
Titulació:

GRAU EN ENGINYERIA EN TECNOLOGIES INDUSTRIALS

Alumne (nom i cognoms):

ISAAC NICOLÁS JUAN

Enunciat TFG / TFM:

ANÀLISI D'UN SISTEMA DE CÀRREGA DE VEHICLES ELÈCTRICS EN
MOVIMENT

Director/a del TFG / TFM:

DANIEL ARUMÍ DELGADO

Convocatòria de lliurament del TFG / TFM:

QUADRIMESTRE DE TARDOR 2020-2021



Annex A



Índex

1. Aplicació del mètode AHP per al càlcul de λ_{max} , la consistència i el vector de pesos w	5
2. Aplicació del mètode VIKOR i obtenció del rànquing d'alternatives.....	10
3. Bibliografia	13



Índex de Taules

Taula 1. Escala de Saaty.....	5
Taula 2. Matriu aparellada.....	5
Taula 3. Matriu normalitzada.....	6
Taula 4. Vector fila	6
Taula 5. Índex d'aleatorietat	6
Taula 6. Obtenció del vector pes.....	9
Taula 7. Vector Pes.....	9
Taula 8. Valoracions de les alternatives.....	10
Taula 9. Valors de f_i^* i f_i^-	10
Taula 10. Valors de Q, S i R.....	11
Taula 11. Rànquing d'alternatives	11

1. Aplicació del mètode AHP per al càlcul de λ_{max} , la consistència i el vector de pesos w

El mètode AHP és un mètode de decisió desenvolupat per Thomas Saaty a finals de la dècada dels anys 60 i que es formulà com a una eina senzilla per ajudar a les persones responsables de prendre les decisions, els decisors. (Osorio y Orejuela 2008)

En el marc del nostre estudi, el mètode s'utilitzarà seqüencialment amb el mètode VIKOR per calcular els pesos d'una manera sistemàtica i objectiva i finalment poder obtenir un rànquing d'alternatives. (Muñoz Medina y Romana García 2016)

El primer pas per aplicar el mètode AHP és obtenir la matriu de aparellada de criteris valorant la importància de cada criteri respecte els altre a partir de l'escala de Saaty que codifica la importància relativa de cada criteri:

Igual	Moderat	Fort	Molt fort	Extrem
1	3	5	7	9

TAULA 1. ESCALA DE SAATY¹

En el nostre cas la matriu aparellada és la següent:

Matriu Aparellada	Eficiència	Cost	Potència	Velocitat	Compatibilitat	Maduresa de la Tecnologia
Eficiència	1	1/3	1/3	5	3	1
Cost	3	1	3	5	7	3
Potència	3	1/3	1	5	7	1/3
Velocitat	1/5	1/5	1/5	1	1	1/5
Compatibilitat	1/3	1/7	1/7	1	1	1/5
Maduresa de la Tecnologia	1	1/3	3	5	5	1

TAULA 2. MATRIU APARELLADA²

El següent és la normalització per la suma de la matriu, és a dir dividir cada terme de cada columna per el resultat de la suma de la columna a la que pertany.

¹ Font: (Muñoz Medina y Romana García 2016)

² Font: Pròpia

Matriu Normalitzada	Eficiència	Cost	Potència	Velocitat	Compatibilitat	Maduresa de la Tecnologia
Eficiència	0,12	0,14	0,04	0,23	0,13	0,17
Cost	0,35	0,43	0,39	0,23	0,29	0,52
Potència	0,35	0,14	0,13	0,23	0,29	0,06
Velocitat	0,02	0,09	0,03	0,05	0,04	0,03
Compatibilitat	0,04	0,06	0,02	0,05	0,04	0,03
Maduresa de la Tecnologia	0,12	0,14	0,39	0,23	0,21	0,17

TAULA 3. MATRIU NORMALITZADA³

Posteriorment, es multiplica la matriu original per el vector columna resultant de fer la mitjana de cada fila de la matriu normalitzada, obtenint el vector fila total:

Vector Fila Total
0,8723
2,5089
1,3027
0,2663
0,2523
1,4864

TAULA 4. VECTOR FILA⁴

Per tal d'assegurar-nos que estem introduint valors coherents a la matriu aparellada, el mètode AHP ens permet fer una comprovació de la consistència dels valors de valoració en busca de contradiccions. Això és possible a partir de la Proporció de consistència, la qual mai ha de superar el 10%. Aquesta es calcula com el quocient entre l'índex de consistència:

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

On λ_{max} és el màxim auto-valor. I l'Índex Aleatori de la matriu, que dona un índex de consistència de una matriu aleatòria en funció del rang, que és:

Rang	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Índex Aleatori	0.00	0.58	0.9	1.12	1.24	1.32	1.41	1.45	1.49

TAULA 5. ÍNDEX D'ALEATORIETAT⁵

³ Font: Pròpia

⁴ Font: Pròpia

⁵ Font: Pròpia



El càlcul de λ_{max} correspon al valor mitjà dels quocients entre els components del vector fila total i els valors de la mitjana de cada fila de la matriu normalitzada, obtenint un valor de:

$$\lambda_{max} = 6.5350$$

El que ens proporciona un Índex de consistència del:

$$CI = \frac{6.5350 - 6}{6 - 1} = 0.1070$$

I una proporció de consistència del:

$$PC = \frac{0.1070}{1.24} = 0.0862$$

Menor al 10%.



Un cop calculada la proporció de consistència, per tal de calcular el vector de pesos w hem de multiplicar la matriu per si mateixa i calcular el vector propi, fent el quocient entre la suma de cada fila entre el resultat de sumar totes les files, fins que els 4 primers decimals del vector propi coincideixen. En el nostre cas això requereix quatre productes:

Primer producte

6,0000	2,5397	6,0952	21,3333	20,6667	4,7111
21,3333	6,0000	18,0000	62,0000	64,0000	12,4000
10,6667	3,7778	6,0000	35,3333	32,0000	7,0667
2,1333	0,7429	1,8095	6,0000	6,4000	1,4667
1,9238	0,7111	1,6254	6,0952	6,0000	1,4095
14,6667	3,7143	9,0476	36,6667	41,3333	6,0000

Suma files	Vector Propi
61,3460	0,1258
183,7333	0,3768
94,8444	0,1945
18,5524	0,0380
17,7651	0,0364
111,4286	0,2285
487,6698	

Segon Producte

309,5619	101,5450	233,6762	927,5344	936,8466	191,5175
885,2571	295,8053	674,4381	2679,8730	2694,2222	557,6466
449,1767	147,6741	348,9016	1339,9365	1364,4444	278,8233
94,5727	31,1670	71,7613	284,2921	286,9587	58,6701
89,2698	29,3229	67,8132	267,3862	270,5524	55,2212
509,4857	172,6307	398,3577	1554,7937	1561,0159	327,1280

2700,6815	0,1314
7787,2423	0,3790
3928,9566	0,1912
827,4218	0,0403
779,5656	0,0379
4523,4116	0,2201
20547,2795	

Tercer Producte

559610,8748	185421,1647	428737,0525	1684328,8861	1701026,8643	349870,0584
1616916,0943	535783,9534	1238835,9730	4866821,2094	4914984,9381	1010974,2517
817077,6286	270722,7666	626045,4601	2459160,2512	2483641,0079	510828,2794
171494,9734	56823,2463	131389,6114	516169,1553	521287,4955	107219,4423

4908994,9008	0,1311
14184316,4200	0,3787
7167475,3939	0,1914
1504383,9242	0,0402



161626,8964	53552,8607	123829,5617	486462,9729	491290,2232	101048,5801
942532,6445	312331,8902	722216,3558	2836994,1005	2865102,5264	589347,4077

1417811,0949	0,0379
8268524,9252	0,2208
37451506,6589	

Quart Producte

1,85684E+12	6,15258E+11	1,42266E+12	5,58878E+12	5,64422E+12	1,16093E+12
5,36529E+12	1,77778E+12	4,11076E+12	1,61487E+13	1,63089E+13	3,35449E+12
2,71114E+12	8,98329E+11	2,07721E+12	8,16009E+12	8,24103E+12	1,69506E+12
5,69037E+11	1,88549E+11	4,35983E+11	1,71271E+12	1,7297E+12	3,55774E+11
5,3629E+11	1,77698E+11	4,10893E+11	1,61415E+12	1,63016E+12	3,353E+11
3,12766E+12	1,03634E+12	2,39634E+12	9,41375E+12	9,50713E+12	1,95548E+12

1,62887E+13	0,1311
4,70658E+13	0,3787
2,37829E+13	0,1914
4,99175E+12	0,0402
4,70449E+12	0,0379
2,74367E+13	0,2208
1,2427E+14	

TAULA 6. OBTENCIÓ DEL VECTOR PES⁶

Per tant el vector de pesos queda com:

Eficiència	0,1311
Cost	0,3787
Potència	0,1914
Velocitat	0,0402
Compatibilitat	0,0379
Maduresa de la Tecnologia	0,2208

TAULA 7. VECTOR PES⁷

⁶ Font: Pròpia

⁷ Font: Pròpia

2. Aplicació del mètode VIKOR i obtenció del rànquing d'alternatives

El mètode VIKOR va ser desenvolupat per a solucionar problemes de decisió multi criteri (MCDM) que constessin amb criteris en conflicte i no commensurables, és a dir amb diferents unitats. El decisor obté mitjançant aquest mètode la solució que és la més pròxima a la ideal i les alternatives són avaluades en funció de tots els criteris establerts. Es tracta d'un mètode que es centra en el rànquing i la selecció d'una o un conjunt de compromís d'alternatives d'un conjunt inicial amb criteris en conflicte. (Opricovic y Tzeng 2007)

Per tal d'aplicar aquest mètode, primerament necessitem les valoracions obtingudes per a les diferents alternatives:

	eHighway	Honda	Slide-in	Elonroad	Elways	Electreon	OLEV	Primove
Eficiència	85	95	97	90	95	90	71	90
Cost	2,2	0,13	1	1,5	1	1	0,5	6,15
Potència	500	450	126	300	200	20	22	200
Velocitat	80	150	100	90	100	60	60	50
Compatibilitat	0,5	1	1	1	1	1	1	1
Maduresa de la Tecnologia	6	4	5	5	6	4	7	5

TAULA 8. VALORACIONS DE LES ALTERNATIVES⁸

Amb les valoracions efectuades hem de buscar els valors f_i^* i f_i^- per a cada criteri:

	Pes Relatiu	f_i^*	f_i^-
Eficiència	0,1311	97	71
Cost	0,3787	0,13	6,15
Potència	0,1914	500	20
Velocitat	0,0402	150	50
Compatibilitat	0,0379	1	0,5
Madures de la Tecnologia	0,2208	7	4

TAULA 9. VALORS DE f_i^* I f_i^- ⁹

⁸ Font: Pròpia

⁹ Font: Pròpia

Aplicant les equacions següents, calculem els valors de Q, S i R:

$$S_j = \sum_{i=1}^n w_i \frac{f_i^* - f_{ij}}{f_i^* - f_i^-}$$

$$R_j = \max_i \left[w_i \frac{f_i^* - f_{ij}}{f_i^* - f_i^-} \right]$$

$$Q_j = v \frac{S_j - S^*}{S^- - S^*} + (1 - v) \frac{R_j - R^*}{R^- - R^*}$$

	Qj	Sj	Rj
eHighway	0,1050	0,3303	0,1302
Honda	0,1952	0,2508	0,2208
Slide-in	0,1849	0,3711	0,1491
Elonroad	0,1826	0,3725	0,1472
Elways	0,0290	0,2781	0,1196
Electreon	0,2469	0,3666	0,1837
OLEV	0,2755	0,3811	0,1906
Primove	1,0000	0,7210	0,3787

TAULA 10. VALORS DE Q, S I R¹⁰

Endreçant els valors a partir del valor de Q en ordre creixent obtenim el rànquing d'alternatives:

	Qj	Sj	Rj
Elways	0,0290	0,2781	0,1196
eHighway	0,1050	0,3303	0,1302
Elonroad	0,1826	0,3725	0,1472
Slide-in	0,1849	0,3711	0,1491
Honda	0,1952	0,2508	0,2208
Electreon	0,2469	0,3666	0,1837
OLEV	0,2755	0,3811	0,1906
Primove	1,0000	0,7210	0,3787

TAULA 11. RÀNQUING D'ALTERNATIVES¹¹

¹⁰ Font: Pròpia

¹¹ Font: Pròpia

Comprovant les condicions d'estabilitat del mètode VIKOR, veiem que la condició d'avantatge acceptable no es compleix

$$Q(A^{(2)}) - Q(A^{(1)}) \geq DQ$$

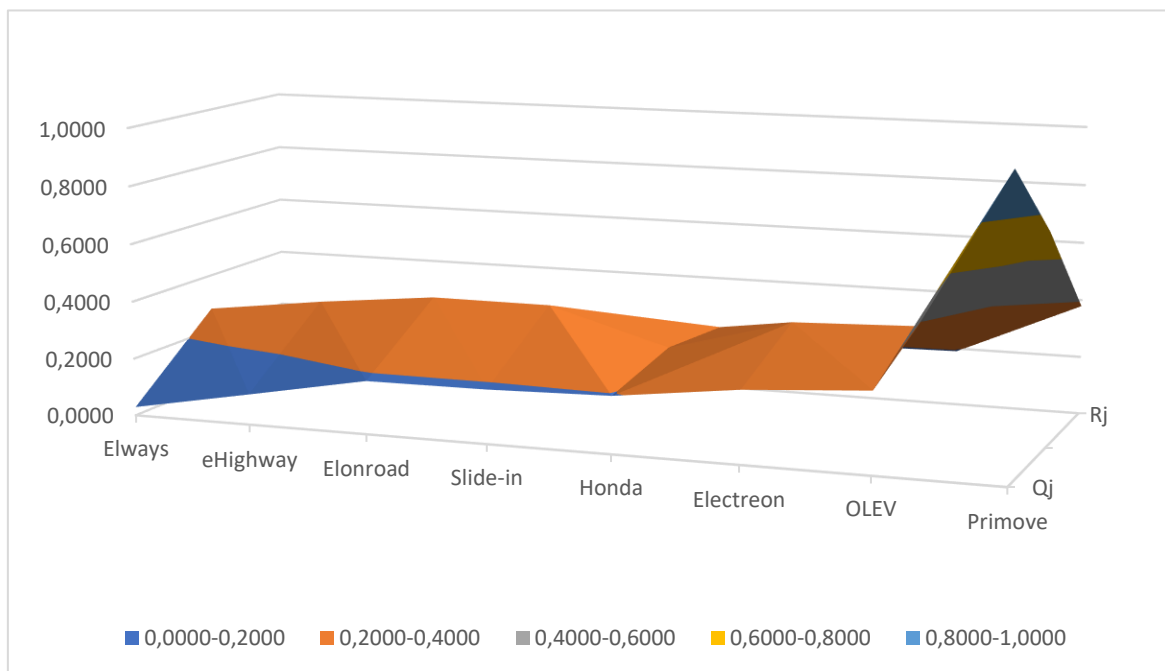
$$0.1050 - 0.0290 \geq \frac{1}{8 - 1}$$

$$0.076 < 0.1428$$

Per tant, és necessària la proposició d'un conjunt d'alternatives $A^{(M)}$. L'última alternativa en complir amb la condició:

$$Q(A^{(M)}) - Q(A^{(1)}) < DQ$$

És la segona alternativa, per tant el conjunt d'alternatives solució és $A^{(M=2)}$. Aquest conjunt correspon a les alternatives Elways i eHighway, que com es pot veure al següent gràfic¹² tenen valors de Q molt semblants:



¹² Font: Pròpia



3. Bibliografia

- MUÑOZ MEDINA, B. y ROMANA GARCÍA, M., 2016. Aplicación de métodos de decisión multicriterio discretos al análisis de alternativas en estudios informativos de infraestructuras de transporte. *Pensamiento Matemático*, vol. 6, no. 2, pp. 27-45. ISSN 2174-0410.
- OPRICOVIC, S. y TZENG, G.H., 2007. Extended VIKOR method in comparison with outranking methods. *European Journal of Operational Research*, vol. 178, no. 2, pp. 514-529. ISSN 03772217. DOI 10.1016/j.ejor.2006.01.020.
- OSORIO, J. y OREJUELA, J., 2008. EL Proceso de Análisis Jerárquico (AHP) y la toma de decisiones multicriterio. Ejemplo de aplicación. *Scientia Et Technica* [en línea], vol. XIV, no. 39, pp. 247-252. ISSN 0122-1701. Disponible en: <http://www.redalyc.org/resumen.oa?id=84920503044>.