
CAPÍTOL 4

CÀLCUL I ESTUDI D'INDICADORS

4.1 INTRODUCCIÓ

Per a analitzar el comportament estacional del trànsit a les vies catalanes és necessari definir i calcular una sèrie d'indicadors, a partir de la informació tractada segons el capítol anterior, que relacionin intensitats mitges de diferents períodes de temps. Amb ells es podran resumir els trets característics de cada estació d'aforament i seran la base per poder després establir una classificació estacional de la xarxa.

Una vegada calculats els indicadors, perquè aquesta classificació es pugui portar a terme amb garanties, caldrà analitzar-los en conjunt per detectar possibles símptomes de dependència entre ells i prescindir d'aquells que aportin informació redundant al conjunt. Aquesta anàlisi es realitzarà mitjançant la tècnica estadística coneguda com a anàlisi factorial, mitjançant el programa informàtic SPSS.

Donada una mostra d'observacions en un conjunt gran de variables quantitatives, indicadors en el cas present, l'anàlisi factorial és una tècnica útil per a representar-les en un espai de dimensió menor, anomenat espai factorial, que permetrà interpretar les relacions entre elles. Si dins aquest nou espai es poden determinar subconjunts de variables clarament diferenciats les dades inicials es podran expressar segons un nou conjunt de variables no observables directament (de menor dimensió), anomenats factors, de tal forma que cada un d'aquests representi la informació que tenen en comú les variables pertanyents a un mateix subconjunt. Perquè això pugui succeir cada un dels subconjunts ha de ser format per variables fortament relacionades entre elles i, a la vegada, totalment independents de les d'altres subconjunts.

El fet de reduir els indicadors a dos o tres factors serà una bona eina per a representar gràficament, en funció d'ells, la disposició espacial de les estacions i apreciar visualment possibles agrupacions d'elements que es concretarien amb posteriors anàlisis.

4.2 ELECCIÓ I CÀLCUL D'INDICADORS

Per a poder classificar estacionalment les vies catalanes mitjançant les dades d'intensitats de trànsit es fa necessari definir uns indicadors que resumeixin la tendència del comportament en uns pocs valors concrets. Aquests valors, a més, hauran de ser valors relatius, és a dir, que sempre s'hauran de relacionar dos valors d'intensitats mitjanes de diferents períodes temporals. La finalitat de la relativitat és doble: per una banda, treballar amb valors adimensionals, de manera que es pugui comparar un mateix indicador entre diferents estacions d'aforament directament i, per altra, complir amb la hipòtesi de treball enunciada al capítol anterior, que fa referència al fet que perquè es pugui fer ús indistint de les intensitats de dos anys consecutius d'un mateix aforament els valors dels indicadors han de ser relatius.

Els indicadors que s'estudiaran pertanyen a tres grups o famílies independents les unes de les altres. En primer lloc es troben els indicadors estacionals pròpiament dits, que es caracteritzen per relacionar intensitats mitges entre diferents períodes de temps. Aquests constitueixen el gruix principal de variables per extreure informació de caire estacional i seran la base emprada per classificar les vies. En segon lloc hi ha les anomenades asimetries dels indicadors anteriors, que avaluen el repartiment per sentits d'un determinat indicador a una via, expressat en percentatge. En aquest cas s'ha considerat oportú reflectir el valor del sentit amb ocupació superior. I per últim, es troben els indicadors de factor horari, que indiquen, respecte la IMD anual, el valor de les intensitats horàries més representatives d'una via en percentatge.

Abans de presentar en detall cadascun dels indicadors anteriors, cal remarcar un fet de notable importància. L'estacionalitat de la circulació pot respondre a les variacions temporals dels dos trànsits existents, que són, en línies generals, el de vehicles lleugers i el de vehicles pesats, i que no tenen perquè ser les mateixes. L'objecte d'estudi de la tesina són les pautes de comportament del primer d'aquests trànsits perquè és, clarament, el majoritari i és el que realment defineix les variacions estacionals de la circulació. El segon d'ells també presenta variacions amb certa estacionalitat però són molt menys importants que les de l'anterior, a més de que es regeixen, bàsicament, per raons de caire econòmic. Això provoca que el volum de pesats en èpoques de temps lliure (festius, estiu,...) es redueixi en gran mesura. L'anàlisi del comportament de la circulació d'aquests es planteja com a línia de futura investigació, un cop s'hagin extret les conclusions de la tesina.

Amb la intenció, doncs, d'estudiar el comportament cíclic del trànsit de lleugers apareix un dubte a l'hora del càlcul dels indicadors: utilitzar les dades d'intensitat únicament d'aquests o emprar les intensitats del trànsit total. Treballar amb intensitats de lleugers directament suposa centrar-se a l'anàlisi de l'estacionalitat desitjada sense les interferències que pogués introduir el trànsit de pesats, però presenta un inconvenient de rellevància. I és que els indicadors, malgrat representar les variacions de la circulació que són objectiu d'aquest treball, no reflectiran els resultats reals del trànsit total que circula per cada via en un moment determinat, ja que no es tenen en compte, precisament, els pesats. S'avaluarà amb ells, doncs, un escenari ideal generat artificialment per estudiar la circulació de lleugers, reduint així l'aplicabilitat dels resultats.

Per tant, per a mantenir la correspondència directa dels resultats amb el trànsit real circulant, es creu que l'opció més encertada és la de definir i calcular els indicadors utilitzant les dades d'intensitat total. D'aquesta manera s'obtidran els valors que quantifiquin l'estacionalitat real en tot moment, però s'haurà de tenir sempre present que les variacions avaluades amb ells vindran condicionades pel percentatge de pesats de cada via o conjunt de vies. No obstant, es comprovarà en capítols posteriors que aquesta interferència serà inapreciable a la majoria de vies i només a uns pocs casos puntuals es produiran afectacions als resultats, els quals seran degudament comentats.

A continuació es presenten en detall tots els indicadors calculats.

4.2.1 Indicadors purament estacionals

Aquesta família d'indicadors, com ja s'ha comentat, és la que oferirà informació estacional de cada via d'una manera més clara i directa, ja que relaciona intensitats de diferents espais de temps entre elles. Els indicadors que la componen intenten reflectir les variacions del trànsit a tots els nivells temporals possibles, des de variacions dins un mateix dia, a variacions entre diferents èpoques de l'any, passant per variacions entre dies laborables i festius. Són les conegudes com a variacions estacionals o cícliques i ja vistes al capítol 2.

Es considera que amb els 9 que es presenten a continuació es proporciona la informació necessària per assolir una representativitat suficientment precisa del comportament dels trànsit dins una via. Cal dir també que s'ha hagut de tenir en compte, pel càlcul adient, el fet que les dades d'algunes estacions corresponen al 2000 i altres al 2001, el que suposa diferents nombres de dies a l'hora de calcular les mitges de les intensitats.

- **IND1:** Indicador d'ús en caps de setmana

$I_{\text{fest}}/I_{\text{lab}}$, on I_{fest} és la intensitat mitjana diària (IMD) de caps de setmana i de festius entre setmana i I_{lab} és la IMD de dilluns a divendres laborables (mitjanes anuals). Aquest indicador estudia les variacions de trànsit setmanals.

Cal remarcar el fet que, malgrat que segons l'estudi de Riera et al. (1998), al llarg de la setmana es presenten de forma general quatre comportaments de trànsit diferents (de dilluns a dijous, divendres, dissabtes i diumenges), s'ha considerat oportú no complicar en gran mesura l'indicador d'ús en dies festius i simplificar-lo tenint en compte dos grups de dies únicament, agrupant els dissabtes i diumenges per una banda i els altres cinc dies (feiners) per una altra.

- **IND2:** Indicador d'ús en caps de setmana d'estiu respecte els d'hivern

$I_{\text{fest estiu}}/I_{\text{fest hivern}}$, on $I_{\text{fest estiu}}$ és la IMD de caps de setmana i de festius entre setmana dels mesos de juny, juliol, agost i setembre (mitjana quadrimestral) i $I_{\text{fest hivern}}$ és la IMD de caps de setmana i de festius entre setmana dels mesos de desembre i gener (mitjana bimestral). S'estudia amb aquest indicador la variació anual d'ús de les vies en dies festius incidint als casos extrems que es donen entre estiu i hivern.

S'ha considerat com a mesos d'hivern útils per al càlcul només els de desembre i gener, ja que segons l'estudi d'estacionalitat en caps de setmana disponible (Secretaria per a la Planificació Territorial, 2001), aquests dos són els que presenten una mitja clarament inferior a la resta. Referent a l'època estival i segons el mateix estudi, els mesos de juliol i agost es comporten de manera diferent respecte els altres mesos estiuencs però s'ha considerat oportú incloure'ls perquè l'estudi en detall d'aquests dos mesos ja es realitza mitjançant els dos indicadors següents.

- **IND3:** Indicador d'ús en època estiuenca (agost)

$I_{\text{agost}}/I_{\text{total}}$, on I_{agost} és la IMD del mes d'agost (mitjana mensual) i I_{total} és la IMD anual (mitjana anual).

Com ja s'ha comentat a l'indicador anterior, el treball de la Secretaria per a la Planificació Territorial (2001) considera el comportament del mes d'agost totalment diferenciat de la resta, i aquest és el motiu pel qual es dedica un indicador per descriure'l.

- **IND4:** Indicador d'ús en època estiuenca (juliol)

$I_{\text{juliol}}/I_{\text{total}}$, on I_{juliol} és la IMD del mes de juliol (mitjana mensual) i I_{total} és la IMD anual (mitjana anual).

La raó de l'existència d'un indicador propi pel mes de juliol és la mateixa que ho era pel cas del mes d'agost encara que, degut a què l'època vacacional per excel·lència acostuma a coincidir amb aquest últim, és lícit pensar que el present indicador no serà tan definitori com l'anterior, pel que fa a trànsit degut a mobilitat no obligada.

- **IND5:** Indicador d'ús en laborables d'estiu respecte els d'hivern

$I_{\text{lab estiu}}/I_{\text{lab hivern}}$, on $I_{\text{lab estiu}}$ és la IMD de dilluns a divendres laborables dels mesos de juny, juliol i setembre, sense tenir en compte l'agost, (mitjana trimestral) i $I_{\text{lab hivern}}$ és la IMD de dilluns a divendres laborables dels mesos de desembre i gener (mitjana bimestral). Aquest indicador, com l'indicador 2, estudia la variació anual del trànsit, però ara fent incidència en els dies laborables entre estiu i hivern.

Els mesos considerats com d'hivern i estiu són els mateixos que per l'esmentat indicador, a excepció d'agost, el qual no s'ha tingut en compte per no desvirtuar el càlcul, ja que els seus dies laborables poden presentar trànsit que segueixi comportaments de festius doncs es tracta d'un mes eminentment de vacances.

- **IND6:** Indicador d'ús d'hora punta matinal

$I_{\text{matí}}/I_{\text{total}}$, on $I_{\text{matí}}$ és la intensitat mitjana horària de l'hora punta (IMHP) del matí dels laborables d'un any, considerant com a hora punta la intensitat màxima de les 7, les 8 o les 9 hores, i I_{total} és la IMD anual (mitjanes anuals). El valor de l'indicador s'expressa en tant per cent i pretén explicar les variacions diàries matinals. L'espai temporal considerat correspon al que va des de les 7 fins les 10 del matí, com s'havia vist al capítol anterior.

- **IND7:** Indicador d'ús d'hora punta de la tarda respecte la matinal

$I_{\text{matí}}/I_{\text{tarda}}$, on $I_{\text{matí}}$ és la IMHP del matí dels laborables d'un any, considerant com a hora punta la intensitat màxima de les 7, les 8 o les 9 hores, i I_{tarda} és la IMHP de la tarda dels laborables d'un any, considerant com a hora punta la intensitat màxima de les 17, les 18 o les 19 hores (mitjanes anuals). El valor de l'indicador relaciona les variacions diàries manifestades a l'hora punta de la tarda respecte l'hora punta matinal, de forma que valors propers a la unitat indicaran que el volum horari de trànsit és el mateix a les dues franges del dia. Els espais de temps als quals es fa referència són de les 7 a les 10 del matí i de les 5 a les 8 de la tarda.

- **IND8:** Indicador d'ús d'hora punta de divendres vespre

$I_{\text{div tarda}}/I_{\text{tarda}}$, on $I_{\text{div tarda}}$ és la IMHP del vespre dels divendres laborables d'un any, considerant com a hora punta la intensitat màxima de les 17, les 18 o les 19 hores, i I_{tarda} és la IMHP de la tarda dels laborables d'un any, considerant com a hora punta la intensitat màxima de les mateixes hores (mitjanes anuals). L'espai de temps considerat torna a ser de 5 a 8 de la tarda.

L'objectiu de l'indicador és reflectir variacions setmanals remarcables, ja que per una banda, ja s'ha comentat que els divendres presenten diferències respecte la resta de dies laborables de la setmana, concretament pel que fa a l'hora punta de la tarda, i per altra, aquesta hora punta més elevada pot incloure implícitament moviments de cap de setmana que no es donaven durant la resta de la setmana. El fet de relacionar els divendres amb la resta de feiners és precisament per constatar, si escauen, les diferències entre ells.

- **IND9:** Indicador d'ús d'hora punta de diumenges vespre

$I_{\text{diu tarda}}/I_{\text{total}}$, on $I_{\text{diu tarda}}$ és la IMHP del vespre dels diumenges d'un any, considerant com a hora punta la intensitat màxima de les 17, les 18 o les 19 hores (de 5 a 8 de la tarda, com als indicadors anteriors), i I_{total} és la IMD anual (mitjanes anuals). El valor de l'indicador s'expressa en percentatge i prova d'estudiar l'hora punta de retorn del trànsit de cap de setmana, per la qual cosa es pot entendre com un indicador de la variació de cap de setmana respecte laborables (variació setmanal). Els seus valors haurien de ser de l'ordre dels de l'indicador anterior.

4.2.2 Asimetries dels indicadors

Les asimetries són un grup d'indicadors que avaluen la proporció que presenta cada un dels indicadors purament estacionals segons el sentit de la via en qüestió, expressada en percentatge. Pel seu càlcul s'ha pres el valor de la intensitat més gran dels dos sentits, i s'ha relacionat amb el valor total corresponent, de manera que valors propers al 50% indiquen un repartiment equilibrat entre sentits, és a dir, simetria. I a l'inrevés, quant més alt sigui el valor de l'asimetria indicarà un major ús d'un sentit respecte l'altre.

S'han calculat les asimetries dels indicadors que són relativitzats segons la IMD anual total, és a dir, els indicadors 3, 4, 6 i 9. Per a la resta d'indicadors no s'ha calculat la corresponent asimetria perquè la interpretació del percentatge resultant no és immediata.

Les asimetries, doncs, són les següents:

- *ASIM3*: Asimetria d'ús en època estiuenca (agost)
- *ASIM4*: Asimetria d'ús en època estiuenca (juliol)
- *ASIM6*: Asimetria d'ús d'hora punta matinal
- *ASIM9*: Asimetria d'ús d'hora punta de diumenges vespre

D'aquestes quatre es pot pensar, a priori, que només les dues últimes tindran sentit real com a asimetria, ja que tant les del mes d'agost com la de juliol fan referència a un període de temps molt llarg dins el qual els dos sentits de les vies seran utilitzats abans o després en la mateixa mesura, i per tant, gairebé sempre hi haurà equilibri. Les asimetries 6 i 9, en canvi, tracten una intensitat d'una única hora a la qual serà possible comprovar si el trànsit discorre per un dels sentits predominantment ja que si es consideren intensitats diàries (IMD) és acceptable agrupar els dos sentits però amb intensitats horàries poden presentar-se grans diferències entre ells (Kraemer et al., 1993).

Per últim, assenyalar que es podria posar en dubte l'existència del sentit d'estacionalitat que una asimetria pugui dur de manera implícita, i més aviat que aquest sentit vingui explicat íntegrament per l'indicador corresponent, però encara així es decideix incloure-les dins el present estudi perquè aporten un grau d'informació addicional útil per a aconseguir una classificació més acurada.

4.2.3 Indicadors de factor horari

Aquest grup d'indicadors mostren el valor de certes intensitats horàries d'una via en percentatge respecte la IMD anual total.

Les intensitats horàries són les que defineixen les característiques de la via que són necessàries per a fer front a la demanda, però degut a la seva variabilitat no és possible utilitzar només una intensitat horària mitja durant un període llarg. Cal treballar amb tot el conjunt d'hores anual. Representant, doncs, el nombre d'hores d'un any a les quals es sobrepassen determinants valors de la intensitat, s'obté una corba en la què es pot veure que, excepte per les 100 o 150 primeres hores de major intensitat, la intensitat horària disminueix lentament en augmentar la freqüència amb la qual es sobrepassen aquests valors de la intensitat. Per contra, per a grans intensitats de trànsit, aquestes disminueixen ràpidament en augmentar la freqüència. Entre aquestes dues tendències existeix un punt d'inflexió que es sol presentar entre les 10 i les 50 hores (Kraemer et al., 1993)

Cada via disposarà d'un tipus de corba i es podran comparar entre si, però per fer-ho, en lloc d'utilitzar les intensitats horàries s'utilitzen les relacions intensitat horària – IMD anual. Al present treball, i per poder utilitzar les corbes com a element classificador, es defineixen sis indicadors de factor horari que representen per a cada estació la seva corba i es poden afegir com a informació numèrica addicional als indicadors ja vists anteriorment. Així doncs, aquests indicadors són:

- *IND11*: fh 0% (IH de la hora 0 respecte la IMD anual)

- *IND12*: fh 30% (IH de la hora 30 respecte la IMD anual)
- *IND13*: fh 50% (IH de la hora 50 respecte la IMD anual)
- *IND14*: fh 100% (IH de la hora 100 respecte la IMD anual)
- *IND15*: fh 150% (IH de la hora 150 respecte la IMD anual)
- *IND16*: fh 500% (IH de la hora 500 respecte la IMD anual)

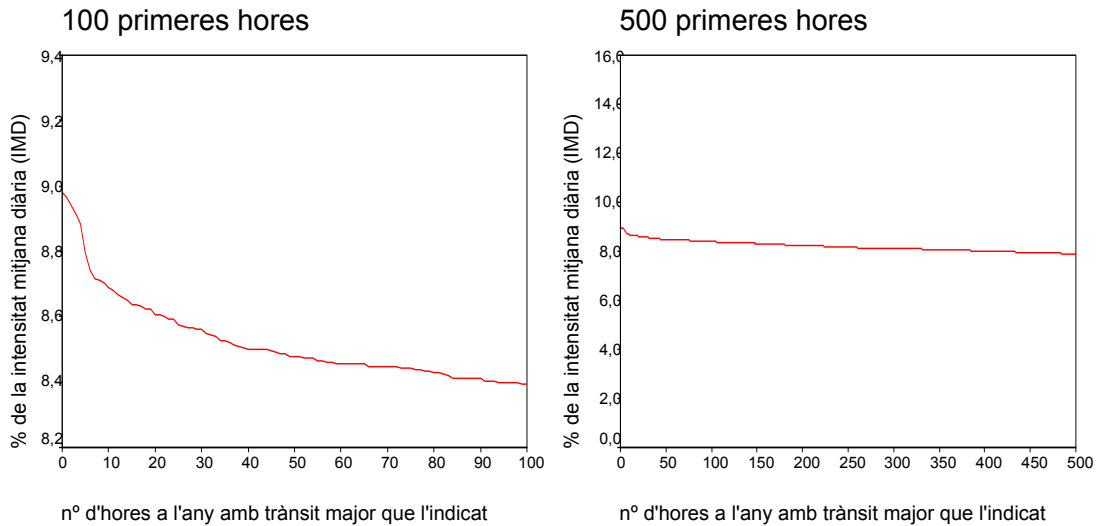


Fig. 4.1 Corba d'intensitats horàries

A la figura 4.1 es pot veure una corba d'exemple d'una via en dues imatges. A la dreta es veu la representació en les 500 primeres hores on s'aprecia la suau tendència general descendent que es donarà fins a l'hora número 8760 (que és el total d'hores d'un any), i a l'esquerra es veu el colze o punt d'inflexió al voltant de l'hora 30 que ja s'havia comentat.

4.2.4 Indicadors per a vehicles pesats

Tots els indicadors presentats fins aquí es calculen amb les dades d'intensitat total proporcionades pels aforaments. No obstant, també es calcula per a cada estació d'aforament el valor de tots els indicadors pels vehicles pesats, per tal que, encara que no es faci ús d'ells al present estudi, puguin servir en posteriors anàlisis si són necessaris. Excepte els de factor horari, que es calculen respecte la intensitat total, tota la resta es relativitzen directament segons la intensitat de pesats. A la vista de les xifres obtingudes es constaten tendències de comportament diferents entre els indicadors de lleugers (trànsit total) i els de pesats, que confirmen les desigualtats entre les estacionalitats dels dos.

Finalment, també s'ha calculat el percentatge de pesats sobre el total de vehicles de cada estació, anomenant-se l'indicador resultant indicador 10 (*IND10*), però no s'ha inclòs com a variable útil per a realitzar la classificació ja que no afegeix cap condicionant estacional a la resta d'indicadors, sinó que més aviat, informa sobre una característica general de la via en qüestió.

A l'annex 1 de la tesina s'inclou la relació d'estacions d'aforament amb els corresponents valors de tots els indicadors, tant pel trànsit total com pel de pesats.

4.3 ESTUDI DE LES RELACIONS ENTRE INDICADORS

Tot el conjunt d'indicadors calculats, resumits a la taula 4.1, s'ha de sotmetre a anàlisi per valorar l'opció d'incloure'ls tots a l'estudi de classificació posterior o bé excloure aquells que no serveixin per clarificar el procés de formació dels grups, o els que puguin distorsionar el resultat final. Per a detectar les possibles relacions entre els indicadors se'ls aplicarà una anàlisi factorial, mitjançant el SPSS, el qual també serà útil per contrastar matemàticament algunes de les idees exposades a l'apartat anterior.

Un primer pas abans de l'esmentada anàlisi és realitzar, mitjançant les eines també proporcionades pel SPSS, un estudi descriptiu univariant dels indicadors per detectar possibles errades al procés de càlcul dels mateixos les dades i per a comprovar si es poden associar a una distribució normal.

INDICADORS ESTACIONALS PURS	
IND1	IMD(festius) / IMD(laborables)
<i>IND2</i>	IMD(festius estiu) / IMD(festius hivern)
<i>IND3</i>	IMD(agost) / IMD(anual)
<i>IND4</i>	IMD(juliol) / IMD(anual)
<i>IND5</i>	IMD(laborables juny, juliol, setembre) / IMD(laborables hivern)
<i>IND6</i>	IMHP(matí laborables) / IMD(anual) (<i>en %</i>)
<i>IND7</i>	IMHP(matí laborables) / IMHP(tarda laborables)
<i>IND8</i>	IMHP(tarda divendres laborables) / IMHP(tarda laborables)
<i>IND9</i>	IMHP(tarda diumenges) / IMD(anual) (<i>en %</i>)
INDICADORS HORARIS (fh%)	
IND11	Hora 0 / IMD (fh0%)
<i>IND12</i>	Hora 30 / IMD (fh30%)
<i>IND13</i>	Hora 50 / IMD (fh50%)
<i>IND14</i>	Hora 100 / IMD (fh100%)
<i>IND15</i>	Hora 150 / IMD (fh150%)
<i>IND16</i>	Hora 500 / IMD (fh500%)
ASIMETRIES (% del sentit major respecte el total de la via)	
ASIM3	I(agost) / IMD(anual)
<i>ASIM4</i>	I(juliol) / IMD(anual)
<i>ASIM6</i>	IMHP(matí laborables) / IMD(anual)
<i>ASIM9</i>	IMHP(tarda diumenges) / IMD(anual)
PESATS	
IND10	% pesats

Taula 4.1 Relació d'indicadors

nombre més reduït m de factors. Aquests coeficients a_{ij} reben el nom de saturacions o pesos de la variable X_i al factor F_j .

Donat que els factors són variables hipotètiques, per a simplificar el problema es suposen variables reduïdes, és a dir, tant les F_i ($i=1, \dots, m$) com les U_j ($j=1, \dots, n$) tindran mitja nul·la i variança igual a la unitat. Per altra banda, com els factors tenen com a principal finalitat estudiar i simplificar les associacions entre les variables, mesurades mitjançant la matriu de correlacions, la qual és invariant per transformacions de les variables del tipus $(X_i - a)/b$, s'obté una nova simplificació del problema suposant que les variables observables X_1, \dots, X_n són també reduïdes. Es passa doncs d'unes variables X_i de mitja m_i i desviació típica σ_i a una variable també de mitja nul·la i variança unitat utilitzant la transformació $Y_i = (X_i - m_i) / \sigma_i$.

Suposant, doncs, les variables reduïdes, per les propietats de la variança, es dedueix de [4.1] per a $i=1, \dots, n$, que

$$\text{var}(X_i) = a_{i1}^2 \text{var}(F_1) + \dots + a_{im}^2 \text{var}(F_m) + d_i^2 \text{var}(U_i) \quad [4.2]$$

d'on

$$1 = a_{i1}^2 + \dots + a_{im}^2 + d_i^2 \quad i = 1, \dots, n \quad [4.3]$$

De [4.3] es dedueix que a_{ij}^2 és la contribució del factor F_j a la variabilitat total de X_i , mentre que d_i^2 , que rep el nom d'unicitat, és la contribució del factor únic U_i .

Les quantitats

$$h_i^2 = a_{i1}^2 + \dots + a_{im}^2 \quad i = 1, \dots, n \quad [4.4]$$

s'anomenen comunalitats i juguen un paper fonamental en l'anàlisi factorial. Es diu també que h_i^2 és la comunalitat de X_i i representa la contribució de tots els factors comuns a la variable X_i . Es verifica llavors que

$$1 = h_i^2 + d_i^2 \quad i = 1, \dots, n \quad [4.5]$$

és a dir, la variança d'una variable qualsevol és la suma de la seva comunalitat més la seva unicitat. A l'anàlisi factorial interessa obtenir els factors comuns de manera que expliquin una gran part de la variabilitat de les variables.

Així doncs, es pot dir que, si les variables X_1, \dots, X_n es suposen reduïdes, la matriu factorial \mathbf{A} s'obté a partir de la matriu de correlacions i la saturació a_{ij} coincideix amb el coeficient de correlació entre X_i i F_j . Al cas general, \mathbf{A} s'obté a partir de la matriu de covariances \mathbf{C} i llavors la correlació entre X_i i F_j és a_{ij}/σ_i .

El model factorial lineal pot expressar-se, en notació matricial, en la forma:

$$\mathbf{X} = \mathbf{A} \cdot \mathbf{F} + \mathbf{D} \cdot \mathbf{U} \quad [4.6]$$

sent \mathbf{A} la matriu del model factorial, \mathbf{D} la matriu diagonal amb les saturacions dels factors únics i $\mathbf{X} = (X_1, \dots, X_n)$ un vector columna amb les n variables aleatòries, juntament amb els vectors $\mathbf{F} = (F_1, \dots, F_m)$ i $\mathbf{U} = (U_1, \dots, U_n)$. La matriu de correlacions entre les n variables es dirà $\mathbf{R} = (r_{ij})$ i té la propietat de ser semidefinida positiva, és a dir, els seus valors propis, tots reals, són no negatius. L'anàlisi factorial parteix únicament de les correlacions com a informació d'entrada i \mathbf{A} , llavors, es pot caracteritzar a través de \mathbf{R} .

Segons el teorema de la identitat fonamental de l'anàlisi factorial de Thurstone (1947) es pot demostrar que tota matriu factorial ha de verificar la relació $\mathbf{R} = \mathbf{A} \cdot \mathbf{A}' + \mathbf{D}^2$ (on \mathbf{A}' és la matriu \mathbf{A} transposada). O el que és el mateix, si es parla de \mathbf{R}^* com la matriu de correlacions reduïda amb l'expressió $\mathbf{R}^* = \mathbf{R} - \mathbf{D}^2$, llavors la identitat fonamental a verificar s'expressa com $\mathbf{R}^* = \mathbf{A} \cdot \mathbf{A}'$.

Els coeficients de saturació a_{ij} de les variables als factors hauran de verificar aquesta relació la qual, però, no és suficient per ella sola per determinar-los, sinó que existiran una infinitat de matrius \mathbf{A} que la compliran. S'haurà d'establir una altra condició imposada sobre els factors per seleccionar una solució, com per exemple que el primer factor sigui el més influent d'alguna manera sobre el conjunt de les n variables.

A més hi ha un altre problema i és que les comunitats a la diagonal \mathbf{R}^* són desconegudes inicialment, ja que es determinen precisament a partir de les saturacions a_{ij} , suposant que fossin conegudes. Així doncs, l'objectiu primer per calcular els factors és conèixer les comunalitats en la diagonal de \mathbf{R}^* , el que s'aconsegueix estimant els paràmetres matricials no coneguts a priori \mathbf{D}^2 , per a posteriorment estimar també \mathbf{A} mitjançant les dues condicions abans mencionades.

4.3.1.1 Tipus de mètodes

El procés estimatiu es pot realitzar, segons les indicacions de Palomera i Pawlowsky (2001), en base a dues metodologies de càlcul per fer-ho:

- *Anàlisi de màxima versemblança*: aquest mètode es basa en la hipòtesi de normalitat multivariant aplicada a la mostra, al cas de variables no reduïdes, $\mathbf{X} \sim N_n(\mathbf{m}, \mathbf{C})$, on n correspon al nombre de variables aleatòries, \mathbf{m} el vector de mitjanes i \mathbf{C} la matriu de covariances. La identitat fonamental de l'anàlisi factorial pren llavors la forma $\mathbf{C} = \mathbf{A} \cdot \mathbf{A}' + \mathbf{D}^2$ i per obtenir la matriu factorial deduïda de \mathbf{R} caldrà dividir les files de \mathbf{A} per les desviacions típiques de les variables, operació correcta ja que el mètode de la màxima versemblança té la propietat d'ésser invariant per canvis d'escala. Es planteja obtenir l'estimació de \mathbf{A} que faci màximversemblants les covariances observades mostrals $\mathbf{S}=(s_{ij})$ en mostres de mida N , segons una funció depenent únicament de l'esmentada \mathbf{S} , la qual necessita de mètodes numèrics iteratius per la seva resolució.

A aquest mètode no és necessària l'estimació prèvia de les comunalitats per obtenir la matriu factorial, sinó que s'obtenen com a resultat del mètode. No obstant, s'ha de fixar inicialment un nombre k de factors comuns que es confirma posteriorment mitjançant un contrast d'hipòtesis.

- *Mètodes directes*: la metodologia d'aquest tipus evita el compliment de la hipòtesi de normalitat multivariant de la mostra i centra els esforços en trobar la descomposició de la matriu de covariances a través d'estratègies algebraiques però d'aplicació directa. Existeixen diverses tècniques d'aplicació, com mostra el treball de Palomera i Pawlowsky (2001), però aquí es recullen totes les que permet utilitzar el SPSS, segons Visauta (1998):
 - *Anàlisi de components principals*: es prescindeix de les unicitats, per a poder expressar les variables inicials amb només factors comuns. Consisteix bàsicament a dur a terme una combinació lineal de totes les variables de manera que el primer component principal (F_1) sigui una combinació que expliqui la major proporció de variances de la mostra, el segon (F_2) la segona major i que a la vegada estigui incorrelacionat

amb el primer, i així successivament fins a tenir tants components com variables. Es tracta, doncs, de reduir un nombre de variables intercorrelacionades a un nombre inferior de factors sense correlació.

Si s'utilitzen tants components principals com variables, cada una d'elles pot ésser explicada per ella mateixa i per tant tota la variabilitat de cada variable, que expressada en unitats de desviació estandaritzades és igual a la unitat, pot ser explicada pels factors comuns. Això implica que la comunalitat inicial és igual a la unitat per a totes les variables, ja que es recorda que la comunalitat és la proporció de variabilitat d'una variable explicada pel conjunt dels k primers factors i donat que a la solució inicial l'esmentat conjunt coincideix amb el de tots els possibles, la variabilitat de totes i cadascuna de les variables es troba totalment explicada. Per tant aquesta tècnica presenta l'avantatge de què no cal estimar les comunalitats inicialment.

Resta per decidir el valor de k , ja que quant menor sigui menor serà la qualitat de la representació, és a dir, amb k petits la solució serà fàcil d'analitzar però serà poc fiable, mentre que si és gran succeirà el contrari. Un dels possibles criteris per determinar k és el de Kaiser, segons el qual es conservaran aquells factors l'autovalor associat dels quals sigui major que 1 (l'autovalor associat a un factor indica la part de la variabilitat total explicada per aquest factor i, per tant, la suma de tots els autovalors coincideix amb el nombre de variables originals).

- *Factorització d'eixos principals*: procedeix de manera semblant a l'anterior amb la diferència que la diagonal de la matriu de correlacions es reemplaça per les estimacions de comunalitat. Al primer pas, els coeficients de correlació múltiple al quadrat són utilitzats com estimacions inicials de la comunalitat i a partir d'aquí s'extrau el nombre de factors necessaris. De forma iterativa, les comunalitats es tornen a estimar a partir de les saturacions factorials i els factors són extrets de nou amb les noves comunalitats reemplaçant les anteriors. El procés continua fins que no es produeix un canvi significatiu en les comunalitats estimades.
- *Mínims quadrats no ponderats (ULS)*: genera, per un nombre determinat de factors, una matriu de saturacions factorials que minimitza la suma de les diferències al quadrat entre les matrius de correlacions observada i estimada (ignorant la diagonal).
- *Mínims quadrats generalitzats (GLS)*: segueix el mateix criteri que l'anterior però ponderant inversament els coeficients de correlació amb el coeficient d'unicitat de cada variable, és a dir, la proporció de variabilitat de cada variable no explicada pels factors comuns.
- *La factorització alpha*: considera la variable com una mostra de l'univers de variables possibles i maximitza la fiabilitat generalitzada α dels factors, coeficient comunament utilitzat en psicometria per analitzar la fiabilitat d'un test.
- *La factorització d'imatge*: es basa en la idea de la imatge d'una variable entesa com a regressió lineal amb la resta de variables.

Per últim, assenyalar que el SPSS també dona l'opció d'utilitzar el mètode de *màxima versemblança (ML)*, ja comentat anteriorment, al qual calcula uns coeficients factorials que tenen màxima versemblança de reproduir la matriu de correlacions observada si la mostra procedeix d'una població normal multivariant.

4.3.1.2 Rotacions

Un cop calculats els factors, per a arribar a entendre el seu sentit i significat i poder interpretar-los amb més facilitat, s'acostumen a utilitzar eines de transformació especial anomenades rotacions. Aquestes permeten projectar sobre altres plans els factors representatius de la mostra, però sense que es vegi afectada ni la comunalitat ni el percentatge de variances explicada pel model, encara que si pot canviar la de cada factor.

Segons Visauta (1998), existeixen diversos procediments de rotació. Per una banda hi ha els ortogonals, que es caracteritzen perquè els factors es mantenen incorrelacionats i els eixos formant angles rectes, i per altra, els oblics o no ortogonals, i per tant amb correlacions entre factors no necessàriament nul·les. Dins els primers, destaca el mètode *varimax*, que tracta de minimitzar el nombre de variables amb pesos o saturacions elevades en cada factor. També es troben el *quartimax*, que tracta de minimitzar el nombre de factors necessaris per explicar un conjunt de variables, i l'*equamax*, que és una combinació dels dos anteriors ja que tracta de simplificar factors i variables. Dins els segons, es troben dos procediments. Per una banda el *promax*, que és el més ràpid de calcular per part del sistema, i treballa amb el paràmetre λ , i per altra, el *oblimin*, que ho fa amb el paràmetre δ el qual serà nul si es vol uns factors molt oblics, o sigui, amb una forta correlació entre els mateixos, o negatiu quant menys oblics siguin.

La finalitat de tots aquests mètodes és obtenir una matriu factorial que s'aproximi al principi d'estructura simple, segons el qual la matriu ha de complir que cada factor ha de tenir uns pocs pesos alts i la resta propers a 0, que cada variable no ha de ser saturada més que en un sol factor i que no han d'existir factors amb la mateixa distribució.

4.3.1.3 Puntuacions factorials

Finalment, cal comentar una última aplicació de gran utilitat de l'anàlisi factorial. La determinació de k subconjunts mitjançant la solució de k factors permet simplificar el conjunt de variables inicials a aquests nous factors, de manera que cada un d'ells representarà la informació d'un subconjunt diferent. Per tant, si es projecta cada individu de la mostra sobre cada un dels k factors es generen k noves variables anomenades *puntuacions factorials* que representen la informació inicial però amb una significant reducció de dimensions de l'espai, ja que es passa de n a k dimensions ($n > k$).

Les puntuacions factorials no es poden establir exactament, sinó que s'han d'estimar i amb elles resta explicat el percentatge de variabilitat total que el model dels k factors arribava a explicar. Permeten analitzar les semblances entre els individus al conjunt de variables observades i, en particular, si el subespai factorial extret té només dos o tres dimensions, serà possible representar gràficament el conjunt d'individus en l'esmentat subespai (Ferran, 1996).

4.3.2 Elecció de mètode de l'anàlisi factorial

La condició primera i essencial per saber si una mostra procedeix d'una població normal multivariant és veure si les variables que la formen són o no normals. Com s'ha vist anteriorment, aquest no és el cas de la majoria dels indicadors estudiats i, per tant, no es podrà fer ús del mètode de màxima versemblança per a l'anàlisi factorial sinó que s'haurà d'escollir una tècnica d'actuació segons el mètode directe.

De totes les tècniques existents d'aquest mètode, la que destaca sobre la resta per ser d'un ús més freqüent és la de l'anàlisi de components principals. Això és així perquè amb ella no cal fer cap estimació inicial de les comunalitats i no s'utilitza cap procés iteratiu en la seva execució. Per aquesta raó el cost computacional i, per tant, el temps de resposta són menors en comparació amb la resta de tècniques. La qualitat del resultat, no obstant, és pràcticament igual independentment de la tècnica emprada. Així doncs, es decideix treballar segons l'esmentada *anàlisi de components principals*. Val a dir que el SPSS acostuma a anomenar als factors directament com components quan s'utilitza aquesta tècnica.

D'altra banda, el mètode de rotació s'haurà d'escollir segons els resultats de cada cas en particular, però a priori el més comunament utilitzat és el *varimax*.

Prèviament a l'estudi de les possibles relacions entre tot el conjunt d'indicadors que conforma la mostra, es considera necessari analitzar les relacions entre ells però per subgrups, és a dir, estudiant separadament els indicadors purament estacionals per una banda, les asimètries per altra i els indicadors de factor horari per una altra, per tal de descobrir possibles correlacions directes dins d'un mateix subgrup que restarien ocultes amb la inclusió d'altres variables.

La idea que es segueix amb vistes a la classificació de les estacions posterior és treballar bàsicament amb la informació proporcionada pels indicadors purament estacionals, i només incloure algun altre indicador al conjunt si aporta alguna idea addicional no redundant amb aquelles.

4.3.3 Aplicació de l'anàlisi factorial. Estudi dels indicadors estacionals

En primer lloc s'estudien les possibles relacions dins aquest conjunt de variables i per a tal fi s'aplica una anàlisi factorial sobre la mostra formada pels nou indicadors presentats anteriorment. Es suposa que aquests es troben intercorrelacionats, degut a l'existència dels tres tipus de variacions cícliques de la intensitat, pel què haurien d'aparèixer tres grups més o menys clarificats de variables. Perquè l'anàlisi confirmés aquesta idea es necessitarien tres factors representants del comportament de cada un d'aquests grups i que, en conjunt, expliquessin gran part de la variabilitat total. A continuació es mostren els resultats obtinguts mitjançant l'ús del SPSS, seguint les indicacions de Visauta (1998) i Ferran (1996), amb els quals es poden discernir els grups d'indicadors.

L'anàlisi factorial pren com a punt de partida la matriu de correlació entre variables, amb la qual es comprova numèricament la dependència entre elles. A la taula 4.2 apareix la matriu en el cas corresponent i el valor del seu determinant al peu, juntament amb el grau de significació d'aquests coeficients en un contrast unilateral. Aquests, malgrat no ser útils per un possible contrast d'hipòtesis, donen una idea de la correcció dels càlculs, ja que coeficients alts s'han de correspondre amb significacions baixes i a l'inrevés, com és el cas aquí. És important, doncs, que totes les variables

tinguin al menys un coeficient de correlació significatiu a la matriu, el que indicarà l'existència de relacions de dependència entre les variables.

En funció d'aquesta matriu, es poden conèixer diversos paràmetres que donen una idea de la qualitat de l'anàlisi, o el que és el mateix, de si els resultats que s'obtinguin són de fiar o pel contrari no es poden acceptar com creïbles. La idea que segueixen tots ells és estudiar el grau de semblança entre la matriu de correlació i la matriu identitat ja que, quant major sigui aquest, menor correlació hi haurà entre les variables, fins al cas extrem de que totes siguin independents i apareguin, llavors, tants grups com variables, amb la qual cosa la realització d'una anàlisi factorial amb les dades seria desaconsellable.

El primer d'aquests indicadors és el propi determinant de la matriu que, com es pot veure a la taula 4.2, és molt baix, de l'ordre 10^{-6} . Un valor proper a 0 com aquest indica que la matriu de correlacions es troba lluny de la identitat.

Un segon indicador és l'anomenat KMO (Kaiser-Meyer-Olkin), que compara els coeficients de correlació de Pearson de la taula 4.2 (r_{ij}) amb els coeficients de correlació parcial entre variables (a_{ij}), segons s'indica a la relació [4.7].

Matriu de Correlacions^a

		IND1	IND2	IND3	IND4	IND5	IND6	IND7	IND8	IND9
Correlació	IND1	1,000	,461	,707	,359	,397	-,789	-,642	,794	,860
	IND2	,461	1,000	,800	,920	,932	-,475	-,409	,220	,385
	IND3	,707	,800	1,000	,690	,702	-,723	-,667	,447	,535
	IND4	,359	,920	,690	1,000	,937	-,398	-,315	,138	,234
	IND5	,397	,932	,702	,937	1,000	-,433	-,331	,199	,310
	IND6	-,789	-,475	-,723	-,398	-,433	1,000	,904	-,649	-,686
	IND7	-,642	-,409	-,667	-,315	-,331	,904	1,000	-,499	-,579
	IND8	,794	,220	,447	,138	,199	-,649	-,499	1,000	,768
	IND9	,860	,385	,535	,234	,310	-,686	-,579	,768	1,000
Sig.	IND1		,000	,000	,001	,000	,000	,000	,000	,000
	IND2	,000		,000	,000	,000	,000	,000	,027	,000
	IND3	,000	,000		,000	,000	,000	,000	,000	,000
	IND4	,001	,000	,000		,000	,000	,003	,116	,020
	IND5	,000	,000	,000	,000		,000	,002	,041	,003
	IND6	,000	,000	,000	,000	,000		,000	,000	,000
	IND7	,000	,000	,000	,003	,002	,000		,000	,000
	IND8	,000	,027	,000	,116	,041	,000	,000		,000
	IND9	,000	,000	,000	,020	,003	,000	,000	,000	

a. Determinant = 5,860E-06

Taula 4.2 Matriu de correlacions i determinant

$$KMO = \frac{\sum_{i \neq j} \sum r_y^2}{\sum_{i \neq j} \sum r_y^2 + \sum_{i \neq j} \sum a_y^2} \quad [4.7]$$

Si els coeficients de correlació parcial entre les variables són molt petits llavors la relació entre cada parell de les mateixes pot ser explicada per la resta i, per tant, dur a

terme una anàlisi factorial de les dades no deixa de ser una bona solució. En aquest supòsit, si la suma dels coeficients de correlació parcial al quadrat és molt petita, KMO serà un índex molt proper a la unitat i, per tant, l'anàlisi factorial un procediment adequat. A la taula 4.3 es pot veure el valor de KMO al cas present el qual, segons el criteri de Kaiser, permet considerar els resultats com a bons.

KMO i Test de Bartlett

Mesura Kaiser-Meyer-Olkin d'adequació de la mostra		,801
Test d'esfericitat de Bartlett	Approx. Chi-Quadrat	869,418
	df	36
	Sig.	,000

Taula 4.3 KMO i test de Bartlett

El tercer paràmetre indicador de la qualitat de l'anàlisi és el test d'esfericitat de Bartlett, el resultat del qual es pot veure a la taula 4.3. S'obté a partir de la transformació χ^2 del determinant de la matriu de correlacions i quant major sigui i, per tant, menor el grau de significació, més improbable que la matriu sigui una matriu identitat. L'inconvenient que presenta aquest test és que si la mostra no és normal, com succeeix aquí, només gaudeix de caràcter informatiu, ja que no es pot garantir probabilísticament una adequació a cap funció de distribució coneguda, i només serveix per corroborar els resultats proporcionats pels paràmetres anteriors. En aquest cas, el valor del test resulta ser alt amb significació nul·la.

Així doncs, la presència d'una majoria de coeficients de correlació de Pearson altament significatius, un determinant baix, un KMO alt i un test de Bartlett amb significació nul·la permet concloure que l'anàlisi factorial a realitzar resulta adequat.

Comunalitats

	Inicial	Extracció
IND1	1,000	,914
IND2	1,000	,959
IND3	1,000	,848
IND4	1,000	,945
IND5	1,000	,947
IND6	1,000	,945
IND7	1,000	,963
IND8	1,000	,872
IND9	1,000	,873

Taula 4.4 Comunalitats mitjançant components principals

Mitjançant la tècnica de *components principals* es presenta a partir d'aquí el procés per a extreure els factors pertinents. Es pot comprovar a la taula 4.4 que les comunalitats inicials, com s'havia indicat, són iguals a la unitat pel que no fa falta estimar-les d'inici. També hi són a aquesta taula les comunalitats resultants un cop realitzada l'extracció de factors (o components), el nombre dels quals el SPSS l'escull per defecte segons el criteri de Kaiser, és a dir, tants com autovalors majors que 1 hi hagi. No obstant, com

es pot veure a la taula 4.5, segons aquest criteri, resulten dos factors amb els quals s'explica un 84% de la variabilitat total, però amb l'extracció d'un tercer factor s'arriba a cobrir un 91% de la mateixa. Aquest augment notable d'informació i el fet que amb tres components encara és possible una representació gràfica de qualitat indiquen que és preferible l'extracció de tres factors. Així doncs, recordant que la comunalitat és la proporció de variabilitat d'una variable explicada pel conjunt dels k primers factors, es pot veure a la taula 4.4 que amb els tres primers s'explica gairebé la totalitat de cada indicador.

Un cop fins aquí es té la seguretat de la qualitat de l'anàlisi factorial realitzat i ja es pot passar a estudiar com s'interrelacionen els indicadors amb garanties. El programa mostra, llavors, una taula amb les saturacions o pesos factorials que indiquen la càrrega de cada variable a cada factor, de manera que els factors amb uns pesos més elevats en termes absoluts indiquen una relació estreta amb les variables. Des del punt de vista de l'anàlisi factorial, la situació ideal és trobar un model al qual totes les variables saturin a algun factor, és a dir, pesos factorials alts a un i baixos a la resta.

Variança Total Explicada				Variança Total Explicada			
Autovalors Inicials				Extracció			
Comp.	Total	% de Variança	% Acumulat	Comp.	Total	% de Variança	% Acumulat
1	5,556	61,735	61,735	1	5,556	61,735	61,735
2	2,035	22,613	84,348	2	2,035	22,613	84,348
3	,674	7,486	91,834	3	,674	7,486	91,834
4	,242	2,692	94,527				
5	,223	2,479	97,005				
6	,118	1,311	98,316				
7	6,536E-02	,726	99,042				
8	4,662E-02	,518	99,560				
9	3,959E-02	,440	100,000				

Rotació			
Comp.	Total	% de Variança	% Acumulat
1	3,382	37,575	37,575
2	2,820	31,330	68,905
3	2,064	22,929	91,834

Taula 4.5 Estadístics d'extracció inicials

Matriu de Components Rotats^a

	Component		
	1	2	3
IND4	,962	5,929E-02	,129
IND5	,956	,134	,119
IND2	,944	,170	,199
IND3	,671	,354	,522
IND8	3,740E-02	,909	,210
IND9	,167	,878	,273
IND1	,271	,831	,388
IND7	-,176	-,318	-,912
IND6	-,261	-,506	-,788

a. La rotació convergeix en 5 iteracions

Taula 4.6 Matriu de saturacions rotada segons el mètode *varimax*

Com ajuda a l'hora d'interpretar el sentit i significat dels factors, i per tant, dels grups de variables constituïts, es realitza una rotació ortogonal sobre els factors mitjançant el mètode *varimax*, ja que en aquest cas és el que proporciona resultats més clarificadors, resultant la matriu de saturacions factorials que es mostra a la taula 4.6. Segons la taula 4.5 es pot veure que, en rotar els factors, no varia el total de variabilitat explicada pel model però si la part que cada un d'ells representa sobre el total.

Per a distingir clarament el conjunt d'indicadors que s'agrupen sota un mateix indicador es genera una gràfica a la qual els pesos factorials actuen com a valors en les diverses coordenades, i que es pot veure a la figura 4.2. Els plans factorials es situen a l'interior d'un cercle de radi unitat, i en aquest sentit la situació ideal es donarà quan els punts que representen les variables, o indicadors en aquest cas, no es concentrin al voltant de l'origen del espai tridimensional sinó que siguin propers al límit del cercle o dels eixos factorials. Per a poder valorar aquest fet s'han representat les línies que marquen la distància a l'origen de cada punt. L'angle que formen aquestes línies entre elles indica gràficament el grau de dependència entre les variables. Quant més proper a 0° , major serà la correlació entre les corresponents variables i, per contra, quant més proper a 90° (perpendicularitat de les línies), menor serà aquesta correlació.

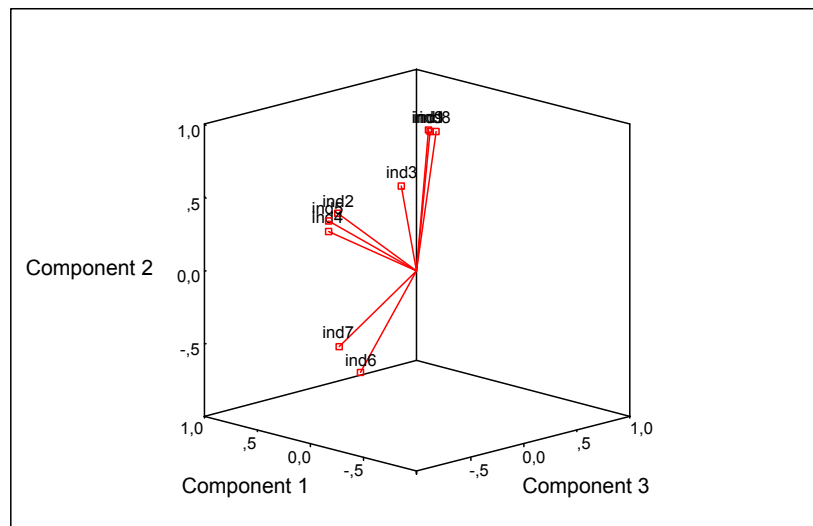


Fig. 4.2 Gràfica de components (factors) a l'espai rotat

Si dues variables presenten saturacions altes sobre un mateix factor, properes a 1 en valor absolut, estan correlacionades entre si, i si les presenten sobre dos factors diferents són independents. Tenint en compte això, i segons la figura 4.2 i la taula 4.6, es pot afirmar que existeixen tres grups d'indicadors purament estacionals que presenten un comportament similar entre ells però clarament diferenciats els uns dels altres, juntament amb un quart grup, format per un únic indicador. Cada un d'aquests grups es representa per un factor, i són:

- *Grup 1*: és format per *IND2*, *IND4* i *IND5* i presenta saturacions altes al primer factor, o sigui, que resta explicat per ell. Comparant aquest grup amb les idees de Kraemer sobre variacions estacionals, es pot dir que es correspon a les variacions anuals. Per una banda, perquè tant l'indicador 2 com el 5 confronten una mateixa característica del trànsit, de festius i laborables respectivament, en dues èpoques diferents de l'any i, per altra, perquè l'indicador 4 estudia la

intensitat del mes de juliol respecte l'any, el què es pot entendre com una relació estiu - hivern, ja que el comportament del trànsit d'hivern es pot associar inclòs dins el de la IMD total de l'any.

Si cal triar un dels tres indicadors com a representatiu del grup aquest serà el *IND2* ja que, a priori, és el que representa de manera més clara els diferents comportaments entre estiu i hivern, doncs es suposa que en cap de setmana les variacions estacionals seran més importants que en dies feiners.

- *Grup 2*: és format per *IND1*, *IND8* i *IND9* i presenta saturacions altes en el segon factor o component. Comparant el grup amb les variacions descrites per Kraemer, es correspon al de variacions setmanals ja que l'indicador 1 estudia les relacions entre laborables i festius i els altres dos estudien el comportament d'hora punta de divendres i diumenge tarda, que són les hores quan es sol donar la major part del trànsit de transvasament entre zones urbanes i zones residencials de cap de setmana.

De nou, si cal triar un indicador representatiu del grup, serà el *IND1* doncs, com abans, representa millor que els altres dos les variacions del comportament entre laborables i festius perquè aquesta és, pròpiament, la definició de l'indicador.

- *Grup 3*: és constituït per *IND6* i *IND7* i presenta saturacions altes en el tercer factor o component. Prenent les indicacions de Kraemer, aquest grup es correspon amb les variacions diàries del trànsit ja que inclou els indicadors que estudien com són les puntes matinals i de la tarda, els trets més característics de l'evolució diària de la intensitat.

Com abans, l'indicador representatiu del grup és l'indicador 6, per dues raons. La primera, perquè la punta matinal és més representativa, en línies generals, d'una carretera que no pas la de la tarda. I la segona, perquè en aquest cas en particular, s'ha calculat l'indicador 7 del vespre respecte la hora punta matinal, o sigui, que té un sentit més relatiu que l'altre indicador.

- *Grup 4*: o millor dit, simplement, *IND 3*, indicador d'agost. Aquest indicador presenta saturacions altes en el primer i tercer factor, és a dir, que es necessita d'ells dos perquè es pugui explicar la major part de la seva variabilitat. Per tant, no es pot agrupar en cap dels grups anteriors malgrat que en teoria el seu comportament es pogués interpretar semblant al de l'indicador 4 de juliol, ja que es podria pensar que mostra una relació estiu-hivern. En canvi però, com es desprèn de l'estudi d'estacionalitat en caps de setmana (Secretaria per a la Planificació Territorial, 2001), el comportament del mes d'agost és totalment diferenciat de la resta de possibles comportaments. Aquest fet es deu a què a l'agost les pautes d'ús de les vies no segueixen un patró més o menys establert per la mobilitat obligada dels usuaris, ja que és un mes on la major part de la població gaudeix de temps lliure.

4.3.4 Aplicació de l'anàlisi factorial. Estudi dels indicadors de factor horari

En aquest cas s'estudien les possibles correlacions dins el grup d'indicadors de factor horari. Per a dur a terme l'estudi se'ls sotmet a un anàlisi factorial amb el qual s'intenten descobrir les associacions existents.

Igualment al cas anterior, es poden extreure certes idees del treball de Kraemer et al. (1993) que amb l'anàlisi s'hauran de confirmar. A la gràfica de corbes d'intensitats horàries de la figura 4.3 es poden veure set corbes corresponents a set tipus de vies diferents que no es tallen a cap punt, és a dir, cadascuna es troba per sobre de l'anterior en tota la seva llargària sense que es produeixin interseccions. Això indica que a l'anàlisi factorial dels factors horaris de les 77 estacions estudiades s'hauria de veure que tots ells es troben fortament correlacionats de forma que, amb el valor d'un dels sis indicadors d'una via, es podran conèixer els altres cinc de la mateixa i, per tant, tota la corba característica. Aquesta, doncs, serà única per a cada via i no es creuarà amb la resta.

A la matriu de correlacions dels sis indicadors en qüestió, que es mostra a la taula 4.7, es poden apreciar fortes dependències entre ells. L'indicador menys correlacionat sembla ser el IND 16 (fh500%), però a la vegada és el menys important dels sis perquè on interessa conèixer el comportament amb més exactitud és a les 100 ó 150 primeres hores de cada carretera, doncs és on es concentren les característiques diferenciades de cada una.

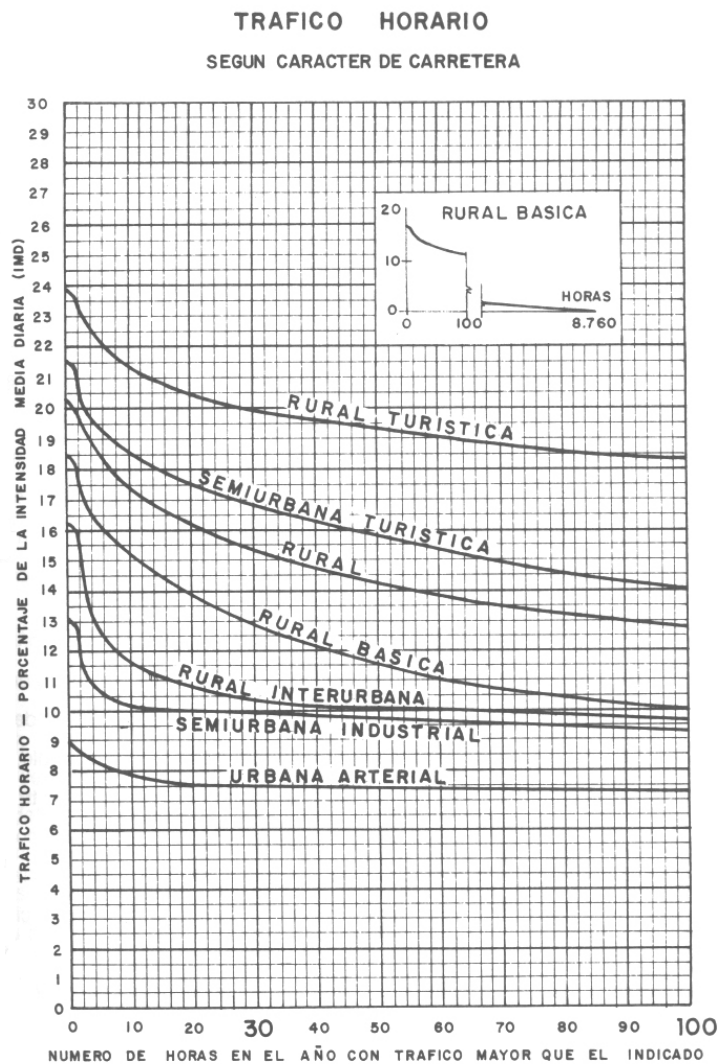


Fig. 4.3 Corbes d'intensitats horàries classificades (Font: Kraemer et al.)

Matriu de Correlació^a

	fh0%	fh30%	fh50%	fh100%	fh150%	fh500%	
Correlació	fh0%	1,000	,929	,913	,873	,839	,633
	fh30%	,929	1,000	,996	,979	,960	,810
	fh50%	,913	,996	1,000	,991	,977	,845
	fh100%	,873	,979	,991	1,000	,996	,898
	fh150%	,839	,960	,977	,996	1,000	,926
	fh500%	,633	,810	,845	,898	,926	1,000
Sig.	fh0%		,000	,000	,000	,000	,000
	fh30%	,000		,000	,000	,000	,000
	fh50%	,000	,000		,000	,000	,000
	fh100%	,000	,000	,000		,000	,000
	fh150%	,000	,000	,000	,000		,000
	fh500%	,000	,000	,000	,000	,000	

a. Determinant = 7,380E-10

Taula 4.7 Matriu de correlacions i determinant

Tant el valor del determinant de la matriu anterior, molt baix, com la totalitat dels coeficients de correlació de Pearson significatius, com un KMO alt (0,812) i un test de Bartlett amb significació nul·la, indiquen la idoneïtat i la credibilitat que tindran els resultats de l'anàlisi.

Amb una primera anàlisi es constata que amb l'extracció d'un sol factor ja s'explica un 92% de la variabilitat total, la qual cosa indica que els sis indicadors es poden incloure dins un sol grup ja que es troben fortament correlacionats. Però per a poder representar la disposició dels indicadors al pla 2D es decideix extreure dos factors, amb els quals s'arriba a cobrir gairebé la totalitat de la informació, concretament un 99%, com es pot veure a la taula 4.8, donant lloc a comunalitats després de l'extracció també molt altes.

Variança Total Explicada

Comunalitats			Autovalors Inicials			
	Inicial	Extracció	Comp.	Total	% de Variança	% Acumulada
fh0%	1,000	,979	1	5,535	92,243	92,243
fh30%	1,000	,989	2	,404	6,731	98,974
fh50%	1,000	,994	3	4,920E-02	,820	99,794
fh100%	1,000	,996	4	1,021E-02	,170	99,964
fh150%	1,000	,995	5	1,802E-03	3,004E-02	99,994
fh500%	1,000	,986	6	3,649E-04	6,082E-03	100,000

Taula 4.8 Comunalitats i variança explicada amb dos factors

La matriu de saturacions resultant ja és prou clarificadora i no cal aplicar-hi cap rotació. A la taula 4.9 es mostra la mateixa, a la qual es pot veure que tots els indicadors s'expliquen, bàsicament, segons el primer factor. Només el fh500% i el fh0% es necessiten en certa mesura del segon factor però aquests presenten certes particularitats que els fan especials. El primer, ja s'ha comentat que no és determinant perquè és molt lluny de les primeres hores, i el segon, com es pot veure a la figura 4.3,

presenta un comportament específic en el sentit que, en funció del tipus de via de què es tracti, tindrà un grau de creixement diferent.

Matriu de Components^a

	Component	
	1	2
fh100%	,997	4,545E-02
fh50%	,995	-6,758E-02
fh150%	,990	,121
fh30%	,986	-,129
fh0%	,901	-,408
fh500%	,887	,447

a. 2 components extrets

Taula 4.9 Matriu de saturacions

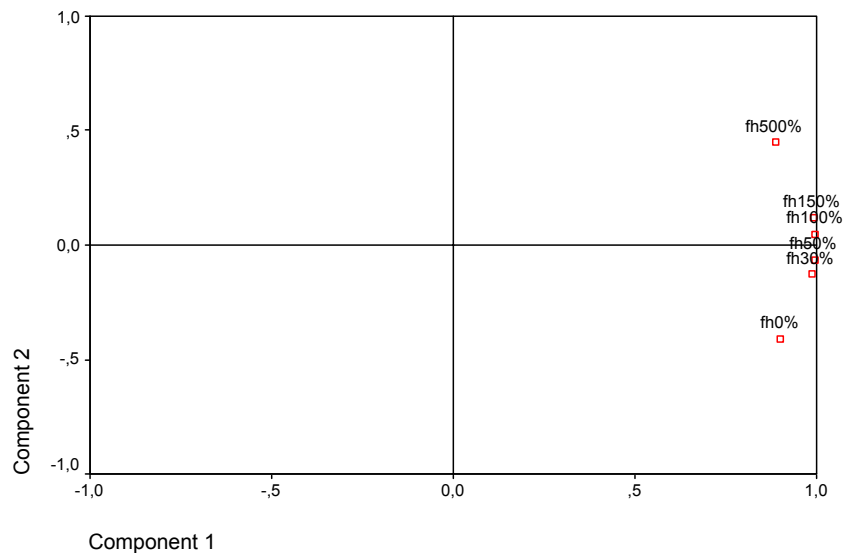


Fig. 4.4 Gràfica de components (factors) a l'espai

D'igual forma que amb els indicadors estacionals, es genera una gràfica a la qual els pesos factorials actuen com a valors en les diverses coordenades amb l'objectiu de comprovar visualment les agrupacions dels factors horaris, la qual es pot veure a la figura 4.4. En ella, malgrat la petita separació dels dos indicadors referenciats anteriorment, es pot considerar sense cometre cap error greu (es recorda que amb l'extracció d'un sol factor ja s'explicava gairebé tot l'espai de variabilitat, i només s'ha extret un segon per comprovar aquesta agrupació gràficament) que tots ells s'agrupen dins un mateix grup i, per tant, com s'intuïa, existeix una dependència molt gran.

Finalment comentar que, a partir d'aquest moment, es seleccionarà un dels sis indicadors de factor horari calculats com a representatiu del grup ja que, degut a la seva elevada intercorrelació, treballar amb més d'un suposaria incloure informació redundant a la mostra. Aquest indicador serà el *IND12* (fh30%) per la seva importància a l'Enginyeria del Trànsit.

4.3.5 Estudi de les asimetries

Abans de realitzar un anàlisi purament algebraic sobre les quatre asimetries es considera oportú realitzar un estudi previ dels valors de les mateixes de cada estació, per detectar trets característics detectables a simple vista.

Observant l'asimetria 3, de l'indicador d'agost (veure histograma corresponent a l'annex 2), es constata que només hi ha sis estacions amb un valor superior al 55%. Això vol dir que la majoria d'elles tenen comportaments simètrics als dos sentits pel què fa a aquest indicador i, per tant, és preferible refusar l'asimetria per a la resta d'estudi, ja que no aporta informació diferenciadora entre estacions.

Amb l'asimetria 4, de l'indicador de juliol (annex 2), succeeix una cosa semblant ja que només hi ha tres estacions amb valors per sobre del 55%. Així doncs, també es deixa de banda aquesta variable per a treballs posteriors. Les asimetries 6 i 9, per contra, ja presenten un gran nombre d'estacions amb comportaments diferenciats entre sentits de manera que es podran mantenir incloses dins l'estudi.

Es constata, d'aquesta forma, el què s'indicava a l'apartat corresponent a la descripció de les asimetries (4.2.2) que es referia a que les diferències destacables entre sentits només es donen quan es consideren intensitats horàries, i no pas quan són intensitats diàries (Kraemer et al., 1993).

Per a estudiar les possibles relacions de dependència entre les dues asimetries restants no cal aplicar una anàlisi factorial. Amb un simple gràfic de dispersió entre elles (figura 4.5) es pot veure ràpidament que no existeix cap relació de dependència remarcable, ja que els punts es troben dispersos per tot el pla sense seguir cap tipus de tendència.

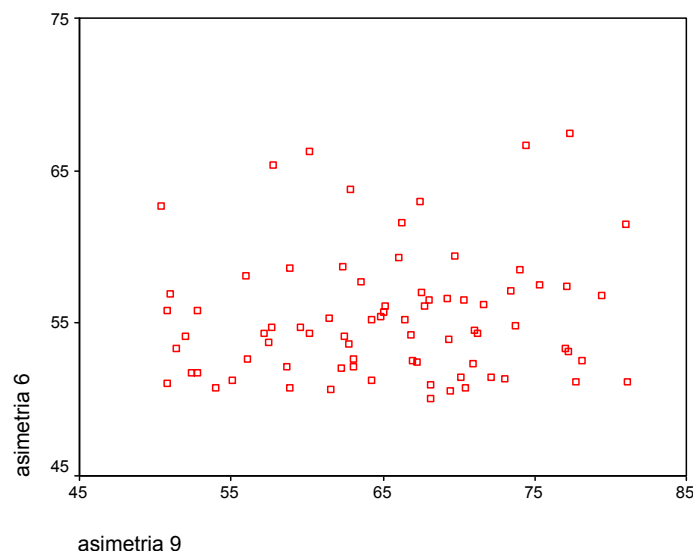


Fig. 4.5 Gràfic de dispersió entre les asimetries 6 i 9

Així mateix, també pot ser d'interès estudiar les possibles correlacions entre cada una d'aquestes dues asimetries i el seu respectiu indicador, per tal d'assegurar la total independència dins el conjunt de variables incloses a l'estudi. Amb aquesta finalitat es realitzen les gràfiques de la figura 4.6 amb les quals es demostra que les asimetries són totalment independents amb els indicadors estacionals associats. Per tant, una

estació amb un indicador alt, per exemple, pot presentar un valor d'asimetria alt o baix sense possibilitat de predicció prèvia.

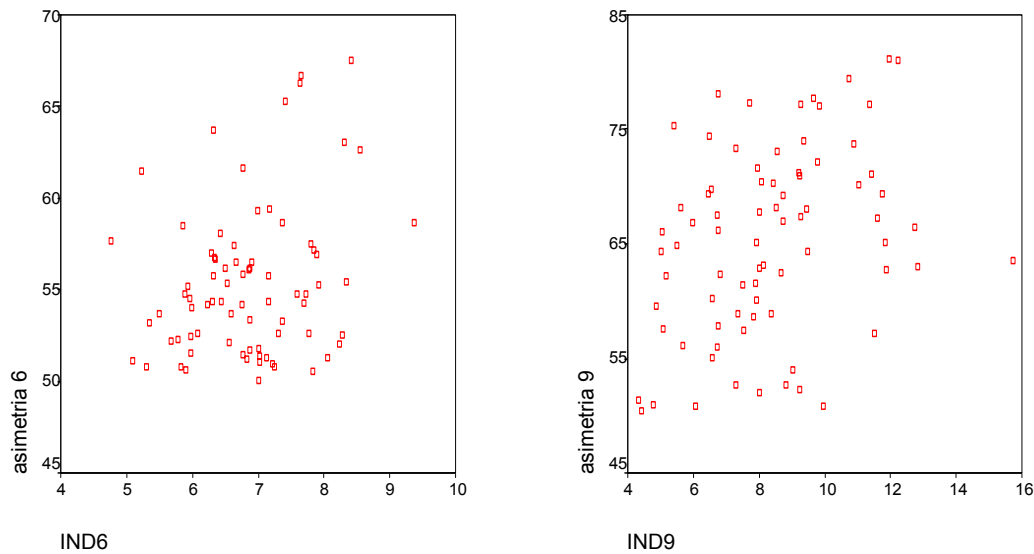


Fig. 4.6 Gràfic de dispersió entre les asimetries 6 i 9 i els seus respectius indicadors

4.3.6 Aplicació de l'anàlisi factorial. Conjunt d'indicadors de treball

L'últim pas per a decidir definitivament quins indicadors de tots els presentats fins ara formaran part del conjunt d'informació que servirà de base per a la classificació de les estacions consisteix a estudiar mitjançant una nova anàlisi factorial les relacions de manera conjunta dels nou indicadors purament estacionals, les dues asimetries referents als indicadors d'intensitat horària i l'indicador de l'hora 30. Del grup de factors horaris només s'ha triat aquest perquè la dependència entre els sis és molt gran i amb un de sol es representen tots, i d'aquesta manera es guanya claredat en els resultats finals.

Matriu de Correlació^a

Correlació

	IND1	IND2	IND3	IND4	IND5	IND6	IND7	IND8	IND9	fh30%	ASIM6	ASIM9
IND1	1,000	,461	,707	,359	,397	-,789	-,642	,794	,860	,797	-,135	,444
IND2	,461	1,000	,800	,920	,932	-,475	-,409	,220	,385	,322	-,378	,036
IND3	,707	,800	1,000	,690	,702	-,723	-,667	,447	,535	,608	-,238	,123
IND4	,359	,920	,690	1,000	,937	-,398	-,315	,138	,234	,213	-,278	,078
IND5	,397	,932	,702	,937	1,000	-,433	-,331	,199	,310	,273	-,389	,081
IND6	-,789	-,475	-,723	-,398	-,433	1,000	,904	-,649	-,686	-,632	,258	-,204
IND7	-,642	-,409	-,667	-,315	-,331	,904	1,000	-,499	-,579	-,618	,177	-,022
IND8	,794	,220	,447	,138	,199	-,649	-,499	1,000	,768	,761	-,091	,501
IND9	,860	,385	,535	,234	,310	-,686	-,579	,768	1,000	,793	-,181	,345
fh30%	,797	,322	,608	,213	,273	-,632	-,618	,761	,793	1,000	-,016	,257
ASIM6	-,135	-,378	-,238	-,278	-,389	,258	,177	-,091	-,181	-,016	1,000	,087
ASIM9	,444	,036	,123	,078	,081	-,204	-,022	,501	,345	,257	,087	1,000

a. Determinant = 3,824E-07

Taula 4.10 Matriu de correlacions del conjunt d'indicadors

La matriu de correlació dels 12 indicadors en qüestió es pot veure a la taula 4.10, en aquest cas sense significacions, amb el valor del determinant al seu peu.

KMO and Bartlett's Test

Mesura Kaiser-Meyer-Olkin d'adequació de la mostra		,774
Test d'Esfericitat de Bartlett	Approx. Chi-Quadrat	1051,624
	df	66
	Sig.	,000

Taula 4.11 KMO i test de Bartlett

El valor del determinant continua sent molt baix, i com es pot veure a la taula 4.11, el KMO és també alt (segons el criteri de Kaiser, un valor acceptable) i la significació del test de Bartlett nul·la. Aquests paràmetres donen una idea, com anteriorment, de la qualitat dels resultats proporcionats per l'anàlisi factorial.

Per a explicar de la manera més acurada possible la major part de la variabilitat del conjunt es decideix extreure fins a cinc factors, ja que d'aquesta forma gairebé es cobreix un 93% de la mateixa, com es pot veure a la taula 4.12. Les comunalitats obtingudes, en conseqüència, són totes superiors al 85%.

Variància Total Explicada

Autovalors Inicials			
Comp.	Total	% de Variança	% Acumulat
1	6,285	52,373	52,373
2	2,403	20,023	72,396
3	1,101	9,176	81,572
4	,856	7,134	88,706
5	,514	4,285	92,991
6	,231	1,928	94,919
7	,222	1,851	96,771
8	,167	1,391	98,161
9	9,479E-02	,790	98,951
10	5,588E-02	,466	99,417
11	4,357E-02	,363	99,780
12	2,638E-02	,220	100,000

Variància Total Explicada

Extracció

Comp.	Total	% de Variança	% Acumulat
1	6,285	52,373	52,373
2	2,403	20,023	72,396
3	1,101	9,176	81,572
4	,856	7,134	88,706
5	,514	4,285	92,991

Rotació

Comp.	Total	% de Variança	% Acumulat
1	3,569	29,740	29,740
2	3,469	28,911	58,651
3	1,957	16,306	74,957
4	1,128	9,399	84,356
5	1,036	8,635	92,991

Taula 4.12 Estadístics d'extracció inicials

L'inconvenient que es presenta si es treballa amb cinc factors és que no es poden representar gràficament els pesos factorials a l'espai de les diverses coordenades, de manera que, per discernir quines variables pertanyen a cada un dels grups, només es disposa de la matriu de saturacions. Aplicant-hi una rotació *varimax* sobre els factors extrets s'obté la matriu de components rotada, com s'observa a la taula 4.13, a la qual, per ressaltar els pesos importants i facilitar-ne la interpretació, s'han suprimit aquells

inferiors a 0,300. A la taula 4.12 es pot veure també com es reparteixen els autovalors entre els diferents factors després de la rotació però sense que hi hagi variació al total de variabilitat explicada pel model.

Matriu de Components Rotada^a

	Component				
	1	2	3	4	5
fh30%	,896				
IND9	,880				
IND8	,825			,342	
IND1	,788		,377		
IND4		,964			
IND5		,944			
IND2		,938			
IND3	,417	,690	,461		
IND7	-,395		-,870		
IND6	-,482		-,793		
ASIM9				,947	
ASIM6					,961

a. Rotació convergeix en 6 iteracions

Taula 4.13 Matriu de components (factors) rotada del conjunt total d'indicadors

Els grups que es desprenen de la interpretació dels cinc factors són els següents:

- *Grup 1*: format pels indicadors *IND1*, *IND8*, *IND9* i *IND12* (fh30%) i amb saturacions altes a la primera component. Als tres indicadors purament estacionals s'afegeix el factor horari de la hora 30, i en conseqüència, tots els indicadors de factor horari.
- *Grup 2*: constituït pels indicadors *IND2*, *IND4* i *IND5* i amb saturacions altes al segon factor.
- *Grup 3*: format pels indicadors *IND6* i *IND7* amb saturacions altes en dos factors, encara que de manera predominant al tercer.
- *Grup 4*: format per l'indicador *IND3*, que ve explicat pels tres primers factors.
- *Grup 5*: constituït per l'asimetria *ASIM9* que satura a la quarta component.
- *Grup 6*: constituït per l'asimetria *ASIM6* que satura a la cinquena component.

Es pot afirmar, llavors, que l'extracció dels cinc factors realitzada és apropiada perquè amb el quart i el cinquè s'expliquen, respectivament, les asimetries 9 i 6 quasi de manera íntegra i, d'altra forma, la tria d'un nombre menor de components hauria suposat una desinformació quasi total d'una d'elles, o inclús d'ambdues. El fet que les dues es necessitin d'un factor per ser descrites confirma la seva independència entre elles, per una banda, i amb la resta d'indicadors, per una altra, com s'havia comentat a l'apartat dedicat al seu estudi.

Els quatre primers grups, a excepció de la inclusió de l'indicador de factor horari dins el primer, són els mateixos que apareixien a l'anàlisi factorial realitzat sobre els nou

indicadors purament estacionals, i els factors corresponents es poden interpretar com es feia llavors, és a dir, com a variació diària, setmanal i anual.

El fet que els indicadors de factor horari s'agrupin sota el factor de variació setmanal fa veure que les primeres hores de la corba d'intensitats horàries d'una via es corresponen a unes pautes de predominança estacional setmanal i, concretament, a comportaments associats al trànsit d'hora punta de divendres i/o diumenge tarda. D'altra banda, els factors horaris també es troben fortament correlacionats amb els indicadors de variació diària, com es pot veure a la taula 4.10, però en un grau inferior als anteriors, el que fa que l'anàlisi factorial no els agrupi amb ells. Aquesta relació indica que les intensitats de les primeres hores d'una via també poden ser conseqüència del seu trànsit durant les hores punta de matí i/o de tarda dels laborables.

Dit d'una altra manera, en funció de la via, les hores amb més trànsit que pugui presentar la mateixa es deuran, o bé, a trànsits d'hora punta de cap de setmana, o bé, a trànsits d'hora punta de laborables.

Aquest comportament bimodal dels indicadors de factor horari posa de manifest que aquests constitueixen un grup "pont" entre els indicadors de variació diària i setmanal, de manera que es redueixen les distàncies entre els tres conjunts d'indicadors. D'altra banda, cal dir que expressen idea d'estacionalitat del trànsit present a les vies però sense no fan referència a l'espai de temps al qual es manifesten les variacions predominantment. Per aquestes dues raons es podria donar el cas que, tenint-los en compte com a elements classificadors, es provoqués l'agrupament d'estacions amb comportaments estacionals característics diferents.

Així doncs, i degut a l'elevada correlació present entre els factors horaris, es comet un error assumible si es decideix no considerar-los per a la classificació de les estacions posterior. D'aquesta forma s'elimina informació redundant al conjunt que pot generar resultats contradictoris i s'aconsegueix una major homogeneïtat a les dades de partida per a la classificació ja que totes elles formaran part, bàsicament, d'un mateix grup d'indicadors. Més endavant, al capítol 7, es tractaran els factors ara rebutjats amb més detall.

Resumint, després d'haver sotmès tot el conjunt d'indicadors disponibles a estudi, es pot concloure que els únics que es consideraran a partir d'aquest punt com a informació útil seran els nou indicadors purament estacionals i les dues asimetries referides a indicadors d'hores punta.

4.4 LÍNIES D'ACTUACIÓ PER A LA CLASSIFICACIÓ

A partir d'aquí, i en vistes a la classificació posterior, es pot procedir segons tres vies d'actuació diferents amb el conjunt d'indicadors de treball depurats i definitius.

En primer lloc es poden calcular les puntuacions factorials dels indicadors a partir dels cinc factors o components que s'han extret amb l'anàlisi factorial anterior i treballar simplement amb elles. Així es passaria d'onze a cinc variables independents d'estudi i es continuaria explicant la major part de la variabilitat total de la informació.

Aquesta opció però implica diversos inconvenients que cal conèixer. Per una banda, l'ús de puntuacions factorials implica una pèrdua del sentit de la realitat dels valors que defineixen el comportament de cada individu ja que es treballa amb valors no

observables. Aquestes variables abstractes, llavors, provocaran una pèrdua d'interpretabilitat que complicarà l'extracció de pautes que expliquin el comportament dels grups resultants.

D'altra banda, però seguint la línia de la idea anterior, el càlcul de les puntuacions factorials no és exacte perquè són estimacions. Això implica una generació d'error a les dades amb les què es realitzarà la classificació, que afegit al ja produït amb la reducció de l'espai a cinc factors, pot donar lloc a agrupacions errònies d'estacions. A més, l'extracció de la llei de relació directa entre els valors reals dels indicadors i les puntuacions estimades que permeti passar d'unes a altres necessita d'un nivell matemàtic molt elevat que queda fora dels propòsits d'aquesta investigació.

Un dels objectius de la factorització és treballar a un espai de menor dimensió representable gràficament (2D o 3D) quan l'original no ho és. Un últim desavantatge a tenir en compte llavors és que, malgrat reduir la dimensió de l'espai de treball, el procés realitzat esdevé infructuós en el sentit que es necessiten encara cinc factors per explicar suficientment la mostra.

En conseqüència, es decideix deixar de banda aquesta línia de treball perquè no facilita les tasques posteriors, sinó que més aviat les pot complicar, en reduir la interpretabilitat del conjunt i augmentar l'error en les dades.

Una segona línia d'actuació és la de treballar amb els indicadors representatius de cada un dels grups independents que s'han obtingut a l'anàlisi factorial, és a dir, amb les variables *IND1*, *IND2*, *IND3* i *IND6*, que fan referència als grups de variació diària, setmanal i anual i al mes d'agost, i les *ASIM6* i *ASIM9*, referents a les dues asimetries, independents de la resta. A priori aquesta opció donarà bons resultats perquè es tracta d'indicadors totalment independents entre ells, de manera que no es treballarà amb informació repetida quan es dugui a terme la classificació.

No obstant això, també existeixen inconvenients associats a l'ús d'aquests indicadors. Per un costat, en funció del grau de dependència existent entre el total de variables, l'ús de només una part d'elles suposarà deixar de banda una part important de la informació, el que pot donar lloc a una classificació amb un nivell de detall menor del desitjat.

I, per altra banda, comptar amb les dues asimetries enfront de només quatre indicadors estacionals pot provocar desajustos a la classificació. El fet que les asimetries siguin molt més independents respecte els indicadors que aquests entre ells mateixos pot provocar que el mètode de classificació formi grups en funció bàsicament dels comportaments d'asimetria, quan és molt més important la informació proporcionada pels indicadors, doncs es recorda que les asimetries sempre informen sobre fets referits a l'indicador corresponent. Serà convenient, si es detecta aquest fenomen, rebutjar l'asimetria o asimetries influents o bé aplicar pesos de ponderació sobre les mateixes per reduir el seu pes dins el conjunt de la informació i tornar a realitzar la classificació.

Com a tercera via d'actuació, finalment, es troba la de treballar directament amb els nou indicadors estacionals i les dues asimetries. D'aquesta manera es treballa amb tota la informació disponible, cosa que pot donar lloc a incoherències a la classificació si el grau de dependència existent entre les variables és suficient com per a produir-les. En canvi, pot ser una bona solució si es volen utilitzar les asimetries perquè ara es redueix la seva proporció en el conjunt de la informació, ja que es compta amb nou indicadors estacionals.

En conclusió, de les tres línies d'actuació possibles, només les dues últimes seran les que es portaran a la pràctica a la classificació del pas següent de la tesina, com es resumeix a la taula 4.14. Es duran a terme, així doncs, dues agrupacions d'estacions segons aquestes vies i, fins que no s'obtinguin els resultats de les dues, no es podrà decidir amb garanties quina és la idònia perquè fins ara s'han presentat idees teòriques que només es poden confirmar amb l'aplicació pràctica dels valors disponibles.

Per últim, es creu oportú comentar que, un cop decidida la classificació definitiva, es pot tornar a realitzar una anàlisi factorial sobre els indicadors emprats per tal de reduir la informació a simplement dos components i calcular les puntuacions factorials de les estacions sobre elles. D'aquesta manera es podran representar en 2D, sense cometre un gran error, totes les estacions amb l'objectiu de visualitzar la seva disposició espacial i comprovar les agrupacions resultants.

	VIA 1 <i>FACTORS</i>	VIA 2 <i>INDICADORS REPRESENTATIUS</i>	VIA 3 <i>INDICADORS</i>
<i>IND1</i>			
<i>IND2</i>			
<i>IND3</i>			
<i>IND4</i>			
<i>IND5</i>			
<i>IND6</i>			
<i>IND7</i>			
<i>IND8</i>			
<i>IND9</i>			
<i>IND12 (fh30%)</i>			
<i>ASIM6</i>			
<i>ASIM9</i>			
Aplicabilitat	NO	SI	SI

Taula 4.14 Resum de vies d'actuació per a la classificació i indicadors emprats a cada una d'elles