorando los 7 criterios expuestos en este proyecto, puesto que además de ser una cámara con un precio excelente y el menor peso de las seis alternativas, conjuntamente presenta unas prestaciones notables en el resto de atributos.

Para el caso de Ana, en lugar de la Sony A6500, el método ha seleccionado como opción óptima la cámara Sony A7 II. Esto es consecuencia de la gran importancia que Ana le otorgó al sensor por encima del resto de criterios, es por ello que la Sony A7 II y la Nikon D750 encabezan su ranking. Ya que ambas cámaras son las únicas del problema que cuentan con un sensor full frame, sensor que nos permite obtener el máximo de nuestras imágenes ya que no aplica ningún tipo de factor de recorte.

Una vez visto individualmente la resolución del método, convendría obtener el promedio de las puntuaciones finales y generar el ranking para ver cuál sería la opción óptima teniendo en cuenta la opinión de los cinco usuarios expuestos en el problema:

Alternativas/Usuarios	Ignacio	Ana	Germán	Emmett	Jake	Media
Nikon D750	0,1398	0,190	0,158	0,144	0,166	0,160
Lumix G90	0,1708	0,147	0,172	0,186	0,194	0,174
Canon EOS D90	0,1867	0,115	0,204	0,171	0,204	0,176
Sony A6500	0,2173	0,186	0,216	0,210	0,218	0,209
Sony A7 II	0,157	0,241	0,163	0,174	0,177	0,182
Pentax KP	0,1397	0,136	0,087	0,123	0,089	0,115

Tabla 60. Puntuaciones finales de cada alternativa

En verde podemos ver la mejor opción, y en rojo la opción menos valorada, el ranking final quedaría de esta forma:

1. Sony A6500
2. Sony A7 II
3. Canon EOS D90
4. Panasonic Lumix G90
5. Nikon D90
6. Pentax KP

Y mediante un gráfico se podrá apreciar de manera más sencilla la valoración final de cada usuario respecto a cada alternativa:

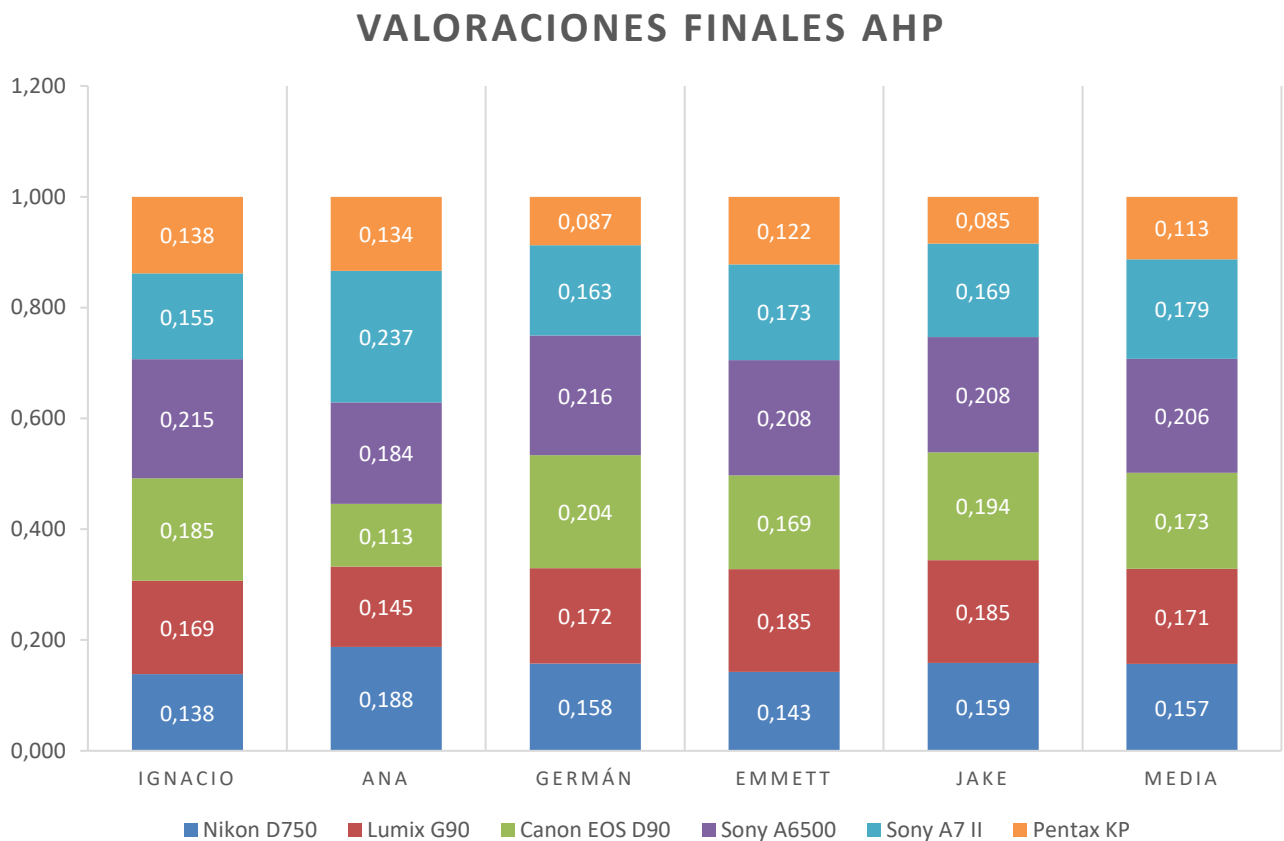


Ilustración 25. Valoraciones finales usuarios y media AHP

5.2 TOPSIS

Con el método TOPSIS la solución óptima al problema ha tenido más variedad, a pesar de que Ana, Emmett y Jake hayan coincidido con la Sony A7 II, para el usuario Germán entra en juego la cámara Nikon D750, así como sigue manteniéndose la Sony A6500 para Ignacio.

La Sony A6500, al ser una de las alternativas más económicas, concuerda con las preferencias de Ignacio, quien su ponderación AHP le da una gran importancia al criterio precio.

En cuanto a Ana, para ella lo más importante era el sensor de la cámara, las dos únicas opciones del problema con sensor full frame son la Nikon D750 y la Sony A7 II, pero al otorgarle también una notable importancia al estabilizador, la Sony acaba por resultar su mejor opción.

Jake y Emmett rellenaron el cuestionario de manera similar, calificando sensor y resolución como criterios con mayor peso, por lo que pese a estar más igualado, la Sony A7 II es también la mejor solución para ellos.

Por último, Germán, a diferencia de los anteriores cuatro usuarios, al necesitar una cámara con una velocidad de ráfaga mayor, el método le otorga la Nikon D750 como su mejor alternativa, con una mínima diferencia de puntuación respecto a la segunda, en este caso la Sony A7 II.

Los resultados pueden apreciarse gráficamente en la siguiente ilustración:

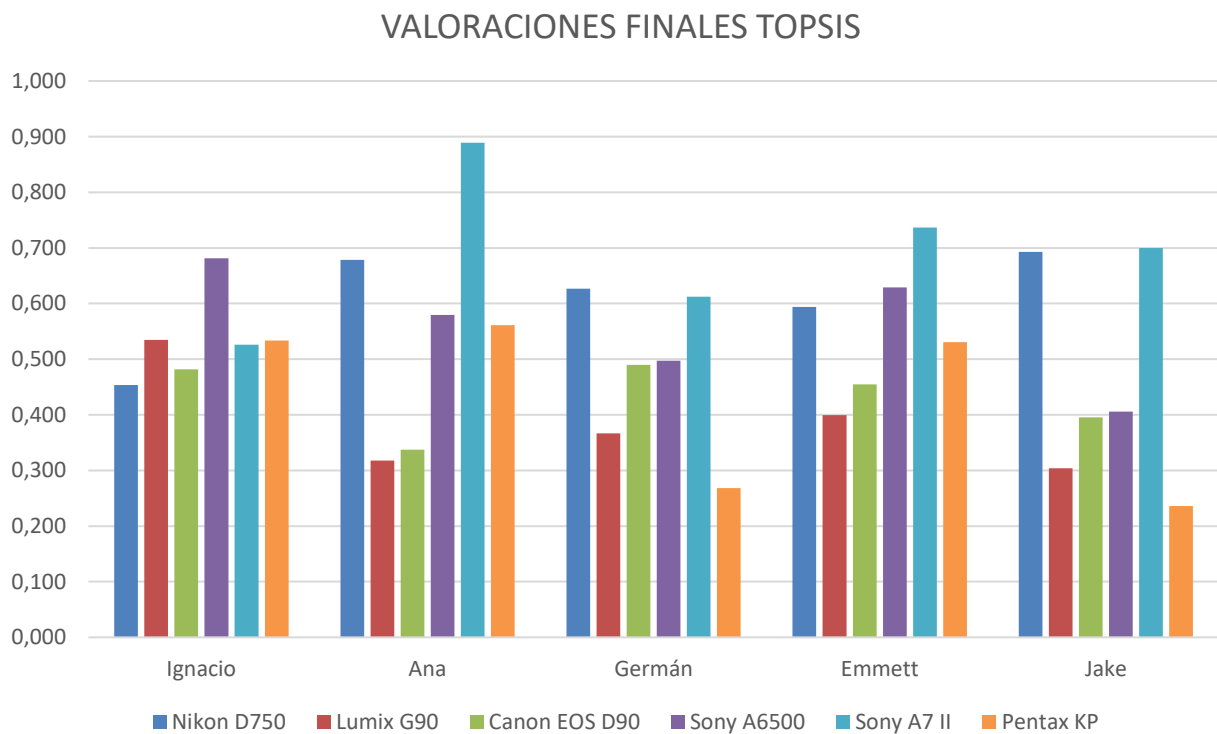


Ilustración 26. Valoraciones finales de los usuarios con TOPSIS

De forma conjunta, resulta interesante ver cual sería la solución óptima para el método TOPSIS teniendo en cuenta la resolución de cada uno de los decisores:

Cámaras/Usuarios	Ignacio	Ana	Germán	Emmett	Jake	Media
Nikon D750	0,453	0,679	0,627	0,594	0,693	0,609
Lumix G90	0,535	0,317	0,367	0,400	0,304	0,385
Canon EOS D90	0,482	0,337	0,490	0,455	0,395	0,432
Sony A6500	0,681	0,580	0,497	0,629	0,406	0,559
Sony A7 II	0,526	0,889	0,612	0,736	0,700	0,693
Pentax KP	0,534	0,561	0,268	0,530	0,236	0,426

Tabla 61. Puntuaciones finales y media TOPSIS

Entrando a comparar ambos métodos, nos encontramos con diferencias significativas. En el AHP las soluciones presentaban una alta similitud, coincidiendo para todos los usuarios, excepto Ana, la mejor y peor opción del método. No obstante, TOPSIS nos ofrece una variedad mayor, no solo en el ranking de alternativas, sino en los resultados finales. A diferencia del AHP, donde la cámara Pentax KP es la peor alternativa para la mayoría de los usuarios, en el TOPSIS aparece como la peor opción la Nikon D750 y la Lumix G90. Asimismo, entra en juego una nueva cámara como solución factible, y es el caso de la Nikon D750 para el usuario Germán.

Realizando el promedio de los cinco decisores estudiados podemos ver los resultados finales para cada uno de los dos métodos:

Cámara	AHP	TOPSIS
Nikon D750	0,160	0,609
Lumix G90	0,174	0,385
Canon EOS D90	0,176	0,432
Sony A6500	0,209	0,559
Sony A7 II	0,182	0,693
Pentax KP	0,115	0,426

Tabla 62. Puntuaciones medias para AHP y TOPSIS

Pese a encontrar soluciones similares a nivel individual, a la hora de analizar el promedio de los cinco usuarios con el propósito de obtener una solución “final” de los métodos, detectamos que ambos métodos difieren, siendo Sony A6500 la mejor opción para AHP, y Sony A7 II para TOPSIS. Así como Pentax KP la peor opción en el AHP, y Lumix G90 la alternativa menos valorada por el TOPSIS.

Ordenando las puntuaciones obtendríamos el siguiente ranking:

AHP	TOPSIS
1. Sony A6500	1. Sony A7 II
2. Sony A7 II	2. Nikon D750
3. Canon EOS D90	3. Sony A6500
4. Lumix G90	4. Canon EOS D90
5. Nikon D750	5. Pentax KP
6. Pentax KP	6. Lumix G90

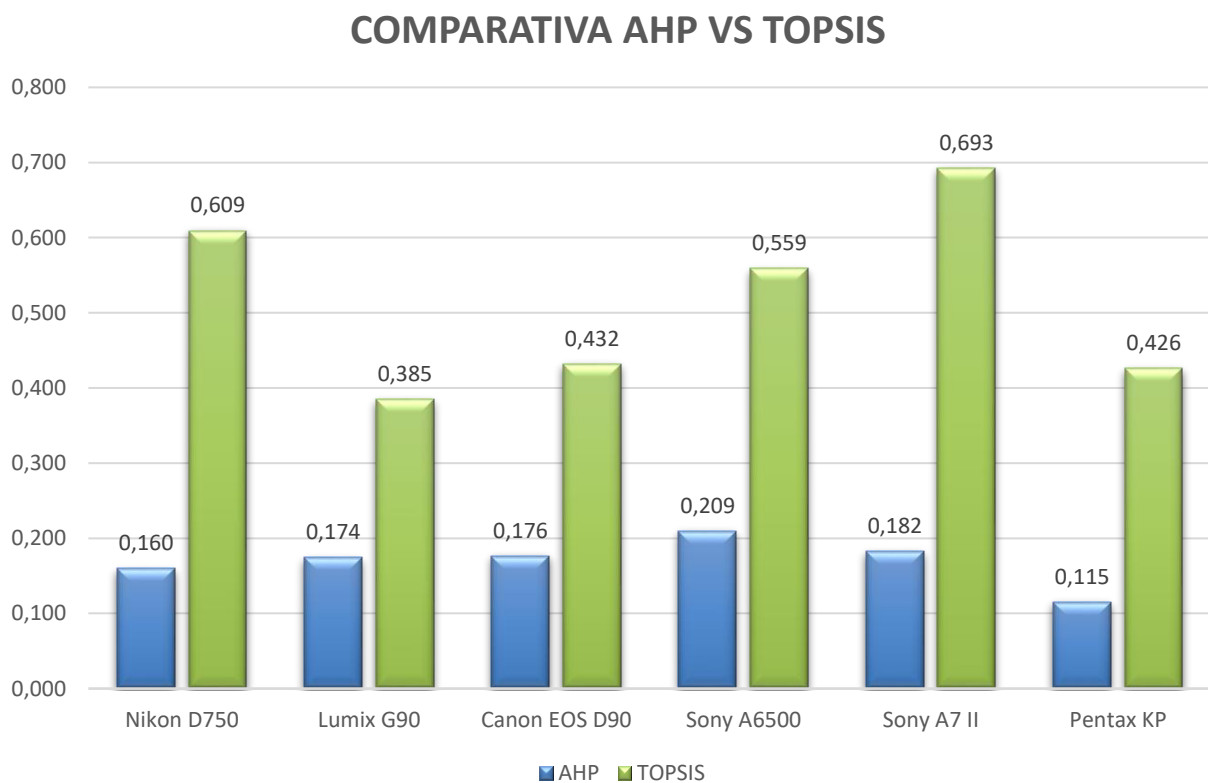


Ilustración 27. Comparativa de la puntuación media para AHP y TOPSIS

Los métodos de decisión multicriterio utilizan las entradas provistas por los usuarios para ofrecer una solución óptima. Para entender los resultados finales de ambos métodos, donde solo hay dos cámaras que se mantienen arriba, Sony A6500 y Sony A7 II, debemos analizar las puntuaciones obtenidas por los decisores, así como los atributos de las cámaras. El precio ha sido un atributo importante para la mayoría de usuarios, pero no lo suficiente para marcar una notable diferencia, ya que las dos cámaras con el precio más bajo, Pentax KP y Lumix G90, ocupan los últimos lugares del ranking en ambos métodos.

Con el sensor todos los usuarios han coincidido en otorgarle una valoración muy alta, Ana, Germán y Jake un 9, Ignacio un 7, y Emmett un 8. Es por ello que las dos cámaras con el mejor sensor encabezan el ranking del método TOPSIS, sin embargo, cabe destacar, que la Nikon D750, pese a tener un sensor full frame (el más valorado), ocupa la quinta plaza en el método AHP. No es de extrañar, que a pesar de destacar en el sensor sea una de las peores valoradas, ya que tiene un precio y peso elevado, y su resolución deja mucho que desear.

En mi opinión estos dos criterios, precio y sensor, han sido los más determinantes a la hora de encontrar la solución factible. Por ejemplo, la Lumix G90 es una cámara que cumple de manera notable en la mayoría de criterios. Tiene un precio y peso muy bajo, buena velocidad de ráfaga, estabilizador, una excelente resolución de video, pero el hecho de contar con el peor sensor de las 6 alternativas la ha llevado a estar lejos del primer puesto en el ranking, ocupando el último en el método TOPSIS.

Entrando a valorar los métodos, personalmente pienso que son una gran herramienta para ayudarte en el proceso de búsqueda de una nueva cámara. En el mercado nos encontramos con innumerables alternativas, y realizar esta búsqueda por nosotros mismos puede llegar a ser frustrante. No obstante, hay algunos aspectos que los métodos no tienen en cuenta. Por ejemplo, habrá personas a las que la velocidad de ráfaga puede no importarles en absoluto, en cambio otros criterios como el ISO máximo sería relevante para ellos. Por desgracia, es prácticamente imposible reflejar todos los atributos de una cámara. En otras palabras, estos métodos constituyen una gran ayuda para algunos usuarios a la hora de elegir una cámara, pero no se pueden aplicar de manera global a todas las personas que necesiten una cámara.

REFERENCIAS

- [1] Romero, Carlos (1993): “Teoría de la decisión multicriterio: Conceptos, técnicas y aplicaciones”. Alianza Universidad Textos
- [2] Leal Millán, Antonio (1995): “Decisiones empresariales con criterios múltiples: ayudas prácticas para la dirección”. Grupo Anaya Comercial
- [3] De la Peña Esteban, Francisco David (2015): “Tecnicas de optimización en sistemas industriales”. Udima
- [4] Saaty, Thomas (1980): “The Analytic Hierarchy Process: Planning, Priority setting, Resource allocation”. McGraw-Hill
- [5] Friedman, Milton (1976): “Teoria de los Precios”. Alianza
- [6] Charnes, Abraham & Cooper, William (1961): “Management Models and Industrial Applications of Linear Programming”. John Wiley & Sons Inc
- [7] Kou, Gang (2013): “Data Processing for the AHP/ANP”. Springer
- [8] Alonso, Jose Antonio & Lamata, M^a Teresa (2005): “Consistency in the Analytic Hierarchy Process: A New Approach”.
- [9] Berumen, Sergio (2007): “La utilidad de los metodos de decision multicriterio en un entorno de competitividad creciente”. Pontificia Universidad Javeriana
- [10] Toskano Hurtado, Gerard Bruno: “El Proceso de Analisis Jerarquico como herramienta para la Toma de Decisiones en la Selección de Proveedores”.
- [11] Moreno Jiménez, José María: “El Proceso Analítico Jerárquico. Fundamentos, Metodología y Aplicaciones”.
- [12] F. Aguayo & V.M Soltero (2003): “Metodología del diseño industrial: un enfoque desde la ingeniería concurrente”. Ed Ra-Ma. Madrid
- [13] Alessio Ishizaka & Philippe Nermery (2013): “Multi-Criteria Decision Analysis: Methods and Software”

-
- [14] Jaime Ruiz Pallarés (2015): “Métodos de decisión multicriterio Electro y TOPSIS aplicados a la elección de un dispositivo móvil”. Universidad de Sevilla
- [15] Koopmans, T. C (1951): “An analysis of production as an efficient combination of activities”
- [16] H. W. Kuhn & A. W. Tucker (1951): “Nonlinear Programming”. Princeton University and Stanford University
- [17] Charnes, A. & Cooper, W.W (1961): “Management Models and the Industrial Applications of Linear Programming”. John Wiley, New York
- [18] Hwang, C. & Yoon, K (1981): “Multiple Attribute Decision Making: Methods and Application”. Springer, New York

REFERENCIAS WEB

Proceso Analítico Jerárquico (AHP). Disponible en <https://victoryepes.blogs.upv.es/2018/11/27/proceso-analitico-jerarquico-ahp/> [consulta: 15/10/2019]

Características técnicas cámaras digitales. Disponible en <https://quecamarareflex.com/caracteristicas-tecnicas-de-las-camaras-digitales/> [consulta: 20/10/2019]

El sistema de estabilización de imagen. Disponible en <https://todo-fotografia.com/tecnica/el-sistema-de-estabilizacion-de-imagen/> [consulta: 20/10/2019]

Tamaño del sensor. Disponible en <https://www.dzoom.org.es/descubre-por-que-en-fotografia-el-tamano-del-sensor-si-importa/> [consulta: 25/10/2019]

Diferencia entre la resolución de pantallas. Disponible en <https://productoraudiovisualbarcelona.com/diferencias-resoluciones-pantalla-calidad-imagen/> [consulta: 25/10/2019]

Factor de recorte sensor. Disponible en <https://www.dzoom.org.es/que-es-el-factor-de-recorte-de-tu-sensor-y-como-influye-en-la-focal-de-tus-objetivos/> [consulta: 10/11/2019]

Rango dinámico. Disponible en <https://www.dzoom.org.es/el-rango-dinamico-por-que-nuestra-camara-no-capta-lo-que-ven-nuestros-ojos-ahmf31-dia12/> [consulta: 10/11/2019]

Digital photo review. Disponible en <https://www.dpreview.com/> [consulta: 12/10/2019]

ANEXO A. CUESTIONARIO

Este cuestionario ha sido diseñado con el propósito de encontrarle el dispositivo que mejor se adapte a sus necesidades. Para ello deberá contestar de manera coherente y rigurosa a todas las preguntas que se encuentran en él.

Empezaremos evaluando los siete criterios en cuestión que se utilizarán para la elección de la cámara digital. Es decir, imagine que, a la hora de comprar una nueva cámara, para usted los atributos con mayor relevancia son los siguientes:

- **Precio**
- **Tamaño del sensor**
- **Velocidad de ráfaga**
- **Estabilización de imagen**
- **Resolución de video:** resolución máxima de video permitida por la cámara
- **Fps Video:** el número máximo de fotogramas por segundo que permite la cámara al grabar video, independientemente de la resolución.
- **Peso**

A continuación, evalúa del 1 al 9 cada criterio. Este número representa la importancia que se le otorga a cada criterio, un 1 significaría que el criterio es totalmente trivial a la hora de comprar una cámara, y un 9 que su valor es determinante a la hora de la elección del producto.

Precio	
Tamaño del Sensor	
Velocidad de Ráfaga	
Estabilizador	
Resolución de Video	
Fps Video	
Peso	

Una vez definidos los criterios, aquí podrá ver un listado de las diferentes cámaras que se utilizarán para evaluar el método, todas las características han sido extraídas de *Digital Photography Review*.

NIKON D750

- Precio: 1144,43 €
- Tamaño sensor: Full frame (35.9 x 24 mm)
- Velocidad de Ráfaga: 6.5 fps
- Estabilización de Imagen: No
- Resolución de Vídeo: Full HD (1920 x 1080)
- FPS Video: 60
- Peso: 750 gramos



PANASONIC LUMIX G90

- Precio: 992,60 €
- Tamaño sensor: Micro 4/3 (17,3 x 13 mm)
- Velocidad de Ráfaga: 9 fps
- Estabilización de Imagen: Estabilizador de imagen mecánico
- Resolución de Video: 4K (3840 x 2160)
- FPS Video: 120
- Peso: 536 gramos



CANON EOS 90D

- Precio: 1270,43 €
- Tamaño sensor: APS-C (22.3 x 14.9 mm)
- Velocidad de Ráfaga: 11 fps
- Estabilización de Imagen: No
- Resolución de Video: 4K (3840 x 2160)
- FPS Video: 120
- Peso: 701 gramos



SONY A6500

- Precio: 999 €
- Tamaño sensor: APS-C (23.5 x 15.6 mm)
- Velocidad de Ráfaga: 11 fps
- Estabilización de Imagen: Estabilizador de imagen mecánico
- Resolución de Video: 4K (3840 x 2160)
- FPS Video: 120
- Peso: 453 gramos



SONY A7 II

- Precio: 1018,98 €
- Tamaño sensor: Full frame (35.9 x 24 mm)
- Velocidad de Ráfaga: 5 fps
- Estabilización de Imagen: Estabilizador de imagen mecánico
- Resolución de Video: Full HD (1920 x 1080)
- FPS Video: 60
- Peso: 599 gramos



PENTAX KP

- Precio: 883 €
- Tamaño sensor: APS-C (23.5 x 15.6 mm)
- Velocidad de Ráfaga: 7 fps
- Estabilización de Imagen: Estabilizador de imagen mecánico
- Resolución de Video: Full HD (1920 x 1080)
- FPS Video: 60
- Peso: 703 gramos



Por último, respecto a cada criterio, deberá evaluar cada una de las seis alternativas. Utilizaremos de nuevo valores del 1 al 9. Por ejemplo, un 9 significaría que la alternativa i destaca para ese criterio, un 5 que su rendimiento es aceptable, y un 1 que su rendimiento es pésimo.

- PRECIO

Nikon D750	
Panasonic Lumix G90	
Canon EOS 90D	
Sony A6500	
Sony A7 II	
Pentax KP	

- TAMAÑO DEL SENSOR

Nikon D750	
Panasonic Lumix G90	
Canon EOS 90D	
Sony A6500	
Sony A7 II	
Pentax KP	

- VELOCIDAD DE RAFAGA

Nikon D750	
Panasonic Lumix G90	
Canon EOS 90D	
Sony A6500	
Sony A7 II	
Pentax KP	

- ESTABLIZACIÓN DE IMAGEN

Nikon D750	
Panasonic Lumix G90	
Canon EOS 90D	
Sony A6500	
Sony A7 II	
Pentax KP	

- RESOLUCIÓN VIDEO

Nikon D750	
Panasonic Lumix G90	
Canon EOS 90D	
Sony A6500	
Sony A7 II	
Pentax KP	

- FPS VIDEO

Nikon D750	
Panasonic Lumix G90	
Canon EOS 90D	
Sony A6500	
Sony A7 II	
Pentax KP	

- PESO

Nikon D750	
Panasonic Lumix G90	
Canon EOS 90D	
Sony A6500	
Sony A7 II	
Pentax KP	

ANEXO B. CONTESTACIÓN DE LOS USUARIOS

IGNACIO

Precio	9
Tamaño del Sensor	7
Velocidad de Ráfaga	8
Estabilizador	6
Resolución de Video	6
Fps Video	5
Peso	3

- PRECIO

Nikon D750	7
Panasonic Lumix G90	4
Canon EOS 90D	1
Sony A6500	4
Sony A7 II	6
Pentax KP	9

- TAMAÑO DEL SENSOR

Nikon D750	9
Panasonic Lumix G90	3
Canon EOS 90D	5
Sony A6500	5
Sony A7 II	9
Pentax KP	5

- VELOCIDAD DE RAFAGA

Nikon D750	5
Panasonic Lumix G90	7
Canon EOS 90D	9
Sony A6500	9
Sony A7 II	2
Pentax KP	6

- ESTABILIZACIÓN DE IMAGEN

Nikon D750	1
Panasonic Lumix G90	5
Canon EOS 90D	1
Sony A6500	5
Sony A7 II	5
Pentax KP	5

- RESOLUCIÓN VIDEO

Nikon D750	6
Panasonic Lumix G90	9
Canon EOS 90D	9
Sony A6500	9
Sony A7 II	6
Pentax KP	6

- FPS VIDEO

Nikon D750	4
Panasonic Lumix G90	8
Canon EOS 90D	8
Sony A6500	8
Sony A7 II	4
Pentax KP	4

- PESO

Nikon D750	1
Panasonic Lumix G90	7
Canon EOS 90D	3
Sony A6500	9
Sony A7 II	6
Pentax KP	3

ANA

Precio	5
Tamaño del Sensor	9
Velocidad de Ráfaga	3
Estabilizador	7
Resolución de Video	4
Fps Video	4
Peso	6

- PRECIO

Nikon D750	1
Panasonic Lumix G90	7
Canon EOS 90D	1
Sony A6500	7
Sony A7 II	2
Pentax KP	9

- TAMAÑO DEL SENSOR

Nikon D750	9
Panasonic Lumix G90	1
Canon EOS 90D	4
Sony A6500	5
Sony A7 II	9
Pentax KP	5

- VELOCIDAD DE RAFAGA

Nikon D750	4
Panasonic Lumix G90	7
Canon EOS 90D	9
Sony A6500	9
Sony A7 II	3
Pentax KP	5

- ESTABILIZACIÓN DE IMAGEN

Nikon D750	1
Panasonic Lumix G90	9
Canon EOS 90D	1
Sony A6500	9
Sony A7 II	9
Pentax KP	9

- RESOLUCIÓN VIDEO

Nikon D750	5
Panasonic Lumix G90	9
Canon EOS 90D	9
Sony A6500	9
Sony A7 II	5
Pentax KP	5

- FPS VIDEO

Nikon D750	4
Panasonic Lumix G90	9
Canon EOS 90D	9
Sony A6500	9
Sony A7 II	4
Pentax KP	4

- PESO

Nikon D750	3
Panasonic Lumix G90	7
Canon EOS 90D	3
Sony A6500	9
Sony A7 II	7
Pentax KP	3

GERMÁN

Precio	6
Tamaño del Sensor	9
Velocidad de Ráfaga	8
Estabilizador	3
Resolución de Video	7
Fps Video	9
Peso	4

- PRECIO

Nikon D750	2
Panasonic Lumix G90	5
Canon EOS 90D	2
Sony A6500	5
Sony A7 II	3
Pentax KP	8

- TAMAÑO DEL SENSOR

Nikon D750	9
Panasonic Lumix G90	2
Canon EOS 90D	4
Sony A6500	4
Sony A7 II	9
Pentax KP	4

- VELOCIDAD DE RAFAGA

Nikon D750	2
Panasonic Lumix G90	6
Canon EOS 90D	8
Sony A6500	8
Sony A7 II	1
Pentax KP	4

- ESTABILIZACIÓN DE IMAGEN

Nikon D750	1
Panasonic Lumix G90	4
Canon EOS 90D	1
Sony A6500	4
Sony A7 II	4
Pentax KP	4

- RESOLUCIÓN VIDEO

Nikon D750	4
Panasonic Lumix G90	8
Canon EOS 90D	8
Sony A6500	8
Sony A7 II	4
Pentax KP	4

- FPS VIDEO

Nikon D750	3
Panasonic Lumix G90	7
Canon EOS 90D	7
Sony A6500	7
Sony A7 II	3
Pentax KP	3

- PESO

Nikon D750	3
Panasonic Lumix G90	7
Canon EOS 90D	2
Sony A6500	9
Sony A7 II	6
Pentax KP	3

EMMETT

Precio	7
Tamaño del Sensor	8
Velocidad de Ráfaga	5
Estabilizador	7
Resolución de Video	9
Fps Video	6
Peso	7

- PRECIO

Nikon D750	2
Panasonic Lumix G90	6
Canon EOS 90D	1
Sony A6500	6
Sony A7 II	4
Pentax KP	8

- TAMAÑO DEL SENSOR

Nikon D750	9
Panasonic Lumix G90	1
Canon EOS 90D	5
Sony A6500	5
Sony A7 II	9
Pentax KP	5

- VELOCIDAD DE RAFAGA

Nikon D750	5
Panasonic Lumix G90	7
Canon EOS 90D	9
Sony A6500	9
Sony A7 II	3
Pentax KP	6

- ESTABILIZACIÓN DE IMAGEN

Nikon D750	1
Panasonic Lumix G90	9
Canon EOS 90D	1
Sony A6500	9
Sony A7 II	9
Pentax KP	9

- RESOLUCIÓN VIDEO

Nikon D750	7
Panasonic Lumix G90	9
Canon EOS 90D	9
Sony A6500	9
Sony A7 II	7
Pentax KP	7

- FPS VIDEO

Nikon D750	5
Panasonic Lumix G90	8
Canon EOS 90D	8
Sony A6500	8
Sony A7 II	5
Pentax KP	5

- PESO

Nikon D750	3
Panasonic Lumix G90	8
Canon EOS 90D	4
Sony A6500	9
Sony A7 II	7
Pentax KP	4

JAKE

Precio	3
Tamaño del Sensor	9
Velocidad de Ráfaga	4
Estabilizador	2
Resolución de Video	9
Fps Video	9
Peso	5

- PRECIO

Nikon D750	1
Panasonic Lumix G90	5
Canon EOS 90D	1
Sony A6500	5
Sony A7 II	2
Pentax KP	8

- TAMAÑO DEL SENSOR

Nikon D750	9
Panasonic Lumix G90	1
Canon EOS 90D	3
Sony A6500	3
Sony A7 II	9
Pentax KP	3

- VELOCIDAD DE RAFAGA

Nikon D750	2
Panasonic Lumix G90	5
Canon EOS 90D	8
Sony A6500	8
Sony A7 II	1
Pentax KP	4

- ESTABLIZACIÓN DE IMAGEN

Nikon D750	1
Panasonic Lumix G90	9
Canon EOS 90D	1
Sony A6500	9
Sony A7 II	9
Pentax KP	9

- RESOLUCIÓN VIDEO

Nikon D750	7
Panasonic Lumix G90	9
Canon EOS 90D	9
Sony A6500	9
Sony A7 II	7
Pentax KP	7

- FPS VIDEO

Nikon D750	2
Panasonic Lumix G90	6
Canon EOS 90D	6
Sony A6500	6
Sony A7 II	2
Pentax KP	2

- PESO

Nikon D750	3
Panasonic Lumix G90	8
Canon EOS 90D	4
Sony A6500	9
Sony A7 II	7
Pentax KP	4

ANEXO C. TABLAS AHP

Dentro del proyecto se muestran todas las tablas y datos obtenidos para el usuario Ignacio. En este Anexo estarán las tablas para el resto de usuarios, excluyendo las tablas del criterio precio y peso, que como hemos explicado anteriormente es la misma para los cinco usuarios.

ANA

Matriz comparación criterios							
	Precio	Sensor	Ráfaga	Estabilizador	Resolución	Fps	Peso
Precio	1,00	0,20	3,00	0,33	2,00	2,00	0,50
Sensor	5,00	1,00	7,00	3,00	6,00	6,00	4,00
Ráfaga	0,33	0,14	1,00	0,20	0,50	0,50	0,25
Estabilizador	3,00	0,33	5,00	1,00	4,00	4,00	2,00
Resolución	0,50	0,17	2,00	0,25	1,00	1,00	0,33
Fps	0,50	0,17	2,00	1,00	1,00	1,00	0,33
Peso	2,00	0,25	4,00	0,50	3,00	3,00	1,00
SUMA	12,33	2,26	24,00	6,28	17,50	17,50	8,42

Matriz Normalizada Criterios							
	Precio	Sensor	Ráfaga	Estabilizador	Resolución	Fps	Peso
Precio	0,08	0,09	0,13	0,05	0,11	0,11	0,06
Sensor	0,41	0,44	0,29	0,48	0,34	0,34	0,48
Ráfaga	0,03	0,06	0,04	0,03	0,03	0,03	0,03
Estabilizador	0,24	0,15	0,21	0,16	0,23	0,23	0,24
Resolución	0,04	0,07	0,08	0,04	0,06	0,06	0,04
Fps	0,04	0,07	0,08	0,16	0,06	0,06	0,04
Peso	0,16	0,11	0,17	0,08	0,17	0,17	0,12

Imp. Relativa
0,09
0,40
0,04
0,21
0,06
0,07
0,14

Tamaño del Sensor						
	Nikon D750	Lumix G90	Canon EOS D90	Sony A6500	Sony A7 II	Pentax KP
Nikon D750	1	9,00	6,00	5,00	1,00	5,00
Lumix G90	0,11	1	0,25	0,20	0,11	0,20
Canon EOS D90	0,17	4,00	1	0,50	0,17	0,50
Sony A6500	0,20	5,00	2,00	1	0,2	1,00
Sony A7 II	1,00	9,00	6,00	5,00	1	5,00
Pentax KP	0,20	5,00	2,00	1,00	0,20	1
SUMA	2,68	33,00	17,25	12,70	2,68	12,70

Sensor Normalizada							Imp. Relativa
	Nikon D750	Lumix G90	Canon EOS D90	Sony A6500	Sony A7 II	Pentax KP	
Nikon D750	0,37	0,27	0,35	0,39	0,37	0,39	0,36
Lumix G90	0,04	0,03	0,01	0,02	0,04	0,02	0,03
Canon EOS D90	0,06	0,12	0,06	0,04	0,06	0,04	0,06
Sony A6500	0,07	0,15	0,12	0,08	0,07	0,08	0,10
Sony A7 II	0,37	0,27	0,35	0,39	0,37	0,39	0,36
Pentax KP	0,07	0,15	0,12	0,08	0,07	0,08	0,10

Velocidad de Ráfaga						
	Nikon D750	Lumix G90	Canon EOS D90	Sony A6500	Sony A7 II	Pentax KP
Nikon D750	1	0,25	0,17	0,17	2,00	0,50
Lumix G90	4,00	1	0,33	0,33	5,00	3,00
Canon EOS D90	6,00	3,00	1	1,00	7,00	5,00
Sony A6500	6,00	3,00	1,00	1	7	5,00
Sony A7 II	0,50	0,20	0,14	0,14	1	0,33
Pentax KP	2,00	0,33	0,20	0,20	3,00	1
SUMA	19,50	7,78	2,84	2,84	25,00	14,83

Ráfaga Normalizada							Imp. Relativa
	Nikon D750	Lumix G90	Canon EOS D90	Sony A6500	Sony A7 II	Pentax KP	
Nikon D750	0,05	0,03	0,06	0,06	0,08	0,03	0,05
Lumix G90	0,21	0,13	0,12	0,12	0,20	0,20	0,16
Canon EOS D90	0,31	0,39	0,35	0,35	0,28	0,34	0,34
Sony A6500	0,31	0,39	0,35	0,35	0,28	0,34	0,34
Sony A7 II	0,03	0,03	0,05	0,05	0,04	0,02	0,04
Pentax KP	0,10	0,04	0,07	0,07	0,12	0,07	0,08

Estabilización de imagen						
	Nikon D750	Lumix G90	Canon EOS D90	Sony A6500	Sony A7 II	Pentax KP
Nikon D750	1	0,11	1,00	0,11	0,11	0,11
Lumix G90	9,00	1	9,00	1,00	1,00	1,00
Canon EOS D90	1,00	0,11	1	0,11	0,11	0,11
Sony A6500	9,00	1,00	9,00	1	1	1,00
Sony A7 II	9,00	1,00	9,00	1,00	1	1,00
Pentax KP	9,00	1,00	9,00	1,00	1,00	1
SUMA	38,00	4,22	38,00	4,22	4,22	4,22

Estabilizador Normalizado							Imp. Relativa
	Nikon D750	Lumix G90	Canon EOS D90	Sony A6500	Sony A7 II	Pentax KP	
Nikon D750	0,03	0,03	0,03	0,03	0,03	0,03	0,03
Lumix G90	0,24	0,24	0,24	0,24	0,24	0,24	0,24
Canon EOS D90	0,03	0,03	0,03	0,03	0,03	0,03	0,03
Sony A6500	0,24	0,24	0,24	0,24	0,24	0,24	0,24
Sony A7 II	0,24	0,24	0,24	0,24	0,24	0,24	0,24
Pentax KP	0,24	0,24	0,24	0,24	0,24	0,24	0,24

Resolución de Video						
	Nikon D750	Lumix G90	Canon EOS D90	Sony A6500	Sony A7 II	Pentax KP
Nikon D750	1	0,20	0,20	0,20	1,00	1,00
Lumix G90	5,00	1	1,00	1,00	5,00	5,00
Canon EOS D90	5,00	1,00	1	1,00	5,00	5,00
Sony A6500	5,00	1,00	1,00	1	5	5,00
Sony A7 II	1,00	0,20	0,20	0,20	1	1,00
Pentax KP	1,00	0,20	0,20	0,20	1,00	1
SUMA	18	3,6	3,6	3,6	18	18

Resolución Normalizado							Imp. Relativa
	Nikon D750	Lumix G90	Canon EOS D90	Sony A6500	Sony A7 II	Pentax KP	
Nikon D750	0,06	0,06	0,06	0,06	0,06	0,06	0,06
Lumix G90	0,28	0,28	0,28	0,28	0,28	0,28	0,28
Canon EOS D90	0,28	0,28	0,28	0,28	0,28	0,28	0,28
Sony A6500	0,28	0,28	0,28	0,28	0,28	0,28	0,28
Sony A7 II	0,06	0,06	0,06	0,06	0,06	0,06	0,06
Pentax KP	0,06	0,06	0,06	0,06	0,06	0,06	0,06

FPS						
	Nikon D750	Lumix G90	Canon EOS D90	Sony A6500	Sony A7 II	Pentax KP
Nikon D750	1	0,17	0,17	0,17	1,00	1,00
Lumix G90	6,00	1	1,00	1,00	6,00	6,00
Canon EOS D90	6,00	1,00	1	1,00	6,00	6,00
Sony A6500	6,00	1,00	1,00	1	6	6,00
Sony A7 II	1,00	0,17	0,17	0,17	1	1,00
Pentax KP	1,00	0,17	0,17	0,17	1,00	1
SUMA	21	3,5	3,5	3,5	21	21

FPS Normalizado							Imp. Relativa
	Nikon D750	Lumix G90	Canon EOS D90	Sony A6500	Sony A7 II	Pentax KP	
Nikon D750	0,05	0,05	0,05	0,05	0,06	0,06	0,05
Lumix G90	0,33	0,28	0,28	0,28	0,33	0,33	0,31
Canon EOS D90	0,33	0,28	0,28	0,28	0,33	0,33	0,31
Sony A6500	0,33	0,28	0,28	0,28	0,33	0,33	0,31
Sony A7 II	0,06	0,05	0,05	0,05	0,06	0,06	0,05
Pentax KP	0,06	0,05	0,05	0,05	0,06	0,06	0,05

Cámara/Criterios	Precio	Sensor	Ráfaga	Estabilizador	Resolución	Fps	Peso
Nikon D750	0,15	0,36	0,05	0,03	0,06	0,05	0,13
Lumix G90	0,17	0,03	0,16	0,24	0,28	0,31	0,19
Canon EOS D90	0,14	0,06	0,34	0,03	0,28	0,31	0,14
Sony A6500	0,17	0,10	0,34	0,24	0,28	0,31	0,22
Sony A7 II	0,17	0,36	0,04	0,24	0,06	0,05	0,17
Pentax KP	0,20	0,10	0,08	0,24	0,06	0,05	0,14
Imp. Relativa Criterios	0,09	0,4	0,04	0,21	0,06	0,07	0,14

MODELO	PUNTUACION TOTAL
Nikon D750	0,190
Lumix G90	0,147
Canon EOS D90	0,115
Sony A6500	0,186
Sony A7 II	0,241
Pentax KP	0,136

GERMÁN

Matriz comparación criterios							
	Precio	Sensor	Ráfaga	Estabilizador	Resolución	Fps	Peso
Precio	1,00	0,25	0,33	4,00	0,50	0,25	3,00
Sensor	4,00	1,00	2,00	7,00	3,00	1,00	6,00
Ráfaga	3,00	0,50	1,00	5,00	2,00	0,50	5,00
Estabilizador	0,25	0,14	0,20	1,00	0,20	0,14	0,50
Resolución	2,00	0,33	0,50	5,00	1,00	0,33	4,00
Fps	4,00	1,00	2,00	1,00	3,00	1,00	6,00
Peso	0,33	0,17	0,20	2,00	0,25	0,17	1,00
SUMA	14,58	3,39	6,23	25,00	9,95	3,39	25,50

Matriz Normalizada								
	Precio	Sensor	Ráfaga	Estabilizador	Resolución	Fps	Peso	Imp. Relativa
Precio	0,07	0,07	0,05	0,16	0,05	0,07	0,12	0,09
Sensor	0,27	0,29	0,32	0,28	0,30	0,29	0,24	0,29
Ráfaga	0,21	0,15	0,16	0,20	0,20	0,15	0,20	0,18
Estabilizador	0,02	0,04	0,03	0,04	0,02	0,04	0,02	0,03
Resolución	0,14	0,10	0,08	0,20	0,10	0,10	0,16	0,12
Fps	0,27	0,29	0,32	0,04	0,30	0,29	0,24	0,25
Peso	0,02	0,05	0,03	0,08	0,03	0,05	0,04	0,04

Tamaño del Sensor						
	Nikon D750	Lumix G90	Canon EOS D90	Sony A6500	Sony A7 II	Pentax KP
Nikon D750	1,00	8,00	6,00	6,00	1,00	6,00
Lumix G90	0,13	1,00	0,33	0,33	0,13	0,33
Canon EOS D90	0,17	3,00	1,00	1,00	0,17	1,00
Sony A6500	0,17	3,00	1,00	1,00	0,17	1,00
Sony A7 II	1,00	8,00	6,00	6,00	1,00	6,00
Pentax KP	0,17	3,00	1,00	1,00	0,17	1,00
SUMA	2,63	26,00	15,33	15,33	2,63	15,33

Sensor Normalizado							Imp. Relativa
	Nikon D750	Lumix G90	Canon EOS D90	Sony A6500	Sony A7 II	Pentax KP	
Nikon D750	0,38	0,31	0,39	0,39	0,38	0,39	0,37
Lumix G90	0,05	0,04	0,02	0,02	0,05	0,02	0,03
Canon EOS D90	0,06	0,12	0,07	0,07	0,06	0,07	0,07
Sony A6500	0,06	0,12	0,07	0,07	0,06	0,07	0,07
Sony A7 II	0,38	0,31	0,39	0,39	0,38	0,39	0,37
Pentax KP	0,06	0,12	0,07	0,07	0,06	0,07	0,07

Velocidad de Ráfaga						
	Nikon D750	Lumix G90	Canon EOS D90	Sony A6500	Sony A7 II	Pentax KP
Nikon D750	1,00	0,20	0,14	0,14	2,00	0,33
Lumix G90	5,00	1,00	0,33	0,33	6,00	3,00
Canon EOS D90	7,00	3,00	1,00	1,00	8,00	5,00
Sony A6500	7,00	3,00	1,00	1,00	8,00	5,00
Sony A7 II	0,50	0,17	0,13	0,13	1,00	0,25
Pentax KP	3,00	0,33	0,20	0,20	4,00	1,00
SUMA	23,50	7,70	2,80	2,80	29,00	14,58

Ráfaga Normalizada							Imp. Relativa
	Nikon D750	Lumix G90	Canon EOS D90	Sony A6500	Sony A7 II	Pentax KP	
Nikon D750	0,04	0,03	0,05	0,05	0,07	0,02	0,04
Lumix G90	0,21	0,13	0,12	0,12	0,21	0,21	0,17
Canon EOS D90	0,30	0,39	0,36	0,36	0,28	0,34	0,34
Sony A6500	0,30	0,39	0,36	0,36	0,28	0,34	0,34
Sony A7 II	0,02	0,02	0,04	0,04	0,03	0,02	0,03
Pentax KP	0,13	0,04	0,07	0,07	0,14	0,07	0,09

Estabilización de imagen						
	Nikon D750	Lumix G90	Canon EOS D90	Sony A6500	Sony A7 II	Pentax KP
Nikon D750	1	0,25	1,00	0,25	0,25	0,25
Lumix G90	4,00	1	4,00	1,00	1,00	1,00
Canon EOS D90	1,00	0,25	1	0,25	0,25	0,25
Sony A6500	4,00	1,00	4,00	1	1	1,00
Sony A7 II	4,00	1,00	4,00	1,00	1	1,00
Pentax KP	4,00	1,00	4,00	1,00	1,00	1
SUMA	18	4,5	18	4,5	4,5	4,5

Estabilizador Normalizado							Imp. Relativa
	Nikon D750	Lumix G90	Canon EOS D90	Sony A6500	Sony A7 II	Pentax KP	
Nikon D750	0,06	0,06	0,06	0,06	0,06	0,06	0,06
Lumix G90	0,22	0,22	0,22	0,22	0,22	0,22	0,22
Canon EOS D90	0,06	0,06	0,06	0,06	0,06	0,06	0,06
Sony A6500	0,22	0,22	0,22	0,22	0,22	0,22	0,22
Sony A7 II	0,22	0,22	0,22	0,22	0,22	0,22	0,22
Pentax KP	0,22	0,22	0,22	0,22	0,22	0,22	0,22

Resolución de Video						
	Nikon D750	Lumix G90	Canon EOS D90	Sony A6500	Sony A7 II	Pentax KP
Nikon D750	1	0,20	0,20	0,20	1,00	1,00
Lumix G90	5,00	1	1,00	1,00	5,00	5,00
Canon EOS D90	5,00	1,00	1	1,00	5,00	5,00
Sony A6500	5,00	1,00	1,00	1	5	5,00
Sony A7 II	1,00	0,20	0,20	0,20	1	1,00
Pentax KP	1,00	0,20	0,20	0,20	1,00	1
SUMA	18	3,6	3,6	3,6	18	18

Resolución Normalizada							Imp. Relativa
	Nikon D750	Lumix G90	Canon EOS D90	Sony A6500	Sony A7 II	Pentax KP	
Nikon D750	0,06	0,06	0,06	0,06	0,06	0,06	0,06
Lumix G90	0,28	0,28	0,28	0,28	0,28	0,28	0,28
Canon EOS D90	0,28	0,28	0,28	0,28	0,28	0,28	0,28
Sony A6500	0,28	0,28	0,28	0,28	0,28	0,28	0,28
Sony A7 II	0,06	0,06	0,06	0,06	0,06	0,06	0,06
Pentax KP	0,06	0,06	0,06	0,06	0,06	0,06	0,06

FPS						
	Nikon D750	Lumix G90	Canon EOS D90	Sony A6500	Sony A7 II	Pentax KP
Nikon D750	1	0,20	0,20	0,20	1,00	1,00
Lumix G90	5,00	1	1,00	1,00	5,00	5,00
Canon EOS D90	5,00	1,00	1	1,00	5,00	5,00
Sony A6500	5,00	1,00	1,00	1	5	5,00
Sony A7 II	1,00	0,20	0,20	0,20	1	1,00
Pentax KP	1,00	0,20	0,20	0,20	1,00	1
SUMA	18	3,6	3,6	3,6	18	18

FPS Normalizado							Imp. Relativa
	Nikon D750	Lumix G90	Canon EOS D90	Sony A6500	Sony A7 II	Pentax KP	
Nikon D750	0,06	0,06	0,06	0,06	0,06	0,06	0,06
Lumix G90	0,28	0,28	0,28	0,28	0,28	0,28	0,28
Canon EOS D90	0,28	0,28	0,28	0,28	0,28	0,28	0,28
Sony A6500	0,28	0,28	0,28	0,28	0,28	0,28	0,28
Sony A7 II	0,06	0,06	0,06	0,06	0,06	0,06	0,06
Pentax KP	0,06	0,06	0,06	0,06	0,06	0,06	0,06

Cámara/Criterios	Precio	Sensor	Ráfaga	Estabilizador	Resolución	Fps	Peso
Nikon D750	0,15	0,37	0,04	0,06	0,06	0,06	0,13
Lumix G90	0,17	0,03	0,17	0,22	0,28	0,28	0,19
Canon EOS D90	0,14	0,07	0,34	0,06	0,28	0,28	0,14
Sony A6500	0,17	0,07	0,34	0,22	0,28	0,28	0,22
Sony A7 II	0,17	0,37	0,03	0,22	0,06	0,06	0,17
Pentax KP	0,20	0,07	0,09	0,22	0,06	0,06	0,14
Imp. Relativa Criterios	0,09	0,29	0,18	0,03	0,12	0,25	0,04

MODELO	PUNTUACION TOTAL
Nikon D750	0,158
Lumix G90	0,172
Canon EOS D90	0,204
Sony A6500	0,216
Sony A7 II	0,163
Pentax KP	0,087

EMMETT

Matriz comparación criterios							
	Precio	Sensor	Ráfaga	Estabilizador	Resolución	Fps	Peso
Precio	1,00	0,50	3,00	1,00	0,33	2,00	1,00
Sensor	2,00	1,00	4,00	2,00	0,50	3,00	2,00
Ráfaga	0,33	0,25	1,00	0,33	0,20	0,50	0,33
Estabilizador	1,00	0,50	3,00	1,00	0,33	2,00	1,00
Resolución	3,00	2,00	5,00	3,00	1,00	4,00	3,00
Fps	0,50	0,33	2,00	1,00	0,25	1,00	0,50
Peso	1,00	0,50	3,00	1,00	0,33	2,00	1,00
SUMA	8,83	5,08	21,00	9,33	2,95	14,50	8,83

Matriz Normalizada Criterios								
	Precio	Sensor	Ráfaga	Estabilizador	Resolución	Fps	Peso	Imp. Relativa
Precio	0,11	0,10	0,14	0,11	0,11	0,14	0,11	0,12
Sensor	0,23	0,20	0,19	0,21	0,17	0,21	0,23	0,20
Ráfaga	0,04	0,05	0,05	0,04	0,07	0,03	0,04	0,04
Estabilizador	0,11	0,10	0,14	0,11	0,11	0,14	0,11	0,12
Resolución	0,34	0,39	0,24	0,32	0,34	0,28	0,34	0,32
Fps	0,06	0,07	0,10	0,11	0,08	0,07	0,06	0,08
Peso	0,11	0,10	0,14	0,11	0,11	0,14	0,11	0,12

Tamaño del Sensor						
	Nikon D750	Lumix G90	Canon EOS D90	Sony A6500	Sony A7 II	Pentax KP
Nikon D750	1	9,00	5,00	5,00	1,00	5,00
Lumix G90	0,11	1	0,20	0,20	0,11	0,20
Canon EOS D90	0,20	5,00	1	1,00	0,20	1,00
Sony A6500	0,20	5,00	1,00	1	0,2	1,00
Sony A7 II	1,00	9,00	5,00	5,00	1	5,00
Pentax KP	0,20	5,00	1,00	1,00	0,20	1
SUMA	2,71	34,00	13,20	13,20	2,71	13,20

Sensor Normalizado							Imp. Relativa
	Nikon D750	Lumix G90	Canon EOS D90	Sony A6500	Sony A7 II	Pentax KP	
Nikon D750	0,37	0,26	0,38	0,38	0,37	0,38	0,36
Lumix G90	0,04	0,03	0,02	0,02	0,04	0,02	0,03
Canon EOS D90	0,07	0,15	0,08	0,08	0,07	0,08	0,09
Sony A6500	0,07	0,15	0,08	0,08	0,07	0,08	0,09
Sony A7 II	0,37	0,26	0,38	0,38	0,37	0,38	0,36
Pentax KP	0,07	0,15	0,08	0,08	0,07	0,08	0,09

Velocidad de Ráfaga						
	Nikon D750	Lumix G90	Canon EOS D90	Sony A6500	Sony A7 II	Pentax KP
Nikon D750	1	0,33	0,20	0,20	3,00	0,50
Lumix G90	3,00	1	0,33	0,33	5,00	2,00
Canon EOS D90	5,00	3,00	1	1,00	7,00	4,00
Sony A6500	5,00	3,00	1,00	1	7	4,00
Sony A7 II	0,33	0,20	0,14	0,14	1	0,25
Pentax KP	2,00	0,50	0,25	0,25	4,00	1
SUMA	16,33	8,03	2,93	2,93	27,00	11,75

Ráfaga Normalizada							Imp. Relativa
	Nikon D750	Lumix G90	Canon EOS D90	Sony A6500	Sony A7 II	Pentax KP	
Nikon D750	0,06	0,04	0,07	0,07	0,11	0,04	0,07
Lumix G90	0,18	0,12	0,11	0,11	0,19	0,17	0,15
Canon EOS D90	0,31	0,37	0,34	0,34	0,26	0,34	0,33
Sony A6500	0,31	0,37	0,34	0,34	0,26	0,34	0,33
Sony A7 II	0,02	0,02	0,05	0,05	0,04	0,02	0,03
Pentax KP	0,12	0,06	0,09	0,09	0,15	0,09	0,10

Estabilización de imagen						
	Nikon D750	Lumix G90	Canon EOS D90	Sony A6500	Sony A7 II	Pentax KP
Nikon D750	1	0,11	1,00	0,11	0,11	0,11
Lumix G90	9,00	1	9,00	1,00	1,00	1,00
Canon EOS D90	1,00	0,11	1	0,11	0,11	0,11
Sony A6500	9,00	1,00	9,00	1	1	1,00
Sony A7 II	9,00	1,00	9,00	1,00	1	1,00
Pentax KP	9,00	1,00	9,00	1,00	1,00	1
SUMA	38	4,22	38,00	4,22	4,22	4,22

Estabilizador Normalizado							Imp. Relativa
	Nikon D750	Lumix G90	Canon EOS D90	Sony A6500	Sony A7 II	Pentax KP	
Nikon D750	0,03	0,03	0,03	0,03	0,03	0,03	0,03
Lumix G90	0,24	0,24	0,24	0,24	0,24	0,24	0,24
Canon EOS D90	0,03	0,03	0,03	0,03	0,03	0,03	0,03
Sony A6500	0,24	0,24	0,24	0,24	0,24	0,24	0,24
Sony A7 II	0,24	0,24	0,24	0,24	0,24	0,24	0,24
Pentax KP	0,24	0,24	0,24	0,24	0,24	0,24	0,24

Resolución de Video						
	Nikon D750	Lumix G90	Canon EOS D90	Sony A6500	Sony A7 II	Pentax KP
Nikon D750	1	0,33	0,33	0,33	1,00	1,00
Lumix G90	3,00	1	1,00	1,00	3,00	3,00
Canon EOS D90	3,00	1,00	1	1,00	3,00	3,00
Sony A6500	3,00	1,00	1,00	1	3	3,00
Sony A7 II	1,00	0,33	0,33	0,33	1	1,00
Pentax KP	1,00	0,33	0,33	0,33	1,00	1
SUMA	12	4	4	4	12	12

Resolución Normalizado							Imp. Relativa
	Nikon D750	Lumix G90	Canon EOS D90	Sony A6500	Sony A7 II	Pentax KP	
Nikon D750	0,08	0,08	0,08	0,08	0,08	0,08	0,08
Lumix G90	0,25	0,25	0,25	0,25	0,25	0,25	0,25
Canon EOS D90	0,25	0,25	0,25	0,25	0,25	0,25	0,25
Sony A6500	0,25	0,25	0,25	0,25	0,25	0,25	0,25
Sony A7 II	0,08	0,08	0,08	0,08	0,08	0,08	0,08
Pentax KP	0,08	0,08	0,08	0,08	0,08	0,08	0,08

FPS						
	Nikon D750	Lumix G90	Canon EOS D90	Sony A6500	Sony A7 II	Pentax KP
Nikon D750	1	0,25	0,25	0,25	1,00	1,00
Lumix G90	4,00	1	1,00	1,00	4,00	4,00
Canon EOS D90	4,00	1,00	1	1,00	4,00	4,00
Sony A6500	4,00	1,00	1,00	1	4	4,00
Sony A7 II	1,00	0,25	0,25	0,25	1	1,00
Pentax KP	1,00	0,25	0,25	0,25	1,00	1
SUMA	15	3,75	3,75	3,75	15	15

FPS Normalizado							Imp. Relativa
	Nikon D750	Lumix G90	Canon EOS D90	Sony A6500	Sony A7 II	Pentax KP	
Nikon D750	0,07	0,06	0,06	0,06	0,08	0,08	0,07
Lumix G90	0,33	0,25	0,25	0,25	0,33	0,33	0,29
Canon EOS D90	0,33	0,25	0,25	0,25	0,33	0,33	0,29
Sony A6500	0,33	0,25	0,25	0,25	0,33	0,33	0,29
Sony A7 II	0,08	0,06	0,06	0,06	0,08	0,08	0,07
Pentax KP	0,08	0,06	0,06	0,06	0,08	0,08	0,07

Cámara/Criterios	Precio	Sensor	Ráfaga	Estabilizador	Resolución	Fps	Peso
Nikon D750	0,15	0,36	0,07	0,03	0,08	0,07	0,13
Lumix G90	0,17	0,03	0,15	0,24	0,25	0,29	0,19
Canon EOS D90	0,14	0,09	0,33	0,03	0,25	0,29	0,14
Sony A6500	0,17	0,09	0,33	0,24	0,25	0,29	0,22
Sony A7 II	0,17	0,36	0,03	0,24	0,08	0,07	0,17
Pentax KP	0,20	0,09	0,10	0,24	0,08	0,07	0,14
Imp. Relativa Criterios	0,12	0,2	0,04	0,12	0,32	0,08	0,12

MODELO	PUNTUACION TOTAL
Sony A6500	0,144
Lumix G90	0,186
Sony A7 II	0,171
Canon EOS D90	0,210
Nikon D750	0,174
Pentax KP	0,123

JAKE

Matriz comparación criterios							
	Precio	Sensor	Ráfaga	Estabilizador	Resolución	Fps	Peso
Precio	1,00	0,14	0,50	2,00	0,14	0,14	0,33
Sensor	7,00	1,00	6,00	8,00	1,00	1,00	5,00
Ráfaga	2,00	0,17	1,00	2,00	0,17	0,17	0,50
Estabilizador	0,50	0,13	0,50	1,00	0,13	0,13	0,25
Resolución	7,00	1,00	6,00	8,00	1,00	1,00	5,00
Fps	7,00	1,00	6,00	1,00	1,00	1,00	5,00
Peso	3,00	0,20	2,00	4,00	0,20	0,20	1,00
SUMA	27,50	3,63	22,00	26,00	3,63	3,63	17,08

Matriz Normalizada								
	Precio	Sensor	Ráfaga	Estabilizador	Resolución	Fps	Peso	Imp. Relativa
Precio	0,04	0,04	0,02	0,08	0,04	0,04	0,02	0,04
Sensor	0,25	0,28	0,27	0,31	0,28	0,28	0,29	0,28
Ráfaga	0,07	0,05	0,05	0,08	0,05	0,05	0,03	0,05
Estabilizador	0,02	0,03	0,02	0,04	0,03	0,03	0,01	0,03
Resolución	0,25	0,28	0,27	0,31	0,28	0,28	0,29	0,28
Fps	0,25	0,28	0,27	0,04	0,28	0,28	0,29	0,24
Peso	0,11	0,06	0,09	0,15	0,06	0,06	0,06	0,08

Tamaño del Sensor						
	Nikon D750	Lumix G90	Canon EOS D90	Sony A6500	Sony A7 II	Pentax KP
Nikon D750	1	9,00	7,00	7,00	1,00	7,00
Lumix G90	0,11	1	0,33	0,33	0,11	0,33
Canon EOS D90	0,14	3,00	1	1,00	0,14	1,00
Sony A6500	0,14	3,00	1,00	1	0,14	1,00
Sony A7 II	1,00	9,00	7,00	7,00	1	7,00
Pentax KP	0,14	3,00	1,00	1,00	0,14	1
SUMA	2,54	28,00	17,33	17,33	2,54	17,33

Sensor Normalizado							Imp. Relativa
	Nikon D750	Lumix G90	Canon EOS D90	Sony A6500	Sony A7 II	Pentax KP	
Nikon D750	0,39	0,32	0,40	0,40	0,39	0,40	0,39
Lumix G90	0,04	0,04	0,02	0,02	0,04	0,02	0,03
Canon EOS D90	0,06	0,11	0,06	0,06	0,06	0,06	0,07
Sony A6500	0,06	0,11	0,06	0,06	0,06	0,06	0,07
Sony A7 II	0,39	0,32	0,40	0,40	0,39	0,40	0,39
Pentax KP	0,06	0,11	0,06	0,06	0,06	0,06	0,07

Velocidad de Ráfaga						
	Nikon D750	Lumix G90	Canon EOS D90	Sony A6500	Sony A7 II	Pentax KP
Nikon D750	1	0,25	0,14	0,14	2,00	0,33
Lumix G90	4,00	1	0,25	0,25	5,00	2,00
Canon EOS D90	7,00	4,00	1	1,00	8,00	5,00
Sony A6500	7,00	4,00	1,00	1	8	5,00
Sony A7 II	0,50	0,20	0,13	0,13	1	0,25
Pentax KP	3,00	0,50	0,20	0,20	4,00	1
SUMA	22,5	9,95	2,72	2,72	28,00	13,58

Ráfaga Normalizada							Imp. Relativa
	Nikon D750	Lumix G90	Canon EOS D90	Sony A6500	Sony A7 II	Pentax KP	
Nikon D750	0,04	0,03	0,05	0,05	0,07	0,02	0,05
Lumix G90	0,18	0,10	0,09	0,09	0,18	0,15	0,13
Canon EOS D90	0,31	0,40	0,37	0,37	0,29	0,37	0,35
Sony A6500	0,31	0,40	0,37	0,37	0,29	0,37	0,35
Sony A7 II	0,02	0,02	0,05	0,05	0,04	0,02	0,03
Pentax KP	0,13	0,05	0,07	0,07	0,14	0,07	0,09

Estabilización de imagen						
	Nikon D750	Lumix G90	Canon EOS D90	Sony A6500	Sony A7 II	Pentax KP
Nikon D750	1	0,11	1,00	0,11	0,11	0,11
Lumix G90	9,00	1	9,00	1,00	1,00	1,00
Canon EOS D90	1,00	0,11	1	0,11	0,11	0,11
Sony A6500	9,00	1,00	9,00	1	1	1,00
Sony A7 II	9,00	1,00	9,00	1,00	1	1,00
Pentax KP	9,00	1,00	9,00	1,00	1,00	1
SUMA	38	4,22	38,00	4,22	4,22	4,22

Estabilizador Normalizado							Imp. Relativa
	Nikon D750	Lumix G90	Canon EOS D90	Sony A6500	Sony A7 II	Pentax KP	
Nikon D750	0,03	0,03	0,03	0,03	0,03	0,03	0,03
Lumix G90	0,24	0,24	0,24	0,24	0,24	0,24	0,24
Canon EOS D90	0,03	0,03	0,03	0,03	0,03	0,03	0,03
Sony A6500	0,24	0,24	0,24	0,24	0,24	0,24	0,24
Sony A7 II	0,24	0,24	0,24	0,24	0,24	0,24	0,24
Pentax KP	0,24	0,24	0,24	0,24	0,24	0,24	0,24

Resolución de Video						
	Nikon D750	Lumix G90	Canon EOS D90	Sony A6500	Sony A7 II	Pentax KP
Nikon D750	1	0,33	0,33	0,33	1,00	1,00
Lumix G90	3,00	1	1,00	1,00	3,00	3,00
Canon EOS D90	3,00	1,00	1	1,00	3,00	3,00
Sony A6500	3,00	1,00	1,00	1	3	3,00
Sony A7 II	1,00	0,33	0,33	0,33	1	1,00
Pentax KP	1,00	0,33	0,33	0,33	1,00	1
SUMA	12	4	4	4	12	12

Resolución Normalizado							Imp. Relativa
	Nikon D750	Lumix G90	Canon EOS D90	Sony A6500	Sony A7 II	Pentax KP	
Nikon D750	0,08	0,08	0,08	0,08	0,08	0,08	0,08
Lumix G90	0,25	0,25	0,25	0,25	0,25	0,25	0,25
Canon EOS D90	0,25	0,25	0,25	0,25	0,25	0,25	0,25
Sony A6500	0,25	0,25	0,25	0,25	0,25	0,25	0,25
Sony A7 II	0,08	0,08	0,08	0,08	0,08	0,08	0,08
Pentax KP	0,08	0,08	0,08	0,08	0,08	0,08	0,08

FPS						
	Nikon D750	Lumix G90	Canon EOS D90	Sony A6500	Sony A7 II	Pentax KP
Nikon D750	1	0,20	0,20	0,20	1,00	1,00
Lumix G90	5,00	1	1,00	1,00	5,00	5,00
Canon EOS D90	5,00	1,00	1	1,00	5,00	5,00
Sony A6500	5,00	1,00	1,00	1	5	5,00
Sony A7 II	1,00	0,20	0,20	0,20	1	1,00
Pentax KP	1,00	0,20	0,20	0,20	1,00	1
SUMA	18	3,6	3,6	3,6	18	18

FPS Normalizado							Imp. Relativa
	Nikon D750	Lumix G90	Canon EOS D90	Sony A6500	Sony A7 II	Pentax KP	
Nikon D750	0,06	0,05	0,05	0,05	0,08	0,08	0,06
Lumix G90	0,42	0,25	0,25	0,25	0,42	0,42	0,33
Canon EOS D90	0,42	0,25	0,25	0,25	0,42	0,42	0,33
Sony A6500	0,42	0,25	0,25	0,25	0,42	0,42	0,33
Sony A7 II	0,08	0,05	0,05	0,05	0,08	0,08	0,07
Pentax KP	0,08	0,05	0,05	0,05	0,08	0,08	0,07

Cámara/Criterios	Precio	Sensor	Ráfaga	Estabilizador	Resolución	Fps	Peso
Nikon D750	0,15	0,39	0,05	0,03	0,08	0,06	0,13
Lumix G90	0,17	0,03	0,13	0,24	0,25	0,33	0,19
Canon EOS D90	0,14	0,07	0,35	0,03	0,25	0,33	0,14
Sony A6500	0,17	0,07	0,35	0,24	0,25	0,33	0,22
Sony A7 II	0,17	0,39	0,03	0,24	0,08	0,07	0,17
Pentax KP	0,20	0,07	0,09	0,24	0,08	0,07	0,14
Imp. Relativa Criterios	0,04	0,28	0,05	0,03	0,28	0,24	0,08

MODELO	PUNTUACION TOTAL
Sony A6500	0,166
Canon EOS D90	0,194
Lumix G90	0,204
Sony A7 II	0,218
Nikon D750	0,177
Pentax KP	0,089

ANEXO D. TABLAS TOPSIS

Al igual que en el anexo anterior, aquí se verán reflejadas todas las tablas para el resto de los cuatro usuarios.

ANA

Matriz de decisión							
Alternativas/Criterios	Precio	Sensor	Ráfaga	Estabilizador	Resolución	Fps	Peso
Nikon D750	1144,43	9	6,5	1	5	60	750
Lumix G90	992,6	1	9	9	9	120	536
Canon EOS D90	1270,43	4	11	1	9	120	701
Sony A6500	999	5	11	9	9	120	453
Sony A7 II	1018,98	9	5	9	5	60	599
Pentax KP	883	5	7	9	5	60	703
Suma cuadrados	6724977,41	229,00	439,25	326,00	318,00	54000,00	2399416,00

Matriz de decisión normalizada							
Alternativas/Criterios	Precio	Sensor	Ráfaga	Estabilizador	Resolución	Fps	Peso
Nikon D750	0,441	0,595	0,310	0,055	0,280	0,258	0,484
Lumix G90	0,383	0,066	0,429	0,498	0,505	0,516	0,346
Canon EOS D90	0,490	0,264	0,525	0,055	0,505	0,516	0,453
Sony A6500	0,385	0,330	0,525	0,498	0,505	0,516	0,292
Sony A7 II	0,393	0,595	0,239	0,498	0,280	0,258	0,387
Pentax KP	0,340	0,330	0,334	0,498	0,280	0,258	0,454
Suma cuadrados	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00

Criterios	Precio	Sensor	Ráfaga	Estabilizador	Resolución	Fps	Peso
Peso Criterios	0,09	0,4	0,04	0,21	0,06	0,07	0,14
Tipo Criterio	Negativo	Positivo	Positivo	Positivo	Positivo	Positivo	Negativo

Matriz de decisión normalizada ponderada							
Alternativas/Criterios	Precio	Sensor	Ráfaga	Estabilizador	Resolución	Fps	Peso
Nikon D750	0,040	0,238	0,012	0,012	0,017	0,018	0,068
Lumix G90	0,034	0,026	0,017	0,105	0,030	0,036	0,048
Canon EOS D90	0,044	0,106	0,021	0,012	0,030	0,036	0,063
Sony A6500	0,035	0,132	0,021	0,105	0,030	0,036	0,041
Sony A7 II	0,035	0,238	0,010	0,105	0,017	0,018	0,054
Pentax KP	0,031	0,132	0,013	0,105	0,017	0,018	0,064
Norma Euclídea	0,09	0,40	0,04	0,21	0,06	0,07	0,14
Máximo	0,044	0,238	0,021	0,105	0,030	0,036	0,068
Mínimo	0,031	0,026	0,010	0,012	0,017	0,018	0,041

Ideal Positivo	0,031	0,238	0,021	0,105	0,030	0,036	0,041
Ideal Negativo	0,044	0,026	0,010	0,012	0,017	0,018	0,068

Vector diferencia con ideal positivo								
Alternativas/Criterios	Precio	Sensor	Ráfaga	Estabilizador	Resolución	Fps	Peso	Norma euclídea
Nikon D750	0,009	0,000	-0,009	-0,093	-0,013	-0,018	0,027	0,100
Lumix G90	0,004	-0,211	-0,004	0,000	0,000	0,000	0,008	0,212
Canon EOS D90	0,013	-0,132	0,000	-0,093	0,000	0,000	0,022	0,164
Sony A6500	0,004	-0,106	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,106
Sony A7 II	0,005	0,000	-0,011	0,000	-0,013	-0,018	0,013	0,029
Pentax KP	0,000	-0,106	-0,008	0,000	-0,013	-0,018	0,023	0,111

Vector diferencia con ideal negativo								
Alternativas/Criterios	Precio	Sensor	Ráfaga	Estabilizador	Resolución	Fps	Peso	Norma euclídea
Nikon D750	-0,004	0,211	0,003	0,000	0,000	0,000	0,000	0,212
Lumix G90	-0,010	0,000	0,008	0,093	0,013	0,018	-0,019	0,098
Canon EOS D90	0,000	0,079	0,011	0,000	0,013	0,018	-0,004	0,083
Sony A6500	-0,009	0,106	0,011	0,093	0,013	0,018	-0,027	0,146
Sony A7 II	-0,009	0,211	0,000	0,093	0,000	0,000	-0,014	0,232
Pentax KP	-0,013	0,106	0,004	0,093	0,000	0,000	-0,004	0,142

Ratio de proximidad/lejanía	
Cámara	Puntuación
Nikon D750	0,679
Lumix G90	0,317
Canon EOS D90	0,337
Sony A6500	0,580
Sony A7 II	0,889
Pentax KP	0,561

GERMÁN

Matriz de decisión							
Alternativas/Criterios	Precio	Sensor	Ráfaga	Estabilizador	Resolución	Fps	Peso
Nikon D750	1144,43	9	6,5	1	4	60	750
Lumix G90	992,6	2	9	4	8	120	536
Canon EOS D90	1270,43	4	11	1	8	120	701
Sony A6500	999	4	11	4	8	120	453
Sony A7 II	1018,98	9	5	4	4	60	599
Pentax KP	883	4	7	4	4	60	703
Suma cuadrados	6724977,41	214,00	439,25	66,00	240,00	54000,00	2399416,00

Matriz de decisión normalizada							
Alternativas/Criterios	Precio	Sensor	Ráfaga	Estabilizador	Resolución	Fps	Peso
Nikon D750	0,441	0,615	0,310	0,123	0,258	0,258	0,484
Lumix G90	0,383	0,137	0,429	0,492	0,516	0,516	0,346
Canon EOS D90	0,490	0,273	0,525	0,123	0,516	0,516	0,453
Sony A6500	0,385	0,273	0,525	0,492	0,516	0,516	0,292
Sony A7 II	0,393	0,615	0,239	0,492	0,258	0,258	0,387
Pentax KP	0,340	0,273	0,334	0,492	0,258	0,258	0,454
Suma cuadrados	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00

Crterios	Precio	Sensor	Ráfaga	Estabilizador	Resolución	Fps	Peso
Peso Crterios	0,09	0,29	0,18	0,03	0,12	0,25	0,04
Tipo Criterio	Negativo	Positivo	Positivo	Positivo	Positivo	Positivo	Negativo

Matriz de decisión normalizada ponderada							
Alternativas/Criterios	Precio	Sensor	Ráfaga	Estabilizador	Resolución	Fps	Peso
Nikon D750	0,040	0,178	0,056	0,004	0,031	0,065	0,019
Lumix G90	0,034	0,040	0,077	0,015	0,062	0,129	0,014
Canon EOS D90	0,044	0,079	0,094	0,004	0,062	0,129	0,018
Sony A6500	0,035	0,079	0,094	0,015	0,062	0,129	0,012
Sony A7 II	0,035	0,178	0,043	0,015	0,031	0,065	0,015
Pentax KP	0,031	0,079	0,060	0,015	0,031	0,065	0,018
Norma Euclídea	0,09	0,29	0,18	0,03	0,12	0,25	0,04
Máximo	0,044	0,178	0,094	0,015	0,062	0,129	0,019
Mínimo	0,031	0,040	0,043	0,004	0,031	0,065	0,012

Ideal Positivo	0,031	0,178	0,094	0,015	0,062	0,129	0,012
Ideal Negativo	0,044	0,040	0,043	0,004	0,031	0,065	0,019

Vector diferencia con ideal positivo								
Alternativas/Criterios	Precio	Sensor	Ráfaga	Estabilizador	Resolución	Fps	Peso	Norma euclídea
Nikon D750	0,009	0,000	-0,039	-0,011	-0,031	-0,065	0,008	0,083
Lumix G90	0,004	-0,139	-0,017	0,000	0,000	0,000	0,002	0,140
Canon EOS D90	0,013	-0,099	0,000	-0,011	0,000	0,000	0,006	0,101
Sony A6500	0,004	-0,099	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,099
Sony A7 II	0,005	0,000	-0,052	0,000	-0,031	-0,065	0,004	0,088
Pentax KP	0,000	-0,099	-0,034	0,000	-0,031	-0,065	0,006	0,127

Vector diferencia con ideal negativo								
Alternativas/Criterios	Precio	Sensor	Ráfaga	Estabilizador	Resolución	Fps	Peso	Norma euclídea
Nikon D750	-0,004	0,139	0,013	0,000	0,000	0,000	0,000	0,139
Lumix G90	-0,010	0,000	0,034	0,011	0,031	0,065	-0,006	0,081
Canon EOS D90	0,000	0,040	0,052	0,000	0,031	0,065	-0,001	0,097
Sony A6500	-0,009	0,040	0,052	0,011	0,031	0,065	-0,008	0,098
Sony A7 II	-0,009	0,139	0,000	0,011	0,000	0,000	-0,004	0,140
Pentax KP	-0,013	0,040	0,017	0,011	0,000	0,000	-0,001	0,047

Ratio de proximidad/lejanía	
Cámara	Puntuación
Nikon D750	0,627
Lumix G90	0,367
Canon EOS D90	0,490
Sony A6500	0,497
Sony A7 II	0,612
Pentax KP	0,268

EMMETT

Matriz de decisión							
Alternativas/Criterios	Precio	Sensor	Ráfaga	Estabilizador	Resolución	Fps	Peso
Nikon D750	1144,43	9	6,5	1	7	60	750
Lumix G90	992,6	1	9	9	9	120	536
Canon EOS D90	1270,43	5	11	1	9	120	701
Sony A6500	999	5	11	9	9	120	453
Sony A7 II	1018,98	9	5	9	7	60	599
Pentax KP	883	5	7	9	7	60	703
Suma cuadrados	6724977,41	238,00	439,25	326,00	390,00	54000,00	2399416,00

Matriz de decisión normalizada							
Alternativas/Criterios	Precio	Sensor	Ráfaga	Estabilizador	Resolución	Fps	Peso
Nikon D750	0,441	0,583	0,310	0,055	0,354	0,258	0,484
Lumix G90	0,383	0,065	0,429	0,498	0,456	0,516	0,346
Canon EOS D90	0,490	0,324	0,525	0,055	0,456	0,516	0,453
Sony A6500	0,385	0,324	0,525	0,498	0,456	0,516	0,292
Sony A7 II	0,393	0,583	0,239	0,498	0,354	0,258	0,387
Pentax KP	0,340	0,324	0,334	0,498	0,354	0,258	0,454
Suma cuadrados	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00

Criterios	Precio	Sensor	Ráfaga	Estabilizador	Resolución	Fps	Peso
Peso Criterios	0,12	0,2	0,04	0,12	0,32	0,08	0,12
Tipo Criterio	Negativo	Positivo	Positivo	Positivo	Positivo	Positivo	Negativo

Matriz de decisión normalizada ponderada							
Alternativas/Criterios	Precio	Sensor	Ráfaga	Estabilizador	Resolución	Fps	Peso
Nikon D750	0,053	0,117	0,012	0,007	0,113	0,021	0,058
Lumix G90	0,046	0,013	0,017	0,060	0,146	0,041	0,042
Canon EOS D90	0,059	0,065	0,021	0,007	0,146	0,041	0,054
Sony A6500	0,046	0,065	0,021	0,060	0,146	0,041	0,035
Sony A7 II	0,047	0,117	0,010	0,060	0,113	0,021	0,046
Pentax KP	0,041	0,065	0,013	0,060	0,113	0,021	0,054
Norma Euclídea	0,12	0,20	0,04	0,12	0,32	0,08	0,12
Máximo	0,059	0,117	0,021	0,060	0,146	0,041	0,058
Mínimo	0,041	0,013	0,010	0,007	0,113	0,021	0,035

Vector diferencia con ideal positivo								
Alternativas/Criterios	Precio	Sensor	Ráfaga	Estabilizador	Resolución	Fps	Peso	Norma euclídea
Nikon D750	0,012	0,000	-0,009	-0,053	-0,032	-0,021	0,023	0,071
Lumix G90	0,005	-0,104	-0,004	0,000	0,000	0,000	0,006	0,104
Canon EOS D90	0,018	-0,052	0,000	-0,053	0,000	0,000	0,019	0,079
Sony A6500	0,005	-0,052	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,052
Sony A7 II	0,006	0,000	-0,011	0,000	-0,032	-0,021	0,011	0,042
Pentax KP	0,000	-0,052	-0,008	0,000	-0,032	-0,021	0,019	0,068

Vector diferencia con ideal negativo								
Alternativas/Criterios	Precio	Sensor	Ráfaga	Estabilizador	Resolución	Fps	Peso	Norma euclídea
Nikon D750	-0,006	0,104	0,003	0,000	0,000	0,000	0,000	0,104
Lumix G90	-0,013	0,000	0,008	0,053	0,032	0,021	-0,017	0,069
Canon EOS D90	0,000	0,052	0,011	0,000	0,032	0,021	-0,004	0,066
Sony A6500	-0,013	0,052	0,011	0,053	0,032	0,021	-0,023	0,088
Sony A7 II	-0,012	0,104	0,000	0,053	0,000	0,000	-0,012	0,118
Pentax KP	-0,018	0,052	0,004	0,053	0,000	0,000	-0,004	0,077

Ratio de proximidad/lejanía	
Cámara	Puntuación
Nikon D750	0,594
Lumix G90	0,400
Canon EOS D90	0,455
Sony A6500	0,629
Sony A7 II	0,736
Pentax KP	0,530

JAKE

Matriz de decisión							
Alternativas/Criterios	Precio	Sensor	Ráfaga	Estabilizador	Resolución	Fps	Peso
Nikon D750	1144,43	9	6,5	1	7	60	750
Lumix G90	992,6	1	9	9	9	120	536
Canon EOS D90	1270,43	3	11	1	9	120	701
Sony A6500	999	3	11	9	9	120	453
Sony A7 II	1018,98	9	5	9	7	60	599
Pentax KP	883	3	7	9	7	60	703
Suma cuadrados	6724977,41	190,00	439,25	326,00	390,00	54000,00	2399416,00

Matriz de decisión normalizada							
Alternativas/Criterios	Precio	Sensor	Ráfaga	Estabilizador	Resolución	Fps	Peso
Nikon D750	0,441	0,653	0,310	0,055	0,354	0,258	0,484
Lumix G90	0,383	0,073	0,429	0,498	0,456	0,516	0,346
Canon EOS D90	0,490	0,218	0,525	0,055	0,456	0,516	0,453
Sony A6500	0,385	0,218	0,525	0,498	0,456	0,516	0,292
Sony A7 II	0,393	0,653	0,239	0,498	0,354	0,258	0,387
Pentax KP	0,340	0,218	0,334	0,498	0,354	0,258	0,454
Suma cuadrados	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00

Criterios	Precio	Sensor	Ráfaga	Estabilizador	Resolución	Fps	Peso
Peso Criterios	0,04	0,28	0,05	0,03	0,28	0,24	0,08
Tipo Criterio	Negativo	Positivo	Positivo	Positivo	Positivo	Positivo	Negativo

Matriz de decisión normalizada ponderada							
Alternativas/Criterios	Precio	Sensor	Ráfaga	Estabilizador	Resolución	Fps	Peso
Nikon D750	0,018	0,183	0,016	0,002	0,099	0,062	0,039
Lumix G90	0,015	0,020	0,021	0,015	0,128	0,124	0,028
Canon EOS D90	0,020	0,061	0,026	0,002	0,128	0,124	0,036
Sony A6500	0,015	0,061	0,026	0,015	0,128	0,124	0,023
Sony A7 II	0,016	0,183	0,012	0,015	0,099	0,062	0,031
Pentax KP	0,014	0,061	0,017	0,015	0,099	0,062	0,036
Norma Euclídea	0,04	0,28	0,05	0,03	0,28	0,24	0,08
Máximo	0,020	0,183	0,026	0,015	0,128	0,124	0,039
Mínimo	0,014	0,020	0,012	0,002	0,099	0,062	0,023

Ideal Positivo	0,014	0,183	0,026	0,015	0,128	0,124	0,023
Ideal Negativo	0,020	0,020	0,012	0,002	0,099	0,062	0,039

Vector diferencia con ideal positivo								
Alternativas/Criterios	Precio	Sensor	Ráfaga	Estabilizador	Resolución	Fps	Peso	Norma euclídea
Nikon D750	0,004	0,000	-0,011	-0,013	-0,028	-0,062	0,015	0,072
Lumix G90	0,002	-0,163	-0,005	0,000	0,000	0,000	0,004	0,163
Canon EOS D90	0,006	-0,122	0,000	-0,013	0,000	0,000	0,013	0,123
Sony A6500	0,002	-0,122	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,122
Sony A7 II	0,002	0,000	-0,014	0,000	-0,028	-0,062	0,008	0,070
Pentax KP	0,000	-0,122	-0,010	0,000	-0,028	-0,062	0,013	0,141

Vector diferencia con ideal negativo								
Alternativas/Criterios	Precio	Sensor	Ráfaga	Estabilizador	Resolución	Fps	Peso	Norma euclídea
Nikon D750	-0,002	0,163	0,004	0,000	0,000	0,000	0,000	0,163
Lumix G90	-0,004	0,000	0,010	0,013	0,028	0,062	- 0,011	0,071
Canon EOS D90	0,000	0,041	0,014	0,000	0,028	0,062	- 0,003	0,081
Sony A6500	-0,004	0,041	0,014	0,013	0,028	0,062	- 0,015	0,083
Sony A7 II	-0,004	0,163	0,000	0,013	0,000	0,000	- 0,008	0,163
Pentax KP	-0,006	0,041	0,005	0,013	0,000	0,000	- 0,002	0,043

Ratio de proximidad/lejanía	
Cámara	Puntuación
Nikon D750	0,693
Lumix G90	0,304
Canon EOS D90	0,395
Sony A6500	0,406
Sony A7 II	0,700
Pentax KP	0,236