

Treball de Fi de Grau

Grau en Enginyeria en Tecnologies Industrials

METODOLOGIA PER ESTUDIS D'ENGINYERIA KANSEI UTILITZANT MESURES FISIOLÒGIQUES

Autor: Anna Cinta Bel Ferreres
Director: Lluís Marco Almagro
Convocatòria: Juny 2020



Escola Tècnica Superior
d'Enginyeria Industrial de Barcelona



Resum

L'enginyeria Kansei és una tècnica quantitativa d'estudi del disseny, basada en les percepcions de l'usuari. Aquesta memòria conté, en primer lloc, una revisió bibliogràfica de l'enginyeria Kansei emmarcada dins del disseny emocional i, tot seguit, inclou la metodologia i resultats de la realització d'un experiment per provar la tècnica de l'*eye-tracking* com a mètode per recollir dades dins dels estudis Kansei.

El primer objectiu d'aquesta memòria és fer una descripció detallada de l'enginyeria Kansei, contextualitzant el seu desenvolupament dins del disseny emocional, i exposar un procediment per realitzar estudis d'aquesta mena. En la descripció del procediment, s'aprofunditza en la metodologia per recollir dades sobre les sensacions de l'usuari davant d'un producte. Es diferencien les tècniques on el propi usuari expressa la seva opinió, mitjançant eines com qüestionaris o enquestes, i els mètodes on les dades s'obtenen a partir de les reaccions fisiològiques dels usuaris als estímuls del producte.

A fi d'avaluar i indagar sobre les tècniques per obtenir informació de la reacció de l'usuari mitjançant la resposta fisiològica, sorgeix el segon objectiu: realitzar un experiment per a provar la tècnica de l'*eye-tracking*. L'*eye-tracking* és un procés per determinar la posició de l'enfoc dels ulls quan s'està realitzant una acció. En aquest document s'exposa la metodologia emprada en l'experiment. En primer lloc, es presenta la generació d'hipòtesis entre les quals s'inclou si presentades dues imatges l'usuari mira més estona la que li sembla més atractiva i si es segueix el mateix recorregut ocular en la inspecció del conjunt. A continuació, es detalla la prova realitzada pels 20 participants. El desenvolupament d'aquesta consisteix en registrar el punt on enfoquen els ulls de la persona participant, mentre es mostren 8 parelles d'imatges durant 3 segons. A continuació, responen en un qüestionari quina imatge de cada parella els hi sembla més atractiva.

De l'estudi es conclou que, en general, no es pot considerar el mètode d'*eye-tracking* amb una càmera web com a tècnica substitutiva als qüestionaris en la fase de recollida de dades del mètode Kansei.

SUMARI

1. INTRODUCCIÓ	10
1.1. Objectius del projecte	10
2. L'ENGINYERIA KANSEI	13
2.1. Disseny emocional	13
2.2. Què és l'enginyeria Kansei?	18
2.2.1. Història de l'enginyeria Kansei	19
2.3. Procediment d'un estudi Kansei	20
2.3.1. Metodologia per recollir dades	22
3. MESURES FISIOLÒGIQUES EN ESTUDIS KANSEI	24
3.1. Activitat electroodèrmica	25
3.2. Reconeixement d'expressions facials	26
3.3. <i>Eye-tracking</i>	32
4. RECOLLIDA I PROCESSAMENT DE DADES EN L'EXPERIMENT AMB EYE-TRACKING	36
4.1. Preguntes de recerca que es plantegen	36
4.2. Metodologia de recollida de dades	37
4.3. Processament de les dades recollides	40
5. ANÀLISI DE DADES I RESPOSTA A PREGUNTES	43
5.1. Anàlisi del patró de mirada per participant i diapositiva	43
5.2. Caracterització de patrons de mirada per grups de participants	48
5.3. Estudi de la possible relació entre mirada i preferència	56
5.3.1. Es mira primer la imatge que més agrada?	56
5.3.2. Es mira més estona la imatge que més agrada?	58
5.3.3. L'última imatge que es mira és la que agrada més?	60
6. CONCLUSIONS	62
6.1. Conclusions sobre la metodologia i els resultats	62
6.2. Limitacions	63
6.3. Futures línies de recerca	64
ANNEXOS	66
Annex A	66
Annex B	71
AGRAÏMENTS	72
REFERÈNCIES BIBLIOGRÀFIQUES	73

Índex de figures

Figura 2.1. Piràmide de necessitats d'un producte.....	15
Figura 2.2. Representació de les qualitats del Model de Kano. [6].....	17
Figura 2.3. Xandall Nike dels anys 80 i actual [7].....	17
Figura 2.4. Primer ordinador Apple II i Ipad Pro 2020 [8].....	18
Figura 2.5. Pantalla de inici de Netflix l'any 2000 i actualment [9].....	18
Figura 2.6. Esquema de la metodologia Kansei.....	22
Figura 2.7. Suport PrEmo utilitzat per fer l'estudi d'un bol [15].....	23
Figura 3.1. Representació gràfica de la resposta temporal de l'EDA [22].....	25
Figura 3.2 Imatge de tres ximpanzés bonobos mostrant emocions identificables [23].....	27
Figura 3.3. Experiment del Dr. Denny Kristal comparant les expressions facials mitjançant AU. [29].....	29
Figura 3.4. Paràmetres reals per mesurar una expressió facial [29].....	30
Figura 3.5. Caracterització dels paràmetres binaris [30].....	31
Figura 3.6 Eye-tracker EMR muntat sobre unes ulleres i sobre una gorra. [33].....	33
Figura 3.7. Esquema de funcionament d'un aparell d'eye-tracking professional [30].....	34
Figura 3.8. Detecció de la cara, centre i laterals dels ulls. [35].....	35
Figura 4.1. Pantalla d'instruccions mostrada abans de començar la prova d'eye-tracking...	38
Figura 4.2. Una de les diapositives mostrades durant l'experiment.....	39
Figura 4.3. Una de les preguntes mostrades en el qüestionari.....	40
Figura 4.4. Part de la taula de dades obtingudes de l'experiment d'eye-tracking.....	41
Figura 4.5. Taula de dades obtingudes de l'experiment d'eye-tracking amb la posició x en format percentual i interpolant els valors per obtenir 60 mostres per a tots els participants.....	42

Figura 5.1. Exemple I de registre de la posició de la mirada graficat mitjançant splines.....	44
Figura 5.2. Heatmap de l'exemple I.....	44
Figura 5.3 . Exemple II de registre de la posició de la mirada graficat mitjançant splines.....	45
Figura 5.4. Heatmap de l'exemple II.....	46
Figura 5.5 Exemple II de registre de la posició de la mirada graficat mitjançant splines.....	47
Figura 5.6. Heatmap de l'exemple III.....	47
Figura 5.7. Dendrograma de la diapositiva 2.....	49
Figura 5.8. Dendrograms de la diapositiva 2 agrupant els participants en 2, 3 i 4 grups.	50
Figura 5.9. Representació mitjançant splines de la mediana de la posició de la mirada per a cada diapositiva dels participants del grup 1.	53
Figura 5.10. Representació mitjançant splines de la mediana de la posició de la mirada per a cada diapositiva dels participants del grup 2.	54
Figura 5.11. Representació mitjançant splines de la mediana de la posició de la mirada per a cada diapositiva dels participants del grup 3.	55
Figura 5.12. Representació de la posició en x de la primera mostra de tots els participants en totes les diapositives	56
Figura 5.13 Comparació entre la proporció de vegades que es mira primer la imatge que més agrada i la que menys agrada.	58
Figura 5.14 Interval de confiança de la proporció de vegades que un participant mira més la imatge que més li agrada.	60
Figura 5.12. Representació de la posició en x de l'última mostra de tots els participants en totes les diapositives	60
Figura 5.13 Comparació entre la proporció de vegades que es mira en últim lloc la imatge que més agrada i la que menys agrada.	61

Índex de taules

Taula 2.1. Característiques de marques que es basen en el disseny emocional	14
Taula 2.2. Llista de productes desenvolupats mitjançant l'enginyeria Kansei	20
Taula 3.1. Llista d'unitats d'acció relacionades amb el seu codi numèric [28]	27
Taula 3.2. Percentatge mitjà de la desviació respecte la posició neutra per a les diferents expressions dels 97 participants	31
Taula 3.3. Percentatge mitjà de presència dels set paràmetres binaris per a les expressions.	32
Taula 5.1. Resultats de l'agrupació de participants en cada diapositiva.....	51
Taula 5.2. Resultats de la posició de la primera mostra	57
Taula 5.3. Correspondència entre la imatge més mirada i la que sembla més atractiva	59
Taula 5.4. Percentatge de participants en els que la imatge que més estona han mirat és la que els hi sembla més atractiva	59
Taula 5.5. Resultats de la posició de l'última mostra.....	61
Taula A.1. Costos del projecte	71

1. Introducció

L'enginyeria Kansei és una tècnica quantitativa d'estudi del disseny basat en les percepcions de l'usuari molt utilitzada en estudis amb productes industrials. En el transcurs del treball es podrà diferenciar una primera part consistent en un marc teòric i revisió bibliogràfica d'articles i un segon bloc on es detalla l'experimentació realitzada i l'anàlisi dels resultats obtinguts.

En primer lloc, es farà una introducció teòrica relacionada amb l'abast de l'enginyeria Kansei i el seu origen. Tot seguit es descriurà quin és el procediment bàsic utilitzat per tal d'aplicar el mètode. Es detallaran els passos necessaris entre els quals hi ha recollir les dades que proporciona l'usuari del producte. Com s'explicarà en el nucli del treball, aquestes es poden obtenir mitjançant mesures fisiològiques, n'hi ha de diverses possibles i se n'explicaran tres.

Amb l'explicació d'aquests continguts es donarà per conclosa la revisió bibliogràfica i es continuarà amb l'experimentació i els seus resultats.

L'experimentació consisteix en provar la validesa i aprofundir en els resultats que es poden obtenir d'un dels mètodes fisiològics per obtenir dades dels usuaris, en concret, el mètode d'*eye-tracking*. Un conjunt de participants realitzaran les proves que permetran extreure informació a partir d'aquesta experiència.

1.1. Objectius del projecte

L'objectiu d'aquest treball és determinar fins a quin punt és útil incorporar mesures de les reaccions fisiològiques dels usuaris quan avaluen estímuls en el context dels estudis d'enginyeria Kansei i si aquestes mesures tenen relació amb el què els usuaris autoreporten.

Els objectius específics d'aquest projecte són els següents:

1. Entendre què és el disseny emocional i la importància d'aquest en el context actual.
2. Definir què és l'enginyeria Kansei i el seu camp d'aplicació.
3. Descriure els mètodes actuals per mesurar la resposta dels usuaris a l'estímul d'un producte per dur a terme un estudi d'enginyeria Kansei.
4. Experimentar amb el mètode de *eye-tracking* com a tècnica per mesurar la resposta fisiològica d'un individu a un estímul.

5. Dissenyar un experiment per comprovar el funcionament de l'*eye-tracking* i la seva possible relació amb les preferències dels participants.
6. Analitzar les dades obtingudes per tal de respondre les preguntes plantejades a l'inici de l'experimentació com a hipòtesis.

Com a objectius transversals a acomplir durant la realització dels punts anteriors es consideren:

1. Detectar mancances en el propi coneixement i superar-les mitjançant la reflexió crítica i l'elecció de la millor actuació per ampliar aquest coneixement.
2. Gestionar l'adquisició, l'estructuració, l'anàlisi i la visualització de dades i informació així com valorar de forma crítica els resultats d'aquesta gestió.

2. L'enginyeria Kansei

L'enginyeria Kansei és una metodologia de desenvolupament del producte que tradueix els sentiments, impressions i emocions del client en paràmetres concrets de disseny.

En aquest apartat, en primer lloc, es farà una breu introducció al disseny emocional i a la relació que té amb l'enginyeria Kansei. A continuació es detallarà l'explicació sobre la metodologia Kansei i les tècniques que es poden fer servir per executar-la.

2.1. Disseny emocional

Des de que naixem fins que morim, les emocions ens acompanyen en el recorregut. Si es vol arribar a entendre en profunditat quin és el rol de les emocions a la vida humana, primer s'hauria d'entendre d'on venen i com ens afecten.

D'on venen les emocions ha estat des dels inicis del pensament filosòfic una qüestió que ha preocupat pensadors i científics. El dualisme cartesià volia separar el cos i l'ànima, per tant separar el cos de les emocions, que venien de l'ànima. En canvi, estudis neurocientífics dels últims temps demostren que el vincle entre les emocions i els factors cognitius és inqüestionable. [1]

Parlar de com ens afecten les emocions, implica d'una banda una part molt evident però també una de no tant clara. És exemple d'aquesta darrera, com ens afecten, potser ,inconscientment les emocions quan prenem decisions. S'ha estudiat aquesta qüestió i es denomina la teoria dels marcadors somàtics. [2]

Els marcadors somàtics són associacions entre estímuls de reforç associats a un estat psicològic afectiu que produeixen un estat somàtic.

D'aquesta teoria es pot arribar a la conclusió de que triar un producte o un altre, depèn en part de les emocions. D'aquí neix el disseny emocional que s'esforça en crear productes que desperten les emocions adequades amb la voluntat de crear una experiència positiva.

Exemples de la implementació actual del disseny emocional són les marques Nike, Apple i Netflix. Cadascuna a la seva manera han aconseguit transmetre un sentiment que va més enllà dels productes. Ho han fet pas a pas des del producte fins a les emocions que volen

vendre. A la taula que es mostra a continuació s'exemplifica aquest fet.

Taula 2.1. Característiques de marques que es basen en el disseny emocional

	Nike	Apple	Netflix
Característiques del producte	Roba esportiva moderna, lleugera i duradora	Productes i serveis de tecnologia digital	Visualització en línia de pel·lícules i contingut original
Beneficis del producte	Bon aspecte i bona forma física	Creativitat i productivitat	Idoneïtat, selecció, valor
Beneficis emocionals	Empoderament mental i físic	Llibertat	Satisfacció i plaer
Alguna cosa més	Aprofita tot el teu potencial	Revolució innovadora	Escapament de la realitat

Cal destacar que aquesta voluntat per vendre emocions i dissenyar des dels sentiments ha tingut un creixement molt important en els últims anys. Això es deu a que el desenvolupament de la indústria i la tecnologia ha permès anar escalant més fàcilment posicions de la jerarquia de necessitats del consumidor. Aquesta piràmide – representada en la Figura 2.1 - està formada pels tres nivells següents: [3]

- **Funcionalitat:** és indispensable que un producte tingui les funcions per a les quals ha estat dissenyat. Si no es compleix aquest requeriment, no tindran valor cap dels altres nivells.
- **Usabilitat:** és la facilitat en que una persona pot utilitzar un producte per aconseguir un objectiu concret. Aquesta qualitat va néixer en l'àmbit informàtic i electrònic però actualment en la gran majoria de productes dissenyats s'estudia la seva usabilitat.

- **Atracció:** en el mercat actual on es donen per suposades la funcionalitat i la usabilitat, es busca alguna cosa més, un disseny agradable atractiu a nivell emocional.



Figura 2.1. Piràmide de necessitats d'un producte

La piràmide de necessitats d'un producte pot ser vinculada amb el model proposat per Kano [4] sobre la satisfacció del client. Aquest model proposa, en primer lloc, classificar la qualitat de les característiques d'un producte en cinc tipus. D'altra banda, crea un gràfic on mostra com evoluciona la qualitat associada als atributs del producte al llarg del temps.

Les categories que proposa Kano per a classificar la qualitat són les següents [4] [5]:

- **Qualitat requerida:** les característiques dels productes es donen per suposades pels usuaris. Es considerarà que el producte o servei està incomplet o incorrecte si no les conté. Tot i així, quan un producte les conté, no provoca una satisfacció especial perquè es considera bàsic. Per exemple, els telèfons mòbils es pressuposa que podran fer trucades, que un cotxe tindrà frens o que un hotel tindrà llits. Qualsevol d'aquests no ens farà feliços però la manca d'aquests ens molestarà.
- **Qualitat unidimensional:** aquest tipus d'atributs resulten en satisfacció quan es compleixen i en descontentament quan no. Com més intensos, més satisfacció produiran. Aquest tipus de característiques són per les quals les empreses competeixen. Per exemple, com més saborós un menjar, més econòmic un cotxe, o més comoditat al cinema, més satisfacció del client.

- Qualitat atractiva: si existeixen aquest tipus de característiques el producte és millor però si no, no significa que l'usuari no estarà satisfet. En general, no s'esperen. Ajuden a atraure més clients i a diferenciar un producte o servei, però no són essencials per a l'èxit. N'és exemple un restaurant que ofereixi aparcament gratuït per als clients.
- Qualitat indiferent: aquest tipus d'atributs es refereixen a aspectes que no són bons ni dolents i no resulten en la satisfacció o insatisfacció del client. És interessant identificar aquests atributs en un producte per tal d'eliminar-los a fi de disminuir els costos de producció. Per exemple, el color de cables interns d'un cotxe o el model d'inventari d'aliments que té un restaurant. Mentre els servei funcioni, aquests atributs són indiferents.
- Qualitat inversa: aquests atributs es refereixen a un alt nivell d'assoliment que resulta en insatisfacció degut a que no tots els usuaris tenen les mateixes expectatives. Un exemple són els aparells electrònics com mòbils o ordinadors que tenen una tecnologia molt sofisticada amb moltes possibilitats aplicatives però alguns usuaris els resulta desagradable perquè els complica realitzar les activitats bàsiques que necessiten.

Kano destaca que la posició dels atributs respecte aquestes cinc categories canvia al llarg del temps. [6] Un atribut que a l'inici era una qualitat atractiva, passa a ser una qualitat requerida. Per exemple, quan es van començar a fabricar telèfons mòbils, les bateries eren molt gruixudes i tenien poques hores d'autonomia, tot i així, degut a la novetat, era una qualitat atractiva. Avui en dia, és una qualitat requerida que un telèfon mòbil que tingui una bateria que no pesi i sigui lleugera i tingui una autonomia de unes 12 hores com a mínim. La Figura 2.2 mostra com es representen aquestes qualitats i com evolucionen al llarg de temps.

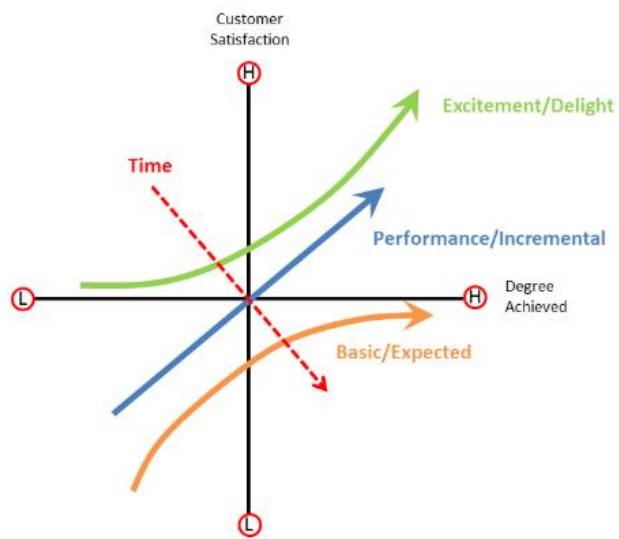


Figura 2.2. Representació de les qualitats del Model de Kano. [6]

L'evolució en el temps de la categorització de les qualitats dels productes obliga a les empreses a evolucionar i millorar els productes. A continuació, s'observen els canvis en els disseny en els productes següents:



Figura 2.3. Xandall Nike dels anys 80 i actual [7]



Figura 2.4. Primer ordinador Apple II i Ipad Pro 2020 [8]

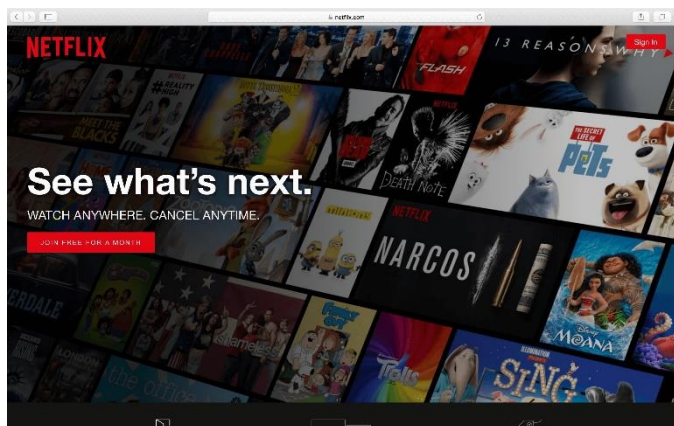


Figura 2.5. Pantalla de inici de Netflix l'any 2000 i actualment [9]

2.2. Què és l'enginyeria Kansei?

La relació entre l'enginyeria Kansei (EK) i el disseny emocional es pot definir sintèticament en que l'EK és un enfocament quantitatiu al disseny emocional.

Per entendre que és un enfocament quantitatiu, cal explicar que quan es dissenya un producte o servei els professionals fan servir tres principals fonts per escollir com ha de ser el producte:

- Coneixement propi: la seva creativitat i experiència en el sector aporta valor als dissenys.
- Tècniques qualitatives: basades en l'opinió de l'usuari sobre si el producte compleix o no amb els requeriments. Aquest tipus de tècniques són, entre d'altres, entrevistes,

discussions de grup, tallers, etc.

- Tècniques quantitatives: són mètodes que també es basen en l'usuari com a font d'informació però, a diferència de les qualitatives, utilitzen mètodes per obtenir la informació de l'usuari de manera estandarditzada. Un tipus de tècniques quantitatives són els qüestionaris.

2.2.1. Història de l'enginyeria Kansei

Donar-li un sentit estètic i afectiu als objectes, no és un invent de la nostra època. A l'edat de pedra ja feien joies amb valor sentimental. Al segle XVIII, Kant va estudiar i desenvolupar el sentit filosòfic de l'estètica. A mitjans del segle XX, la idea de l'estètica es va desenvolupar en un context científic. Charles E. Osgood va desenvolupar un mètode semàntic en el qual quantificava la percepció dels artefactes pels usuaris. Alguns anys després, al 1960, els professors Shigeru Mizuno i Yoji Akao van desenvolupar un enfocament des de la vessant de l'enginyeria per tal de connectar les necessitats de les persones amb les característiques dels productes. Un altre mètode va ser el model Kano desenvolupat a principis de la dècada dels 80 pel professor Noriaki Kano de la universitat de Tokyo. Aquest mètode s'ha utilitzat per valorar la importància de la personalització i l'adaptació a l'usuari per a la satisfacció del client. [10]

Tots aquests mètodes han aportat una visió diferent en el món del disseny, cap ha tingut la capacitat de traduir suficientment aquesta visió als paràmetres de disseny del producte. L'enginyeria Kansei ha aconseguit superar aquest impediment. Es va desenvolupar als inicis de la dècada dels 70 al Japó on s'ha estès entre moltes empreses. Aquest terme el va encunyar Mitsuo Nagamachi, professor de la Universitat d'Hiroshima i actualment CEO de l'Institut Internacional d'enginyeria Kansei. A la Taula 2.2 es llisten un conjunt de productes desenvolupats mitjançant les tècniques Kansei.

Taula 2.2. Llista de productes desenvolupats mitjançant l'enginyeria Kansei

Any	Empresa	Producte
1974	Hukuoka Interior	House Living System
1979	Sharp	Nevera
1980	Kao	Biore-U (xampú)
1984	Mazda	Mazda Persona
1985	Panasonic	Twin Lamp (llum fluorescent)
1993	Wacoal	Sostenidor Good-Up
1995	Hyundai	Sonata-2 (cotxe compacte)
1996	LG	Rentaplats
1996	Panasonic	Sistema sòl radiant, màquina d'afeitar, disseny de cuina AI-VR, dutxa
2003	Milbon	Xampú i tractament capil·lar
2003	Panasonic	Matalàs ortopèdic per a la prevenció de llagues en malalts
2008	Boeing	Disseny interior del Boeing 787
2014	Lee	Urban Rider Jeans

2.3. Procediment d'un estudi Kansei

A continuació es descriuen quins procediments s'han de seguir per desenvolupar un estudi Kansei. [11]

1. **Escollir el domini del producte:** Implica escollir quin producte serà el protagonista de l'estudi així com les característiques del grup de persones associat a aquest.

2. El segon pas consisteix en dos subfases:

Definir un espai semàntic: Consisteix en escollir un conjunt de paraules que descriuen emocionalment el producte. Aquestes s'anomenen paraules Kansei. Per definir l'espai semàntic es parteix d'un set de paraules molt extens i es redueix utilitzant tècniques com són diagrames d'afinitat o anàlisi de grups. El resultat d'aquesta fase es la llista de paraules Kansei que s'utilitzaran a l'estudi.

Definir un espai de propietats del producte: Tracta d' estudiar quins atributs té el producte i quins valors poden prendre.

3. **Recollida de dades:** Consisteix en recollir les dades que serviran per lligar l'espai semàntic a les propietats del producte. Es prepararan, ja sigui físicament o amb imatges, els productes que es volen mostrar o fer provar als participants de l'estudi. En aquesta fase cal definir com es durà a terme la recollida de feedback dels participants, quants participants han d'haver-hi i com s'han de seleccionar.
4. **Síntesi:** En aquesta fase s'utilitzen mètodes estadístics per connectar els atributs del producte a les paraules Kansei. Es determina per a cada atribut del producte quines paraules Kansei apliquen.
5. **Test de validesa:** Es realitza un anàlisi de factors per entendre quines paraules es perceben de manera semblant. Pot ser la base de la confirmació de l'experiment.
6. **Presentació de resultats:** Consisteix en recopilar els resultats obtinguts després de ser validats i proposar una visualització mitjançant gràfics i altres eines estadístiques que faciliti l'extracció d'informació.

A la Figura 2.6 es mostra un esquema del procediment d'un estudi Kansei, basat en [11]:

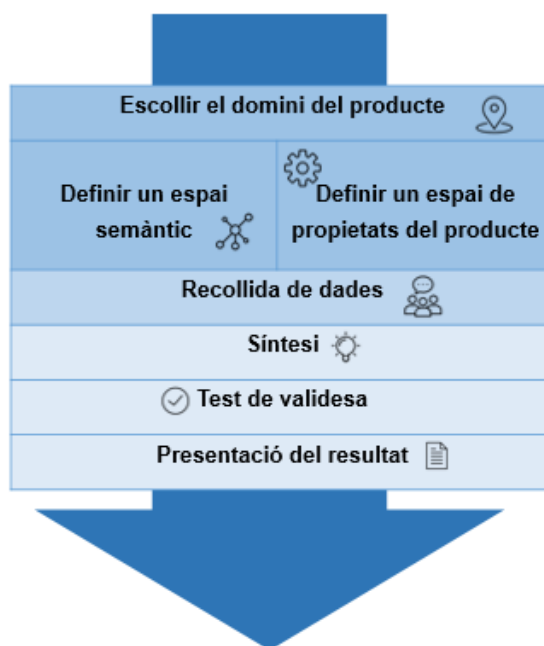


Figura 2.6. Esquema de la metodologia Kansei

2.3.1. Metodologia per recollir dades

La informació que ens interessa recollir com a resposta a la percepció o ús d'un producte són les emocions i sensacions que desperta. És evident que no és senzill recollir-les ni mesurar-les. Per obtenir aquestes dades es poden seguir un dels dos principals enfocaments. El primer consisteix en què l'usuari reporta com a percebut el producte mentre que el segon tracta de mesurar la resposta fisiològica de l'individu als estímuls del producte. [14]

Auto-reportar Kansei

Auto-reportar els sentiments que provoca un producte és un mètode extensament utilitzat. L'usuari ha de valorar, qualificar o classificar els sentiments utilitzant paraules o imatges. [15]

Si s'utilitzen imatges, els usuaris han d'identificar la seva emoció en una imatge o personatge. D'aquesta manera s'evita la confusió en el significat de les paraules i els matisos. A continuació, es mostra una imatge d'un estudi fet a partir de l'eina PrEmo, validada científicament. Tracta de captar quines emocions transmet un producte, en aquest cas un bol mitjançant la valoració de cadascuna de les emocions del personatge del 0 al 4. [16]

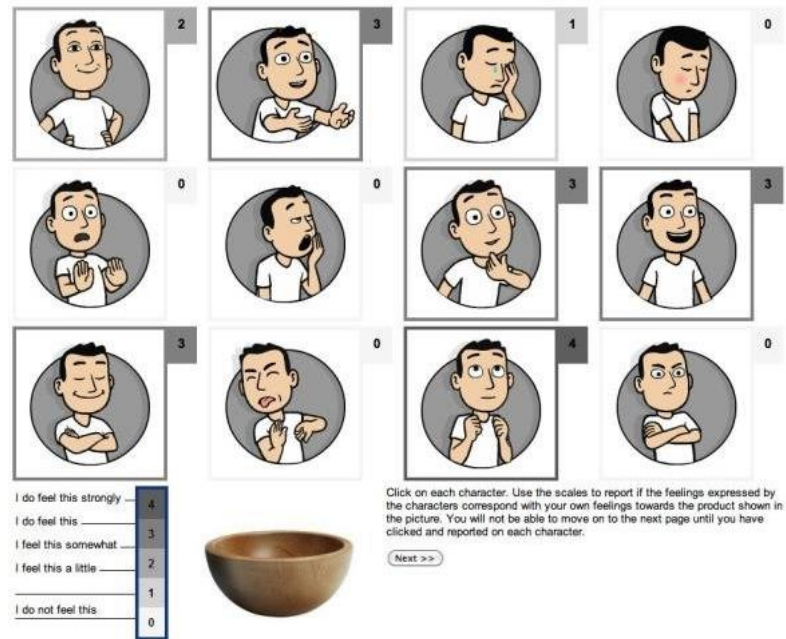


Figura 2.7. Suport PrEmo utilitzat per fer l'estudi d'un bol [15]

La segona opció per auto-reportar emocions és el mètode verbal, més versàtil i àmpliament utilitzat. Dins d'aquest mètode existeixen diverses opcions a escollir segons l'objectiu de l'estudi: [11]

- Valorar un producte a partir d'una paraula: el procediment consisteix en mostrar el producte al participant de l'estudi i aquest ha de valorar en una escala numèrica en quina mesura la paraula Kansei escau al producte.
- Ordenar els productes segons una paraula: donada una paraula i un conjunt de productes, cal ordenar els productes en funció de quins s'adeqüen més o menys a la paraula.
- Escollir un producte: tractar de presentar un conjunt de productes agrupats per parelles, de tres en tres, o fins i tot grups més grans. El participant de l'estudi ha de decidir quin s'escau millor a la paraula Kansei proposada.

3. Mesures fisiològiques en estudis Kansei

Les emocions que vivim comporten una reacció fisiològica. Són exemples clars les llàgrimes i el comunament anomenat “pell de gallina”, però també existeixen altres més difícils de percebre com la variació de la freqüència cardíaca, la pressió arterial, l'activitat electrodermica, la segregació d'hormones, la dilatació de les pupil·les, entre d'altres. [18]

Mesurar la resposta emocional a través de reaccions fisiològiques comporta avantatges notables. En primer lloc, capturar les reaccions als estímuls dels productes mitjançant unitats reconegudes pel Sistema Internacional permet assegurar que sigui viable la quantificació de la resposta emocional. Cal afegir que aquest tipus de mesures eviten la subjectivitat de jutjar les pròpies emocions i d'altra banda, redueix en gran mesura la possibilitat de mentir. D'altra banda, ens permet plasmar emocions espontànies i incontrolables que es produeixen automàticament sense que hi hagi un processament cognitiu associat. [19]

El principal problema i fet que impedeix el seu ús extens és la dificultat en la preparació i execució dels testos. El material necessari té un cost més elevat que les eines necessàries per auto-reportar. D'altra banda, en la realització de la prova, hi ha elements molt intrusius que fan evident que s'està duent a terme un test i això pot provocar, fins i tot de manera inconscient, un canvi en la resposta de l'usuari.

Existeix un altre inconvenient pel que fa a entendre els resultats de les proves. Hi ha dos possibles entrebancs. En primer lloc, pot ser que es detecti una emoció però no es pugui distingir quina és. El segon és que no es puguin percebre reaccions degudes a lleugers canvis en el producte. [20]

Aquests problemes no són transversals en tots els mètodes per detectar reaccions a partir de mesures fisiològiques. Cadascun intenta minimitzar els inconvenients dins de les seves possibles característiques. Alguns dels mètodes que poden ser pràctics per a aquestes mesures són la mesura de la variació de l'activitat electrodermica (EDA), les tècniques de registre de moviment ocular (*eye-tracking*) i les tècniques de reconeixement d'expressions facials.

3.1. Activitat electrodèrmica

L'activitat electrodèrmica (EDA) és un fenomen psicobiològic descobert per Feré (1888). Es refereix a l'activitat bioelèctrica de la pell i és un paràmetre per realitzar registres psicofisiològics. Els canvis de l'EDA depenen de la secreció de les glàndules sudorípares de la pell, en concret de les glàndules sudorípares ecrines i altres estructures de la pell que originen canvis en les propietats electroquímiques per variacions en la permeabilitat de les membranes cel·lulars. [21]

L'EDA és un dels índexs psicofisiològics més utilitzats com correlat fisiopsicològic per la seva relació amb l'emoció, l'*arousal* i l'atenció. La seva variació s'entén com una evidència dels canvis en l'estat cognitiu i emocional de la persona. L'EDA constitueix una mesura òptima del sistema nerviós autònom. El control d'aquesta activitat es realitza mitjançant el sistema nerviós simpàtic responsable dels processos d'activació, sense interferències del sistema parasimpàtic com succeeix en altres mesures psicofisiològiques com són la pulsació cardíaca i la dilatació pupil·lar. [22]

A la Figura 3.1. Representació gràfica de la resposta temporal de l'EDA representa la resposta temporal de l'activitat electrodèrmica en unitats de $k\Omega$ al llarg del temps.

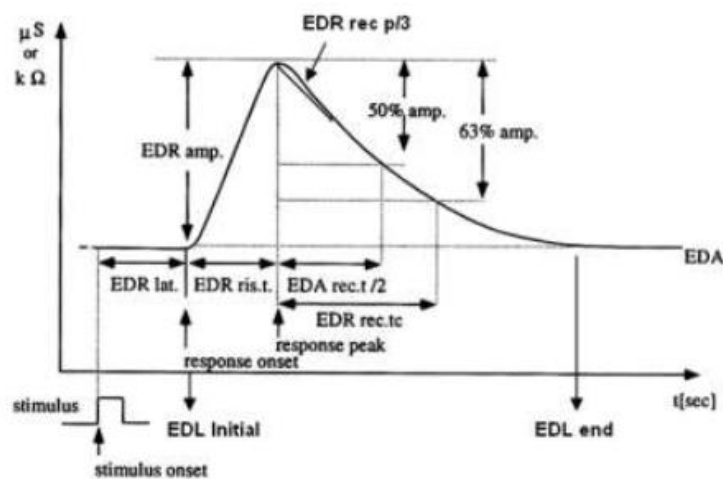


Figura 3.1. Representació gràfica de la resposta temporal de l'EDA [22]

Una primera divisió general dels mètodes d'obtenció de l'EDA fa referència a la font de procedència del corrent elèctric per al mesurament. Hi ha dues formes bàsiques:

- Mètode exosomàtic: designa el mètode que registra els canvis en la resistència de la pell al

pas d'un petit corrent elèctric aplicada externament.

- Mètode endosomàtic: mesura la pell sense corrent extern. La pell genera una càrrega elèctrica mesurable que registra la diferència de potencial entre dos punts de la pell, en absència de corrent extern.

Els diferents procediments de registre de l'EDA són quatre: el potencial [mV], la resistència [K Ω], la conductància [μ S], la impedància [K Ω] i l'admitància dèrmica [μ S]. Aquestes mesures es relacionen a través de lleis elèctriques, per exemple la conductància que és la inversa de la resistència. Per interpretar els valors es considera que a menor resistència obtinguda, major nivell d'activació cortical, i al contrari, a major resistència, menor activació cortical.

El principal problema de la utilització de l'EDA per percebre la reacció a un estímul es que, si bé es pot captar un canvi en l'activació cortical, no es pot atribuir a un sentiment o reacció concreta. És a dir, hi ha una activació general fisiològica i psicològica de l'organisme però, per exemple, no podem determinar si és amb un efecte positiu o negatiu. [24]

3.2. Reconeixement d'expressions facials

El reconeixement d'expressions facials és una metodologia que té com a principal objectiu la realització d'estudis de comportament o de diagnòstic i rehabilitació de malalties neurològiques i mentals. [25]

Que tenim la voluntat, la capacitat i l'interès d'inferir les emocions de les persones del nostre voltant a partir de les expressions facials és un fet que es fa evident en el nostre dia a dia. És exemple de la importància que li donem a aquest fet els milions de missatges que s'envien amb emoticones per afegir expressivitat al llenguatge o fins i tot, l'èxit de la pel·lícula d'animació *Inside Out* [26] on els protagonistes són cinc emocions ben caracteritzades.

L'expressió facial desenvolupada en sentir una emoció com la manera en que es percep i s'entén aquesta emoció és intercultural. Fins i tot, en alguns casos animals, com és en el cas dels ximpanzés, identifiquen – tot i que a un altre nivell – les reaccions dels seus companys mitjançant les expressions comunes a tota l'espècie. A continuació, es mostren tres imatges d'individus de l'espècie de ximpanzé bonobo *Pan paniscus*, mostrant emocions (tristesia, sorpresa, alegria) fàcilment identificables des de la perspectiva humana. [27]



Figura 3.2 Imatge de tres ximpanzés bonobos mostrant emocions identificables [23]

Encara que tenim la capacitat de reconèixer les expressions facials a simple vista, és un procés subjectiu i en aquestes últimes dècades la ciència ha proposat un mètode per estudiar objectivament la inferència de les expressions a les emocions i detectar les microexpressions. Aquest mètode s'anomena FACS *Facial Action Coding System* i va ser desenvolupat per Paul Ekman a l'any 1978. Es tracta d'un mètode manual. [28]

El sistema FACS és un mètode basat en l'anatomia facial per descriure el moviment facial que es pot discernir visualment, és a dir, no proporciona cap informació biomecànica sobre l'activació muscular. Descomposa les expressions facials en components individuals dels moviments dels músculs, que anomena unitats d'acció (AU). Aquestes AU es poden agrupar en moviments de la part superior o inferior de la cara i dins d'aquesta última classificació, en moviments verticals, horitzontals o oblics. A continuació, es llisten les AU principals associades al seu codi:

Taula 3.1. Llista d'unitats d'acció relacionades amb el seu codi numèric [28]

0	Rostre neutre	24	Pressió labial
1	Aixecament interior de la cella	25	Lliscament labial
2	Aixecament exterior de la cella	26	Caiguda de la mandíbula
4	Baixar les celles	27	Pressió bucal
5	Aixecament de la parpella superior	28	Llepada labial
6	Aixecament de les galtes	29	Tracció de la mandíbula
7	Ajuntar les parpelles	30	Lliscament de mandíbula
8	Llavis un sobre l'altre	31	Contracció mandibular
9	Arrugar el nas	32	Mossegada labial
10	Aixecament del llavi superior	33	Succió de galtes
11	Profunditat nasolabial	34	Unflar les galtes
12	Estirament labial lateral	35	Bufada de galtes
13	Estirament labial frontal	36	Protuberància de llengua
14	Clotet facial	37	Neteja labial
15	Depressió labial lateral	38	Dilatat nasal

16	Depressió labial frontal	39	Compressió nasal
17	Aixecament de la barbeta	41	Baixada de parpelles
18	Arruga labial	42	Contracció retinal
19	Mostra de la llengua	43	Ulls tancats
20	Prémer els llavis	44	Recol·lector retinal
21	Prémer el coll	45	Parpelleig
22	Embut labial	46	Guinyada
23	Mossegar els llavis		

Segons Ekman cada emoció té unes AU associades i mitjançant el reconeixement d'aquestes podem detectar emocions i microexpressions. A la Figura 3.3, es mostren els resultats de l'experiment fet pel Dr. Lenny Kristal. Aquesta prova consistia en proposar a diferents persones que expressessin facialment una emoció. Les persones eren de cultures diferents per provar que la percepció interna que té una persona de l'emoció i la manera d'expressar-la és intercultural. L'última fila correspon a les imatges base de les FACS corresponent a les emocions proposades. Aquestes són les set bàsiques, d'esquerra a dreta: ira, fàstic, por, alegria, tristesa i sorpresa. A les fotos de la primera fila s'indiquen les AU que s'hi identifiquen:

- Ira: AU 4, AU 5, AU 7, AU 23
- Fàstic: AU 4, AU 7, AU 10, AU 11, AU 25
- Por: AU 1, AU 2, AU 5, AU, 20
- Alegria: AU 12, AU 6
- Tristesa: AU 1, AU 4, AU 7, AU 11, AU 15, AU 17
- Sorpresa: AU 1, AU 2, AU 5, AU 25, AU 26



Figura 3.3. Experiment del Dr. Denny Kristal comparant les expressions facials mitjançant AU. [29]

Posteriorment al mètode FACS, es va desenvolupar una altra metodologia més fàcil d'implementar de manera digital. Aquest mètode consisteix en mesurar una sèrie de paràmetres numèrics en les expressions facials i determinar el valor d'alguns que són binaris. A continuació es llisten els paràmetres que tenen valors reals: [29]

1. Distància d'aixecament de les celles: distància entre el punt on s'uneixen la parpella inferior i superior i la punta inferior central de la cella.
2. Distància de la parpella superior a la cella: distància entre la parpella superior i la superfície de la cella
3. Distància entre celles: distància entre les puntes inferiors central de les dos celles.
4. Distància entre la parpella superior i inferior: distància entre la parpella superior i la inferior en el seu punt central.
5. Guix del llavi superior: mesura del guix del llavi superior
6. Guix del llavi inferior: mesura del guix del llavi inferior

7. Ample de la boca: Distància entre les puntes dels llavis
8. Obertura de la boca: Distància entre la superfície més baixa del llavi superior i la més alta del llavi inferior

A la Figura 3.4, es mostren a quines parts de la cara corresponen els paràmetres descrits anteriorment.

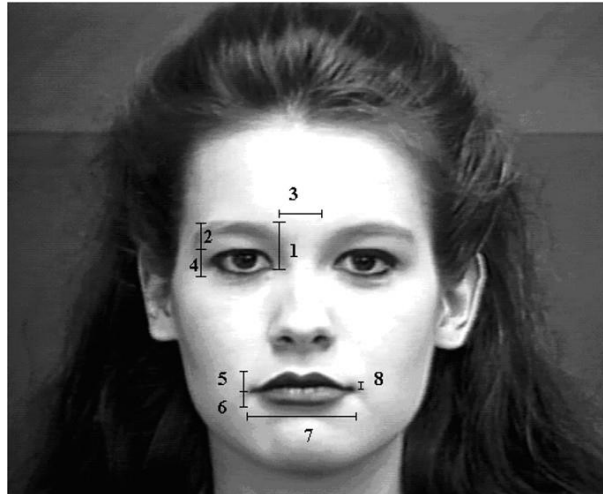


Figura 3.4. Paràmetres reals per mesurar una expressió facial [29]

Per completar la descripció facial, s'utilitzen els paràmetres binaris següents i que prenen valors 0 o 1 segons l'absència o presència d'aquests:

1. Visibilitat de les dents superiors
2. Visibilitat de les dents inferiors
3. Arrugues al front
4. Arrugues a les celles
5. Arrugues a la zona entre les celles
6. Arrugues a la barbata
7. Arrugues nasolabials entre el nas i el llavi superior

La Figura 3.5 mostra com s'identifiquen a la cara aquests paràmetres.



Figura 3.5. Caracterització dels paràmetres binaris [30]

Per determinar quins valors de paràmetres corresponen a certes emocions, el mètode de S. Kulkarni, n. P. Reddy i s. I. Hariharan va reunir un grup de 20 experts en el reconeixement d'expressions facials mitjançant altres mètodes (com el FACS). Es van analitzar 467 imatges d'un total de 97 participants. Després de relacionar els resultats obtinguts en base al consens del grup de persones especialitzades amb els valors dels paràmetres, es van obtenir els resultats que es mostren en les taules[30].

Taula 3.2. Percentatge mitjà de la desviació respecte la posició neutra per a les diferents expressions dels 97 participants

	Neutre	Ira	Fàstic	Por	Alegria	Tristesa	Sorpresa
Distància entre celles	0	-28.04	-36.86	1.43	1.54	5.29	49.67
Distància entre parpella sup. i cella	0	-31.18	-26.47	4.15	11.91	15.03	106.12
Distància entre celles	0	-22.36	-9.45	-16.09	-0.50	-6.43	5.62
Distància entre parpelles	0	-34.60	-49.52	-18.69	-20.07	-13.04	25.13
Gruix llavi superior	0	-49.99	-10.20	-17.46	-11.04	-23.31	1.27
Gruix llavi inferior	0	-51.77	-6.83	-23.55	-10.92	-8.80	23.65
Amplada de la boca	0	-8.19	-7.48	9.90	33.35	-4.04	-14.62
Obertura de la boca	0	-7.74	95.37	738.3	785.8	2.55	2489.0

Taula 3.3. Percentatge mitjà de presència dels set paràmetres binaris per a les expressions.

	Neutre	Ira	Fàstic	Por	Alegria	Tristesa	Sorpresa
Dents superiors visibles	0	0	13.33	93.10	83.91	0	57.89
Dents inferiors visibles	0	0	6.67	77.59	37.93	0	47.37
Arrugues al front	0	0	2.22	29.31	0	14.52	69.74
Arrugues a les celles	0	73.81	86.67	50.00	0	20.97	30.26
Arrugues al nas	0	61.90	88.89	31.03	0	4.84	0
Arrugues a la barbeta	0	80.95	22.22	10.34	0	85.48	0
Arrugues nasolabials	0	16.67	84.44	56.90	97.70	9.68	9.21

Per testar el mètode, van mesurar els paràmetres en 282 casos nous i el resultat va estar d'acord amb els experts en un percentatge del 90,4%.

3.3. Eye-tracking

L'*eye-tracking* fa referència a l'activitat i el conjunt de tecnologies que permeten monitoritzar i registrar la manera en la que una persona mira una determinada escena o imatge. En concret, permet saber en quines àrees fixa la seva atenció, durant quant de temps i en quin ordre es realitza l'exploració visual. [31]

Encara que pot semblar una tècnica recent, el seguiment ocular té més d'un segle d'història. A finals del segle XIX, es va començar a realitzar algun experiment senzill amb tècniques invasives amb contacte directe mecànic amb la còrnia, per exemple Javal al 1879. Dodge i Cline van desenvolupar una primera tècnica no invasiva utilitzant la llum reflectida per la còrnia l'any 1901. Aquesta primera tècnica rudimentària gravava només la posició horitzontal de la mirada i requeria que el cap de la persona es trobés completament immòbil.

L'any 1950 es va publicar el primer estudi relacionat amb aquesta tecnologia. Va ser publicat per P. M., Jones, R. E., & Milton, J. L. a l'*Aeronautical Engineering Review* i es titulava *Eye movements of aircraft pilots during instrument-landing approaches*. Des d'aquell moment s'han anat desenvolupant el camp d'estudi i a partir del 1970 va créixer l'interès degut al

desenvolupament conjunt dels avenços tecnològics en l'*eye-tracking* i de les teories psicològiques que relacionaven les dades obtingues amb els processos cognitius. En l'època actual es poden aconseguir resultats molt exactes i precisos, mitjançant tècniques variades. [31]

Actualment, existeixen dos grans grups de maneres de fer estudis d'*eye-tracking*. En primer lloc es troben els sistemes que es col·loquen al cap del participant i els que registren el moviment ocular des de la distància, normalment ubicats al monitor de l'ordinador. Mentre que els primers són adequats per a activitats en les que el participant ha de tenir total llibertat per a moure's, els segons resulten molt menys intrusius i per tant generaran menys soroll en els processos d'avaluació.

Mètodes invasius

Aquests mètodes van ser en l'inici del desenvolupament de l'*eye-tracking*. Actualment, aquesta tècnica s'utilitza en àmbits on es necessita llibertat de moviment i on no forçosament s'estudia l'exploració visual davant d'una pantalla.

Un exemple d'aquests aparells és l'EMR eye-tracker de la companyia NAC Image Technology (Figura 3.6). Aquest aparell té dues càmeres apuntant cadascuna a un ull per tal de detectar els moviments simultàniament mesurant el centre de la pupil·la i la posició del reflex de la imatge d'un LED infraroig a la còrnia. Compta amb una tercera càmera enfocada al camp de visió de l'usuari per tal de poder analitzar els resultats superposant les dades de registre de l'exploració visual amb l'entorn de l'usuari. Pesa 125 grams, la freqüència de mostreig pot ser de 60, 120 o 240 Hz, té una autonomia d'1 hora, guarda el registre a una targeta SD i també permet la visualització en temps real de l'estudi en un monitor. [32]

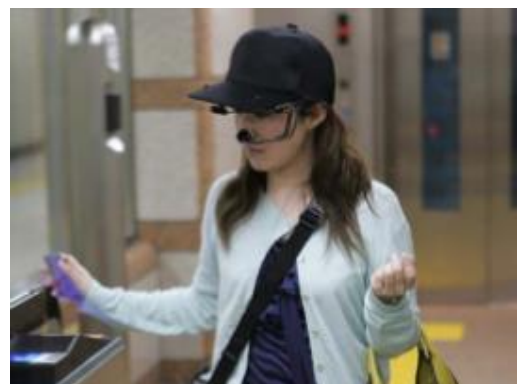


Figura 3.6 Eye-tracker EMR muntat sobre unes ulleres i sobre una gorra. [33]

Mètodes no invasius

En aquest tipus de mètodes l'aparell que registra el recorregut visual es troba al monitor o a un lloc fix sense contacte amb l'usuari. És útil quan el que es vol estudiar és com interactua l'usuari amb elements visibles a una pantalla fixa.

La tècnica més utilitzada en el món professional és la reflexió del centre corneal de la pupil·la (PCCR). La idea bàsica és utilitzar una font de llum per il·luminar l'ull causant reflexions altament visibles i una càmera per capturar una imatge de l'ull mostrant aquestes reflexions. La imatge capturada per la càmera s'utilitza per identificar la reflexió de la font de llum a la còrnia i la pupil·la. Es calcula el vector format per l'angle entre les reflexions de la còrnia i la pupil·la. La direcció d'aquest vector, combinada amb altres paràmetres geomètrics de la reflexió, s'utilitza per calcular el punt de la mirada. La font lumínica utilitzada és quasi infraroja. Posteriorment, s'utilitzen algorismes de processament d'imatges i un model fisiològic 3D de l'ull per estimar la posició de l'ull a l'espai i del punt de mirada amb precisió.[34]

A continuació, es mostra esquemàticament el procés per calcular la posició de la mirada.

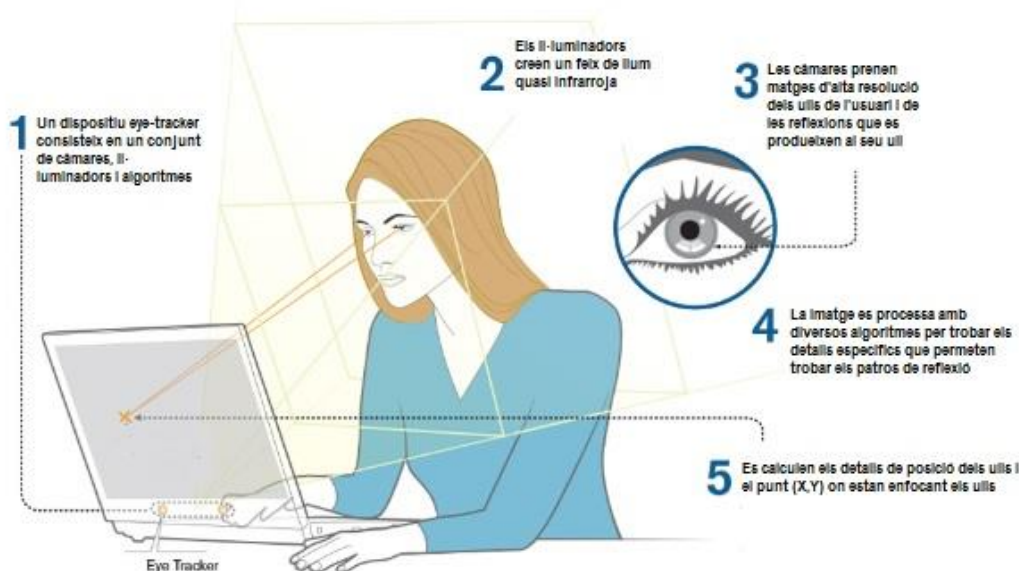


Figura 3.7. Esquema de funcionament d'un aparell d'eye-tracking professional [30]

Una característica important de l'*eye-tracker* és la freqüència de mostreig, és a dir, quantes vegades per segon el dispositiu registra la posició dels ulls. Com més elevada sigui aquesta, més fàcil serà estimar el camí real de l'ull quan es mou.

Mentre que la tècnica PCCR és idònia per a estudis d'alta precisió tècnica com podria ser un estudi d'*eye-tracking* en la lectura de text, existeixen tècniques basades en l'ús de webcams que són suficients per a estudis tècnics i acadèmics sense necessitat de tanta precisió.

Els mètodes d'*eye-tracking* basats en l'ús d'una càmera web consisteixen en utilitzar un programari que es basa en detectar la cara, els ulls, el centre d'aquests i els laterals. Es pot observar el resultat en la Figura 3.8. Detectats aquests punts, es realitza un procés de calibratge que permet associar diversos punts de la pantalla a les posicions del centre i laterals dels ulls. Mitjançant mètodes iteratius d'interpolació es determina per a una posició qualsevol del centre i laterals de l'ull, quin punt de la pantalla hi correspon.



Figura 3.8. Detecció de la cara, centre i laterals dels ulls. [35]

Mitjançant aquesta tècnica s'obtenen resultats d'una precisió del 20% de la mida de la pantalla. Comparat amb mesures preses al laboratori mitjançant tècniques PCCR, les dades tenen més variància i s'obté una freqüència de mostreig més baixa. [36]

Les mesures preses amb aquest mètode depenen del hardware utilitzat (càmera web i ordinador) i del comportament dels participants (moviment del cap, mala il·luminació de la cara, entre d'altres).

El problema de l'*eye-tracking* és que podem saber on mira l'usuari però, en principi, no sabem perquè ho fa. Podria ser perquè li atrau el que veu o bé simplement perquè li sembla curiós, o fins i tot, desagradable.

4. Recollida i processament de dades en l'experiment amb *eye-tracking*

Havent fet una recerca bibliogràfica sobre l'enginyeria Kansei i els mètodes fisiològics que es poden emprar per tal de recollir les emocions dels usuaris, s'aplica la informació adquirida en l'experimentació amb el mètode d'*eye-tracking*.

Com s'explica en l'apartat 3, en la recollida de dades en un estudi Kansei es poden utilitzar mètodes fisiològics. Això implica mesurar la resposta emocional a través de reaccions fisiològiques dels usuaris. Aquests mètodes tenen avantatges i inconvenients respecte la recollida de dades en que les persones participants a l'experiment reporten elles mateixes les sensacions. El propòsit és potenciar, en la mesura de les possibilitats, els avantatges i buscar maneres de minimitzar les dificultats. Entre els tres mètodes explicats (EDA, reconeixement facial i *eye-tracking*) s'ha optat per experimentar amb el darrer. Els motius pels quals s'ha escollit aquest són, en primer lloc, la disponibilitat de que els participants puguin realitzar l'experiment de manera online. Amb aquesta condició queda descartada la possibilitat de realitzar l'experiment relacionat amb l'activitat electrotèrmica que s'havia plantejat en la pluja d'idees inicial.

La recollida de dades de forma online tindrà dues parts:

1. La visualització de diapositives, on es va capturant on mira l'usuari a través de *eye-tracking*.
2. Un qüestionari on es demana que l'usuari reporti quina imatge de les dues presentades en parelles li agrada més.

4.1. Preguntes de recerca que es plantegen

L'anàlisi de totes les dades que es recolliran ha de permetre respondre les preguntes de recerca més importants que es plantegen:

- És possible caracteritzar d'alguna manera els participants en funció del seu patró d'inspecció de la imatge amb la mirada?
- Existeixen patrons de mirada diferenciats entre els participants? Existeixen participants amb patrons de mirada similars?

- Hi ha alguna relació entre el patró de mirada i la preferència enfront d'una imatge? Per exemple, la imatge més atractiva, es mira durant més estona, o es mira primer, o s'inspeccionen visualment les dues imatges, però al final la vista es queda en la més atractiva?

Si existís alguna relació entre alguna característica del patró d'inspecció del parell d'imatges amb la mirada i la preferència enfront d'una imatge, el simple registre de la localització de la mirada podria servir per determinar la preferència. Aquest fet seria d'interès perquè permetria treure conclusions sense haver de recórrer a que l'usuari autoreporti la seva percepció. Tot i que moltes tècniques d'enginyeria emocional de productes es basen en qüestionaris on els usuaris autoreporten la seva percepció, aquest pas pel pensament racional necessari per respondre un qüestionari es considera una limitació en la captació de les sensacions reals. Si es fa d'aquesta manera és perquè no sabem com accedir a una informació de les percepcions més autèntiques de manera directa sense passar pel filtre de la ment. Les tècniques de mesura fisiològiques, com l'*eye-tracking*, superen aquesta limitació. Però abans cal veure si la informació que proporcionen les tècniques té alguna utilitat en el context de l'enginyeria emocional.

4.2. Metodologia de recollida de dades

Les persones participants a l'estudi han estat N=20. Aquestes han estat sotmeses a una prova d'*eye-tracking* i un qüestionari posterior de manera on-line.

L'experimentació de l'*eye-tracking* consistia en mostrar 8 diapositives on cadascuna contenia una parella d'imatges i registrar en quins punts de la pantalla estava mirant la persona. Acabada aquesta primera part, es passava a un qüestionari on apareixien les mateixes imatges, aparellades de la mateixa manera que en la prova de l'*eye-tracking* i es preguntava quina imatge semblava més atractiva. Els objectius d'aquest conjunt d'experiments és poder relacionar on mira la persona participant amb la seva opinió sobre l'atractiu de la imatge.

A continuació, es detallen les etapes seguides pels participants a l'estudi:

1. Abans d'enviar el link, es van fer arribar les instruccions per realitzar el test, que eren les següents:

- La prova consisteix en dues parts diferenciades. Durant la primera, heu de permetre

l'accés a la càmera web però no quedarà gravada la imatge.

- Quan obriu l'enllaç, feu-ho tenint només una finestra del navegador oberta i en ella només la pestanya de l'experiment. Si ho feu amb un portàtil, endol-leu-lo a la corrent.
- És important realitzar la prova en una sala ben il·luminada.
- S'ha de mantenir el cap quiet. Us podeu recolzar sobre els vostres braços o mitjançant algun tipus de suport (llibres, ampolles...).

2. S'envia el link mitjançant el qual els participants podran accedir a la prova d'*eye-tracking* i finalitzada aquesta, saltaran al qüestionari.

3. Quan accedeixen a la prova, en primer lloc es recorden les instruccions com es veu en la Figura 4.1.

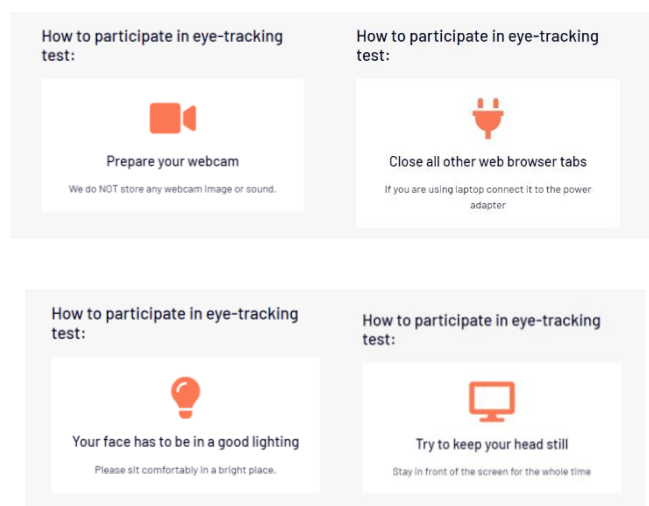


Figura 4.1. Pantalla d'instruccions mostrada abans de començar la prova d'*eye-tracking*

4. Abans de començar la prova, es segueix un procés de calibratge. Aquest consisteix en situar el ratolí i la mirada sobre un punt vermell sobre un fons gris que va canviant de posició 40 cops. D'aquesta manera s'obtenen 40 punts on es coneix la posició dels ulls per a aquell determinat punt de la pantalla.

5. Un cop el calibratge és vàlid, es passen a mostrar les 8 parelles de fotos, en ordre aleatori. Cada diapositiva es mostra durant un temps de 3 segons. Entre una diapositiva i la següent es mostra una pantalla de color gris per separar i descansar la

vista. Cada diapositiva contenia dues imatges de la mateixa mida, situades als dos extrems de la pantalla, separades per un espai buit. Aquesta separació és necessària degut que, segons l'explicat en l'apartat 3.3, l'error de precisió és d'un 17% del total de la pantalla en els mètodes d'*eye-tracking* mitjançant càmera web. A continuació, en la Figura 4.2 es mostra una de les diapositives. La resta d'imatges utilitzades en l'experiment es poden consultar en l'*Annex A*. Totes les imatges utilitzades estan extretes del banc de fotografies gratuït pixabay.com.

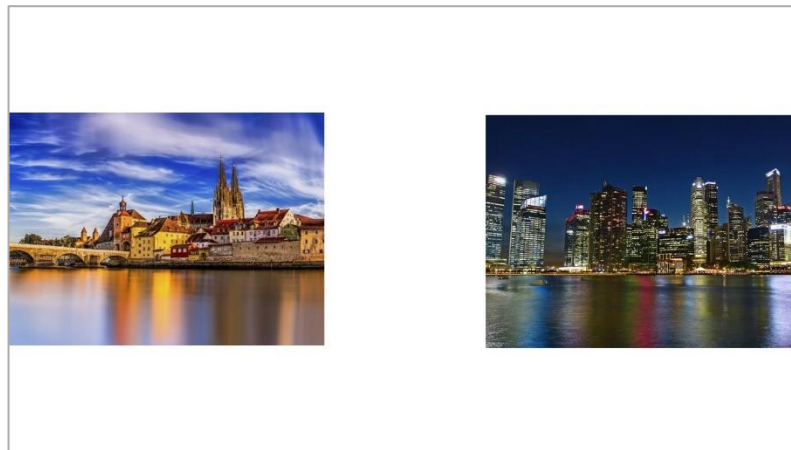


Figura 4.2. Una de les diapositives mostrades durant l'experiment

6. Un cop mostrades totes les imatges, es realitza un calibratge de verificació final per comprovar que s'ha mantingut la qualitat dels resultats. Aquest consisteix en mirar uns punts que exploten quan enfoques la teva visió sobre ells. Si no exploten en 10 segons, el calibratge pot no ser bo i així ho notifica.
7. En acabar aquesta part, demana el nom i l'edat.
8. A continuació, la pàgina t'envia automàticament a un qüestionari realitzat a la plataforma Typeform on es pregunta per a cada parella de fotos quina és més atractiva. S'exemplifica una de les preguntes en la Figura 4.3.

1 → Quina imatge et sembla més atractiva? *



Figura 4.3. Una de les preguntes mostrades en el qüestionari

4.3. Processament de les dades recollides

Les dades obtingudes d'aquest experiment es poden dividir en dos blocs. El primer bloc, els resultats obtinguts de l'experiment d'*eye-tracking* i el segon els resultats del qüestionari, on per a cada participant i cada parell d'imatges apuntem quina és la imatge que sembla més atractiva.

Les dades obtingudes en l'experiment d'*eye-tracking* s'han hagut de processar abans de poder utilitzar-les. De l'aplicatiu d'*eye-tracking* s'obtenia per a cada participant i diapositiva la posició x i y de la mirada en l'instant registrat i les mides de la pantalla.

Per a l'estudi realitzat, només es considera la variable x de la mirada. Aquesta decisió es deu a la disposició de les dispositives, que presenten una imatge a la dreta i l'altra a l'esquerra de la pantalla, per tant és aquesta variable la que és necessària per saber si s'està observant una imatge o l'altra. Per tant, no utilitzem la informació que ens proporcionaria la variable y, és a dir l'altura de la mirada del participant, és a dir, no ens interessa saber exactament quina part de la imatge -si la superior o la inferior- s'està observant, sinó que l'interès ve per quina imatge s'està mirant.

Per tant, després d'organitzar les dades i eliminar la informació de la variable y, es disposa de la informació distribuïda de la manera que s'observa en la Figura 4.4. Per a cada una de les diapositives d'un total de 8, tenim una taula on a la primera fila estan tots els participants - 20 en total – i a la primera columna el nombre de l'observació en qüestió. Per cada participant

tenim dos subcolumnes que són la posició en x de la mirada i l'instant en ms en què s'ha pres l'observació. Addicionalment, disposem per a cada participant la informació de l'amplada de la seva pantalla.

	Participant 1		Participant 2		Participant 3		Participant 4		Participant 5	
	x	ms	x	ms	x	ms	x	ms	x	ms
Mostra 1	770	33	638	38	1048	32	921	40	765	36
Mostra 2	864	116	648	70	1189	70	934	85	765	72
Mostra 3	876	134	519	103	1171	97	771	115	706	110
Mostra 4	860	168	453	132	1279	131	363	148	730	143
Mostra 5	790	200	453	165	960	166	892	181	730	177
Mostra 6	763	234	517	200	851	198	862	223	643	232
Mostra 7	873	269	415	238	908	233	781	259	749	262
Mostra 8	751	302	426	267	981	265	900	295	749	299
Mostra 9	808	334	477	301	916	299	805	314	600	348
Mostra 10	838	367	439	336	1043	332	655	351	321	385
Mostra 11	713	401	273	366	882	366	794	381	321	415
Mostra 12	736	434	295	399	980	399	691	422	348	464
Mostra 13	769	468	387	437	759	433	824	459	335	495
Mostra 14	822	501	440	467	738	466	623	486	303	534
Mostra 15	803	535	402	499	727	499	686	524	328	582
Mostra 16	842	567	426	536	673	532	788	551	319	611
Mostra 17	886	601	426	567	766	565	639	584	517	648

Figura 4.4. Part de la taula de dades obtingudes de l'experiment d'eye-tracking

Cal fer dues consideracions degut a que cada participant ha fet la prova a casa seva amb material diferent. En primer lloc, no tots tenen el mateix nombre d'observacions ja que la freqüència de mostratge amb la tècnica d'*eye-tracking* mitjançant un ordinador i una webcam depèn de la capacitat del CPU de l'ordinador. En l'experiment s'han registrat tots els resultats en una freqüència d'entre 30 i 22 Hz menys un cas on la freqüència és 12 Hz. A menys freqüència de mostratge, l'interval de temps entre dues observacions és més gran i menys observacions obtenim en el període de 3 segons en el que es mostra cada diapositiva. Una altra conseqüència d'haver fet la prova des de casa és que no tots els participants tenen la mateixa mida de pantalla. El registre del punt on està mirant la persona participant es fa mitjançant la variable x, els valors de les quals van des de 0 fins a l'amplada màxima de la pantalla expressat en píxels.

Per tal d'utilitzar les dades i poder comparar-les entre elles, cal estandarditzar aquestes dues diferències. A fi de resoldre el problema degut a la mida diferent de la pantalla, s'ha calculat per a cada valor de x, el seu valor percentual respecte l'amplada total de la pantalla. És a dir, per exemple, per a una pantalla d'una amplada de 1440 píxels, el 0% correspondrà a 0 píxels, és a dir, mirant a la pantalla l'extrem esquerra i el 100% correspondrà a 1440 píxels que està situat mirant a la pantalla a l'extrem dret. D'aquesta manera, no té efecte l'amplada de la pantalla utilitzada per realitzar l'experiment.

A fi de tenir el mateix nombre d'observacions per a tots els participants i poder comparar el seu comportament en instants concrets, es vol trobar els valors de la x per des de 0 fins a 3000 ms amb intervals de 50 ms, obtenint així 60 observacions per a cada participant i diapositiva. Per obtenir aquestes dades, s'ha interpolat linealment la posició en el valor de temps desitjat a partir dels valors dels dos instants més propers.

Havent realitzat aquestes dues tasques per estandarditzar les dades, es disposen les dades com es mostren en la Figura 4.5 . Per a cada participant - 20 en total - i cada diapositiva – 8 en total -, es disposa de la posició de la mirada respecte l'amplada total (un valor entre 0 i 100) per a cada 50 ms.

t	P1	P2	P3	P4	P5	P6
50	54,8	62,7	77,4	67,6	49,8	60,4
100	58,7	51,8	82,0	62,4	47,0	59,9
150	60,3	44,2	76,8	28,9	47,5	57,2
200	54,9	50,5	59,3	64,3	45,2	47,2
250	56,5	41,0	65,7	58,7	46,0	48,6
300	52,7	46,4	63,9	64,1	48,6	53,9
350	57,1	35,3	66,5	48,2	38,1	47,1
400	49,8	29,0	67,6	54,6	20,9	35,6
450	52,2	40,0	52,0	58,0	22,2	30,8
500	57,0	39,3	50,4	47,3	21,5	38,4

Figura 4.5. Taula de dades obtingudes de l'experiment d'eye-tracking amb la posició x en format percentual i interpolant els valors per obtenir 60 mostres per a tots els participants

5. Anàlisi de dades i resposta a preguntes

En aquest apartat s'analitzen les dades obtingudes mitjançant l'experiment d'*eye-tracking*. L'objectiu és respondre les preguntes plantejades en l'apartat 4.1. .

5.1. Anàlisi del patró de mirada per participant i diapositiva

La primera qüestió plantejada és si existeix la possibilitat de caracteritzar d'alguna manera els participants en funció del seu patró d'inspecció de la imatge amb la mirada. Per respondre aquesta pregunta, es necessita visualitzar les dades recollides de l'experiment (Figura 4.5) d'una manera que sigui intuïtiu entendre el comportament de la persona participant.

Per aquest motiu, es representen tots els recorreguts seguits amb la mirada amb splines a partir del programari R. Els splines són corbes diferenciables definides en porcions mitjançant polinomis molt útils en l'ajust de corbes i que ha permès eliminar les mirades espúries en la representació. Es disposa en l'eix horitzontal el temps- de 0 a 3000 ms - i en l'eix vertical el punt percentual on es troba la coordenada x de la mirada, és a dir, tota la informació de la Figura 4.5. S'obtenen 160 gràfics (8 diapositives amb parelles de fotos x 20 participants) i s'observen els comportaments dels participants. Es constata que es poden distingir patrons diferenciats i que en alguns casos es repeteixen.

Per completar la informació, es representen els heatmaps. Un heatmap és una tècnica de visualització que mostra la magnitud d'un fenomen en dos dimensions mitjançant la variació del color. D'aquesta manera es dona informació de com varia el fenomen a través de l'espai. Mitjançant aquesta tècnica s'observa fàcilment en quins punts ha estat més estona concentrada la mirada.

A continuació, es mostren tres exemples del registre de la mirada en la inspecció de les imatges que es poden interpretar amb facilitat. Per a cada exemple, es mostra la representació en splines i el heatmap. En cada gràfica de splines es troba la següent informació: la representació en splines de la posició x, les dues imatges presentades en la diapositiva per poder identificar de quina es tracta (no és la mida real de les imatges presentades), i una franja verda més una vermella que indiquen la imatge que ha semblat més atractiva i la que menys respectivament. En cada heatmap, es representa la diapositiva amb les proporcions reals de les imatges i es superposen els punts on s'ha mirat.

En la Figura 5.1, s'observa com la vista comença aproximadament al punt mig de la pantalla. Tot seguit, dirigeix la mirada a la imatge A, que seria la situada a l'esquerra de la pantalla. A continuació, durant un temps lleugerament superior, mira l'altra imatge que és la que més li agrada. Es pot observar com aquesta informació correspon al heatmap de la Figura 5.2, on queda evident que es mira durant més estona la imatge de la dreta, que és la preferida.

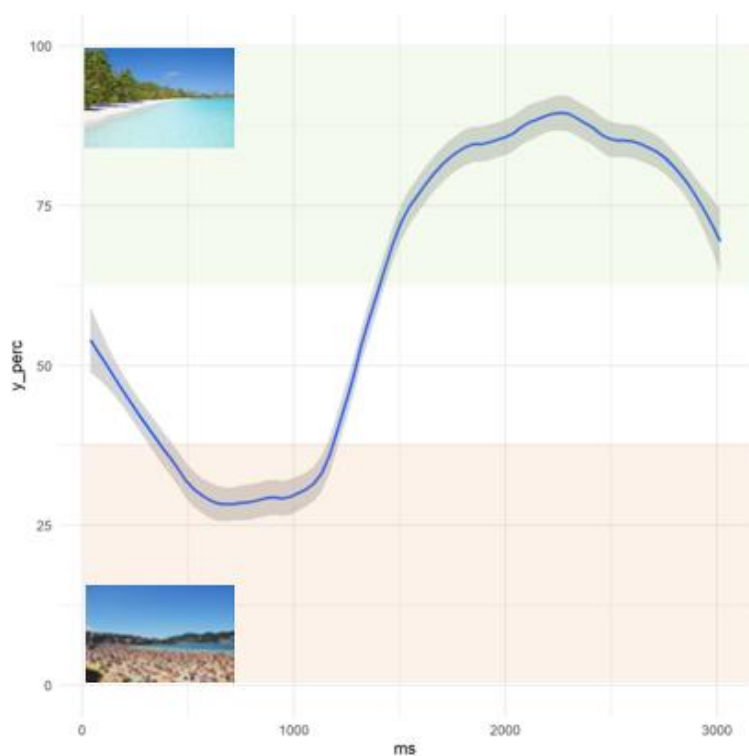


Figura 5.1. Exemple I de registre de la posició de la mirada graficat mitjançant splines.

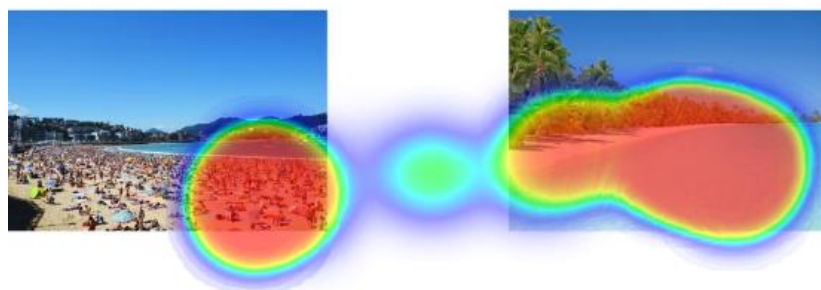


Figura 5.2. Heatmap de l'exemple I

En la Figura 5.3, s'observa que hi ha oscil·lacions de la mirada entre les dues imatges. És a dir, la mirada va canviant de posició d'una imatge a una altra. De fet, ho fa 6 cops en 3 segons. A mesura que avança el temps, la posició de la mirada es dirigeix més cap als extrems de la imatge. D'aquest comportament es pot arribar a deduir que internament el que s'està fent es comparar les dues imatges. Al heatmap de la Figura 5.4, s'observa que s'han mirat aproximadament igual les dues imatges, lleugerament més temps la de l'esquerra. També que hi ha una quantitat important de punts a l'espai blanc central de la imatge degut al canvi d'imatge de la mirada, obligada a passar per aquest espai buit.

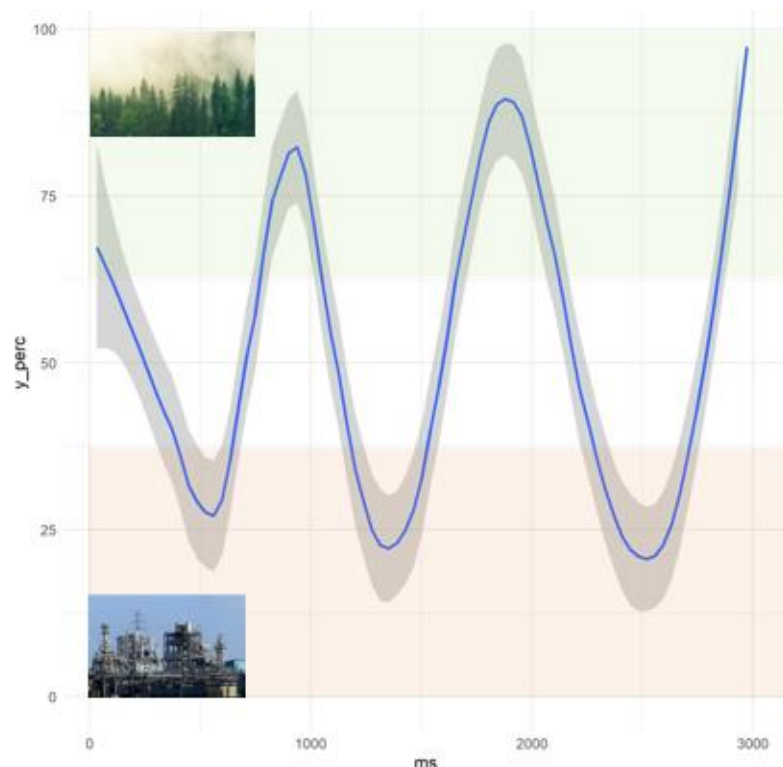


Figura 5.3 . Exemple II de registre de la posició de la mirada graficat mitjançant splines.

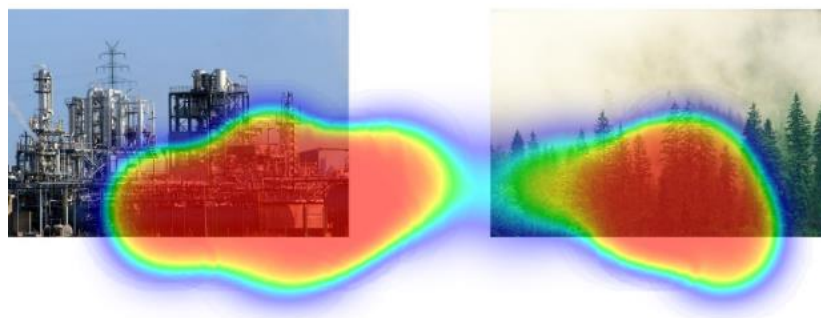


Figura 5.4. Heatmap de l'exemple II

En la Figura 5.5, el participant ha començant mirant la imatge de l'esquerra de la pantalla que és la que li agrada més. A continuació, ha mirat l'altra imatge durant un breu període de temps. Finalment, ha continuat mirant la que més li agrada durant el temps restant. S'observa que d'aquesta darrera imatge, no ha estat mirant un punt fix, sinó que l'ha estat inspeccionant d'un costat a l'altre. Aquest comportament es pot constatar gràcies a les oscil·lacions en el tram final de la gràfica. Al heatmap corresponent, Figura 5.6, es veu clarament com la majoria del temps es passa inspeccionant la imatge que més li agrada i que només en un instant es mira l'altra. També s'observa que hi ha punts de la mirada en tot l'ample de la imatge, com es podia identificar en la gràfica de splines.

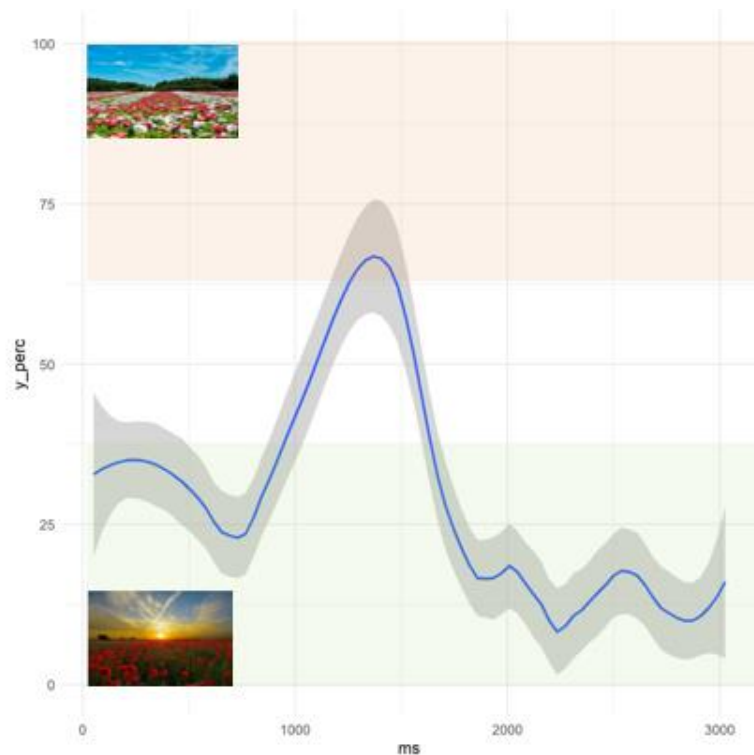


Figura 5.5 Exemple II de registre de la posició de la mirada graficat mitjançant splines.

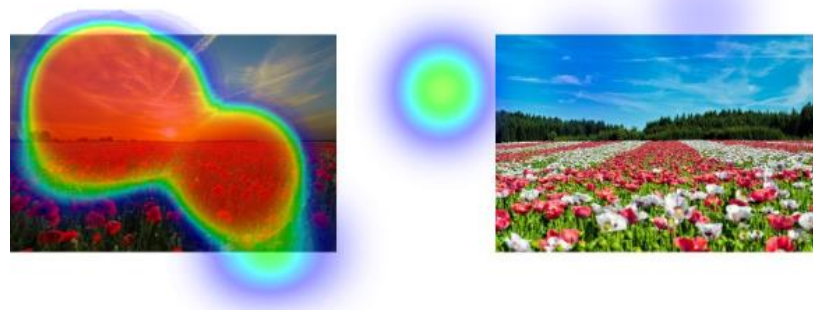


Figura 5.6. Heatmap de l'exemple III

Havent estudiat totes les gràfiques representades i presentats aquests exemples, s'arriba a la conclusió que sí que és possible caracteritzar els participants en funció del seu patró d'inspecció de la imatge amb la mirada. És a dir, a partir de la representació gràfica de splines podem entendre com s'ha mirat la diapositiva i quins moviments oculars s'han fet. Cal afegir, que en alguns casos el comportament és més simple que en d'altres, que poden tenir una interpretació més complicada.

5.2. Caracterització de patrons de mirada per grups de participants

Havent determinat que es pot identificar i interpretar un patró de mirada individualment, sorgeix la qüestió de si es poden fer grups de participants que segueixin un recorregut ocular similar.

Per agrupar els comportaments d'inspecció de les imatges es fa servir l'anàlisi clúster. La idea d'un anàlisi clúster és utilitzar els valors de les variables per crear una agrupació d'objectes en classes de manera que els objectes que pertanyen a una mateixa classe són similars. En aquest mètode les variables han de ser de caràcter numèric i en principi el nombre de classes no es sol conèixer. En el cas que ens ocupa, cada participant serà un objecte a agrupar dins del conjunt de persones que segueixen un mateix patró en mirar la diapositiva.

A nivell teòric, s'han proposat nombrosos algorismes per l'anàlisi clúster, principalment podem distingir dos grans grups: les tècniques jeràrquiques i les tècniques per partició.

En primer lloc, existeixen tècniques jeràrquiques que produeixen un dendrograma. Aquests mètodes comencen amb el càlcul de les distàncies de cada objecte a tots els altres objectes. Els grups es formen per procés d'aglomeració o divisió. Amb l'aglomeració, tots els objectes comencen estant sols. Els grups es formen fusionant progressivament els objectes fins que finalment es troben en un sol grup. Amb la divisió tots els objectes comencen dins d'un mateix grup. A continuació, es divideix en dos grups i després aquests, cadascun en dos més, i així successivament.

El segon grup de mètodes per a l'anàlisi de clústers implica la partició. En aquests mètodes els objectes es poden moure entrant i sortint dels grups en diferents etapes de l'anàlisi. Hi ha moltes variacions en l'algorisme utilitzat, però l'enfocament bàsic consisteix en escollir de manera més o menys arbitrària centres de grup amb objectes que després s'assignen al centre més proper. A continuació, es calculen nous centres que representen les mitjanes de cada grup. Un objecte es canvia a un nou grup si és més proper al centre d'aquell grup que al del grup actual. El procés continua iterativament fins aconseguir l'estabilitat amb un nombre predeterminat de grups. [37]

Per a aquest estudi s'han creat dendrograms utilitzant el mètode d'enllaç de Ward. El mètode d'enllaç de Ward en un anàlisi clúster jeràrquic es tracta d'un procediment on el criteri per a

l'elecció del parell de clústers a aglomerar a cada pas es basa en el valor mínim de la suma de quadrats dins dels clústers. La tècnica d'enllaç de Ward tendeix a donar clústers que tenen un nombre similar d'observacions.

Els passos seguits per a l'agrupació dels participants ha estat la següent.

A) S'ha creat un dendrograma per a cada diapositiva - 8 en total - de manera que s'han agrupat els participants que tenen un comportament similar (un patró de mirada similar) en una mateixa diapositiva. Cal destacar que l'agrupació de participants en cada diapositiva no és la mateixa i que la nomenclatura de cada diapositiva no està associada a un mateix comportament al llarg de totes les diapositives. Això significa que les característiques del grup A de la diapositiva 1 no són les mateixes característiques que les del grup A per a la diapositiva 2. En la Figura 5.7, es mostra un exemple de dendrograma, el de la diapositiva 2.

S'observa que dins d'una mateixa diapositiva, es podrien fer diferent nombre de grups en funció de la similitud entre els participants desitjada. És a dir, podríem fer 2 grups de participants que entre ells tindrien poques característiques en comú o, per exemple, 5 grups en els quals els participants d'un mateix grup tindrien més trets similars. Com més prop de l'eix horitzontal estigui la unió de les línies de dos participants diferents, més similars són els seus comportaments. Per exemple, en aquesta diapositiva els participants 10 i 17 tenen entre ells comportaments molt semblants, més semblants que els participants 2 i 7.

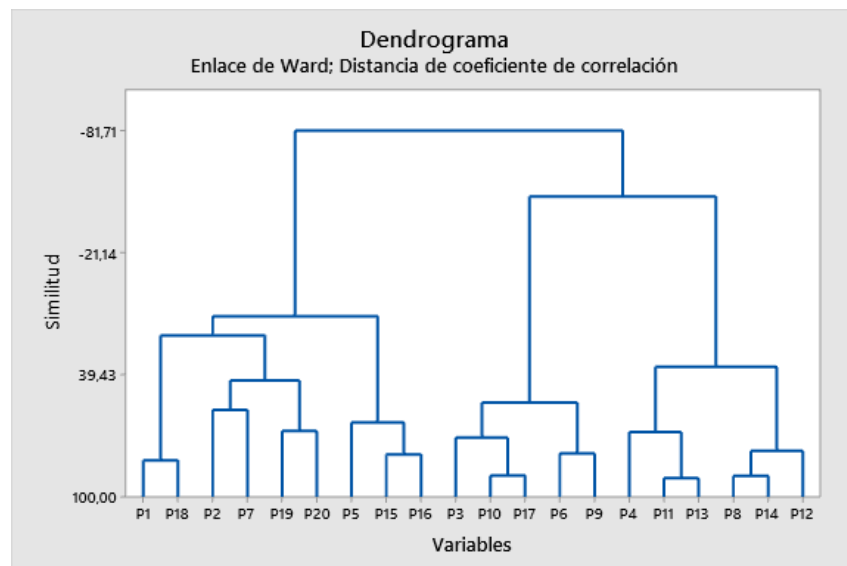


Figura 5.7. Dendrograma de la diapositiva 2

B) Un cop creats els dendrograms per a totes les diapositives, cal decidir quants grups es faran. Farem el mateix nombre de grups per a totes les diapositives. Per decidir quina agrupació és més adequada, es grafiquen tots el dendrograms agrupant els participants en 2, 3 i 4 grups. En la Figura 5.8 es poden observar les agrupacions per a la diapositiva 2.

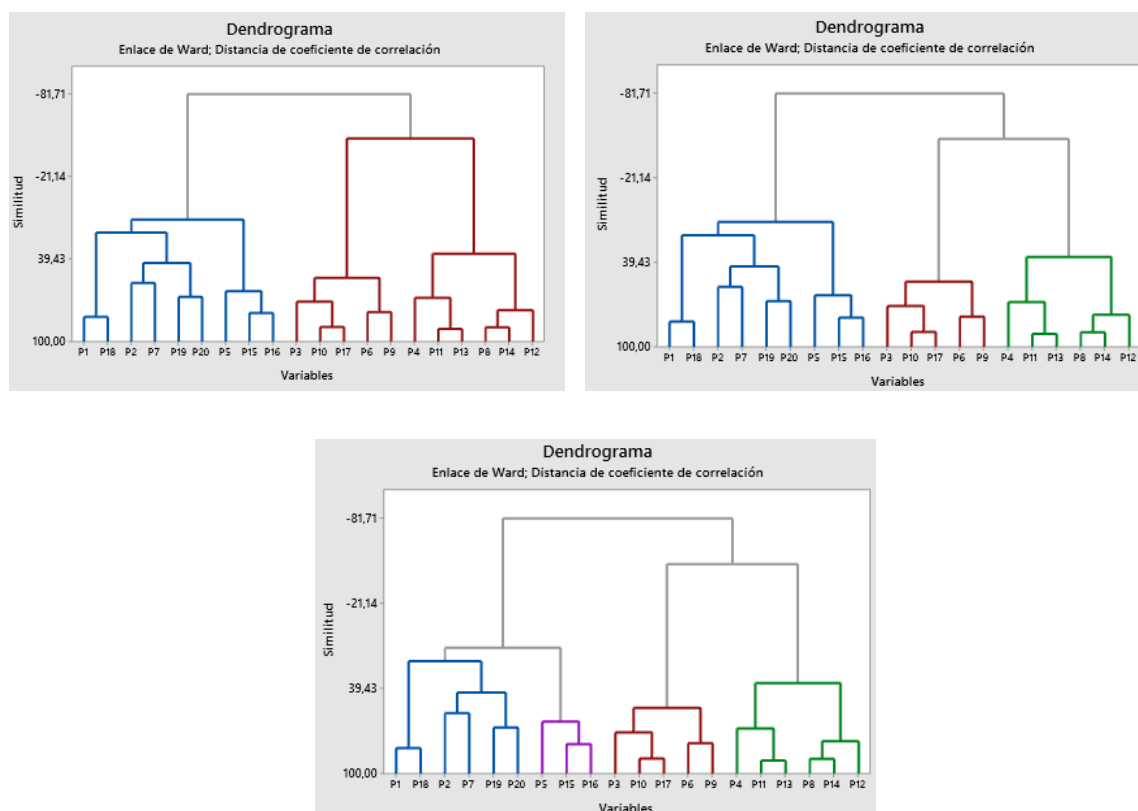


Figura 5.8. Dendrograms de la diapositiva 2 agrupant els participants en 2, 3 i 4 grups.

Es decideix que l'agrupació que ens garanteix una similitud correcta entre participants creant el mínim nombre de grups és la de 3 grups.

C) El pas següent es crear una taula on la primera fila són els 20 participants i la primera columna són les 8 diapositives. El contingut de la taula és a quin grup pertany cada participant a cada diapositiva. És important destacar que la nomenclatura de cada diapositiva no està associada a un mateix comportament al llarg de totes les diapositives. Per això, es modifica la nomenclatura dels grups dins d'algunes diapositives per tal d'aconseguir la mínima diferència de grups de comportaments dins d'un mateix participant, intentant aconseguir-ho per al màxim nombre de participants possible. Explicat d'una altra manera, que les columnes de la Taula 5.1 siguin d'un sol color o tinguin la mínima variació de colors possible.

Taula 5.1. Resultats de l'agrupació de participants en cada diapositiva

	P1	P2	P3	P4	P5	P6	P7	P8	P9	P10	P11	P12	P13	P14	P15	P16	P17	P18	P19	P20
D1	B	A	B	C	B	B	B	B	A	B	C	B	B	A	C	C	C	A	C	B
D2	C	C	B	A	A	B	C	A	B	B	A	A	A	A	C	C	B	C	C	C
D3	A	C	B	B	B	C	B	A	A	A	B	A	A	A	C	C	A	A	A	A
D4	C	C	B	B	B	B	B	A	A	A	A	A	C	B	B	C	B	B	A	A
D5	A	A	A	C	B	A	B	A	A	C	A	C	C	B	B	C	A	A	A	C
D6	A	C	B	B	B	B	A	C	C	B	B	B	A	B	C	C	C	A	C	C
D7	C	B	A	B	A	B	B	A	B	A	A	B	A	C	C	C	C	C	A	B
D8	C	A	C	B	B	B	C	A	A	A	A	C	B	A	B	C	A	B	C	C

D) L'objectiu de l'agrupació dels participants en conjunts que segueixin un recorregut ocular similar, és en la totalitat de les diapositives. És a dir, volem classificar els participants en tres grups que segueixin un patró similar independentment de la diapositiva que estiguin mirant.

Per això es vol fer una agrupació global dels participants. Per fer-ho, es defineix una distància d que és el nombre de grups diferents que tenen dos participants. Si dos participants no tenen cap grup en comú per a cap diapositiva la distància serà molt gran, i si dos participants tenen els mateixos grups per a totes les diapositives, la distància serà nul·la. L'objectiu en l'agrupació és minimitzar aquesta distància. Per tant, dos participants que pertanyin a un mateix grup tindran menys grups diferents que dos que no siguin a la mateixa agrupació.

Utilitzant aquesta distància d , resulten les agrupacions següents:

- Grup 1: Participants 1, 2, 7, 9, 14, 15, 16, 17, 18
- Grup 2: Participants 3, 4, 5, 6
- Grup 3: Participants 8, 10, 11, 12, 13, 19, 20

E) Havent agrupat els participants amb l'anàlisi clúster que força els participants a agrupar-se, l'objectiu es veure de manera gràfica si els participants descriuen una inspecció visual diferenciada entre grups o no.

Per representat els patrons de mirades de cada grup, s'ha calculat la mediana de les posicions en x per cada instant de temps (en intervals de 50 ms, de 0 a 3000 ms) per cada grup i cada diapositiva. S'ha utilitzat la mediana enlloc d'altres valors com pot ser la mitjana aritmètica perquè la mediana no és sensible als valors extrems i proporciona un millor valor representatiu

de la posició de les x.

A continuació, s'ha representat aquest valor mediana de la posició x respecte el temps per cada grup i diapositiva. Els resultats es mostren en les figures Figura 5.9, Figura 5.10 i Figura 5.11. A cada figura es representa la mediana de les x ressaltada de color blau i al fons amb un gruix inferior la representació de tots els participants del grup. A més per cada gràfica, inclou les miniatures de les imatges pertanyents a cada diapositiva. La imatge inferior de la gràfica és la A i la superior és la B. Al costat de cada imatge s'indica el percentatge de persones del grup que l'han considerat la més atractiva.

Analitzant les gràfiques del grup 1 (Figura 5.9), s'observa que hi ha molta variabilitat entre els participants del grup, més que en la resta de grups. No s'observa un patró clar entre diapositives encara que en algunes diapositives – sobretot la D1, D3, D5- s'identifica que la tendència és mirar primer la imatge A i després la B.

Si s'analitzen les gràfiques del grup 2 (Figura 5.10), s'observa, en general, un comportament d'inspecció de la diapositiva oscil·lant entre imatges. Dins d'aquesta característica global, en cada diapositiva es segueix un comportament diferent amb un nombre i amplitud d'oscil·lacions variat.

Al grup 3 (Figura 5.11), s'observa una tendència a seguir el comportament següent. En primer lloc, es mira la imatge A (la de l'esquerra de la pantalla), a continuació, es mira l'altra imatge, la de la dreta B i finalment es torna a la imatge inicial.

D'aquestes representacions es conclou que els participants no miren igual totes les diapositives i, per tant, no es pot treure un comportament característic per als tres grups.

GRUP 1

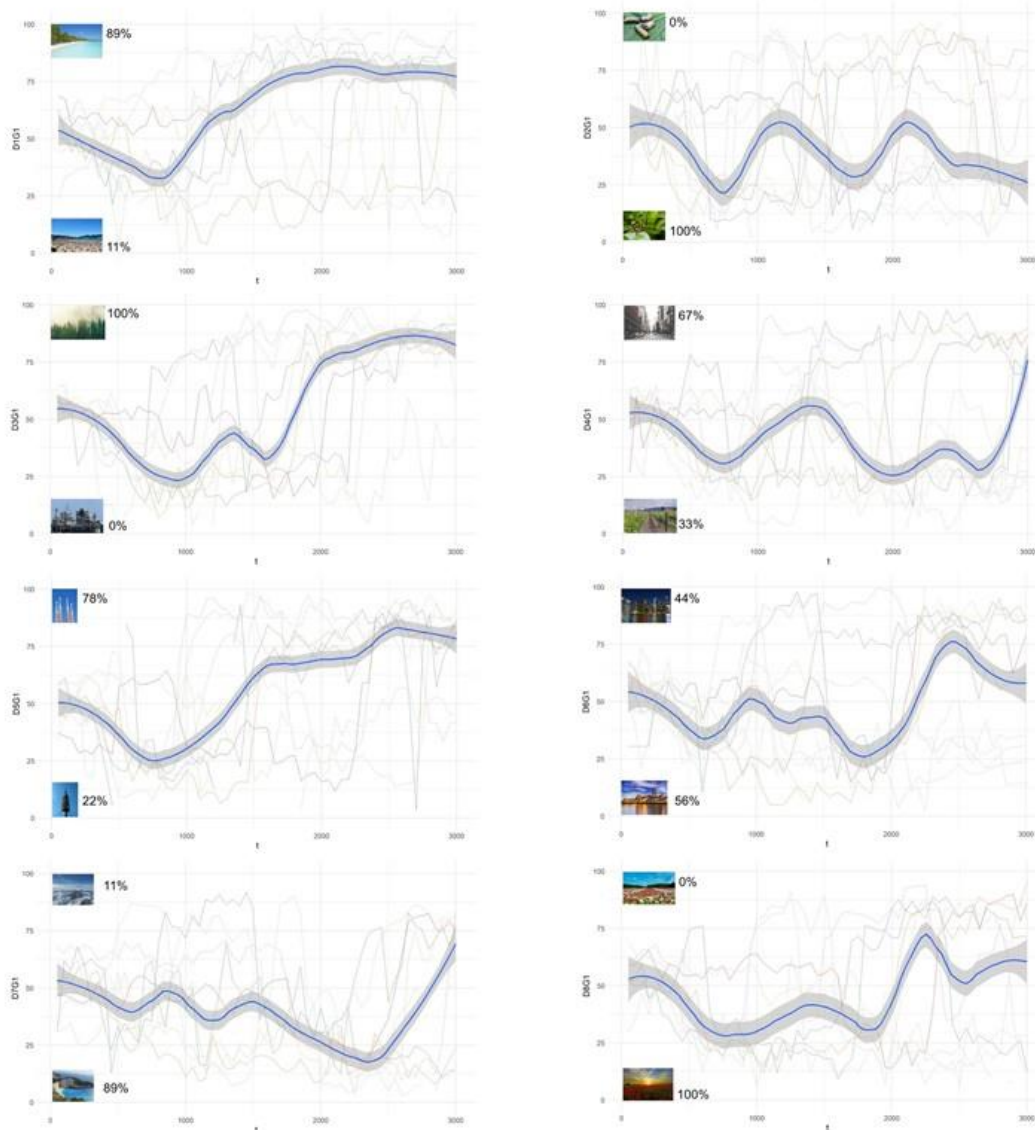


Figura 5.9. Representació mitjançant splines de la mediana de la posició de la mirada per a cada diapositiva dels participants del grup 1.

GRUP 2

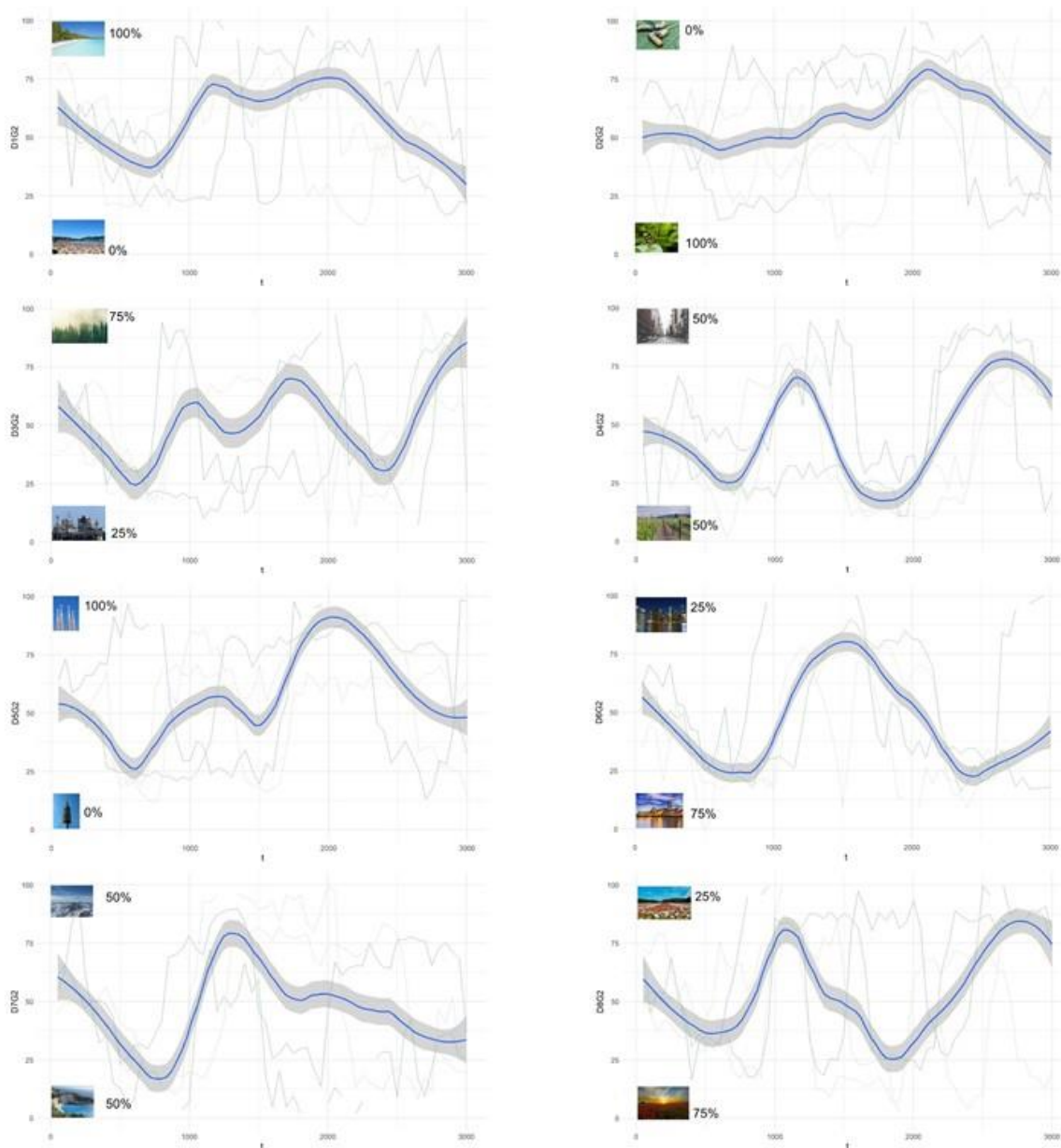


Figura 5.10. Representació mitjançant splines de la mediana de la posició de la mirada per a cada diapositiva dels participants del grup 2.

GRUP 3

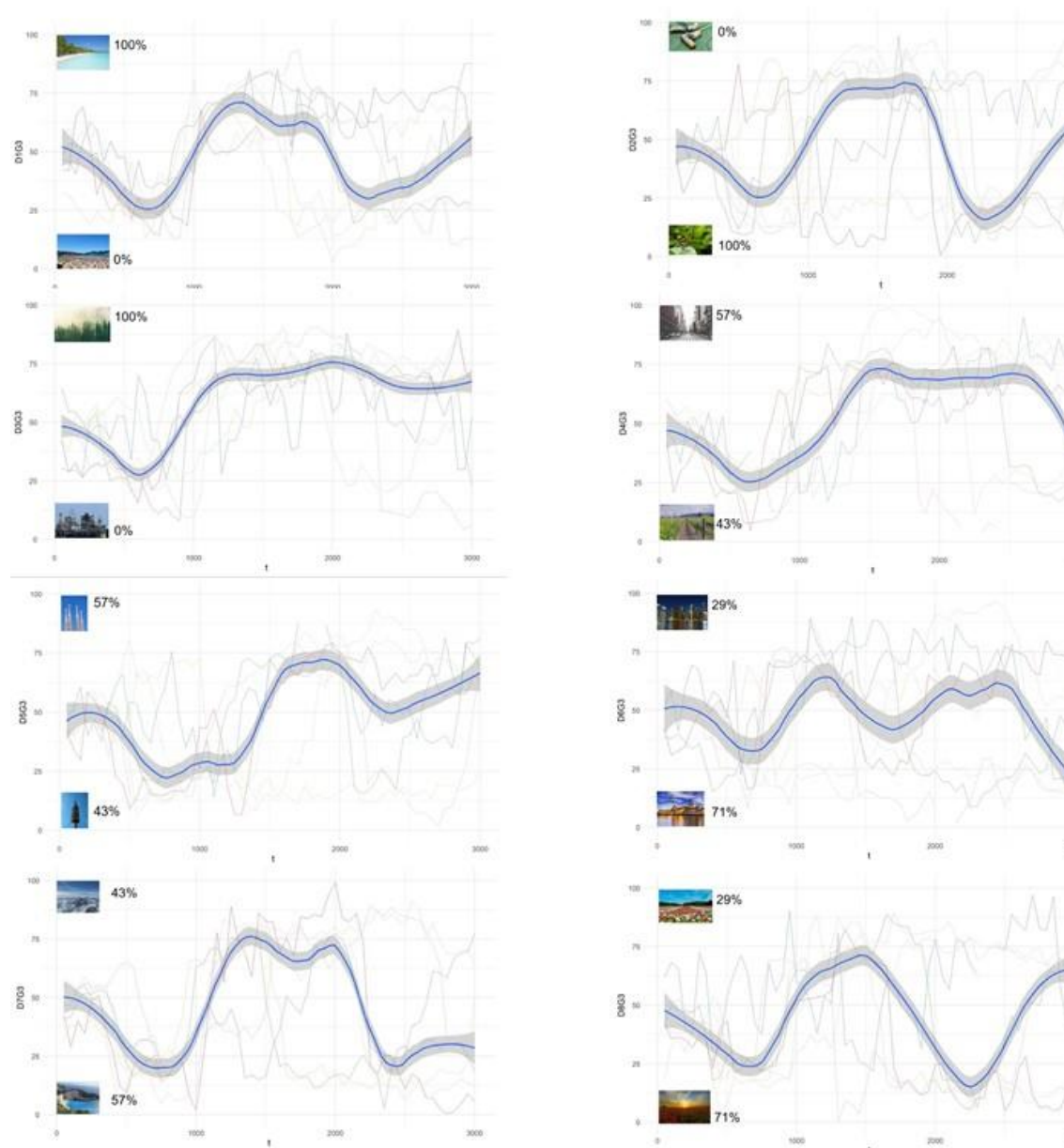


Figura 5.11. Representació mitjançant splines de la mediana de la posició de la mirada per a cada diapositiva dels participants del grup 3.

5.3. Estudi de la possible relació entre mirada i preferència

La darrera qüestió que es planteja és si hi ha alguna relació entre el patró de mirada i la preferència enfront d'una imatge. Per exemple, podria ser que es mirés durant més estona la imatge més atractiva, o bé que es mirés primer. També podria ser que s'inspeccionessin visualment les dues imatges, però al final la vista es quedés en la més atractiva.

Aquestes qüestions es podrien intentar respondre de manera individual mirant les gràfiques individuals de cada participant (Figura 5.1, Figura 5.3, Figura 5.5) i fixant-nos en el seu comportament. És d'interès, però, treure conclusions a nivell global si es possible relacionar algunes característiques del patró d'inspecció de la diapositiva amb la preferència per una imatge o una altra. Per aquest motiu, a continuació s'utilitzen tècniques numèriques per tal de determinar aquesta possible relació.

5.3.1. Es mira primer la imatge que més agrada?

En primer lloc, es vol determinar si el participant mira en primer lloc la imatge que li sembla més atractiva o no. Per comprovar aquesta suposició, s'ha fet una primera interpretació dels resultats mitjançant un dotplot de la posició x (percentual per tal d'evitar l'error degut a la diferència de mida de les pantalles dels participants) en la primera mostra (la primera observació)

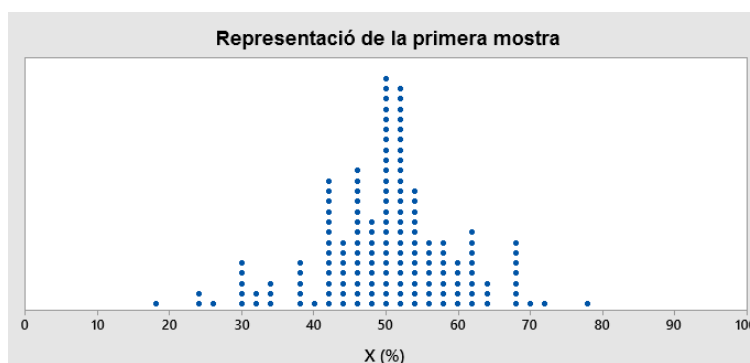


Figura 5.12. Representació de la posició en x de la primera mostra de tots els participants en totes les diapositives

S'observa que la majoria de punts de la Figura 5.12 estan entre el 40% i el 60% de l'amplada de la pantalla. Aquest rang de percentatges correspon a la zona central de la diapositiva. En

aquesta àrea no hi ha cap imatge, és l'espai en blanc necessari per separar les imatges. Aquest espai és necessari ja que segons explicat en l'apartat 3.3, l'error de precisió és d'un 17% del total de la pantalla en els mètodes d'*eye-tracking* mitjançant càmera web. Per evitar l'error en les dades degut a la precisió, es deixa aquest espai blanc en totes les diapositives, d'un 20% de l'amplada de la pantalla.

Tot i que a simple vista es pot veure que la majoria de punts corresponen a l'espai central buit, interessa saber si els punts que no corresponen a les zones centrals, pertanyen a la imatge que més agrada o no. Aquesta informació no es veu a simple vista a la Figura 5.12, ja que veiem si els punts corresponen a la dreta o a l'esquerra però no sabem quina és la preferida en cada cas.

Per analitzar les dades s'ha dividit la pantalla en tres zones: la central, l'esquerra i la dreta. Si el punt que es mira en primer lloc correspon a la zona de la pantalla on és la imatge que més agrada, figura a la taula amb un SI. Si es mira en primer lloc la imatge que no es considera la més atractiva, es considera un NO. Finalment, si es mira l'espai central blanc, figura "Centre". S'obtenen els resultats numèrics de la

Taula 5.2.

Taula 5.2. Resultats de la posició de la primera mostra

	Mostres	%
SI	20	12,5
NO	25	15,6
CENTRE	115	71,9

Amb els percentatges de la Taula 5.2, es constata que la majoria de mirades inicials van al centre de la diapositiva. S'observa que la resta de mirades es reparteixen entre les imatges que agraden més i les que no sense una diferència significativa de percentatges. Per tant, es conclou que la majoria de participants miren en primer lloc el centre de la imatge (72%).

Pel que fa a aquelles diapositives on sí es mira primer una de les imatges, una prova d'hipòtesi per comprovar si hi ha diferències entre la proporció de vegades que es mira primer la imatge

que més agrada i la proporció de vegades que es mira primer la imatge que menys agrada mostra que no existeixen diferències significatives (Figura 5.13).

Test

Null hypothesis	$H_0: p_1 - p_2 = 0$	
Alternative hypothesis	$H_1: p_1 - p_2 \neq 0$	
Method	Z-Value	P-Value
Normal approximation	-0,97	0,330
Fisher's exact		0,438

Figura 5.13 Comparació entre la proporció de vegades que es mira primer la imatge que més agrada i la que menys agrada.

Per tant, els participants miren la majoria de les vegades (un 72%) al centre de la pantalla, abans de mirar una imatge en concret. En el 28% restant de vegades miren primer a alguna de les dues imatges, sense importar quina és la preferida.

5.3.2. Es mira més estona la imatge que més agrada?

Una altra possible relació entre el patró de mirada i la preferència enfront d'una imatge, és si es mira més estona la imatge que es percep com a més atractiva. Per poder resoldre aquesta qüestió, s'ha mirat per cada mostra de cada participant i cada diapositiva, si pertanyia a la imatge A o la B. No s'han tingut en compte les mostres pertanyents a la part central buida de la diapositiva. Per cada participant (20 en total) i cada diapositiva (8 en total), s'ha fet el recompte de quantes mostres pertanyen a la imatge A i quantes a la B. Per tant, per a cada registre (160) sabem quina imatge és la que s'ha mirat més. D'altra banda, amb les dades obtingudes mitjançant el qüestionari posterior a l'*eye-tracking*, sabem quina imatge li sembla més atractiva al participant. Comparant aquestes dues fonts d'informació podem determinar si s'ha mirat més la que és més atractiva per al participant.

Per fer aquesta comparació de manera visual, s'utilitza la Taula 5.3. A les columnes es disposen les diapositives i a la fila els participants. Per cada diapositiva hi ha dos columnes: la primera correspon a la imatge que s'ha mirat més estona i la segona la imatge que es considera més atractiva. La nomenclatura de les imatges és A si és la situada a l'esquerra mirant la pantalla i B si està a la dreta. Si per a un participant i una diapositiva en concret, coincideix la que s'ha mirat més estona i la més atractiva, s'han pintat les cel·les de color verd

i, en cas contrari, de color vermell.

Taula 5.3. Correspondència entre la imatge més mirada i la que sembla més atractiva

	D1		D2		D3		D4		D5		D6		D7		D8	
	més mirada	més atractiva	més mirada	més atractiva	més mirada	més atractiva	més mirada	més atractiva	més mirada	més atractiva	més mirada	més atractiva	més mirada	més atractiva	més mirada	més atractiva
P1	B	B	A	A	B	B	A	A	B	A	A	A	A	A	A	A
P2	B	B	A	A	B	B	A	B	B	A	B	B	A	A	A	A
P3	B	B	B	A	B	A	A	A	B	A	A	A	B	A	A	A
P4	B	B	B	A	B	B	B	B	B	A	B	B	B	B	B	A
P5	A	B	B	A	A	B	A	A	A	A	A	A	B	B	A	B
P6	A	B	B	A	A	B	A	B	B	A	B	A	A	A	B	A
P7	A	B	A	A	A	B	A	B	A	A	A	A	B	A	A	A
P8	A	B	B	A	B	B	B	B	B	A	A	A	B	B	B	A
P9	B	B	A	A	B	B	B	B	B	A	B	A	A	B	A	A
P10	B	B	B	A	B	B	B	A	B	B	B	A	A	B	B	A
P11	A	B	A	A	A	B	A	B	A	A	A	A	A	A	B	B
P12	A	B	A	A	B	B	B	A	A	A	A	A	A	A	A	B
P13	A	B	A	A	B	B	A	A	A	A	A	A	B	A	A	A
P14	B	B	B	A	B	B	A	A	B	B	B	B	A	A	B	A
P15	A	A	A	A	B	B	B	B	A	A	B	A	A	A	B	A
P16	B	B	B	A	A	B	A	B	A	A	B	B	A	A	A	A
P17	A	B	B	A	B	B	B	B	B	B	A	B	A	A	A	A
P18	B	B	A	A	B	B	A	A	B	A	A	A	A	A	B	A
P19	B	B	A	A	B	B	B	B	A	A	B	B	A	A	A	A
P20	A	B	A	A	B	B	B	B	A	A	A	A	A	B	B	B

A continuació, s'han calculat els percentatges de quantes vegades en una diapositiva els participants miren més estona la imatge que més els agrada. També s'ha calculat per al total de les diapositives. Es mostra en la Taula 5.4.

Taula 5.4. Percentatge de participants en els que la imatge que més estona han mirat és la que els hi sembla més atractiva

Diapositiva	% Usuaris
D1	55%
D2	55%
D3	70%
D4	65%
D5	60%
D6	75%
D7	72%
D8	53%
TOTAL	63%

En total, en el 63% dels casos es mira durant més estona la imatge que s'ha marcat al qüestionari com la més atractiva, i en totes les diapositives més de la meitat dels usuaris miren més la imatge més atractiva.

Tanmateix, si calculem intervals de confiança per la proporció d'usuaris que miren més estona la imatge que els hi sembla més atractiva, veiem que per a totes les diapositives els intervals inclouen el 50% (Figura 5.14).

Variable	N	Event	Sample p	95% CI for p
D1	20	11	0,550000	(0,315278; 0,769422)
D2	20	11	0,550000	(0,315278; 0,769422)
D3	20	14	0,700000	(0,457211; 0,881068)
D4	20	13	0,650000	(0,407811; 0,846091)
D5	20	12	0,600000	(0,360543; 0,808810)
D6	20	15	0,750000	(0,508954; 0,913429)
D7	20	14	0,700000	(0,457211; 0,881068)
D8	20	10	0,500000	(0,271958; 0,728042)

Figura 5.14 Intervals de confiança de la proporció de vegades que un participant mira més la imatge que més li agrada.

No podem concloure, per tant, que els participants mirin més estona la imatge que més els hi agrada.

5.3.3. L'última imatge que es mira és la que agrada més?

De la mateixa manera que hem estudiat si el primer que és mira és la imatge que més agrada, podem estudiar si l'últim que es mira és la imatge que més agrada.

La Figura 5.15 mostra un dotplot de la posició x (percentual per tal d'evitar l'error degut a la diferència de mida de les pantalles dels participants) en l'última mostra (l'última observació).

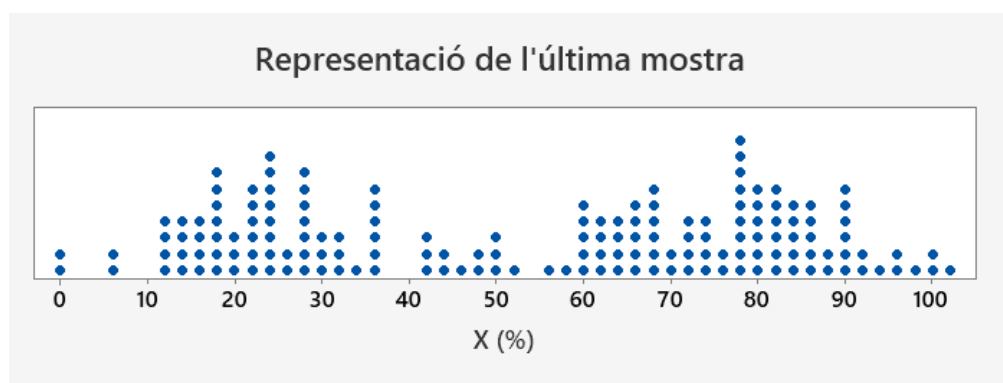


Figura 5.15. Representació de la posició en x de l'última mostra de tots els participants en totes les diapositives

En el dotplot de la primera mostra (Figura 5.12) s'observa que la majoria de mirades (un 72%) es dirigeixen a la part central de la pantalla. Ara és molt diferent: la majoria d'últimes mirades són a una de les dues imatges, com podem veure amb l'acumulació de punts a l'esquerra i la dreta del diagrama de punts.

Com hem fet abans, volem analitzar si el punt que es mira en últim lloc correspon a la zona de la pantalla on és la imatge que més agrada. La Taula 5.5 comptabilitza amb un SI quan la imatge que es mira en últim lloc és la que més agrada, un NO quan la imatge que es mira en últim lloc no és la que més agrada, i "Centre" si l'últim punt de la pantalla que es mira és l'espai central blanc.

Taula 5.5. Resultats de la posició de l'última mostra

	Mostres	%
SI	80	50,00
NO	62	38,75
CENTRE	18	11,25

A diferència del que passava amb la primera mirada, ara el més habitual és acabar mirant una de les imatges (passa un 89% de les vegades). Quan fem una prova d'hipòtesi per comprovar si hi ha diferències entre la proporció de vegades que es mira en últim lloc la imatge que més agrada i la proporció de vegades que es mira en últim lloc la imatge que menys agrada, tenim els resultats de la Figura 5.16.

Test

Null hypothesis $H_0: p_1 - p_2 = 0$

Alternative hypothesis $H_1: p_1 - p_2 \neq 0$

Method	Z-Value	P-Value
Normal approximation	2,15	0,031
Fisher's exact		0,043

Figura 5.16 Comparació entre la proporció de vegades que es mira en últim lloc la imatge que més agrada i la que menys agrada.

Veiem per tant que, amb un nivell de significació del 5%, podem afirmar que hi ha diferències entre les dues proporcions: és més habitual acabar mirant la imatge que més agrada.

6. Conclusions

En aquest darrer apartat es presenten les principals conclusions obtingudes després de la recerca i es detalla com s'han aconseguit els objectius del projecte. Addicionalment, s'exposen les limitacions trobades durant el desenvolupament del treball. Per últim, s'aporten algunes possibles línies d'investigació futures que poden enriquir la recerca desenvolupada.

6.1. Conclusions sobre la metodologia i els resultats

L'objectiu principal d'aquest treball era experimentar amb la tècnica de l'*eye-tracking* com a possible eina per tal de recollir dades per a un estudi Kansei a partir de mesures fisiològiques dels participants. Per aconseguir aquest objectiu, calia prèviament fer una recerca bibliogràfica sobre el disseny emocional, l'enginyeria Kansei i les tècniques per prendre mesures fisiològiques.

La recerca bibliogràfica ha permès adquirir una base de coneixement a partir de la qual s'ha dissenyat i realitzat l'experiment de l'*eye-tracking*. Addicionalment, d'aquesta primera part del treball es treu la conclusió que el disseny emocional i l'enginyeria Kansei són camps d'estudi dins de la indústria de productes i serveis amb una perspectiva de futur creixent degut a l'augment continu de les expectatives dels usuaris vers als productes.

Pel que fa a la prova d'*eye-tracking*, s'ha dissenyat l'experiment i s'ha implementat en una plataforma accessible per als participants de manera online. S'han analitzat les dades obtingudes i s'han tret les conclusions següents:

- Presentada una diapositiva amb dues imatges i registrant la posició de la mirada de la persona participant es pot caracteritzar com ha inspeccionat la diapositiva i interpretar el comportament.
- No es poden identificar amb claredat grups amb uns patrons d'inspecció de la imatge iguals. Existeix un grup (grup 3) on s'identifica la tendència a mirar primer la imatge A, a continuació la B i tornar a la inicial
- No es pot afirmar que es miri primer la imatge més atractiva. En un 70,2% dels casos, el primer punt que es mira pertany a la zona central blanca.

- En un 63% dels casos estudiats, es mira durant més estona la imatge que en el qüestionari s'ha escollit com a més atractiva. Si es calculen intervals de confiança per la proporció d'usuaris que miren més estona la imatge que els hi sembla més atractiva, veiem que per a totes les diapositives els intervals inclouen el 50%. No podem concloure per tant que els participants mirin més estona la imatge que més els hi agrada.
- És més habitual que l'última imatge que es miri sigui la que més agrada, però això no és suficient per concloure que la imatge que més agrada és l'última que es miri.
- En general, no es pot considerar el mètode d'eye-tracking amb una càmera web com a tècnica substitutiva als qüestionaris en la fase de recollida de dades del mètode Kansei.

6.2. Limitacions

Durant el desenvolupament del treball, s'han trobat alguns impediments que han obligat a trobar camins alternatius en la recerca. A continuació, s'exposen els principals.

En primer lloc, la idea inicial era experimentar també amb la tècnica de l'activitat electrodermica com a eina per prendre dades en base a mesures fisiològiques. El plantejament era sotmetre als participants a una prova d'observació o manipulació d'objectes mentre s'estava registrant la seva activitat electrodermica. Aquest tipus d'experiment s'ha de fer de manera presencial ja que es mesura l'EDA mitjançant un sensor enganxat a la pell. És per això que degut a les circumstàncies sanitàries durant el desenvolupament del projecte, no ha estat viable dur a terme aquest experiment. Com a alternatives a aquest obstacle, s'ha realitzat una revisió bibliogràfica teòrica de l'activitat electrodermica. Es troba a l'apartat 3.1.

Pels mateixos motius que en el cas anterior, l'estudi d'*eye-tracking* ha estat realitzat per cada participant des de casa seva de manera online. Això implica que cadascú ha utilitzat uns materials diferents i l'ha fet en circumstàncies exteriors variades. Són exemple d'aquestes disparitats entre participants la càmera web utilitzada, el CPU de l'ordinador, la il·luminació de la sala on s'ha realitzat l'experiment, possibles moviments del cap i del cos del participant, estímuls exteriors... Si hagués estat possible realitzar tots els experiments amb el mateix material i, a més, s'hagués pogut controlar de manera directa les condicions externes, les

dades obtingudes haguessin estat possiblement més rigoroses que les actuals. Per tal d'evitar en el major grau possible les conseqüències d'aquesta limitació, s'han donat instruccions clares als participants sobre com s'havia de realitzar la prova.

A nivell personal, la tasca que m'ha semblat més complicada ha estat l'anàlisi dels resultats de l'experiment. Era important estudiar bé les dades i les possibilitats d'aquestes per resoldre les hipòtesis inicials.

6.3. Futures línies de recerca

Les tasques desenvolupades en aquest treball i els resultats obtinguts, donen peu a un ampli ventall de possibles futures línies de recerca. A continuació se'n destaquen algunes:

- Realitzar un experiment d'*eye-tracking* com el descrit en aquest document però enlloc de presentar parelles de paisatges i preguntar quin és més atractiu, presentar parelles d'objectes similars i fer valorar com algunes paraules s'adeqüen a l'objecte vist. Aquests mots serien paraules Kansei i mitjançant l'anàlisi es podria trobar la possible relació entre l'assignació d'aquestes paraules a un objecte i el patró d'inspecció de la imatge.
- Realitzar l'experiment tal com s'exposa en la memòria però canviant el temps en que es mostra cada diapositiva. Enlloc de 3 segons, provar amb altres valors -per exemple, 5 o 10 segons- i veure si es pot treure alguna conclusió pel que fa al comportament dels participants.
- Realitzar un estudi d'*eye-tracking* de manera presencial i amb aparells creats per desenvolupar aquesta tècnica com es mostren en l'apartat 3.3. Substituint la càmera web per un aparell de registre del punt de la mirada augmentaria la precisió de les dades obtingudes i potser es podrien treure resultats més concloents.
- Dur a terme un estudi experimental que combini diverses tècniques per prendre mesures fisiològiques com a resposta als estímuls. Es podrien incloure les tres tècniques presentades en aquest document (*eye-tracking*, EDA i reconeixement facial). Finalment, es podrien comparar els resultats obtinguts amb cada tècnica i treure conclusions sobre aquestes.

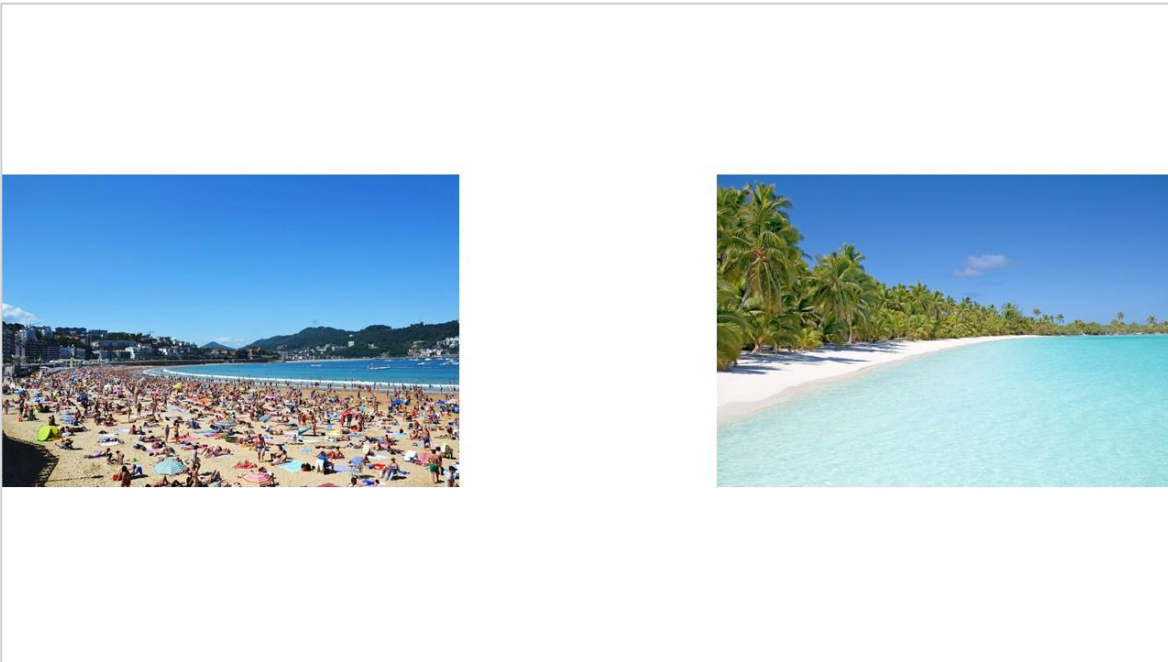
- Estudiar quines possibilitats existeixen per tal de superar els dos grans reptes que presenten les tècniques d'*eye-tracking* en l'actualitat. El primer és que es detecti un patró de comportaments d'alguns participants però no es pugui distingir per quins estímuls venen provocats i a quines reaccions emocionals es deuen. El segon eix d'investigació és determinar fins a quin grau es poden percebre lleugeres modificacions d'un producte mitjançant la interpretació de la resposta fisiològica dels usuaris d'aquest.

Annexos

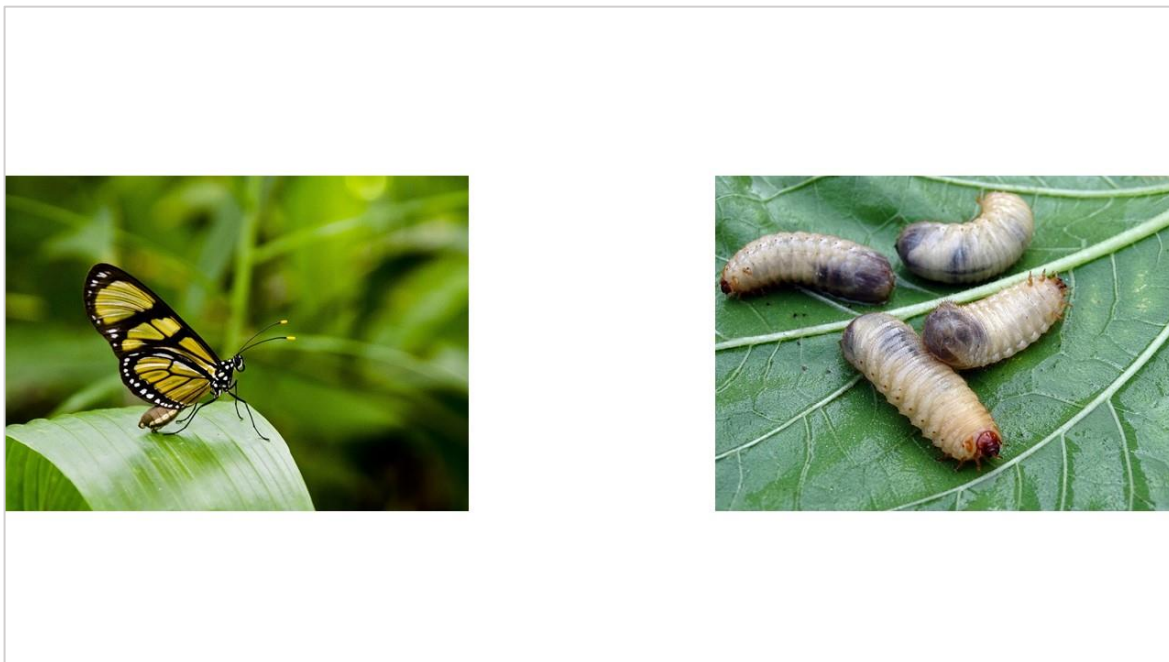
Annex A

En aquest annex es mostren les imatges presentades durant l'experiment d'*eye-tracking*. Totes les imatges s'han extret del banc de fotografies lliure i gratuït pixabay.com durant el mes d'abril 2020. Les imatges estan escollides de manera que cada parella tingui uns valors de brillantor i contrast similars. Algunes parelles estan seleccionades de manera que algunes tenen diferències considerablement més notables que d'altres.

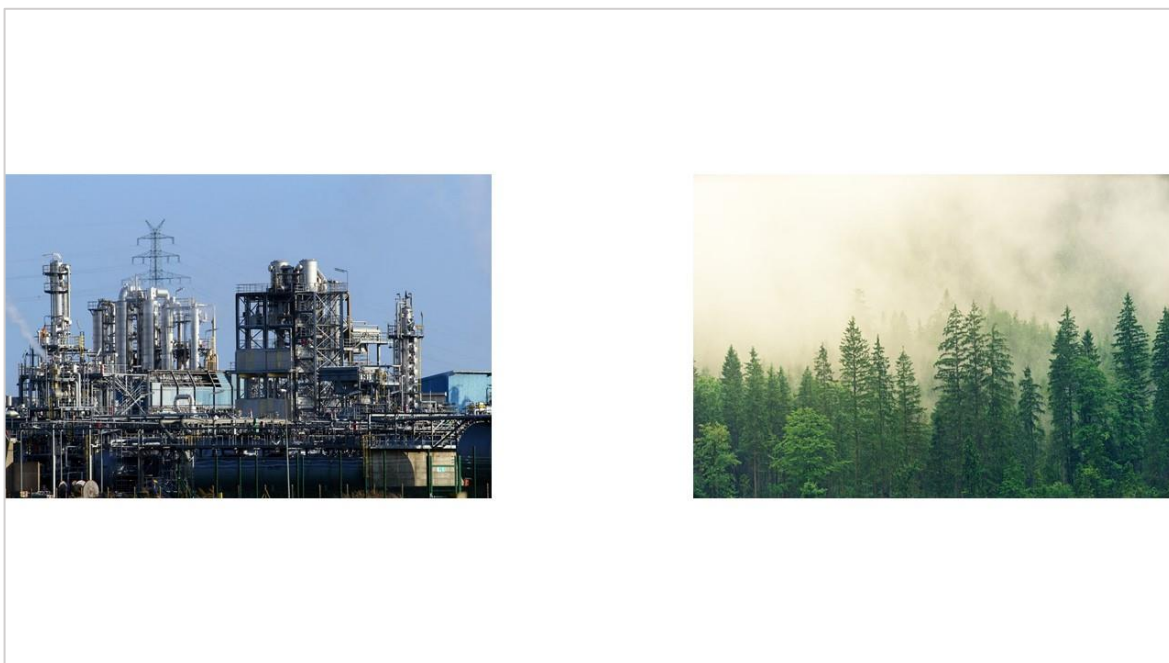
D1



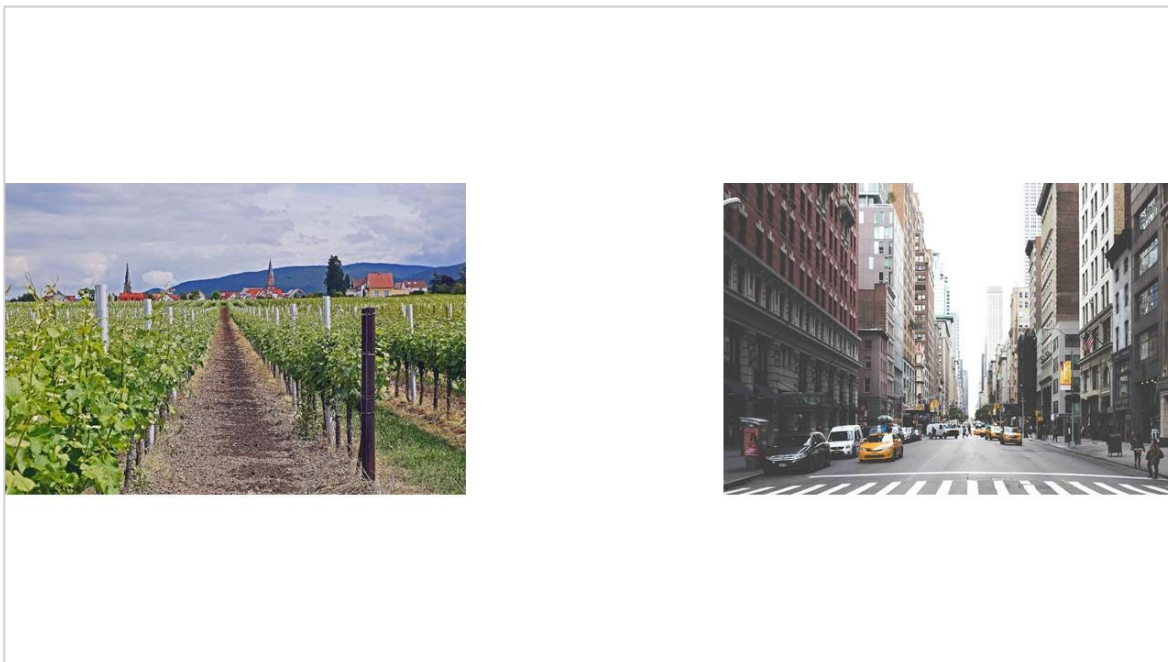
D2



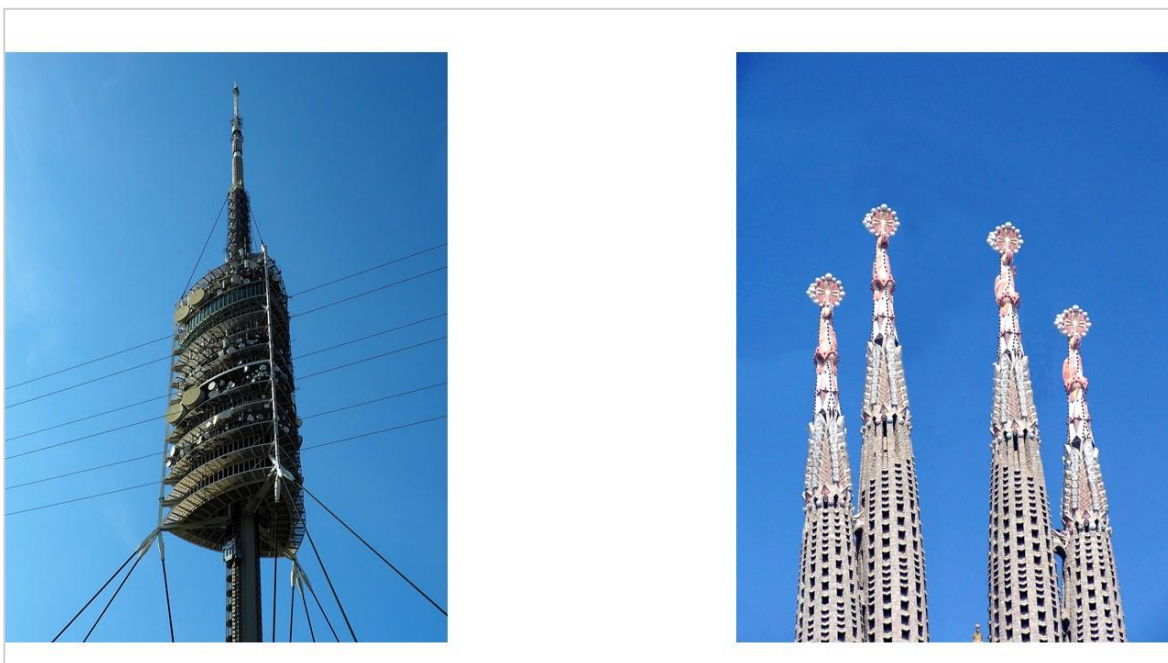
D3



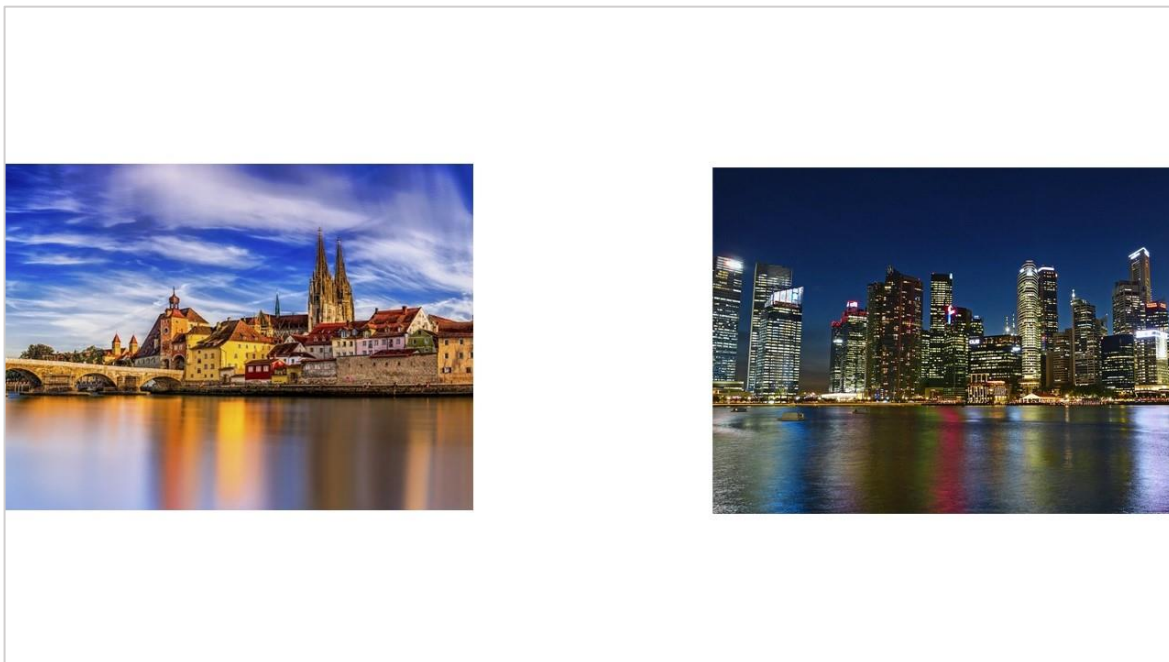
D4



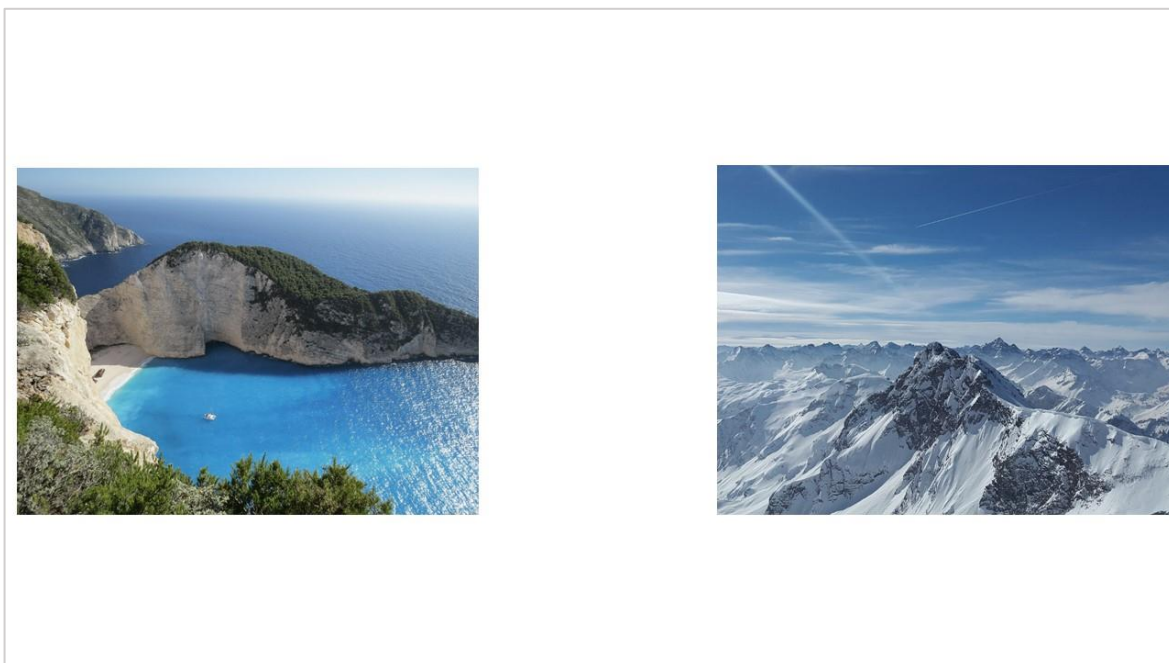
D5



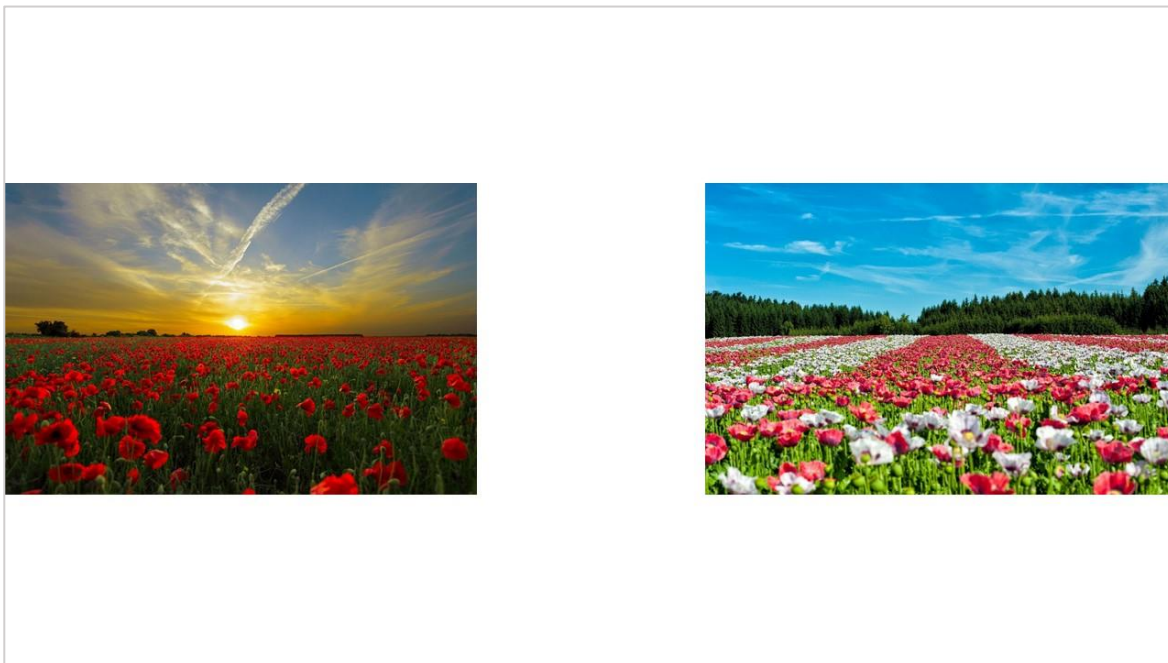
D6



D7



D8



Annex B

Pressupost

En aquest apartat s'especifiquen els costos econòmics del projecte. S'inclouen els relacionats al programari utilitzat i a les hores personals dedicades.

La informació detallada es troba a la Taula A.1. El cost total del projecte és de 8083 €.

Taula A.1. Costos del projecte

Cost del projecte			
Cost del Software	Cost anual [€]	Cost de 5 mesos [€]	Cost [€]
Microsoft Office	69	29	29
R	0	0	0
Minitab	1330	554	554
Realeye Student Version	0	0	0
TOTAL			583
Cost de l'elaboració del projecte	Hores [h]	Cost per hora [€/h]	Cost [€]
Recerca bibliogràfica inicial	40	25	1000
Disseny de l'experiment	55	25	1375
Processament de dades	65	25	1625
Anàlisi de dades	70	25	1750
Elaboració de la memòria del projecte	70	25	1750
TOTAL			7500
COST TOTAL			8083

Agraïments

A Lluís Marco Almagro, tutor d'aquest treball, per la seva tasca i suport durant tot el projecte.

A les vint persones participants de l'experiment, pel seu temps i pel seu interès en realitzar la prova correctament.

Referències bibliogràfiques

- [1] DAMASIO, A.R. *Descartes' error: emotion, reason and the human brain*, London, 1994
- [2] DAMASIO A.R., TRANEL D. *Somatic Markers and the Guidance of behaviour*. 1991
- [3] JORDAN, Patrick W. *Designing pleasurable products: An introduction to the new human factors*. CRC press, 2002
- [4] KANO, N., SERAKU, N., TAKAHASHI, F. & TSUJI, S. 1984, *Attractive quality and must-be quality*, The Journal of the Japanese Society for Quality Control, vol. 14, no. 2, pp.39-48.
- [5] BONACORSI, STEVEN. *Kano Model and Critical To Quality Tree*. Six Sigma and Lean Resources, 2010
- [6] POULIOT, FRED. *Kano's Methods for Understanding Customer-defined Quality*, Center for Quality of Management Journal, Fall 1993
- [7] NIKE. *nike.com*. Recuperat el 03/03/2020
- [8] APPLE. *apple.com*. Recuperat el 03/03/2020
- [9] NETFLIX. *netflix.com*. Recuperat el 03/03/2020
- [10] NAGAMACHI, Mitsuo *Paper C. Keynote Speech : Applications of Kansei Engineering in Healthcare Field*, 2017
- [11] ALMAGRO LM. *Doctoral Thesis Statistical Methods in Kansei Engineering Studies*, 2011
- [12] JOKINEN JPP. *Emotional user experience: Traits, events, and states*. Int J Hum, 2015
- [13] KUO JY, CHANG D. *User emotional experience evaluation on bicycle design from a multi-sensory perspective*. Vol. 972, Advances in Intelligent Systems and Computing, 2020
- [14] DESMET, P.M.A. *Measuring emotion: Development and application of an instrument to measure emotional responses to products*, 2018
- [15] Emotion Studio. PremoTool. *premotool.com*. Recuperat 17/03/2020.
- [16] AURANS, G., & DESMET, P.M.A. *Developing 14 animated characters for non-verbal self-report of categorical emotions*. Journal of Design Research, 2017

- [17] OSGOOD, C. E., SUCI, G. J., & TANNENBAUM, P. H. *The measurement of meaning*. Univer. Illinois Press. 1957
- [18] AYAS, E., EKLUND, J. AND ISHIHARA, S., *Affective design of waiting areas in primary healthcare*, The TQM Journal, Vol. 20 No. 4, 2008
- [19] VAN DER HEIJDEN, O. Master Thesis, *Positive Strategic Design: The development of a design tool that facilitates positive organizational and business development*, TU Delft, 2019
- [20] A. OLCZYK AND I. YAROSLAVSKY, *Does sympathetic nervous system output predict emotion regulation outcomes across laboratory and daily life settings?*, Psychophysiology, vol. 56, no. 1, p. S30, 2019.
- [21] AIGER VALLÉS M., *Patrones electrodérmicos de la actividad grupal*, 2013.
- [22] BOUCSEIN, W., FOWLES, D. C., GRIMNES, S., BEN-SHAKHAR, G., ROTH, W. T., DAWSON, M. E. & FILION, D. L. *Recommendations for electrodermal measurements*. Psychophysiology, 49, 1017–1034. 2012
- [23] ZOO BARCELONA zoobarcelona.cat
- [24] FREIXA I BAQUÉ, E. *La actividad electrodérmica: historia, clasificación y técnicas de registro*. Revista Internacional de Psicología Clínica y de la Salud, 1(3), 529-545. 2001.
- [25] C. P. SAID, J. V. HAXBY, AND A. TODOROV, *Brain systems for assessing the affective value of faces*, Philos. Trans. R. Soc. B Biol. Sci., vol. 366, no. 1571, pp. 1660–1670, 2011.
- [26] DOCTER P. *Inside Out*, 2015
- [27] L. F. BARRETT, *Emotions are real*, Emotion, vol. 12, no. 3, pp. 413–429, 2012.
- [28] EKMAN P., OSTER H. *Facial Expressions on Emotion*. Annual Rev. Psychology 30:527-554. 1979
- [29] L. F. BARRETT, R. ADOLPHS, S. MARSELLA, A. M. MARTINEZ, AND S. D. POLLAK, *Emotional Expressions Reconsidered: Challenges to Inferring Emotion From Human*

Facial Movements, Psychol. Sci. Public Interes., vol. 20, no. 1, pp. 1–68, 2019.

- [30] S. S. KULKARNI, N. P. REDDY, AND S. I. HARIHARAN, *Facial expression (mood) recognition from facial images using committee neural networks*, Biomed. Eng. Online, vol. 8, pp. 1–12, 2009.
- [31] R. J. K. JACOB AND K. S. KARN, *Eye Tracking in Human-Computer Interaction and Usability Research. Ready to Deliver the Promises.*, Mind's Eye Cogn. Appl. Asp. Eye Mov. Res., no. 1905, pp. 531–553, 2003.
- [32] D. A. ROBINSON, *Movement Using a Scieral Search in a Magnetic Field*, IEEE Trans. Bio-Medical Electron., vol. 10, no. 4, pp. 137–145, 1963
- [33] NAC Image Technology. *nacinc.com*. Recuperat 24/04/2020
- [34] H. PRENDINGER, C. MA, AND M. ISHIZUKA, *Eye movements as indices for the utility of life-like interface agents: A pilot study* *Interact. Comput.*, vol. 19, no. 2, pp. 281–292, 2007.
- [35] R. VALENTI, J. STAIANO, N. SEBE, AND T. GEVERS, *Webcam-based visual gaze estimation*. Lect. Notes Comput. Sci. (including Subser. Lect. Notes Artif. Intell. Lect. Notes Bioinformatics), vol. 5716 LNCS, no. 1, pp. 662–671, 2009.
- [36] K. SEMMELMANN AND S. WEIGELT, *Online webcam-based eye tracking in cognitive science: A first look*, Behav. Res. Methods, vol. 50, no. 2, pp. 451–465, 2018.
- [37] B. E. COOPER AND D. F. MORRISON, *Multivariate Statistical Methods*, vol. 19, no. 2. 1969.