UNIVERSIDAD POLITÉCNICA DE MADRID

POLITÉCNICA

**ESCUELA TÉCNICA SUPERIOR DE INGENIEROS DE
TELECOMUNICACIÓN**

**Desarrollo de un modelo multivariante
para el análisis objetivo de la estética web**

TESIS DOCTORAL

SILVIA ALBA URIBE MAYORAL
Ingeniera de Telecomunicación

2016

SIGNALS, SYSTEMS AND RADIOCOMMUNICATIONS

DEPARTMENT

ESCUELA TÉCNICA SUPERIOR DE INGENIEROS DE TELECOMUNICACIÓN

DOCTORAL THESIS

Development of a multivariate model for objective analysis of the web aesthetics

Author:

Silvia Alba Uribe Mayoral

Ingeniera de Telecomunicación

Director:

José Manuel Menéndez García

Dr. Ingeniero de Telecomunicación

2016

DEPARTAMENTO DE SEÑALES, SISTEMAS Y

RADIOCOMUNICACIONES

ESCUELA TÉCNICA SUPERIOR DE INGENIEROS DE TELECOMUNICACIÓN

TESIS DOCTORAL

**Desarrollo de un modelo multivariante
para el análisis objetivo de la estética web**

Autor:

Silvia Alba Uribe Mayoral

Ingeniera de Telecomunicación

Director:

José Manuel Menéndez García

Dr. Ingeniero de Telecomunicación

2016

UNIVERSIDAD POLITÉCNICA DE MADRID

ESCUELA TÉCNICA SUPERIOR DE INGENIEROS DE
TELECOMUNICACIÓN

DEPARTAMENTO DE SEÑALES, SISTEMAS Y RADIOCOMUNICACIONES

Desarrollo de un modelo multivariante para el análisis objetivo de la estética web

Autora: Silvia Alba Uribe Mayoral
Director: Dr. José Manuel Menéndez García

El tribunal nombrado para juzgar la tesis arriba indicada el día de de 2016,
compuesto de los siguientes doctores:

Presidente: _____

Vocal: _____

Vocal: _____

Vocal: _____

Secretario: _____

Realizado el acto de lectura y defensa de la Tesis Doctoral, en Madrid, a de
de 2016, acuerdan otorgarle la calificación de:

Calificación _____

EL PRESIDENTE

LOS VOCALES

EL SECRETARIO

RESUMEN

El aspecto visual de una interfaz gráfica no representa únicamente una cuestión de gusto. De hecho, su influencia es tal que tanto la experiencia de usuario como otros aspectos complementarios tales como la usabilidad, la satisfacción o fiabilidad percibida dependen en gran medida del nivel estético apreciado. Por esta razón es de vital importancia que esta dimensión sea analizada y evaluada adecuadamente, propiciando con ello la aparición de una importante línea de investigación en el campo de la interacción hombre máquina.

De acuerdo a esta idea, la presente tesis tiene como objetivo proponer un modelo multivariante para el análisis objetivo de la estética de las interfaces web basado en la utilización de un conjunto de descriptores visuales definidos a tal efecto. Este modelo surge como respuesta a las carencias detectadas en el estado actual de los métodos existentes y se basa en la caracterización de las interfaces como imágenes de acuerdo al hecho de que la impresión inicial del usuario, según la cual formará su opinión, se obtiene en un intervalo muy corto de tiempo durante el cual sólo son considerados los atributos más básicos de la percepción relacionados con tres factores concretos como lo son la luminancia, la crominancia y las texturas detectadas. Aspectos más complejos relativos al propio contenido o su presentación dentro de la interfaz influirían en niveles posteriores y, por lo tanto, quedarían fuera del ámbito de esta tesis.

La apropiada combinación de los descriptores definidos para la caracterización del aspecto visual de la interfaz de acuerdo a las respuestas dadas por un conjunto amplio de usuarios sobre una muestra representativa de los distintos tipos de interfaces web existentes ha permitido la obtención de un modelo final gracias al cual puede derivarse una evaluación cualitativa de la estética sin necesidad de hacer estudios con usuarios finales. Esto permite reducir tanto los costes asociados a este tipo de análisis como los tiempos asociados a las posibles modificaciones que sean necesarias para alcanzar una solución de aspecto visual óptimo.

Además, y dadas las distintas definiciones existentes de la estética en el entorno analizado, el modelo ha sido ampliamente validado y los resultados obtenidos han permitido concluir que representa, tal y como se esperaba, una mejor respuesta frente al análisis de la estética expresiva, más centrada en aspectos estéticos generales de mayor influencia en la percepción temprana, que en la estética clásica, enfocada en el estudio de la complejidad o la distribución del contenido en la interfaz propios de un análisis más profundo y, por lo tanto, de mayor duración.

De forma adicional, se ha comprobado la adaptación del modelo a distintas características básicas de los usuarios, pudiendo definirse con ello perfiles concretos para los que la presente solución aporta mejores resultados. En esta línea, y debido a la importancia que tienen en el entorno multimedia actual, se ha analizado la adecuación del modelo sobre un tipo concreto de interfaces de usuario como son los buscadores webs, ratificando los resultados obtenidos y permitiendo con ello una completa validación de las hipótesis iniciales señaladas.

Palabras clave: estética, evaluación, aspecto visual, percepción humana, primera impresión, descriptor visual, página web, interfaz, MPEG-7.

ABSTRACT

Visual aesthetics of a graphical interface is not only considered a matter of taste. In fact, its influence is such that both the user experience as other complementary aspects such as usability, satisfaction or perceived reliability depend largely on the appreciated aesthetic level. For this reason, and given the importance of this dimension in human computer interaction, it is vital that it is adequately assessed and analyzed.

According to this idea, this thesis aims to propose a multivariate model for web interface aesthetics analysis based on the use of a set of visual descriptors specifically defined for this purpose. This model is a response to the weaknesses identified in the current methods, and it is based on the characterization of interfaces as images, due to the fact that users' first impressions, essentials for the final opinion, are obtained in a very short time during which there are considered only three most basic perception attributes, which are related to three specific factors such as luminance, chrominance and texture of the image. Other complex aspects related to the content and its presentation and organization in the interface have a main influence in later levels of the perception, and for this reason they fall outside the scope of this thesis.

The final model has been finally obtained thanks to an appropriate combination of these descriptors according to the answers given by a broad set of users over a representative sample of different types of web interfaces, providing a quality assessment of aesthetics without defining specific experiments with final users. Furthermore, its application can reduce both the costs associated with this type of analysis as the time associated with any visual changes that are necessary in order to achieve an optimal visual aspect solution.

Moreover, given the different existing definitions of aesthetics in the environment analyzed, the model has been extensively validated. The obtained results have concluded that the model represents, as expected, a better response to the analysis of expressive aesthetics, more focused on general aesthetic aspects of greater influence on early perception than classical aesthetics, in charge of the study of interface complexity or layout content distribution, which are related to a deeper perception and therefore longer lasting.

Additionally, the model adaptation over different basic users' characteristics has been also proven in the validation phase. In this way, the model presents better results with some different profiles which have been identified. In this line, and because of the importance in today's multimedia environment, the response of the model has been also validated over a particular type of user interfaces such as web browsers, confirming the previous results and enabling a complete validation of the initial hypotheses.

Keywords: aesthetics; assessment; visual aspect; human perception; first impression; visual descriptor; website, interface, MPEG-7.

GLOSARIO

CLD	Color Layout Descriptor
CUI	Command-line User Interface
DCD	Dominant Color Descriptor
DCT	Discrete Cosine Transform
DDL	Description Definition Language
EHD	Edge Histogram Descriptor
GUI	Graphic User Interface
GUMO	General User Model Ontology
IEC	International Electrotechnical Commission
ISO	International Organization for Standarization
KMADe	Kernel of Model for Activity Description environment
MinGW	Minimalist GNU for Windows
MPEG	Moving Picture Expert Group
QUIS	Questionnaire for User Interaction Satisfaction
RMSE	Root Mean Square Deviation
SUMI	Software Usability Measurement Inventory
SUS	System Usability Scale
UX	User eXperience
VisAWI	VISual Aesthetics of Websites Inventory
W3C	World Wide Web Consortium
WIMP	Windows, Icon, Menu and Pointing devices
XML	eXtensible Markup Language

ÍNDICE

RESUMEN	I
ABSTRACT	III
GLOSARIO	V
ÍNDICE	VI
ÍNDICE DE FIGURAS	IX
ÍNDICE DE TABLAS	IX
ÍNDICE DE GRÁFICOS	X
1. INTRODUCCIÓN	13
1.1. MOTIVACIÓN Y DESCRIPCIÓN DEL PROBLEMA.....	13
1.2. APORTES DE LA TESIS.....	15
1.3. ORGANIZACIÓN DE LA TESIS.....	16
2. OBJETIVOS Y METODOLOGÍA	19
2.1. OBJETIVOS	19
2.1.1. <i>Objetivos: generales y estratégicos</i>	19
2.1.2. <i>Ventajas buscadas</i>	20
2.2. METODOLOGÍA	21
2.2.1. <i>Introducción</i>	21
2.2.2. <i>Plan de investigación</i>	22
3. INTERFACES GRÁFICAS Y EXPERIENCIA DE USUARIO	27
3.1. INTERFACES GRÁFICAS.....	27
3.1.1. <i>Definición y estado actual de las interfaces gráficas</i>	27
3.1.2. <i>Clasificación de las interfaces gráficas</i>	28
3.1.3. <i>Buscadores web como interfaces gráficas básicas en el uso de internet</i>	31
3.2. EXPERIENCIA DE USUARIO	33
3.2.1. <i>Definición e interés actual por la experiencia de usuario</i>	33
3.2.2. <i>Modelos genéricos de la experiencia de usuario</i>	35
3.2.3. <i>Relación entre la experiencia de usuario y el nivel estético</i>	40
4. ESTÉTICA EN LAS INTERFACES GRÁFICAS DE USUARIO.....	43
4.1. LA ESTÉTICA COMO CONCEPTO. ÁMBITOS DE ESTUDIO Y MODELO ASOCIADO	44
4.1.1. <i>La estética desde el punto de vista filosófico</i>	45
4.1.2. <i>La estética en el diseño en ingeniería</i>	46
4.1.3. <i>La estética en la interacción hombre máquina</i>	46
4.1.4. <i>Modelo psicobiológico de la percepción</i>	47
4.1.4.1 Factores influyentes en la percepción de la luminancia.....	49
4.1.4.2 Factores influyentes en la percepción del color	50
4.1.4.3 Factores influyentes en la percepción de la textura.....	50
4.1.4.4 Percepción de la estética según características del usuario.....	51
4.1.5. <i>Estética en interfaces: ámbitos de influencia</i>	52
4.2. ESTADO DEL ARTE EN EL ESTUDIO DE LA ESTÉTICA DE LAS INTERFACES GRÁFICAS DE USUARIO	53
4.2.1. <i>El proceso de evaluación de la estética en interfaces gráficas</i>	53
4.2.2. <i>Componentes de la estética visual</i>	55
4.2.3. <i>Evaluación subjetiva de la estética de las interfaces</i>	56
4.2.4. <i>Evaluación objetiva de la estética de las interfaces</i>	57
4.3. DIAGNÓSTICO DEL ESTADO ACTUAL Y PROPUESTA DE MEJORA	60

4.3.1.	<i>Diagrama de Ishikawa</i>	61
4.3.2.	<i>Modelo de mejora</i>	63
4.3.3.	<i>Análisis coste-impacto</i>	65
5.	MODELO PARA LA EVALUACIÓN OBJETIVA DE LA ESTÉTICA EN LAS INTERFACES GRÁFICAS WEB	67
5.1.	ETAPA DE ANÁLISIS	68
5.1.1.	<i>Propósito de la evaluación y metas a alcanzar</i>	68
5.1.2.	<i>Definición del dominio de aplicación: corpus</i>	69
5.1.3.	<i>Descriptores del modelo</i>	70
5.1.3.1	El estándar MPEG7 como punto de partida en la definición de los descriptores visuales	70
5.1.3.2	Conjunto inicial de descriptores en el modelo.....	74
5.1.4.	<i>Relación entre la percepción humana y los parámetros estéticos contemplados</i>	76
5.2.	ETAPA DE DISEÑO.....	77
5.2.1.	<i>Caracterización del corpus</i>	77
5.2.2.	<i>Selección de las métricas a aplicar para la obtención del modelo</i>	77
5.2.3.	<i>Análisis del modelo obtenido</i>	79
5.2.3.1	Resultados derivados de la obtención del modelo.....	79
5.2.3.2	Búsqueda de posibles observaciones atípicas (outliers) del modelo	83
5.2.3.3	Comprobación de los supuestos a cumplir.....	84
5.2.3.4	Análisis de los efectos de los regresores de forma individual y conjunta sobre el modelo	87
5.3.	ETAPA DE ANÁLISIS DE RESULTADOS	88
5.3.1.	<i>Resultados derivados de la aplicación del modelo al conjunto de datos de entrenamiento completo. Comparación con otros modelos</i>	89
5.3.2.	<i>Nivel de consecución de las mejoras buscadas</i>	90
6.	VALIDACIÓN DEL MODELO PROPUESTO	93
6.1.	VALIDACIÓN DEL MODELO SOBRE UN NUEVO CORPUS: SEGUNDO CONJUNTO GENÉRICO	93
6.1.1.	<i>Información derivada del estudio ([Moshagen y Thielsch 10])</i>	94
6.1.2.	<i>Resultados de la aplicación del modelo y correlación con las opiniones disponibles</i>	94
6.2.	VALIDACIÓN DEL MODELO SOBRE UN CORPUS CONCRETO RELATIVO A LOS BUSCADORES DE INTERNET	96
6.2.1.	<i>Interfaces seleccionadas para ser evaluadas en la consulta</i>	96
6.2.2.	<i>Cuestionario realizado</i>	98
6.2.3.	<i>Resultados obtenidos del cuestionario</i>	99
6.2.3.1	Resultados con respecto al perfil de usuario.....	99
6.2.3.2	Resultados con respecto a la información contextual	100
6.2.3.3	Resultados con respecto a la evaluación subjetiva de los buscadores.....	101
6.2.4.	<i>Análisis de las interfaces de acuerdo a los descriptores del modelo</i>	103
6.2.5.	<i>Resultados de la aplicación del modelo y correlación con las opiniones disponibles</i>	104
6.2.6.	<i>Comprobación de la adecuación del modelo según perfil de usuario</i>	105
7.	CONCLUSIONES Y LÍNEAS DE TRABAJO FUTURAS	107
7.1.	PROCESO SEGUIDO	107
7.2.	RESULTADOS MÁS DESTACABLES Y VENTAJAS DEL MODELO	109
7.3.	LÍNEAS DE INVESTIGACIÓN FUTURAS	111
8.	INDICIOS DE CALIDAD	113
8.1.	PUBLICACIONES	113
	REVISTAS INTERNACIONALES:	113
	CONGRESOS INTERNACIONALES:	113
8.2.	OTROS MÉRITOS	114
9.	REFERENCIAS	117

ANEXO I: PRINCIPALES BUSCADORES WEB	127
ANEXO II: CUESTIONARIO PARA EL ANÁLISIS SUBJETIVO DEL CORPUS DE BUSCADORES	136
ANEXO III: ANÁLISIS GRÁFICO DE LOS RESULTADOS DE LA ENCUESTA PARA EL CORPUS DE BUSCADORES	140

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. Evolución de las interfaces software.....	30
Figura 2. La experiencia de usuario como concepto	34
Figura 3. Bases de la experiencia de usuario.....	35
Figura 4. Marco descriptivo de la experiencia de usuario (Fuente [Wright et al. 05]).....	36
Figura 5. Modelo de experiencia de usuario (Fuente [Hassenzahl 03])	38
Figura 6. Componentes de la experiencia de usuario (Fuente [Mahlke 08]).....	40
Figura 7. Cualidades de los productos multimedia	41
Figura 8. Modelos para el análisis de la percepción.....	48
Figura 9. Diagrama de Ishikawa asociado al análisis de la situación del estudio de la estética de las interfaces	61
Figura 10. Bases para la definición de las mejoras en el proceso de evaluación de la estética de las interfaces de usuario.....	63
Figura 11. Relación jerárquica entre los elementos de MPEG-7	71
Figura 12. Gráfico de uso de los principales buscadores de internet (fuente [NetMarketshare 15])	96

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1. Fases de la investigación	24
Tabla 2. Principales métodos para la evaluación subjetiva de la estética de las interfaces..	56
Tabla 3. Principales métodos para la evaluación objetiva de la estética de las interfaces ...	58
Tabla 4. Listado de las posibles mejoras a obtener con el desarrollo de un nuevo método de evaluación de la estética de las interfaces web.....	64
Tabla 5. Análisis cualitativo del coste-impacto que pueden suponer las mejoras propuestas a partir de las cuales se desarrollará el nuevo método de evaluación	65
Tabla 6. Codificación del descriptor DCD	72
Tabla 7. Codificación del descriptor CLD.....	73
Tabla 8. Relación entre los descriptores estéticos contemplados y los factores influyentes en la percepción humana	76
Tabla 9. Tiempos de ejecución para la obtención de los descriptores por imagen.....	77
Tabla 10. Estadísticos asociados a los descriptores definidos.....	79
Tabla 11. Correlaciones parciales entre los distintos descriptores	80
Tabla 12. Estadísticos de bondad de ajuste del modelo obtenido	81
Tabla 13. Análisis ANOVA del modelo obtenido.....	81
Tabla 14. Estimación de los coeficientes de correlación del modelo.....	82
Tabla 15. Tipo de efecto de cada descriptor sobre el modelo obtenido	88
Tabla 16. Análisis comparativo de los dos modelos sobre el conjunto de datos de entrenamiento	90
Tabla 17. Nivel de consecución de los objetivos buscados según las mejoras propuestas ..	91
Tabla 18. Resultados de la validación del modelo sobre un segundo corpus genérico.....	95
Tabla 19. Resultados de la validación del modelo según tipo de interfaz.....	95
Tabla 20. Buscadores seleccionados para el análisis subjetivo de su estética.....	97

Tabla 21. Distribución de las respuestas relativas al aspecto visual de los buscadores	101
Tabla 22. Análisis de las distribuciones de puntuaciones acerca del aspecto estético de cada interfaz	102
Tabla 23. Análisis de los buscadores según los descriptores del modelo	103
Tabla 24. Resultados de la validación del modelo sobre un segundo corpus concreto centrado en los principales buscadores web	104
Tabla 25. Resultados según interfaces con y sin componente multimedia	104
Tabla 26. Resultados de la validación del modelo según el género del usuarios	106
Tabla 27. Resultados de la validación del modelo según el grupo de edad del usuario	106
Tabla 28. Conjunto de buscadores contemplados inicialmente	127

ÍNDICE DE GRÁFICOS

Gráfico 1. Apalancamiento de las observaciones del modelo (izda) y análisis de la distancia de Cook asociada al modelo (dcha)	83
Gráfico 2. Histograma de los residuos normalizados (izda) y probabilidad normal de los mismos (dcha)	85
Gráfico 3. Gráfica de residuos frente a valores predichos	85
Gráfico 4. Análisis de los residuos para la incorrelación de errores	86
Gráfico 5. Análisis del efecto de cada regresor del modelo	87
Gráfico 6. Efecto sobre el modelo del cambio de cada regresor	87
Gráfico 7. Distribución de los usuarios por género (izda.) y por nivel educativo (dcha.) ..	100
Gráfico 8. Distribución de los usuarios por año de nacimiento	100
Gráfico 9. Frecuencia de uso de internet (izda.) y lugar de acceso (dcha.)	100
Gráfico 10. Dispositivo utilizado para completar la encuesta (izda.), frecuencia de uso de los buscadores (dcha.) y buscador más usado (abajo)	100
Gráfico 11. Análisis de las puntuaciones obtenidas para cada buscador	102
Gráfico 12. Comparativa de los valores asociados a los descriptores del modelo obtenidos para cada buscador	103
Gráfico 13. Distribución de las respuestas de los usuarios a las preguntas relativas a la simplicidad de la interfaz de Google	140
Gráfico 14. Distribución de las respuestas de los usuarios a las preguntas relativas a la información de color de la interfaz de Google.	141
Gráfico 15. Distribución de las respuestas de los usuarios a las preguntas relativas al componente multimedia de la interfaz de Google	142
Gráfico 16. Distribución de las respuestas de los usuarios a las preguntas relativas al aspecto visual de la interfaz de Google	142
Gráfico 17. Distribución de puntuaciones acerca del aspecto estético de la interfaz de Google	142
Gráfico 18. Distribución de las respuestas de los usuarios a las preguntas relativas a la simplicidad de la interfaz de Ask	143
Gráfico 19. Distribución de las respuestas de los usuarios a las preguntas relativas a la información de color de la interfaz de Ask	143
Gráfico 20. Distribución de las respuestas de los usuarios a las preguntas relativas al aspecto visual de la interfaz de Ask	144

Gráfico 21. Distribución de puntuaciones acerca del aspecto estético de la interfaz de Ask	144
Gráfico 22. Distribución de las respuestas de los usuarios a las preguntas relativas a la simplicidad de la interfaz de Lycos	145
Gráfico 23. Distribución de las respuestas de los usuarios a las preguntas relativas a la información de color de la interfaz de Lycos	145
Gráfico 24. Distribución de las respuestas de los usuarios a las preguntas relativas al componente multimedia de la interfaz de Lycos	146
Gráfico 25. Distribución de las respuestas de los usuarios a las preguntas relativas al aspecto visual de la interfaz de Lycos	146
Gráfico 26. Distribución de puntuaciones acerca del aspecto estético de la interfaz de Lycos	147
Gráfico 27. Distribución de las respuestas de los usuarios a las preguntas relativas a la simplicidad de la interfaz de Blackle.....	147
Gráfico 28. Distribución de las respuestas de los usuarios a las preguntas relativas a la información de color de la interfaz de Blackle.....	148
Gráfico 29. Distribución de las respuestas de los usuarios a las preguntas relativas al componente multimedia de la interfaz de Blackle.....	149
Gráfico 30. Distribución de las respuestas de los usuarios a las preguntas relativas al aspecto visual de la interfaz de Blackle.....	149
Gráfico 31. Distribución de puntuaciones acerca del aspecto estético de la interfaz de Blackle	149
Gráfico 32. Distribución de las respuestas de los usuarios a las preguntas relativas a la simplicidad de la interfaz de Hotbot.....	150
Gráfico 33. Distribución de las respuestas de los usuarios a las preguntas relativas a la información de color de la interfaz de Hotbot.....	150
Gráfico 34. Distribución de las respuestas de los usuarios a las preguntas relativas al aspecto visual de la interfaz de Hotbot.....	151
Gráfico 35. Distribución de puntuaciones acerca del aspecto estético de la interfaz de Hotbot	151
Gráfico 36. Distribución de las respuestas de los usuarios a las preguntas relativas a la simplicidad de la interfaz de Yahoo	152
Gráfico 37. Distribución de las respuestas de los usuarios a las preguntas relativas a la información de color de la interfaz de Yahoo	152
Gráfico 38. Distribución de las respuestas de los usuarios a las preguntas relativas al componente multimedia de la interfaz de Yahoo	153
Gráfico 39. Distribución de las respuestas de los usuarios a las preguntas relativas al aspecto visual de la interfaz de Yahoo	153
Gráfico 40. Distribución de puntuaciones acerca del aspecto estético de la interfaz de Yahoo	154

1. INTRODUCCIÓN

De acuerdo a la estructura general de la memoria, este primer capítulo es el encargado de introducir el ámbito de investigación en el que se ha desarrollado el trabajo realizado, describiendo para ello tanto la motivación como las carencias detectadas a partir de las cuales ha surgido. De forma adicional, y con el objetivo de facilitar la lectura del documento, se incluye también una descripción ampliada de cada uno de los capítulos que lo componen.

1.1. MOTIVACIÓN Y DESCRIPCIÓN DEL PROBLEMA

La máxima propuesta en [Tractinsky et al 00], donde los autores aseguran que “las cosas bonitas funcionan mejor”, viene a revelar la importancia que la estética tiene a la hora de validar cualquier herramienta o desarrollo. De hecho, y tal y como será descrito posteriormente, la influencia que la estética tiene en distintos ámbitos como la usabilidad, la confianza o la experiencia de usuario es tal que su análisis se ha multiplicado en los últimos tiempos, pasando de ser un ámbito de investigación más propio de disciplinas como la filosofía o la psicología a inundar otros ámbitos de investigación muy diversos.

En este sentido, una cuestión capital a día de hoy es la relativa a cómo puede medirse la apariencia de una solución con el fin de desarrollar aplicaciones mejores, siendo éste el tema central de la presente tesis, cuyo objetivo es el de recolectar todo el conocimiento actual relativo a este campo, analizar los métodos de evaluación de la estética visual existentes y finalmente proponer una solución avanzada que venga a corregir las principales carencias detectadas en el ámbito de las interfaces de usuario, y en concreto en las interfaces web.

El estudio de las distintas cuestiones relativas al arte y la estética representa un amplio campo de investigación desde su aparición en la antigua Grecia. A lo largo de los años múltiples disciplinas han intentado aportar su grano de arena en relación a las preguntas planteadas pero es cierto que, hasta hace relativamente poco tiempo, dichas respuestas estaban basadas, principalmente, en la propia experiencia de los autores o en la observación de la reacción de otros espectadores, lo que supone una base de escasa fuerza a la hora de definir o plantear teorías explicativas conducentes a aclarar dichas reacciones.

La primera respuesta a esta ausencia de una metodología experimental comenzó con los trabajos realizados por Gustav Fechner, fundador de la psicofísica. Dicho autor se encargó de describir, según una metodología concreta, varios experimentos encaminados a estudiar la respuesta dada por una serie de participantes ante distintos tipos de materiales [Fechner 1860], describiendo con ellos las bases para establecer experimentos de campo

Capítulo 1: Introducción

que permitieran formular hipótesis de forma rigurosa y comprobarlas en condiciones controladas.

Este trabajo sirvió de punto de partida para investigaciones posteriores interesadas en desarrollar un método para cuantificar la medida estética de distintos elementos, siendo el trabajo realizado por Birkhoff el primero que aportó una fórmula para el cálculo de la medida estética a partir de dos aspectos fundamentales: el orden y la complejidad, siendo directamente proporcional a la primera e inversamente proporcional a la segunda [Birkhoff 32]. Además, analizó otros elementos como la simetría, el balance, etc. que han servido de punto de partida a investigaciones posteriores en el campo de la tecnología de la información y las interfaces gráficas [Ngo et al 00].

Décadas más tarde, el análisis de las implicaciones relativas al juicio estético tuvo sufrío un nuevo avance de la mano de Daniel Berlyne y su programa de investigación *Estética Psicobiológica*, cuyo fin último era el de definir un conjunto de leyes hedónicas que permitieran explicar las preferencias de las personas por cierto tipo de estímulos. Además de su propuesta en relación al estado motivacional y los sistemas neuronales, un gran avance adicional de este estudio se centró en determinar las variables claves que propician la activación del proceso de percepción [Berlyne 71]: variables psicofísicas como el brillo, la saturación, el color, etc.; variables ecológicas, donde quedan enmarcadas todas las asociaciones que la percepción de un elemento puede tener con eventos previos relevantes; variables colativas, más relacionadas con aspectos como la novedad, la sorpresa y la complejidad.

A medida que los avances relativos al proceso de percepción aumentaban, también lo hacían aquellos que intentaban analizar la influencia que la estética tiene sobre la propia interacción del usuario, justificando así su importancia asociada. En este sentido, y tal y como se describirá a lo largo del capítulo 3, la experiencia de usuario, entendida como el conjunto de factores relativos a la interacción del usuario que dan lugar a la percepción, ya sea positiva o negativa, sobre una solución concreta, se ve altamente influida por la estética de la misma [vanderHeijden 03], por lo que los estudios conducentes a determinar herramientas concretas de medición se multiplicaron.

Inicialmente, y centrándonos en el ámbito de las interfaces web, estos estudios se enfocaron en analizar directamente la respuesta dada por los usuarios sobre una solución concreta, aprovechando a su vez a analizar otros aspectos como su usabilidad y proponiendo, por tanto, posibles relaciones entre ambas dimensiones [Hassenzahl 08]. Esto conllevaba dos desventajas principales: la necesidad de contar con un producto final o, al menos, un prototipo funcional del mismo muy avanzado y, por otro, la de realizar estudios con usuarios reales, con los costes que ello conlleva. Además, y en relación a la primera desventaja, la realización de análisis sobre soluciones prácticamente desarrolladas suponía que, al detectarse cualquier problema asociado al aspecto o incluso al propio

Capítulo 1: Introducción

funcionamiento, su corrección fuese mucho más costosa en términos de tiempo y dinero, dado que dar marcha atrás en fases finales del desarrollo es siempre especialmente dificultoso.

Detectado este inconveniente en los sistemas de evaluación existentes, la tendencia del entorno en los últimos años ha sido la de intentar desarrollar herramientas para el análisis automático de la estética web que vinieran a proporcionar métodos formativos de evaluación, esto es, de aplicación desde las primeras etapas de desarrollo, en contraposición a los modelos sumativos previos [Folmer y Bosch 04].

Aun cuando los esfuerzos han ido en la buena dirección, la definición de un modelo completo de evaluación y análisis de la estética web no ha sido plenamente alcanzado (en el capítulo 4 se muestra una amplia diagnosis relativa al estado actual de estas soluciones). De acuerdo a las carencias detectadas, la presente tesis afronta el reto de contribuir de forma activa a la generación de un modelo para la evaluación de la estética web basado en la aplicación de descriptores de imagen relativos a tres dimensiones básicas para la percepción, justificando con ello su aplicación: la luminancia, la crominancia y la textura de la imagen asociada a la web. Tal y como se verá a lo largo de este texto, la generación del modelo de evaluación a partir de estos descriptores permite la resolución de los principales problemas detectados, habilitando así un método formativo que responde a los requisitos propuestos y que supone una solución novedosa y eficiente en el entorno de la evaluación automática y objetiva de la estética web.

1.2. APORTES DE LA TESIS

De acuerdo a la descripción de la motivación que ha dado lugar a la presente investigación, esta tesis presenta unos aportes concretos que vienen a facilitar el proceso de resolución de los problemas existentes en el entorno actual de análisis de la estética de las interfaces web. En concreto, pueden definirse avances en tres líneas concretas, tal y como se señala a continuación:

- **Avance en el proceso de caracterización de la estética web**

Mediante el análisis de los parámetros influyentes en la propia percepción visual humana, y de acuerdo a la velocidad con que se emiten juicios acerca del aspecto visual, se han definido tres conjuntos de descriptores concretos de análisis de imagen para su aplicación en la caracterización de las interfaces web. Dichos descriptores derivan, en su mayoría, del estándar MPEG-7, con el objetivo de hacer uso de un modelo internacionalmente aceptado y, por lo tanto, universalmente aplicable.

- **Mejora del modelado del aspecto visual automático de la estética web**

A partir de los descriptores definidos en el punto anterior se ha desarrollado un modelo multivariante para el análisis automático del aspecto estético de las

Capítulo 1: Introducción

interfaces webs. Dicho modelo se ha obtenido mediante un proceso matemático basado en un análisis regresivo basado en la relación existente entre un conjunto de opiniones reales de usuario acerca de un amplio grupo de interfaces de usuario, y la caracterización de dichas interfaces mediante los descriptores definidos. El resultado obtenido, tal y como se mostrará en el capítulo correspondiente, viene a mejorar los modelos existentes desde dos puntos de vista: por un lado, dando respuesta a una mayor variabilidad de los datos con un menor nivel de error asociado y, por otro, haciendo uso de un conjunto de descriptores más reducidos. Además, y de acuerdo a la naturaleza del propio modelo, su aplicación puede realizarse en cualquier momento del desarrollo, facilitando con ello el proceso de análisis y proporcionando un método temprano para la evaluación del aspecto estético asociado.

- **Definición de un nuevo conjunto de análisis concreto centrado en buscadores web**

Con el objetivo de estudiar la adecuación del modelo definido a un entorno concreto de aplicación, esto es, el de los buscadores webs debido a su importancia en el ámbito multimedia actual, se ha hecho una amplia labor en lo relativo a la obtención de un conjunto de validación centrado en el análisis de sus principales exponentes. De forma adicional, y con el objetivo de analizar también la adecuación del modelo en cuanto al perfil de usuario, y según las diferencias existentes en la percepción de los diferentes parámetros contemplados en base al tipo de usuario seleccionado, este conjunto incluye también información especialmente valiosa relativa al tipo de perfil del usuario.

Dicho esto, también se añade que, tal y como se espera de un trabajo de esta índole, los avances alcanzados se han difundido a la comunidad científica mediante la publicación de diversos artículos tanto en congresos como en revistas internacionales. De forma adicional, el trabajo aquí descrito se ha alcanzado a partir de la colaboración en diversos proyectos de investigación y desarrollo financiado por organismos nacionales e internacionales. Esta información queda recogida, de forma explícita, en el capítulo 8 del presente tomo.

1.3. ORGANIZACIÓN DE LA TESIS

El presente tomo se estructura en función de la metodología de investigación llevada a cabo, dando lugar a un total de nueve capítulos y una serie de anexos encargados de aportar información adicional en ámbitos concretos:

- **Capítulo 1:** tal y como se acaba de leer, el presente capítulo se encarga de realizar una presentación de la motivación que ha dado lugar al trabajo,

Capítulo 1: Introducción

describiendo para ello el problema a resolver e identificando los avances alcanzados durante el desarrollo del mismo.

- **Capítulo 2:** expone los objetivos concretos de la tesis así como la metodología seguida para su consecución, identificando el plan de investigación llevado a cabo.
- **Capítulo 3:** este capítulo se encarga de analizar dos aspectos especialmente ligados al trabajo desarrollado: por un lado, las interfaces gráficas como elemento central de la investigación, ahondando en su definición, su clasificación y el ejemplo de los buscadores web como particularización especialmente importante en este entorno, y por otro, en el concepto de experiencia de usuario, analizando no sólo los modelos genéricos encargados de su estudio, sino la existencia de una relación directa con el nivel estético de las interfaces gráficas.
- **Capítulo 4:** establecido ya el contexto general de la tesis, el siguiente capítulo se encarga de analizar en profundidad el concepto general de estética, particularizando su estudio en el ámbito de las interfaces gráficas. Se trata de un capítulo especialmente importante porque no sólo marcará las bases de la investigación mediante el establecimiento del estado del arte actual y las técnicas existentes para el análisis del aspecto visual de las interfaces, sino que realizará un profundo diagnóstico y una propuesta de mejora sobre la que se construirá la solución propuesta.
- **Capítulo 5:** de acuerdo a las pautas de mejora propuestas y al análisis del estado del arte realizado, en este capítulo se definirá y obtendrá el modelo para la evaluación objetiva de la estética de las interfaces gráficas buscado. Su presentación se dividirá en tres etapas concretas que pasan a enumerarse:
 - Una etapa de análisis, encargada de marcar los propósitos y metas a alcanzar, definir los parámetros descriptivos a aplicar en la construcción del modelo y analizar su relación con el proceso de percepción visual humano.
 - Una etapa de diseño, encargada de caracterizar el corpus seleccionado mediante los descriptores elegidos, de aplicar los procesos matemáticos necesarios para la consecución del modelo buscado, y finalmente de analizar dicho modelo.
 - Una etapa de análisis de los resultados obtenidos con el modelo, con el fin de poder estimar el nivel de consecución de las mejoras buscadas inicialmente.
- **Capítulo 6:** este capítulo será el encargado de mostrar el proceso de validación del modelo obtenido mediante la utilización de dos corpus adicionales, uno proveniente de un estudio previo, y otro obtenido mediante la realización de un estudio de campo completo.

Capítulo 1: Introducción

- **Capítulo 7:** muestra las conclusiones finales y las principales líneas de investigación que quedan abiertas a partir de este trabajo.
- Capítulo 8: se centra en mostrar el avance del conocimiento alcanzado mediante la realización del trabajo de investigación conducente a esta tesis.
- **Capítulo 9:** presenta las referencias bibliográficas empleadas en la redacción del presente tomo.
- **Anexo I:** se incluye con el objetivo de presentar el corpus de interfaces de buscadores webs contemplados para su análisis.
- **Anexo II:** muestra el formulario presentado a los usuarios para la realización del estudio de campo anteriormente citado.
- **Anexo III:** muestra los resultados obtenidos de la encuesta realizada sobre el corpus de interfaces de buscadores web.

2. OBJETIVOS Y METODOLOGÍA

Una vez que en el capítulo anterior se ha enmarcado el trabajo de investigación llevado a cabo, a lo largo de este segundo capítulo se presentarán tanto los objetivos a alcanzar con la consecución de la tesis como la metodología seguida para lograrlo. Esto permitirá hacer una descripción detallada del fin buscado en relación a la motivación y las carencias indicadas previamente, así como presentar formalmente el proceso a partir del cual se ha realizado la investigación que ha dado lugar al avance en el conocimiento obtenido.

2.1. OBJETIVOS

2.1.1. Objetivos: generales y estratégicos

El objetivo principal de la presente tesis es el de definir un modelo que permita evaluar la estética de las interfaces web según las características propias derivadas de su representación gráfica posibilitando con ello la predicción objetiva de la opinión de los usuarios respecto de su atractivo. Para ello, y tal y como se mostrará en el Capítulo 3, a lo largo del trabajo de investigación realizado se han determinado tanto los principales parámetros a tener en cuenta en el análisis como su modelado posterior para la obtención de un valor concreto de nivel estético. De acuerdo a estas ideas, y de una forma más sintetizada, la consecución de este objetivo principal permitirá obtener una respuesta a tres cuestiones básicas:

- ¿Puede evaluarse la estética de las interfaces gráficas de forma objetiva y automática sin recurrir a estudios con usuarios?
- ¿Qué parámetros objetivos pueden identificarse en la evaluación de la estética que no estén basados en el contenido presentado en la web?
- ¿Puede la apariencia estética ser modelada de acuerdo a unos parámetros visuales concretos?

Como se presentará en el Capítulo 4, algunos trabajos previos han abordado este tema, basando sus modelos en distintos elementos del aspecto visual de las interfaces gráficas, pero la detección de algunas de sus principales carencias han motivado el presente estudio. En este sentido, los principales escollos a los que una investigación en este entorno se ha enfrentado estaban especialmente relacionados con tres circunstancias concretas: la falta de un proceso automatizado de análisis, la necesidad de incluir fases de estudio subjetivas y la utilización de complejos descriptores visuales. Por lo tanto, el trabajo realizado a lo largo de esta tesis ha pretendido avanzar en la obtención de una solución novedosa, cuya ejecución se realizará de forma eficiente y simple, y cuyos resultados

Capítulo 2: Objetivos y metodología

aportaran información útil en el proceso de diseño, implementación y validación de cualquier interfaz web.

Dicho esto, y en relación a este objetivo principal, varios objetivos estratégicos pueden ser también señalados:

- **Identificación de un conjunto de parámetros para la caracterización visual de las interfaces web.**

Los descriptores estarán relacionados con tres aspectos básicos en la percepción humana de las imágenes: la luminancia, la crominancia y la textura. Además, con el objetivo de partir de estándares conocidos en el tratamiento de imágenes, dichos parámetros derivarán en su gran mayoría del estándar MPEG-7 [MPEG ISO/IEC 00], y serán completados por descriptores adicionales según sea necesario. En relación a esto se analizará, de forma complementaria, la relación existente entre dichos parámetros y el modelo psicobiológico de percepción con el fin de dar un sentido completo al modelo obtenido.

- **Evaluación del modelo sobre distintos entornos de aplicación.**

Aun cuando para su obtención se haga uso de un conjunto de webs lo más amplio y variado posible, se hace interesante analizar su comportamiento en ámbitos concretos cuyas características gráficas pueden diferir de las consideradas más habituales.

- **Estudio de la adecuación del modelo según la definición de estética que se contemple.**

La definición de estética en el entorno gráfico no es única, por lo que es interesante comprobar cómo el modelo aporta información según se tenga en cuenta las distintas dimensiones existentes.

- **Estudio de la adecuación del modelo al perfil del usuario**

Identificados los descriptores visuales y obtenido un modelo general de estética visual, el siguiente objetivo a alcanzar se centra en la adecuación del mismo a los usuarios particulares, permitiendo su individualización a partir de la introducción de información propia de usuarios particulares.

Tomando como base la descripción cualitativa de estos objetivos, el impacto que su obtención tendría sobre esta área de conocimiento sería enorme, por lo que su consecución es sumamente recomendable. Además, y para ahondar en este hecho, en el siguiente apartado se enumeran las ventajas más importantes que podría proporcionar.

2.1.2. Ventajas buscadas

Los principales aspectos positivos que la obtención del modelo buscado y su posterior uso e implantación en el área de la evaluación de las webs conlleva están, tal y

Capítulo 2: Objetivos y metodología

como puede suponerse, íntimamente ligados a los objetivos a alcanzar. De acuerdo a esto, las principales ventajas pueden clasificarse según dos grandes grupos:

- **Avanzar en el estudio de las características visuales que influyen en la percepción del usuario a la hora de evaluar la estética de las interfaces web.**

Aunque varias han sido las propuestas en este campo, hasta ahora ningún estudio había intentado ligar los elementos que influyen en los mecanismos de percepción humana con los parámetros derivados del análisis de una imagen mediante el estándar MPEG-7. En relación a este hecho, y como consecuencia de los resultados obtenidos, este trabajo de investigación pretende abrir una línea nueva de trabajo donde la evaluación de las interfaces no dependa ya de su propio contenido, sino de estímulos más primarios ligados a tres características básicas: el color, la luminancia y las texturas presentes.

- **Proporcionar un sistema de evaluación objetivo que permita abaratar costes y reducir los tiempos de estudio.**

Hasta ahora, los estudios de la percepción visual de las interfaces web se realizaban, preferiblemente, mediante análisis subjetivos en los que, de una u otra forma, era necesario disponer de un conjunto de usuarios finales que proporcionaran su opinión antes el estímulo presentado. Esto hace que dichas evaluaciones sean costosas y tiendan a realizarse una vez se ha obtenido una implementación final del diseño buscado, lo que provoca que los cambios que deban realizarse en base a las opiniones vertidas sean de difícil aceptación. La aplicación de este modelo sencillo basado en parámetros objetivos permitirá obtener información valiosa en cualquier etapa de desarrollo, pudiendo realizar modificaciones antes de disponer de un prototipo enteramente funcional. Dicha aplicación repercutiría, por lo tanto, en una disminución del coste de la propia evaluación al no precisar de usuarios finales para ello, y del tiempo de desarrollo, al poder aplicarse en cualquier momento.

2.2. METODOLOGÍA

2.2.1. Introducción

Debido a la importancia que el proceso seguido a lo largo de una investigación tiene para la obtención de unos resultados coherentes y válidos, el presente apartado se encarga de describir los principales aspectos metodológicos aplicados. De igual forma es necesario recordar que, para recorrer el camino de forma segura, ha sido necesario completar las cuatro grandes fases presentes en todo trabajo de investigación:

- **Fase proyectiva:** durante esta etapa se establecieron las inquietudes iniciales, derivadas del estudio pormenorizado del conocimiento relativo al problema planteado. En base a este análisis se determinó la coherencia lógica del marco teórico de la investigación a realizar.

Capítulo 2: Objetivos y metodología

- **Fase metodológica:** a lo largo de esta segunda etapa se estableció el modelo operativo o estrategia para avanzar en la obtención del nuevo conocimiento buscado.
- **Fase técnica:** establecidos los marcos de actuación, la siguiente fase fue la encargada de abordar los procedimientos que permitieron obtener y organizar la información necesaria para la consecución del modelo buscado.
- **Fase de síntesis:** finalmente, esta etapa fue la encargada de dar forma al nuevo conocimiento adquirido a través de la investigación realizada, así como de plasmarlo en esta memoria.

2.2.2. Plan de investigación

Las cuatro grandes fases que acaban de ser señaladas han sido adecuadas a las necesidades de una investigación empírica como la aquí mostrada, obteniéndose a partir de ellas un plan de trabajo coherente y consistente con el fin buscado. De esta forma, la metodología aplicada puede dividirse en las siguientes etapas:

1. Análisis del entorno y definición del problema.

El primer paso se centró en determinar el ámbito de la investigación. El análisis del entorno actual relacionado con las técnicas de evaluación objetiva de la usabilidad en el que la investigadora se encontraba inmersa permitió detectar un amplio campo de trabajo en lo que se refiere a la estética de las interfaces gráficas de usuario.

Tal y como se explicará más adelante, muchas son las dimensiones que hacen de un diseño una solución usable, y la estética presenta, en base a su propia concepción, un área de estudio en el que poder aplicar de forma innovadora avances obtenidos en trabajos previos.

Por lo tanto, gracias a esta primera etapa de observación y análisis pudo definirse el problema a resolver, el entorno de aplicación y la estrategia de investigación que iba a llevarse a cabo a lo largo del estudio.

2. Estudio del estado del arte

Una vez establecido el marco de referencia de la investigación, el siguiente paso se centró en un análisis exhaustivo del área de conocimiento relacionada, gracias al cual pudo definirse el marco teórico de trabajo y confirmarse la necesidad de avanzar en la línea intuida en la primera fase.

El proceso se inició con una amplia investigación en el área de la experiencia de usuario como ámbito complejo que integra tanto los componentes relativos a la interacción hombre máquina como la percepción derivada de ello, comprobando cuáles son los principales componentes que definen su marco de acción y la implicación que la estética visual acarrea en dicho entorno.

La estética de los interfaces gráficos representa, tal y como se señalará en los siguientes capítulos, un campo de estudio muy amplio y de largo recorrido. Desde la propia evolución de su definición hasta la aparición de los distintos modos de

evaluación relacionados, los esfuerzos dedicados a su avance han sido muy numerosos, por lo que esta etapa de la investigación ha supuesto un enorme trabajo de documentación y análisis.

3. Proposición de hipótesis de partida y objetivos a alcanzar

Comprobada la vigencia de la investigación propuesta a través del estudio del estado del arte, el siguiente paso consistió en la definición tanto del objetivo principal como los estratégicos asociados. Esta tarea permitió establecer las bases del marco conceptual de la tesis, y con ello dar una idea inicial de alcance del trabajo

4. Definición del modelo para la evaluación objetiva de la estética de las interfaces gráficas

Teniendo en cuenta los objetivos trazados y en base al estudio del estado del arte realizado, la siguiente fase de la investigación se centró en la definición y obtención del modelo de evaluación objetiva de la estética de las interfaces gráficas buscado. Esta fase representa el núcleo central del trabajo de investigación realizado, y puede dividirse según tres fases consecutivas, de acuerdo al tema concreto tratado en cada una de ellas:

a. Determinación de parámetros

A lo largo de la primera etapa del diseño de la solución se determinaron los principales parámetros a partir de los cuales se construiría el modelo. Teniendo en cuenta el ámbito de investigación y las condiciones de contorno consideradas (tal y como se ha señalado, se trabaja con imágenes fijas de las interfaces analizadas), se eligió la utilización de parámetros intrínsecos de las imágenes que representaran su información estructural según el estándar MPEG-7.

b. Búsqueda y definición de los corpus de trabajo

Aun cuando existen estudios previos centrados en la utilización de este tipo de parámetros en el análisis del interés por parte del usuario en otros ámbitos de investigación, el siguiente paso consistió en encontrar un corpus sobre el que poder aplicarlos con el fin de confirmar su aplicabilidad en este. Con el fin de poder proponer un modelo integral, se buscó un corpus genérico que contuviera todo tipo de interfaces web que, además, hubieran sido analizadas por un amplio número de usuarios.

c. Obtención del modelo

Definidos los parámetros y obtenido el corpus de estudio, el siguiente paso consistió en la obtención del propio modelo a partir de un tratamiento estadístico de los datos.

5. Validación del modelo

El modelo obtenido no tendría utilidad sin una validación completa, por lo que se definieron dos corpus de trabajo adicionales que permitieron determinar, de forma

Capítulo 2: Objetivos y metodología

práctica, la adecuación de la solución obtenida en interfaces distintas a las utilizadas inicialmente.

6. Comprobación de las hipótesis y la consecución de los objetivos

Realizada la validación del modelo obtenido, el siguiente paso consistió en el análisis de las conclusiones derivadas de su estudio, gracias a lo cual pudo establecerse la consecución de los objetivos marcados inicialmente.

7. Establecimiento del nuevo conocimiento

Con el fin de confirmar el avance del conocimiento buscado y con ello dar una idea del valor añadido que la tesis aporta, el último paso llevado a cabo se centró en plasmar, de forma escrita, los resultados de la investigación. En cualquier caso, y aun cuando la redacción de la presente memoria supone la culminación del trabajo realizado, es necesario indicar que, a lo largo de este periodo, se ha llevado a cabo una intensa labor de diseminación del estudio a partir de la cual se ha obtenido la publicación de varios artículos para congresos internacionales y revistas indexadas (ver [Capítulo 7](#)).

A modo de resumen, la siguiente tabla muestra las distintas fases de investigación junto con sus objetivos y métodos asociados:

Tabla 1. Fases de la investigación

Fase	Cuestión propuesta	Método de investigación	Objetivo a alcanzar
Fase 1	¿Cuál es el rol de la estética visual en el análisis de las interfaces gráficas de usuario?	Análisis de estudios relacionados	Estudiar teorías y resultados previos
Fase 2	¿Qué relación tiene la estética visual con la experiencia de usuario y cuáles son sus métodos de análisis?	Análisis de estudios relacionados	Recolectar información concisa sobre métodos de análisis existentes
Fase 3	¿Cuáles son los objetivos a alcanzar con la definición de un nuevo método de análisis objetivo?	Análisis de estudios relacionados	Estudio de las necesidades existentes en el ámbito de la metodología de análisis y establecimiento de las hipótesis de partida.
Fase 4	¿Puede definirse un método de análisis de la estética visual a partir del estudio de las características básicas de las imágenes asociadas?	Determinación de los parámetros a integrar en el análisis y selección del conjunto de interfaces sobre las	Determinar el nuevo modelo de análisis basado en descriptores de imágenes.

Capítulo 2: Objetivos y metodología

que se aplicará el modelo			
Fase 5	¿El método definido es válido como método de análisis de la estética visual de las interfaces gráficas a nivel general y a nivel específico sobre un corpus concreto?	Validación del método definido sobre un conjunto de interfaces distinto	Determinar si el método alcanzado presenta resultados similares sobre el conjunto de prueba que sobre el de entrenamiento
Fase 6	Una vez definido y validado el modelo, ¿puede decirse que las hipótesis de partida han sido demostradas?	Observación del proceso de evaluación e interpretación de los resultados obtenidos.	Confirmar la aplicabilidad del método obtenido.
Fase 7		Redacción de la memoria y artículos asociados	Difusión del conocimiento adquirido

3. INTERFACES GRÁFICAS Y EXPERIENCIA DE USUARIO

La evolución de las interfaces ha supuesto un importante hito en el desarrollo de las tecnologías digitales en los últimos años, puesto que representan no sólo la puerta de entrada sino el entorno de interacción general hacia un nuevo mundo lleno de posibilidades. De hecho, su impacto a nivel cultural, tecnológico y estético en nuestra sociedad ha sido tal que algunos autores hablan incluso de “cultura de la interfaz” [Johnson 99], convirtiendo todo lo que las rodea en un interesante campo de estudio en el que aplicar distintos conocimientos provenientes de otros ámbitos, tales como la psicología, el diseño o el arte.

De la misma forma, la evolución del entorno tecnológico no sólo ha supuesto un avance en cuanto a las herramientas desarrolladas o a los dispositivos existentes, sino que también ha provocado una transformación en el propio usuario. En este sentido, en los últimos años su papel ha pasado de ser el de mero observador pasivo de lo que se le ofrecía a ser el factor determinante del progreso a través de una actitud no sólo dinámica, sino incluso exigente. A día de hoy un usuario no sólo busca y hace uso de sistemas o dispositivos usables, sino que espera mucho más que eso, llevando al fracaso a aquellas soluciones que no cumplan con sus expectativas. Tal es su poder que su satisfacción representa un reto continuo para todos los agentes que componen la cadena de valor tecnológica.

En base a estas premisas, los estudios tanto de la experiencia de usuario como de todo lo que rodea a las propias interfaces de interacción se han convertido en áreas de investigación muy extensas y de especial valor para el campo de la interacción hombre máquina. Por esta razón, y con el objetivo de establecer los pilares básicos a partir de los cuales se construye el trabajo de esta tesis, el presente capítulo se encargará primero de presentar de forma genérica el papel de las interfaces para, posteriormente, ahondar en la definición, el papel jugado en los procesos relativos al desarrollo de productos y la relación existente entre la experiencia de usuario y el tema central de este trabajo, esto es, la estética de las interfaces.

3.1. INTERFACES GRÁFICAS

3.1.1. Definición y estado actual de las interfaces gráficas

A día de hoy, cualquier actividad que se pretenda hacer en base a una herramienta tecnológica pasa por la utilización de una interfaz de usuario. Desde la captura de un video hasta la gestión de las cuentas bancarias son realizadas mediante la intervención de soluciones gráficas que permiten, en su mayoría, realizar multitud de tareas de forma fácil e

intuitiva. Y es innegable que la sensación del usuario al alcanzar un objetivo mediante este tipo de soluciones no sólo proviene de la conclusión de la tarea, sino de cómo la interfaz ha facilitado el proceso, haciendo que la experiencia se vea afectada tanto por la calidad de la interacción como por el nivel de la estética de la interfaz.

Como es de sobra conocido, la principal labor de una interfaz gráfica es la de hacer de nexo de unión entre hombres y máquinas, permitiendo con su presencia que las infraestructuras tecnológicas alberguen y reciban información en multitud de formatos, lenguajes, etc., mediante la habilitación de un canal de comunicación bidireccional. En este sentido, la interacción hombre máquina no podría darse sin la presencia de este eslabón, encargado no sólo de presentar los datos en la forma en la que las personas puedan entenderlos, sino de recibirlos de vuelta y traducirlos al formato comprensible por los dispositivos.

Uno de los principales temas de debate en relación a las interfaces está relacionado con la posibilidad de que éstas sean transparentes para el usuario, permitiendo con ello que éste interactúe de forma libre con el contenido, o si, por el contrario, su presencia debería representar la esencia de la propia interacción y estar íntimamente relacionado con la información que contiene. El primer autor que se enfrentó a este debate fue Donald Norman [Norman 98], que en 1998 propuso la idea de que las interfaces fueran como ventanas a través de las cuales se accede al contenido, reduciendo con ello su importancia como elemento con entidad propia.

En contra de esta idea, los autores de [Bolter y Gromala 03] explicaron la necesidad de apostar por la presencia de las interfaces, fomentando su carácter reflexivo y su conexión con el contenido, permitiendo con ello dar sentido al propio sistema. Pero como siempre, y tal y como también se remarca en la anterior referencia, la mejor opción puede ser la que queda a medio camino entre ambas, alcanzada mediante un compromiso en el que probablemente primará más una opción o la contraria según el objetivo de la interfaz: por un lado, es posible que aplicaciones más críticas necesiten interfaces más transparentes, mientras que sistemas más dirigidos al arte digital enfatizan en la necesidad de disponer de una interfaz reflexiva. Esto conduce al siguiente tema de análisis, esto es, a la necesidad de realizar una clasificación de las interfaces, gracias a la cual podrá determinarse qué tipo de solución es la más apropiada en cada caso.

3.1.2. Clasificación de las interfaces gráficas

Aún cuando el término interfaz de usuario, visto como respuesta a la necesidad de adaptar la complejidad de los sistemas a las capacidades del ser humano, no es novedoso, su clasificación es una tarea compleja, debido principalmente a que en él se encuentran englobados multitud de convenios, técnicas y dispositivos encargados de posibilitar el intercambio de información entre ambas entidades de formas muy diversas. De hecho, dado

Capítulo 3: Interfaces gráficas y experiencia de usuario

que su influencia en la efectividad y eficiencia con la que un usuario hace uso de un sistema es directa, su diseño, implementación y aplicación deben cumplir una serie de requisitos que aseguren que tanto las acciones entrantes (o cómo maneja el usuario el sistema) como las salientes (cómo el sistema presenta al usuario los resultados obtenidos) se realizan de forma óptima en cada caso, complicando aún más la tarea de organización.

Con el objetivo de reducir esta problemática, a día de hoy puede decirse que existen dos principales clasificaciones a aplicar en el entorno de las interfaces de usuario. De esta forma, y considerando este elemento como un tipo concreto de un concepto más genérico llamado interacción hombre máquina, podría establecerse una primera clasificación de acuerdo al tipo de datos de entrada y salida, tal y como se explica en [Chao 09] y [Yang y Chen 09], de la siguiente forma:

- **Interacción a través de datos:** cuando la información intercambiada (*inputs* y *outputs*) tiene forma de datos (alfanuméricos, signos, gráficos, colores, etc) obtenidos de muy diversas formas: mediante un conjunto de preguntas y respuestas, a través de la selección de menús, completando tablas, mediante el reconocimiento de caracteres naturales, etc.
- **Interacción a través de imágenes:** cuando la comunicación se realiza a través del reconocimiento de una imagen, obteniéndose como *output* una interpretación de la misma, para lo cual se establecen tres niveles: procesado, reconocimiento y percepción de la imagen.
- **Interacción a través de voz:** permite el intercambio de información a través de voz natural o sintetizada, para lo que se hace uso de múltiples disciplinas, como la lingüística, la psicología y el reconocimiento y la síntesis de voz.
- **Interacción a través del comportamiento o interacción inteligente:** cuando el sistema infiere lo que el usuario quiere hacer a través del estudio y reconocimiento de su comportamiento y necesidades. Se trata de la interacción del futuro debido a las numerosas posibilidades que brinda.

Vistas las clases de interacción existentes, ninguna de ellas será posible sin la presencia de uno o varios mecanismos de intercambio de información, apareciendo con ello una segunda clasificación genérica:

- **Interfaces hardware,** donde se enmarcan los dispositivos utilizados para introducir, procesar, entregar y presentar los datos, como puede ser el teclado, el ratón, la pantalla de un ordenador, etc.
- **Interfaces software,** cuyo objetivo es la entrega de información acerca de los procesos y herramienta de control a partir de lo que el usuario observa en una pantalla. Es decir, son programas o parte de ellos que permiten la comunicación entre el usuario y el sistema, y pueden dividirse, según su evolución, en (ver Figura 1):

- *interfaces descriptivas o basadas en órdenes, también conocidas como alfanuméricas (CUI – Command-line User Interfaces)*: aquellas en las que el usuario introduce los datos a través del teclado en forma de línea de comandos y el sistema devuelve como salida un texto en el monitor. Sus principales inconvenientes están relacionados tanto con la necesidad de que el usuario posea un amplio y profundo dominio del sistema, conociendo y memorizando los comandos, como con la inflexibilidad en cuanto a su uso, haciendo que su aplicación sea poco intuitiva. Por otra parte, su mayor ventaja radica en la potencia subyacente en lo estricto de su sintaxis, sólo aprovechable por usuarios experimentados. Se utilizan sobre todo en el entorno de la programación.
- *interfaces selectivas o basadas en menús, también conocidas como gráficas (GUI – Graphic User Interfaces)*: que permiten una comunicación mucho más rápida e intuitiva a través del uso de elementos gráficos, tales como ventanas, iconos, menús y dispositivos apuntadores, por lo que reciben el nombre de interfaces **WIMP** (**W**indows, **I**con, **M**enu y **P**ointing devices), etc. El trabajo de investigación realizado a lo largo de esta tesis se ha centrado en el análisis de este tipo de interfaces.
- *interfaces naturales de usuario (NUI – Natural User Interfaces)*: aquellas que permiten la interacción con un sistema sin hacer uso de dispositivos de entrada, sino por medio de movimientos gestuales del cuerpo como elemento de control.

Figura 1. Evolución de las interfaces software

Finalmente se hace necesario indicar, por su importancia, un tipo concreto de interfaces de usuario llamadas interfaces adaptativas, cuyo principal objetivo es el de adecuarse a las diferencias o cambios que existen o pueden tener lugar tanto en el propio usuario como en su entorno y contexto. Esta adaptación puede llevarse a cabo de acuerdo a tres puntos de vista:

Capítulo 3: Interfaces gráficas y experiencia de usuario

- **según el modelado de usuario** [Langley 99]: encargado de atender exclusivamente las características de cada usuario, acentuando con ello conceptos como la utilidad y la usabilidad. Su objetivo es el abandono de la implementación bajo la premisa de “usuario tipo” dado que esa clase de usuario realmente no existe, así como enfatizar el hecho de que el usuario no usa una interfaz, sino que evoluciona con ella ([Bannon 86]). Pueden basarse en estereotipos [Salazar et al. 11], en ontologías (como la ontología de modelado general de usuario **GUMO** –*General User Model Ontology* [Heckmann et al. 05]), etc.
- **según el modelado de la tarea** [Romitti et al 97]: cuando el centro del diseño es la tarea que quiere facilitarse a través del uso de la interfaz, para lo que pueden utilizarse entornos descriptivos como **KMADe** (*Kernel of Model for Activity Description environment*) [Baron et al. 06].
- **según el modelado del contexto** [vanMeurs 09]: cuando para la adaptación también se hace uso de la información disponible en cuanto a entorno, localización, tiempo, etc., en el que va a hacerse uso de la interfaz. Para ello, el sistema deberá ser capaz de determinar qué parte de la información que le llega es relevante y cuál puede ser desechada, realizando con ello lo que se conoce como una abstracción computacional, que no es más que una versión programática del proceso mental humano, gracias a lo cual se podrá determinar la necesidad de adaptación de la propia interfaz.

Como puede entenderse, cada género proporciona un tipo distinto de experiencia al usuario, lo que cobra especial importancia a la hora de diseñar el aspecto visual de cada interfaz. Por esta razón, y debido a su importancia, en los apartados siguientes se ahondará más en el análisis de la experiencia de usuario.

3.1.3. Buscadores web como interfaces gráficas básicas en el uso de internet

A lo largo de los últimos años, el ecosistema multimedia ha sufrido una importante evolución, no ya sólo desde el punto de vista de la digitalización del contenido, sino en lo que respecta al desarrollo de nuevas tecnologías que permiten su almacenamiento, distribución y acceso.

Esta evolución ha llevado consigo, paralelamente, un aumento vertiginoso de los propios contenidos multimedia disponibles, dado que los usuarios ahora son capaces de no sólo consumirlos, sino de producirlos, compartirlos y ofrecerlos, convirtiéndose con ello en lo que se conoce como “prosumidores” [Gerhardt 08]. Por esta razón, tanto la gestión como la búsqueda de contenido se han convertido en tareas complejas, facilitando y justificando la aparición y proliferación de herramientas que permitan realizar estas acciones, esto es, los conocidos buscadores. En este sentido, estas soluciones son las responsables de hacer accesible de forma fácil y rápida la enorme cantidad de contenidos existente, y las ventajas obtenidas de su utilización son tales que más del 81% de los internautas reconoce su uso de

forma habitual [TNS 08], convirtiéndose en la actividad más importante de navegación en internet [Wiza et al. 04].

La evolución de este tipo de herramientas ha estado ligada al propio avance de la red. De hecho, inmediatamente después de la fundación del Consorcio World Wide Web (W3C) en 1993, los buscadores empezaron a desarrollarse rápidamente. Su presencia se inició con soluciones primitivas como Aliweb (centrada en la búsqueda a través del título de las páginas web), o WebCrawler (basada en peticiones de texto), evolucionando hacia el buscador Yahoo!, siendo este el primero en presentar resúmenes automáticos de los resultados ordenados por relevancia, o el propio Google, que daba soporte a tecnologías como el Flash o PDF.

Todas estas herramientas están basadas en un concepto conocido como web semántica, término presentado por Tim Berners-Lee y ampliamente explicado en [Shadbolt 06], gracias al cual la información puede ser procesada de forma inteligente y a escala global, permitiendo así la aparición de métodos mejorados para la localización y referencia del contenido web. Por lo tanto, y según va evolucionando el entorno, la utilización de estas herramientas se hace cada vez más necesario y a la vez más intuitivo. Pero, como con el resto de interfaces, su uso sólo está garantizado en tanto en cuanto cuente con el beneplácito de los usuarios, para lo cual es necesario que se cumplan una serie de requisitos relativos a su uso, su presentación, etc. En este sentido, numerosos estudios han intentado afrontar este hecho desde distintos puntos de vista, incluyendo aquellos que pueden considerarse la semilla del trabajo aquí desarrollado, como es el caso de los presentados en [Uribe et al. 11] y [Uribe et al. 12], donde el trabajo estuvo más centrado en el estudio de la usabilidad relativa a una interfaz de un buscador multimedia a partir de algunos descriptores de complejidad.

De acuerdo a esta descripción, es obvio que la obtención de un modelo de evaluación de la estética y su aplicación en el entorno de los buscadores web supondría un importante avance a la hora de analizar la aceptabilidad de las soluciones desarrolladas, por lo que supone un ámbito de validación perfecto. Siguiendo esta idea, en las primeras etapas de este trabajo se realizó un importante trabajo de análisis de las soluciones más importantes dentro de este ámbito en base al cual se pudo, posteriormente, realizar una selección concreta para la obtención de un dataset particular. Este análisis permitió, además, determinar las principales características visuales a contemplar, así como los rasgos más particulares a tener en cuenta a la hora de considerar las diferencias entre los distintos diseños existentes. El Anexo I presenta, en relación a esto, los principales buscadores contemplados inicialmente.

3.2. EXPERIENCIA DE USUARIO

3.2.1. Definición e interés actual por la experiencia de usuario

La transformación de los usuarios en el entorno tecnológico ha sido, tal y como se ha mencionado anteriormente, especialmente importante en los últimos tiempos. Su nivel de exigencia ha aumentado no sólo en cuanto al número de funcionalidades, sino en todo lo relacionado con la propia interacción con las soluciones. En este sentido, y tal y como se menciona en [Bolter y Gromala 03], a día de hoy “cada aplicación necesita ser una experiencia, por lo que diseñar un elemento digital es diseñar una experiencia”.

Actualmente, el principal objetivo a alcanzar en el diseño de productos y servicios es el de proporcionar soluciones que satisfagan la experiencia de usuario (UX –*User eXperience*–), concepto definido en [ISO 9241-210] como “la percepción personal del usuario y su respuesta frente al uso de un producto, sistema o servicio”. De hecho, la importancia de este término es tal que ha pasado de ser un elemento de estudio dentro del diseño centrado en el usuario a suponer un área de investigación propia, donde investigadores y desarrolladores se centran en estudiar no sólo su rol actual, sino su influencia a la hora de determinar la calidad de un producto por parte de un usuario final, apareciendo con ello lo que desde hace unos años se conoce como *diseño para la experiencia* [Shedroff 01].

En relación a esto, la principal tarea de este novedoso tipo de diseño es la de estudiar el comportamiento y las necesidades del usuario en sus actividades diarias con el objetivo de poder identificar la experiencia idónea que debe ser ofrecida en cada caso. Una vez hecho esto, el siguiente paso es el de evaluar el resultado durante y después del proceso de diseño, para lo que algunos autores como [Roto et al. 11] proponen el uso de prototipos representativos de la interfaces con el objetivo de obtener y medir la respuesta emocional de los usuarios mediante los procesos que sean identificados.

Tal y como se muestra en la Figura 2, la experiencia de usuario se da en el momento en que se inicia de la interacción entre un producto y un usuario. Dicha interacción propicia la existencia de un proceso que, a partir de la percepción y de los sentimientos, pensamientos y emociones que el producto es capaz de desatar, permite dar forma a la intención del usuario en cuanto a su uso. Este proceso es muy complejo, por lo que es necesario tener en cuenta tanto las características del propio usuario como las del producto o las del contexto de uso, por lo que su análisis merece una investigación más completa que será plasmada en los siguientes apartados.

Figura 2. La experiencia de usuario como concepto

Dicho esto, uno de los principales errores a la hora de hablar de experiencia de usuario se encuentra en su equiparación con la usabilidad, dado que ambos términos se centran, de alguna forma, en analizar la interacción entre el usuario y el dispositivo. Pero, tal y como se muestra en la Figura 3 y siguiendo las pautas determinadas por diversos autores ([Thüring y Mahlke 07], [Roto et al. 11]), lo correcto es afirmar que la usabilidad es uno de los pilares sobre los que se sustenta una buena experiencia de usuario, al igual que lo son otros aspectos como el diseño, la funcionalidad, la interacción, etc. De hecho, y siguiendo esta línea de pensamiento, en [Hassenzhal y Tractinsky 06] se asegura que el principal reto dentro del HCI es el de diseñar para el placer más que para la ausencia de dificultad, lo que viene a justificar aún más la diferenciación entre ambos conceptos. Aun así es cierto que, en comparación con el estudio de la usabilidad, en el campo de la experiencia de usuario no existe un modelo de análisis genérico para su evaluación de forma universal, lo que hace que en muchos casos la aplicación de las métricas de usabilidad se limite a intentar dar una medida del nivel de experiencia de usuario alcanzado.

Al igual que la usabilidad, el diseño visual de las interfaces gráficas supone otro factor fundamental para la experiencia de usuario. En este sentido, está demostrado que la estética de una solución puede generar sensaciones positivas (por ejemplo felicidad, diversión e incluso orgullo tal y como se explica en [Hassenzhal y Tractinsky 06]) al interactuar con el dispositivo, lo que revierte en una experiencia percibida finalmente como más positiva.

Figura 3. Bases de la experiencia de usuario

Como puede verse en este gráfico, es evidente, por tanto, que la experiencia de usuario no depende exclusivamente de factores relativos al diseño, como es el caso de la usabilidad, la funcionalidad, el aspecto gráfico, etc., sino que apela también a aspectos relacionados con los sentimientos y las emociones que provoca en el usuario el uso de la solución. De forma adicional, algunos autores incluyen como factores determinantes aspectos más alejados del propio diseño pero más centrados en el contenido en sí, tales como la transmisión de la marca, la confiabilidad del producto, etc.

Por lo tanto, y de acuerdo a estas ideas, se puede concluir que, actualmente, una solución no será ampliamente aceptada si en su concepción y diseño no se ha trabajado en la experiencia de uso que conlleva su utilización. Además, teniendo en cuenta que esta se encuentra íntimamente ligada al aspecto visual de la interfaz, la importancia del estudio y análisis de la estética es vital para intentar garantizar un diseño exitoso de acuerdo a los cánones actuales. Dicho esto, en el siguiente apartado se mostrará el modelado genérico de la interacción hombre-máquina desde el punto de vista de las consecuencias para la experiencia de usuario, con el fin de ahondar más en la relación existente entre ésta y la estética de las soluciones.

3.2.2. Modelos genéricos de la experiencia de usuario

Como se acaba de mostrar, la experiencia de usuario se corresponde con un término complejo en constante evolución, cuya definición y análisis suscita interesantes debates entre los expertos relacionados. En esta línea, algunos de estos autores (como es el caso de [Law et al 09]) abogan por distinguir entre experiencia general y experiencia de usuario, llegando a asegurar que esta última es una de las tres clases en que puede dividirse la primera ([Forlizzi y Battarbee 04], [Roto et al. 11]), siendo cada una de ellas:

Capítulo 3: Interfaces gráficas y experiencia de usuario

- **La experimentación**, que engloba el conjunto de percepciones, sus interpretaciones y las consiguientes emociones asociadas que se crean en el proceso.
- **La experiencia de usuario**, con principio y fin, que se encarga de generar el resultado y el recuerdo de la propia experiencia.
- **La co-experiencia**, o experiencia derivada del contexto social de uso según una interacción conjunta con otras personas.

Por lo tanto, y en base a esta clasificación, es interesante tener en cuenta que, cuando hablamos de experiencia de usuario, estamos hablando de un concepto no sólo subjetivo, sino especialmente asociado a los sentimientos del usuario. De forma adicional, y viniendo a incrementar la complejidad del conjunto, existen tres factores principales que impactan directamente sobre la experiencia de usuario: el contexto de uso, las características y las expectativas del usuario [Roto et al. 11]. Todo esto hace que la evaluación de lo que llamamos experiencia de usuario sea muy compleja, apareciendo por lo tanto diversos estudios que intentan modelar el concepto en todas sus vertientes con el fin de facilitar el proceso a través de la identificación de métricas concretas para el análisis de cada una de ellas.

Figura 4. Marco descriptivo de la experiencia de usuario (Fuente [Wright et al. 05])

El primer marco de trabajo descriptivo diseñado especialmente para la desconstrucción de la experiencia como concepto fue el expuesto en [Wright et al. 05], donde los autores definen un total de cuatro aspectos que son experimentados simultáneamente junto con seis procesos generadores de sensaciones que trabajan en

combinación con el fin de dar lugar a la propia experiencia, tal y como se puede ver en la Figura 4.

En este sentido, cada uno de los aspectos señalados engloba distintos ámbitos de la experiencia, tal y como se explica a continuación:

- **Composicional:** entronca con la combinación de los aspectos que derivan de la interacción con un elemento, tales como la posibilidad de ejecutar una tarea, su adecuación, su eficacia, sus posibles consecuencias, etc., y vendría a responder preguntas tales como ¿qué ha pasado?, ¿qué pasará después?, ¿tiene sentido esta respuesta?, ¿qué pasaría si...?
- **Sensual:** en este caso, este aspecto abarca todo lo relacionado con el aspecto visual de lo analizado y experimentado. En base a esta definición, la percepción de la estética quedaría englobada en este apartado.
- **Emocional:** en relación con el anterior, este aspecto engloba el juicio afectivo que los usuarios realizan en su interacción con los elementos, de acuerdo a sus propios deseos y necesidades.
- **Espacio-temporal:** engloba la sensación subjetiva que la interacción con un elemento produce en relación a aspectos tales como el tiempo y el espacio.

En cuanto a los procesos que se llevan a cabo, y tal y como se muestra en la figura, estos trabajan como en un flujo circular completo: el proceso de anticipación es el encargado de ligar, incluso antes de que comience la interacción, las experiencias previas del usuario con la nueva, en base a aspectos tan amplios como la tecnología utilizada, la marca considerada, etc. El proceso de conexión se encarga, inmediatamente después del anterior, de generar una sensación preconceptual a la situación que se está empezando a desencadenar [McCarthy y Wright 04]. Seguidamente, el proceso de interpretación es el encargado de permitir a la persona entender la estructura narrativa de la experiencia. De la misma forma, el proceso de reflexión apunta al hecho de que tanto un uso previo como un cambio en la valoración del uso afectan a la propia experiencia. Finalmente, el proceso de recuento es aquel gracias al cual el usuario hace balance de su experiencia y comparte con su entorno lo alcanzado, por lo que está directamente relacionado con el aspecto expresivo del ser humano.

Junto con los autores de este marco descriptivo, y debido a la magnitud del ámbito de estudio, otros autores se han centrado en la definición de distintos modelos para el análisis de la experiencia desde un punto de vista general. En este sentido, y debido a su importancia y a lo extenso de cada uno, se presentarán dos ejemplos concretos. En [Hassenzahl 03], el autor proporciona un modelo de experiencia con respecto a los productos multimedia centrado en el resultado, incluyendo en su definición dos perspectivas complementarias: la del diseñador y la del usuario.

Figura 5. Modelo de experiencia de usuario (Fuente [Hassenzahl 03])

De acuerdo a lo expuesto en la Figura 5, todo producto multimedia posee unas características en base a su contenido, su funcionalidad, su presentación y, finalmente, al tipo de interacción prevista. La combinación de estos atributos da lugar a soluciones únicas con caracteres concretos, cuyo principal objetivo es el de reducir la complejidad cognitiva de la que el usuario debe de hacer uso para definir las estrategias de interacción con el producto. En este sentido, dichos caracteres cuentan con dos tipos de atributos básicos: los pragmáticos, encargados de permitir la consecución de los objetivos de los usuarios (como por ejemplo, la manipulación y todos aquellos términos derivados, como usabilidad, accesibilidad, etc.), y los hedónicos, más relacionados con el bienestar psicológico del usuario.

Estos atributos pueden, por definición, ser percibidos por los usuarios de manera débil o intensa, dependiendo de lo cual los autores definen cuatro tipos de productos:

- **Productos no queridos** (*unwanted*): aquellos cuyos atributos pragmáticos y hedónicos son interpretados como débiles, es decir, ni son prácticos ni su uso reporta un especial placer.
- **Productos deseados** (*desired*): aquellos cuyos atributos son percibidos de forma intensa.
- **Productos ACT**: aquellos que presentan alto nivel pragmático pero bajo nivel hedónico, es decir, son prácticos para alguna tarea en concreto, pero no presentan ningún atractivo para el usuario.
- **Productos SELF**: contrarios a los anteriores, en este caso el valor predominante es el hedónico.

Capítulo 3: Interfaces gráficas y experiencia de usuario

Finalmente, en lo relativo a las dos perspectivas señaladas, se puede señalar lo siguiente:

- Perspectiva de usuario: aparece al iniciarse la interacción con el producto, a partir de la cual se obtienen, mediante la combinación de la percepción inicial y la experiencia continuada de uso, un conjunto de consecuencias concretas relacionadas con la respuesta emocional derivada de la apariencia, el placer y la satisfacción obtenidas con su uso. En este sentido, la personalización de las interfaces intentan incentivar esta perspectiva, incentivando la concepción única del producto de acuerdo a las características del usuario [Uribe et al. 10].
- Perspectiva de diseñador: más relacionada con la primera parte del proceso, permite definir el carácter deseado de los productos a partir de las características de los mismos.

El segundo modelo presentado es el desarrollado por [Thüring y Mahlke 07] y ampliado en [Mahlke 08] (Figura 6), donde tres son los componentes principales de la experiencia de usuario en cuanto a las propiedades de un sistema, siendo uno de ellos consecuencia de los otros dos:

- La percepción de las cualidades instrumentales, es decir, cómo percibe el usuario la capacidad que tiene la interfaz para ayudarle a alcanzar sus objetivos, esto es, según la propia eficacia de la solución. Estas cualidades están más relacionadas con las funcionalidades disponibles y con cómo el usuario puede hacer uso de ellas de forma fácil, concisa y eficiente. Por lo tanto, en este grupo se engloban las características relativas a la usabilidad (eficiencia, control, facilidad de aprendizaje, etc.) y la propia utilidad.
- La percepción de las cualidades no instrumentales, esto es, todas aquellas más relacionadas con cómo se le presenta al usuario la interfaz, y que pueden influir en aspectos tan relevantes como su motivación frente al uso. Dentro de este apartado se engloban todas las características visuales.
- La respuesta emocional de los usuarios al comportamiento del sistema, no ya como una componente en sí, sino como el resultado de la combinación de todos los elementos previos. En este punto, los autores incluyen los sentimientos derivados del uso, las expresiones motoras, las reacciones derivadas, etc.

Finalmente, y como se muestra en la figura, existen tres consecuencias básicas derivadas de la experiencia de uso, esto es, el juicio genérico de la interfaz observada, el comportamiento derivado de lo percibido y, por último, la selección entre distintas alternativas que permitan alcanzar objetivos similares, en base a las cuales el usuario basará su opinión sobre la solución propuesta. En relación a esto, es interesante comentar que, tal y como se indica en [Thüring y Mahlke 07], las emociones derivadas de la interacción con

Capítulo 3: Interfaces gráficas y experiencia de usuario

una interfaz pueden manifestarse de distintas formas, a saber: mediante una reacción filosófica, mediante una expresión facial o mediante comportamientos y sentimientos relativos a la propia experiencia.

Figura 6. Componentes de la experiencia de usuario (Fuente [Mahlke 08])

3.2.3. Relación entre la experiencia de usuario y el nivel estético

Durante los últimos años se ha generado una importante línea de investigación en torno al estudio del contenido multimedia en general y a las interfaces que lo presentan en particular, y en especial en todo lo relacionado con el análisis de los factores que contribuyen a convertir este tipo de contenido en algo interesante y disfrutable, dada la importancia que esto tiene a la hora de ser aceptado por parte de los usuarios. De hecho, y tal y como se afirma en [Sherry 04], la búsqueda de experiencias agradables es la razón principal para el consumo y uso de los productos multimedia, teniendo en cuenta que este

disfrute hace referencia a las respuestas afectivas placenteras que derivan del propio contenido presentado.

El primer paso dado en este campo de investigación consistió en la definición de un modelo descriptivo de la experiencia con los sistemas multimedia. En este sentido, los autores de [Klimmt y Vorderer 03] son los encargados de intentar sentar las bases para el estudio del ámbito conductual y emocional derivado del uso de este tipo de productos, permitiendo con ello la aparición de un concepto nuevo, la experiencia multimedia, que puede ser considerado como una derivada directa del concepto más amplio de experiencia de usuario.

Figura 7. Cualidades de los productos multimedia

De acuerdo a estas ideas, y siguiendo la línea de pensamiento definida en [Hassenzahl 03] en cuanto a las características de los productos, las cualidades del contenido multimedia y su presentación a partir de interfaces gráficas pueden clasificarse, tal y como se indica en la figura anterior, en tres grandes grupos:

- Calidad del contenido: esta calidad viene determinada por la comprensión a nivel semántico del mensaje presentado en la interfaz y que el usuario puede alcanzar mediante su visualización. Tanto la forma en la que el mensaje es presentado como los elementos multimedia utilizados para ello son los encargados de permitir que el usuario consiga un entendimiento total de lo presentado. Además, el diseño gráfico de ambos elementos por separado y de su integración en una interfaz de usuario tiene un papel primordial en este sentido, dado que puede enfatizar o debilitar el total. De acuerdo a esto, la propia estética de la interfaz jugaría un papel primordial

Capítulo 3: Interfaces gráficas y experiencia de usuario

como base de la calidad del contenido, confirmando la necesidad de avanzar en su estudio para permitir alcanzar soluciones óptimas.

- Calidad de la presentación: relacionada principalmente con el elemento físico sobre el que se muestra el contenido, ya sea la pantalla o el propio dispositivo. En este sentido es fácil afirmar que la calidad percibida en cuanto a la experiencia de usuario con respecto a una interfaz también puede verse influenciada si la pantalla donde se muestra no cumple con un conjunto mínimo de requisitos para que el contenido sea mostrado de forma óptima o si el dispositivo presenta dificultades en su uso. Por lo tanto, en relación a esta dimensión, lo correcto sería que los elementos físicos presentaran las características precisas como para pasar desapercibidos en el juego de la interacción.
- Calidad del uso, donde se pueden incluir dimensiones tales como la usabilidad, la accesibilidad y, en general, la calidad de la propia interacción, puesto que la combinación de las tres va a definir la eficiencia y eficacia de la solución

En este mismo sentido, y tal y como se ha mostrado en la Figura 6, el aspecto estético es definido como una de las principales cualidades no instrumentales que componen los aspectos fundamentales de la experiencia de usuario, volviendo a la idea de la estrecha relación existente entre ambos conceptos.

Una vez se ha contextualizado la investigación y se ha mostrado la influencia directa que el aspecto visual tiene sobre la percepción y con ello sobre la experiencia de usuario, el siguiente capítulo se encargará de hacer un análisis en profundidad de estado del arte relacionado con la estética de las interfaces, siendo éste el núcleo central de la investigación llevada a cabo.

4. ESTÉTICA EN LAS INTERFACES GRÁFICAS DE USUARIO

El foco principal en el estudio de la interacción hombre-máquina ha estado puesto tradicionalmente en el análisis de la eficiencia y la eficacia de los procesos relacionados. Factores como el tiempo de respuesta de un sistema, la curva de aprendizaje, el periodo de respuesta ante un fallo, etc. han supuesto el núcleo de las investigaciones más punteras, favoreciendo con ellas la aparición de pautas e incluso teorías para su optimización. Dicho esto, y aun cuando no se trata de una opinión común en todas las disciplinas, en este contexto el análisis de la estética es un área de reciente aparición pero de importancia creciente.

La relevancia de la belleza data de antiguo. Desde la Grecia clásica hasta nuestros días, numerosos han sido los intentos por dar una definición completa al término y una explicación exhaustiva del proceso de percepción que conlleva. La arquitectura, las artes e incluso la religión han tomado la belleza como un objetivo a alcanzar por lo que su importancia, independientemente de las opiniones que esta afirmación pueda conllevar, es perceptible en muchos ámbitos del día a día. De hecho, existen estudios tan dispares como aquellos que demuestran la relación entre la apariencia física de una persona y su entorno social [Dion et al. 72] o los encargados de analizar cómo la estética influye en la percepción de la arquitectura [Nasar 88], por lo que no es arriesgado afirmar que el ámbito de influencia de la estética es enorme y el interés por dominarlo es creciente.

En relación a esto puede afirmarse que, a día de hoy, la estética juega un papel primordial en la obtención de nuevos productos. Las actividades de desarrollo, las labores de marketing e incluso la configuración del entorno de venta ([Russell y Pratt 80] y [Whitney 88]) están profundamente influenciadas por el aspecto del producto, convirtiéndolo en un factor fundamental para su éxito. Y como no podía ser de otra manera, la situación en el entorno de la interacción hombre máquina es similar, afirmación avalada por el hecho de que, según algunos estudios como el mostrado en [Reeves y Nass 96], la relación entre usuarios y ordenadores es eminentemente social, pudiendo aplicar, por lo tanto, muchas de las teorías desarrolladas para las relaciones humanas.

De acuerdo a los resultados aportados por investigaciones recientes, la estética juega un papel fundamental en la actitud que los usuarios mantienen en este tipo de interacciones ([Tractinsky 97] y [Tractinsky et al 00]), siendo de especial interés en el ámbito web [vanderHeijden 03]. En esta área, y aun cuando los trabajos han sido muy numerosos, en general han tendido a identificar la estética como un constructo, esto es, como un factor existente pero de difícil identificación ([vanderHeijden 03] y [Schenkman y Jonsson 00]). Por esta razón, y tal y como se plantea en la presente tesis, se hace necesario ahondar en su análisis para poder proporcionar un modelo completo que permita analizar la percepción de

la estética de las páginas webs por parte de los usuarios. Con este fin, a lo largo del presente capítulo se realizará un amplio estudio tanto del propio concepto de estética como de su contexto de uso, completando con ello la identificación del ámbito de la investigación llevada a cabo.

4.1. LA ESTÉTICA COMO CONCEPTO. ÁMBITOS DE ESTUDIO Y MODELO ASOCIADO

Aun cuando para cada uno de nosotros es fácil decidir si algo nos resulta bello o agradable de ver desde un punto de vista subjetivo, el término que de forma coloquial hace referencia a este hecho, la estética, no resulta un concepto simple de definir. De acuerdo a su etimología, estética proviene del griego *αἰσθητικός* [*aisthetiké*], cuyo significado puede asemejarse al de ‘sensación’ o ‘percepción’, pero cuando intentamos ahondar en su sentido objetivo el número de acepciones asociadas se dispara, complicando con ello no sólo su comprensión sino su posible análisis y aplicación.

Tal y como se ha señalado anteriormente, la idea de la belleza y su percepción ha supuesto un tema ampliamente considerado desde tiempos antiguos, englobando en su descripción a elementos que son placenteros no sólo a los sentidos, sino a la imaginación o al mismo entendimiento. En este sentido, y aunque la belleza se ha relacionado tradicionalmente con la idea de orden, definiciones más modernas han ampliado el concepto hasta asociarlo directamente con el deleite e incluso con el propio proceso de percepción [Feagin y Maynard 97].

En cualquier caso, y aun cuando el análisis del aspecto estético estaba ampliamente difundido en diversas áreas de conocimiento, no fue hasta el s XVIII cuando el filósofo alemán Baumgarten en su obra *Aesthetica* (1750) introdujo el término “estética” como concepto filosófico, siendo inmediatamente aceptado como disciplina de estudio independiente y adoptado por el habla común. Su evolución desde entonces ha derivado en la aparición de dos principales acepciones asociadas al término ‘estética’ que, aunque no son completamente ajenas entre sí, conforman una amplia y diversa área de influencia:

- Por un lado, la estética puede referirse al área de estudio encargada de determinar la percepción de la belleza, analizando para ello el origen del sentimiento asociado a cualquier estímulo sensorial que da como resultado la obtención de una valoración subjetiva del propio elemento analizado.
- Por otro, con estética se puede hacer referencia a un campo de la teoría del arte que intenta explicar ciertas cualidades tales como la belleza, la fealdad, la disonancia, etc.

Por lo tanto, y de acuerdo al ámbito de investigación de la presente tesis, la connotación de estética que cabe manejar en este caso es más cercana a la primera

acepción, relativa a la “armonía y apariencia agradable a la vista, que tiene alguien o algo desde el punto de vista de la belleza” que describe la Real Academia Española de la Lengua.

Con el fin de completar la presentación de la estética como concepto central de esta tesis, en los siguientes apartados se hará una aproximación al término desde dos puntos de vistas generales: por un lado, y debido a su importancia, se hablará de su vertiente más humanista y teórica [Porteus 96], y por otro se analizará de forma más práctica o empírica [Swede 94], de acuerdo a su influencia en el mundo de la ingeniería en general y de la interacción hombre máquina en particular.

4.1.1. La estética desde el punto de vista filosófico

Aun cuando, y tal y como se acaba de señalar, la estética nace como rama de la filosofía en el s. XVIII, el análisis de la belleza y los procesos asociados data de mucho antes, pudiéndose identificar dos líneas de investigación básica:

- a) El estudio de la intencionalidad de la actitud estética: se trata de una perspectiva de especial importancia sobre todo en el campo de la teoría del arte y hace referencia al estudio del proceso de apreciación de un objeto desde un punto de vista estético, liberándolo de sus finalidades funcionales. Por lo tanto, esta eliminación de la parte instrumental del elemento observado no deriva en una modificación de sí mismo, sino en un cambio del punto de vista del observador.

Kant señaló que la actitud estética aparece cuando se atiende a un objeto en ausencia de cualquier propósito para el que se haya podido desarrollar [Osborne 68], pero a día de hoy esta perspectiva es de difícil aplicación puesto que cualquier producto es juzgado tanto por su aspecto estético como por sus méritos prácticos. En este sentido, teorías más recientes apoyan la función de los requisitos económicos y de usuario como los límites de los productos, dentro de los cuales el diseñador tiene un amplio margen de maniobra para determinar la forma final y con ello la belleza de los mismos.

- b) La diferenciación entre la percepción subjetiva y objetiva: en este caso, esta línea de investigación se encarga de determinar si la estética se trata de una característica objetiva o subjetiva. Durante el Renacimiento, la belleza se consideró una propiedad intrínseca de los objetos y los estudios se centraron en determinar qué características contribuían a una buena valoración. En este sentido, factores como el orden, la simetría y la proporción eran considerados positivamente, permitiendo la aparición de diversos intentos por formular matemáticamente esta relación (ejemplo: proporción áurea), así como el desarrollo de numerosos estudios que intentaban validarlos [Boselie 92].

Por otro lado, y siguiendo la línea argumental del punto anterior, filósofos como Kant abogan por una detección subjetiva [Sircella 75], señalando para ello que la percepción de la belleza es realizada por parte del observador, no siendo una característica intrínseca del objeto observado.

4.1.2. La estética en el diseño en ingeniería

La relación entre estética e ingeniería data de antiguo, haciéndose más fuerte a partir de la revolución industrial y motivando que a comienzo del s. XX dos diseñadores industriales, Dreyfus y Loewy, abogaran por la introducción de consideraciones estéticas en la producción en masa, dada la importancia que detectaron, utilizándola como arma de marketing [Petroski 93].

La función principal de la estética en el diseño en ingeniería es la de colaborar en la satisfacción de los requisitos de usuario y, en relación a esta idea, numerosos estudios se han encargado de analizar cómo un diseño estético puede contribuir al valor comercial de un producto. Tanto en [Tractinsky et al 00] como en [Yamamoto, Lambert 94], los autores han determinado su influencia positiva sobre las preferencias de usuario, convirtiéndolo en un factor diferenciador sobre productos percibidos como menos agradables visualmente. Además, en la elección de un producto siempre existe un factor subjetivo que inclina la balanza hacia un lado u otro, y el aspecto estético influye en este proceso decisivo de forma inconsciente.

De acuerdo a estas ideas, la importancia del diseño estético es vital para la aceptación de un producto, por lo que los esfuerzos aplicados a conseguir productos vistosos son cada vez más numerosos [Norman 88]. Aun así, y en contra de esta afirmación, algunos investigadores en esta área afirman que las últimas tendencias se han centrado más en la resolución de problemas de rendimiento que en otros aspectos más subjetivos, como el caso de la estética [Norman 02], siendo necesario encontrar un punto intermedio que garantice unos mínimos en todas las dimensiones que componen el diseño industrial.

4.1.3. La estética en la interacción hombre máquina

El estudio de la estética en este ámbito ha sido tradicionalmente poco considerado. De hecho, y hasta hace relativamente poco tiempo, el número de estudios ha sido muy limitado, debido básicamente a dos razones principales: por un lado, a la negativa por parte de la industria informática a incentivar el aspecto más estético de sus productos; y por otro, a la focalización en ámbitos más relacionados con la propia eficiencia de las soluciones desarrolladas [Tractinsky et al 00]. En relación a esto, numerosos estudios se han centrado en el análisis de la usabilidad de los productos por encima de su aspecto estético, tendencia confirmada por el propio gurú de la usabilidad, Jacob Nielsen, mediante su definición de los dos principales acercamientos al diseño web: el relativo al ideal artístico, centrado en la

propia expresión artística del diseñador, y el relacionado con el ideal ingenieril, encargado de proporcionar la verdadera solución al usuario. Además, según él, “existe una necesidad de visión artística, de diversión y de pasar buenos momentos en la web, pero el mayor objetivo de la mayoría de las webs debería ser el de hacer más fácil la realización de tareas concretas a los usuarios” [Nielsen 00].

En cualquier caso, y de acuerdo a su influencia frente al usuario, es innegable la importancia del diseño estético en los productos que permiten la relación con el mundo informático, por lo que actualmente este aspecto es generalmente considerado como un factor intrínseco del propio proceso de diseño, siendo especialmente importante en el ámbito del desarrollo web (este aspecto será ampliamente estudiado en cada uno de los apartados del punto 3.2 del presente documento). De hecho, empresas como Apple deben su presencia en el mercado no sólo a la eficacia de sus productos, sino casi en mayor medida al diseño de sus productos, aspecto esencial y valor diferencial con respecto a otros productos de características similares [Jones 11].

Por lo tanto, el rol de la estética en el diseño de la interacción hombre máquina es, a día de hoy, un amplio campo de estudio: desde su efecto sobre los usuarios hasta su influencia en la actitud con la que estos se enfrentan a un diseño, toda la experiencia de usuario se ve influida por la dimensión estética de las soluciones, convirtiendo todos los aspectos relacionados en factores de análisis especialmente importantes ([Tractinsky et al 00], [Lindgaard y Dudek 02]).

4.1.4. Modelo psicobiológico de la percepción

De forma similar a lo que ocurre con la estética, la percepción visual también representa un concepto complejo y de difícil definición. Desde un punto de vista biológico, puede definirse como el proceso activo mediante el cual se lleva a cabo la transformación de la información lumínica captada por el ojo en una recreación del objeto y el entorno observado. Por otro lado, si se quiere hacer una aproximación más cercana a la visión artificial, la definición puede relacionarse con la capacidad para interpretar la información de la luz visible proveniente de un estímulo externo (input) para dar una respuesta a nivel físico y psicológico (output).

Independientemente de la definición que quiera tenerse en cuenta (ya sea cualquiera de las dos dadas o de otras adicionales que puedan inferirse), es obvio que la percepción visual representa un proceso complejo compuesto por multitud de elementos fisiológicos, por lo que supone un amplio campo de investigación en distintas áreas como la psicología, la neurociencia, la biología, etc. En base a esto, y según se explica en [Mankeliunas 80], tres son los modelos básicos de análisis de la percepción de acuerdo a las ciencias involucradas, tal y como se muestra en la siguiente figura:

Figura 8. Modelos para el análisis de la percepción

Aun cuando existen diferencias entre los diversos modelos en cuanto a cómo enfocar el análisis en cada etapa, la interpretación del proceso mismo de la percepción por parte del ojo humano es común, así como la de los factores involucrados y su influencia en el resultado final.

En relación a esto, y de acuerdo a la complejidad del proceso de percepción visual, puede afirmarse que son muy numerosos los elementos que entran en juego. Por esta razón, y con el objetivo de reducir la complejidad del proceso, algunos autores como [Xie 03] han

definido dos dimensiones básicas encargadas de preservar la información del mundo exterior en las imágenes digitales:

- La apariencia, caracterizada por tres factores claves: la crominancia (color), la luminancia (intensidad) y la textura (distribución regular y específica de la información de color o de luz).
- La dimensión geométrica, compuesta por factores relativos a la postura, el movimiento y la forma.

Según esta caracterización, y de acuerdo al contexto de análisis de la presente investigación, esto es, las interfaces webs en su vertiente de imágenes estáticas, puede afirmarse que la dimensión a tener en cuenta es la primera, justificando con ello la utilización de parámetros relativos a cada una de las componentes existentes para la obtención del modelo de análisis estético. Los siguientes apartados se encargarán de mostrar, para cada uno de ellos, los principales factores involucrados.

4.1.4.1 *Factores influyentes en la percepción de la luminancia*

El término luminancia, inicialmente relacionado con el brillo de una imagen, representa un factor fundamental para las tres sensaciones tempranas que componen la percepción visual [Gilchrist 94], esto es:

- El propio brillo, que puede definirse como la luminancia de una imagen juzgada por el individuo o, dicho de una forma más concreta, la percepción subjetiva de la luminancia.
- La claridad, referida a la reflectancia de una imagen juzgada por el individuo o la estimación subjetiva de la reflectancia.
- El contraste, o capacidad para percibir diferentes claridades en áreas adyacentes de la imagen, dependiente a su vez de cinco factores claves:
 - o El estado de adaptación del individuo a la luz: a mayor iluminación, menor sensibilidad de la retina a la luz.
 - o El contraste simultáneo acromático, según el cual dos zonas de la imagen que reflejan el mismo porcentaje de luz son percibidas como con distinto nivel de claridad.
 - o El tipo de contorno que delimita a cada objeto, dado que según sea más nítido o difuso será percibido con mayor o menos contraste.
 - o La posición aparente del objeto en el espacio: demostrado por diversos estudios, como por ejemplo en [Gilchrist 77] cuyo autor se encargó de mostrar que la distancia aparente entre distintas cartulinas puede influir en su percepción de la claridad.

Capítulo 4: Estética en las interfaces gráficas de usuario

- La frecuencia espacial del estímulo, resultando que a mayor frecuencia espacial en la imagen, menor contraste y con ello, menor sensación de orden.

4.1.4.2 ***Factores influyentes en la percepción del color***

Según ha sido demostrado en numerosos estudios, una de las principales características que interviene como factor básico en la percepción visual y que desencadena una respuesta emocional más clara es el color ([Lindgaard 07], [Coursaris et al 08], [Moshagen y Thielsch 10] y [Cyr et al 10]). De hecho, el color interviene, entre otros, en la percepción de la fiabilidad [Kim y Moon 98], en la fidelidad del usuario [Cyr 08], [Cyr et al 10] e incluso en la intención de comprar algo en una web [Hall y Hanna 04].

La percepción visual del ser humano se caracteriza por sentir los colores en toda su integridad, notando tanto su pureza con respecto a los colores primarios (lo que se conoce como matiz *-hue-* en el espacio HSV- *Hue, Saturation and Value*), como su intensidad (saturación-*saturation-*) o su luminancia asociada (brillo-*value-*). De forma adicional, el color percibido en cada imagen es altamente dependiente tanto de su propia distribución como de la composición generada en relación a sus vecinos, con efectos tales como el aumento de brillo aparente al colocar de forma adyacente dos colores complementarios, haciendo que sus matices se cancelen entre ellos. En relación a esto, los principales factores que influyen en la percepción de color en el sistema visual humano son los siguientes:

- La longitud de onda asociada, lo que da lugar al color percibido.
- El área circundante: de forma similar a como se acaba de señalar, la apariencia de un color puede cambiar según el color de las áreas circundantes, produciéndose dos fenómenos conocidos como contraste simultáneo o la asimilación cromática.
- El estado de adaptación del observador, en relación a su adaptación a la luz, a la oscuridad o selectiva según colores concretos.
- La cantidad de iluminación que incide sobre un objeto, percibiéndolo por tanto con mayor o menor brillo.
- La porción de la retina sobre la que incide el propio estímulo: según la zona incidida, el estímulo podrá provocar sensaciones de todos los colores o sólo de algunos.

4.1.4.3 ***Factores influyentes en la percepción de la textura***

La textura representa uno de los ingredientes principales a la hora de caracterizar una imagen, puesto que gracias a ella pueden identificarse las distintas regiones existentes y con ello determinar la estructura general de la escena. En relación a esto, el sistema visual humano es capaz de identificar los distintos elementos presentes en una imagen según el

cambio de textura existente, haciendo que este factor sea contemplado como un parámetro asociado a la complejidad de la misma. En este sentido, los autores de [Gurnsey y Browse 89] sugieren que la detección de bordes entre dos segmentos con distintas texturas mediante el análisis de su gradiente es un proceso similar a la detección de bordes mediante cambios en la luminancia, pudiendo convivir ambos con el fin de facilitar el proceso [Rivest y Cavanagh 96].

Al igual que en los casos anteriores, la percepción de la textura representa un proceso complejo en el que influyen diversos factores, donde los más importantes a tener en cuenta son los tres siguientes [Abbadeni et al 78]:

- Rugosidad: se trata de una propiedad fundamental en el análisis de la textura. Una textura poco rugosa implica una importante uniformidad local en el nivel de gris de la imagen, mientras una textura muy rugosa viene definida por una gran variabilidad en este nivel.
- Contraste: se trata del nivel de claridad gracias al cual es posible distinguir entre dos texturas diferentes en la imagen.
- Orientación: este factor se encarga de examinar la orientación dominante de la textura en la imagen.

La caracterización de la textura permitirá por tanto, y al igual que en los dos casos anteriores, la definición de los parámetros pertinentes para el modelo desarrollado en esta investigación.

4.1.4.4 *Percepción de la estética según características del usuario*

Aun cuando inicialmente los estudios en este ámbito optaban por contemplar los análisis de forma genérica, a día de hoy es conocido que la aplicación de líneas universales de diseño no permite optimizar las interfaces a nivel individual. En este sentido, diversos estudios han confirmado la existencia de diferencias en la evaluación de la estética ([Lindgaard et al 06], [Lindgaard et al. 11]), pudiendo deberse a aspectos tan dispares como la sensibilidad mostrada por los niveles estéticos [Hoyer y Stokburger-Sauer 11], las características demográficas y de experiencia [Tractinsky et al. 06], o los ámbitos culturales de los usuarios ([Barber y Badre 98], [Rosenholtz et al. 07], [Cyr et al 10]).

La característica relativa al género es, quizá, la más usada en el análisis de la relación entre percepción estética y perfil de los usuarios. De hecho, algunos estudios sociobiológicos, como el presentado en [Kimura 92], afirman que los hombres y las mujeres procesan las señales recibidas de los estímulos de diversa forma, razón que influye en el hecho de que ambos sexos difieran en cuanto a las preferencias estéticas tanto en la creación de las páginas webs [Moss et al. 06] como en su uso [Tedesco et al. 04]. En [Hsiu-Feng 13] incluso se llega a comprobar una diferencia notable entre las preferencias

indicadas por niños taiwaneses entre 12 y 14 años, dado que las niñas son más proclives a las webs con una complejidad media baja mientras los niños prefieren interfaces altamente complejas. Finalmente, en [Reinecke y Gajos 14] se muestra un amplio análisis de la influencia de la edad, el género, nivel cultural e incluso país de nacimiento en la percepción del color de una interfaz.

Por lo tanto, y de acuerdo a estos estudios previos, es necesario considerar la necesidad de que los modelos analíticos y las metodologías de evaluación de la estética de las interfaces tengan en cuenta las características de los usuarios a la hora de proporcionar una solución completa, con el fin de que sea ampliamente aceptable en tanto en cuanto contemple la máxima información posible.

4.1.5. Estética en interfaces: ámbitos de influencia

Tal y como se ha explicado a lo largo del presente capítulo, la importancia de la estética en el entorno del diseño web es importante. De hecho, y de acuerdo a lo mostrado en distintos estudios, la contribución de la estética es tal que muchas dimensiones de la interacción hombre máquina se ve influenciada por el aspecto de las interfaces. En este sentido, los autores de [Fogarty et al 01] establecen que, dado que la informática ha evolucionado hasta ser herramienta esencial en muchos ámbitos de nuestra vida, sus requisitos han pasado de estar centrados únicamente en proporcionar herramientas usables y eficientes para la realización de tareas concretas a contemplar otras características que actualmente son esenciales para su éxito, como su atractivo visual. Y es en base a este cambio de paradigma que la estética se ha convertido en una parte integral del diseño de los sistemas interactivos.

Basado en esta idea, el estudio de la estética se ha llevado a cabo desde distintos puntos de vista. Algunos estudios científicos identifican la apariencia visual de las webs como el factor más importante a la hora de mostrar preferencia [Schenkman y Jonsson 00], así como otros demuestran la relación entre esta característica y la percepción de otros aspectos de la experiencia de usuario [vanderHeijden 03]. Por otro lado, la relación entre la usabilidad percibida se ha analizado ampliamente no sólo por los autores ya nombrados, sino que otros estudios han venido a corroborarlo en numerosas ocasiones ([Hassenzahl 08] y [Hartmann et al 08]). En base a esto, otros estudios han establecido que la estética de una interfaz es capaz de mejorar su rendimiento [Moshagen et al 09] y [Sonderegger y Sauer 10]. Por otro lado, diversos estudios también sugieren la relación existente entre el aspecto visual de las interfaces web y la evaluación del propio contenido por parte del usuario [Palmer 02], [de Angeli et al 06], [Nebling et al 11] e incluso con la confianza que el usuario muestra hacia la interfaz presentada [Cyr et al 05]. En [Hoffmann y Krauss 04] los autores hacen énfasis en la importancia de la estética visual en el desarrollo de las comunicaciones entre el interfaz y el usuario, dado que facilitan el aprendizaje de uso y la comprensión del mensaje asociado.

Finalmente, los efectos beneficiosos de la estética visual también pueden verse en su relación con la satisfacción de usuario, la preferencia por la interfaz e incluso la fidelidad por parte del cliente o la intención de volver a visitar un sitio web, tal y como se muestra en [Mahlke 02], [Cober et al 03] y [Cyr et al 06]. Por lo tanto, son tantos los ámbitos de influencia de la estética de las interfaces que es especialmente importante avanzar en su análisis, modelado y aplicación para obtener soluciones con garantía de aceptación por parte de los usuarios.

4.2. ESTADO DEL ARTE EN EL ESTUDIO DE LA ESTÉTICA DE LAS INTERFACES GRÁFICAS DE USUARIO

De acuerdo a lo descrito anteriormente, a lo largo de la Historia la estética ha sido el centro de numerosos estudios en distintas áreas como la filosofía, la ciencia y las artes. Estos estudios previos pueden ser considerados como el punto de partida para la consideración de la estética como un factor fundamental en la interacción hombre máquina, donde el término ‘estético’ es sustituido, en algunos casos, por otros como ‘belleza’, ‘aspecto visual’ o ‘atractivo’. En cualquier caso, su significado concreto para esta área de aplicación fue descrito por los autores Moshagen y Thielsch en [Moshagen y Thielsch 10], donde describieron la estética web como una ‘inmediata y placentera experiencia subjetiva directamente relacionada con un objeto en la que no interviene la razón’.

De acuerdo a esta definición, y en base a la investigación del estado del arte realizada, a lo largo de los siguientes apartados se mostrará cómo se ha tratado el análisis de la estética web desde su aparición. De la misma forma, se identificarán los principales métodos de estudio existentes hasta el momento con el objetivo de establecer el caldo de cultivo a partir del cual ha surgido el modelo presentado en esta tesis.

4.2.1. El proceso de evaluación de la estética en interfaces gráficas

Aunque los estudios en el ámbito de la interacción hombre máquina, y en concreto en el ámbito de la web, se han centrado tradicionalmente en el análisis de la eficiencia y la eficacia de las propias acciones (como dimensiones típicas de la usabilidad tal y como se explica en [Nielsen 93] y [Shackel 09]), esfuerzos recientes se han encaminado hacia el estudio de otros componentes de la experiencia general de usuario, dentro de las cuales puede situarse la estética.

El comienzo de la última etapa de esta línea de investigación puede datarse en diversos estudios desarrollados a lo largo de la última década del s. XX. En este sentido, estudios como [Jordan 98] sugieren la importancia de la estética para evaluar positivamente la experiencia del usuario durante la interacción con un sistema. Ahondando en este tema, en [Tractinsky et al 00] los autores relacionaron la apariencia visual con la evaluación

Capítulo 4: Estética en las interfaces gráficas de usuario

subjetiva de la usabilidad después del uso, de acuerdo a una extensión de trabajos previos ([Kurosu y Kashimura 95] y [Tractinsky 97], donde los autores demostraron la misma relación con la usabilidad percibida antes de uso). La conclusión más importante de este estudio fue la confirmación de que los diseños más bonitos son considerados sistemáticamente como los más usables, esto es, que lo que es bello es usable.

Las investigaciones en este campo basan sus resultados en medidas de la influencia del aspecto visual sobre las interfaces que el usuario ve. Por lo tanto, un importante aspecto a analizar es la forma en la que el usuario realiza sus juicios acerca de los estímulos dados, esto es, las webs evaluadas. En este sentido, estudios previos como [Lindgaard et al 06] y [Papachristos y Avouris 11] confirman que la impresión del usuario acerca de la apariencia, la confianza y la usabilidad puede obtenerse en los primeros 50 ms, por lo que es de vital importancia causar buena impresión a primera vista. Debido a la rapidez con la que la opinión de los usuarios se forma, cabe pensar que la percepción se realiza sobre una imagen estática, donde impera más la forma en la que se muestra el contenido que el propio contenido en sí. Esta idea es básica para el establecimiento de la hipótesis inicial de este estudio, centrado en analizar las características de bajo nivel de las interfaces web en su condición de imágenes, de forma similar a como se realiza en estudios encaminados a realizar recomendación de imágenes [Barrilero et al 11].

En relación a la importancia de la estética no sólo en el diseño sino en la evaluación de sistemas interactivos, en los últimos años se ha definido una nueva disciplina científica e ingenieril llamada 'ingeniería de la estética' [Liu 2003]. Esta nueva área de trabajo está centrada en la aplicación de una nueva metodología compuesta por los líneas de investigación paralelas, la primera relacionada con el estudio de las dimensiones críticas involucradas en la respuesta estética de forma cuantitativa, y la segunda en cómo los cambios en estas dimensiones afectan a la percepción estética. En este sentido, y siguiendo esta definición, el trabajo presentado en este documento puede contribuir no sólo a la primera línea identificada mediante la especificación de un conjunto de características para evaluar la estética de las interfaces de forma objetiva, sino también a la segunda, permitiendo modelar dichos parámetros para optimizar el diseño web.

Actualmente los métodos de evaluación estética pueden clasificarse en dos grupos principales de acuerdo a cómo obtienen sus resultados. Por un lado, los métodos objetivos, basados en el análisis de las reglas que rigen la apariencia visual derivadas de estudios empíricos. Por otro, los métodos subjetivos, basados en la opinión de los usuarios. De acuerdo a esta clasificación, el método presentado en esta tesis puede incluirse dentro de los del primer grupo, enfatizando en la ventaja que supone proporcionar un método de evaluación más eficaz y rápido en términos de coste y tiempo de desarrollo que las soluciones subjetivas. En cualquier caso, estudios avanzados, entre los que cabe destacar [Altoboli y Lin 11] y [Donyae et al 06], han confirmado la correlación entre los resultados

aportados por métodos de las dos clases, permitiendo con ello que los investigadores puedan inferir resultados de unos con otros. Los siguientes apartados se encargarán de presentar de forma más completa cada uno de estos tipos de evaluación.

4.2.2. Componentes de la estética visual

Como en cualquier otro ámbito, los atributos visuales que influyen en la percepción de la estética de las interfaces son muy numerosos. Aun así, y aunque varios han sido los estudios que se han centrado en definirlos, en [Lindgaard et al. 11] los autores concluyen que el camino que queda por recorrer es enorme, afirmando que el análisis de los factores que deberían determinar la estrategia de diseño a nivel estético se encuentra en sus primeras etapas.

En general, los elementos que componen el aspecto visual son de sobra conocidos y están relacionados con el diseño en todas sus facetas: la calidad de los gráficos, el número de fuentes, el uso del color, etc. En relación a esto, y tal y como se muestra en la Tabla 3, en [Ngo et al. 00] se mostraron, por primera vez, catorce métricas concretas para la evaluación del aspecto estético de las interfaces, calculadas de forma matemática en base al tamaño y la posición de los objetos en la pantalla: balance, simetría, equilibrio, secuencia, orden y complejidad, cohesión, simplicidad, regularidad, economía, homogeneidad, ritmo, densidad, proporción y unidad.

En otro aspecto, el uso del color también representa un factor de especial interés en el diseño de una interfaz. De hecho, el orden en su uso y el balance entre áreas puede venir establecido en base a la similitud o contraste en su tono y valor, pero todavía no existe un criterio general en lo relativo a cómo se puede establecer de forma objetiva la idoneidad en la selección de las combinaciones de tonos, tal y como se comenta en [Pham 00]. De forma adicional, en [Papachristos y Avouris 11] se establece un sistema de evaluación del aspecto visual basado en dos niveles, según las características analizadas:

- Evaluación de nivel inferior: se trata de aquellos aspectos directamente relacionados con el aspecto visual de la solución y que pueden ser medidos matemáticamente, como es el caso de la simetría, el balance, el contraste, la complejidad y en orden.
- Evaluación de nivel superior: engloba aspectos como la usabilidad, la credibilidad, la novedad y el atractivo visual, sólo evaluables a través de la realización de cuestionarios directos a los usuarios, pero no de forma matemática.

Continuando estas líneas de investigación, los autores de [Lavie y Tractinsky 04] identificaron dos dimensiones concretas de la percepción estética de los usuarios que han sido ampliamente consideradas a partir su definición:

- **La estética clásica:** asociada a la descripción más común del término puesto que se relaciona con un diseño organizado y claro, se considera cercana a las principales

Capítulo 4: Estética en las interfaces gráficas de usuario

reglas de usabilidad en el diseño de interfaces. Se corresponde con lo que se puede llamar como claridad visual.

- **La estética expresiva**, más relacionada con la creatividad y la originalidad de la solución. Se relaciona con la riqueza visual y la diversidad, así como con las siguientes características: creatividad, originalidad, sofisticación y fascinación.

Finalmente, otro aporte muy importante en esta línea fue el realizado en [Moshagen y Thielsch 10], donde los autores identificaban cuatro facetas concretas de la estética visual: por un lado la simplicidad y la diversidad como en los casos anteriores, y por otro dos más novedosos, como son el colorido y el aspecto artesanal, relacionado con la estructura, con que de sensación de profesionalidad en el diseño, etc.

Por lo tanto, y tal y como se ha mostrado, aun cuando en diversos casos hay componentes comunes, está claro que el análisis del aspecto visual de las interfaces puede ser llevado a cabo desde diversas perspectivas. En los apartados siguientes se expondrá, de forma adicional, las dos tendencias existentes a la hora de evaluar la estética, con el fin de completar el estudio realizado.

4.2.3. Evaluación subjetiva de la estética de las interfaces

Tal y como se ha señalado anteriormente, los métodos de evaluación de la estética aplicados dependen, en cada caso, de la dimensión a medir, existiendo por un lado los métodos objetivos, encargados de aplicar metodologías obtenidas directamente de estudios empíricos, y por otro los subjetivos, basados en el estudio de la respuesta del usuario. En este apartado, y con el fin de contextualizar el trabajo desarrollado, se presentarán los principales métodos de análisis subjetivo de la estética de las interfaces.

La siguiente tabla muestra, de forma concisa, los métodos más representativos junto con los elementos que se encargan de evaluar y las ventajas y desventajas que conlleva su aplicación.

Tabla 2. Principales métodos para la evaluación subjetiva de la estética de las interfaces

Características/ métodos	Elementos de evaluación	Herramientas	Ventajas	Desventajas
Juicio de la estética clásica	Aspecto estético, diseño agradable, claro, limpio, de diseño simétrico	Un cuestionario y una herramienta para evaluar	Simple y rápido, especialmente indicado para sitios orientados a tarea	Sólo se centra en un tipo de estética
Juicio de la	Creatividad,	Un cuestionario	Simple y	Sólo se centra

Capítulo 4: Estética en las interfaces gráficas de usuario

estética expresiva	originalidad, sofisticación, diseño interesante	y una herramienta para evaluar	rápido, indicado para webs creativas	en un tipo de estética
Crítica de la interfaz	Se centra en la totalidad de la interfaz y cada una de sus partes	Una guía para la orientación del diseño	Análisis profundo de los aspectos comunicativos y asociativos	Alta carga temporal, no proporciona una puntuación final
VisAWI (VISual Aesthetics of Websites Inventory)	Simplicidad, diversidad, colorido y aspecto artesanal	Un cuestionario predefinido	Rápido, evalúa diferentes aspectos, proporciona una puntuación final	Es muy pesado para evaluar pequeños cambios en la interfaz

De forma adicional, a continuación se nombran los principales cuestionarios desarrollados para el análisis de la usabilidad web, dada su importancia a la hora de desarrollar los métodos más centrados en la estética:

- SUMI (*Software Usability Measurement Inventory*) [Kirakowski y Corbett 93]: se trata de un cuestionario muy amplio (50 preguntas) que se encarga de evaluar cinco aspectos básicos de la satisfacción de usuario (eficiencia, ayuda, capacidad de control, facilidad de aprendizaje y apreciación) frente a lo que indica la industria al respecto.
- SUS (*System Usability Scale*) [Broke 96]: su finalidad es la de evaluar la satisfacción general por parte del cliente mediante un cuestionario compuesto por 10 preguntas.
- QUIS (*Questionnaire for User Interaction Satisfaction*) [Chin et al. 88]: similar al primero, se encarga de evaluar once elementos distintos: factores de la pantalla, terminología e información del sistema, factores de aprendizaje, capacidades del sistema, manuales técnicos, tutoriales on-line, multimedia, reconocimiento de voz, entornos virtuales, acceso a internet e instalación de software.

Una vez vistos los principales métodos de evaluación subjetiva de la estética de las interfaces, el siguiente paso es el de centrarnos en la metodología para su estudio de manera objetiva, siendo este el ámbito del modelo desarrollado en el presente trabajo.

4.2.4. Evaluación objetiva de la estética de las interfaces

Debido a la ausencia de un estándar común para el análisis de la estética en el entorno de la interacción hombre máquina desde su primera definición [Norman 04], los esfuerzos actuales se centran en el desarrollo de métodos específicos, líneas a seguir y herramientas que aporten soluciones a aplicar en la ingeniería de la estética. Por esta razón,

Capítulo 4: Estética en las interfaces gráficas de usuario

uno de los principales objetivos a alcanzar en esta área es el de la obtención de un método de evaluación estética que sea aplicable sin la necesidad de un equipo software especial, proporcionando con él la evaluación de la apariencia visual tan pronto como sea posible para no incrementar los costes de desarrollo de la aplicación.

En base al estudio propuesto por [Pajusalu 12], ampliado con nuevos modelos aparecidos más recientemente, la siguiente tabla presenta los principales métodos de evaluación objetiva de la estética aparecidos hasta ahora.

Tabla 3. Principales métodos para la evaluación objetiva de la estética de las interfaces

Características/Métodos	Elementos de evaluación	Herramientas	Ventajas	Desventajas
Medidas estéticas objetivas para interfaces gráficas [Ngo et al. 00], [Ngo et al. 03]	14 elementos: balance, equilibrio, simetría, secuencia, orden, complejidad, cohesión unidad, proporción, simplicidad, densidad, regularidad, economía, homogeneidad, ritmo.	Desarrollo parcial de alguno de los elementos como es el caso de la herramienta para la medida de la estética descrita en [Zain et al 08]	Buena definición de los parámetros. Puntuación comparable entre distintas interfaces	Falta de un software complete que implemente las medidas. La división de la interfaz en elementos es complicada (intervención humana) Demasiados elementos definidos, sin identificar importancias relativas de cada uno.
Medidas objetivas ara páginas web [Purchase et al. 11], como una adaptación del modelo anterior	Los 14 mismos elementos que en el caso anterior. Además, los autores incluyen el color en sus experimentos.	Software específico que analiza el código HTML de las páginas web.	El código HTML representa de forma clara y desambigua cada elemento visual.	Incapaz de analizar elementos que se encuentren contenidos dentro de otros elementos.
Medidas objetivas para la complejidad web [Fu et al. 07]	4 componentes: complejidad de tamaño, densidad local, medida de grupo y medida de alineación	No se han desarrollado herramientas específicas	Un conjunto de elementos más pequeño que en los casos anteriores	La división de la interfaz en elementos es complicada (intervención humana). No considera otras dimensiones como el color.

Capítulo 4: Estética en las interfaces gráficas de usuario

				No se determina el peso específico de cada medida de acuerdo a las opiniones de los usuarios.
Sistema de colorido estético [Zhang et al. 09]	Colorido en las distintas áreas	Software específico	Ofrece una selección de combinaciones estéticas para diseños específicos	Se precise software específico. No considera otras dimensiones estéticas.
Estadísticos de bajo nivel para el estudio de imágenes [Zheng et al. 09]	Análisis basado en tres pasos: cálculo y discretización de los estadísticos de bajo nivel (color, intensidad y textura), descomposición en regiones de mínima entropía y finalmente evaluación de las dimensiones estéticas: simetría, balance, equilibrio y número de regiones de descomposición.	Cálculo matemático	No hay necesidad de dividir la interfaz en elementos antes de la evaluación. Este método considera distintas dimensiones de la estética web.	La descomposición en árbol es complicada (intervención humana). Además, el modelo depende finalmente de la definición de los elementos hecha en [Ngo et al. 00].
Método basado en la contabilización de elementos [Altaboli and Lin 11]	Número de distintos tamaños de los objetos visuales, número de imágenes, número de diferentes tipos de letras, tamaño de los archivos JPEG de la imagen correspondiente a la interfaz.	No necesita una herramienta especial	Se trata de un método simple. Funciona muy bien en interfaces informativas y orientadas a la realización de tareas.	Puede necesitar mucho esfuerzo en diseños complejos. Precisa de intervención humana.
Análisis de las reacciones psicológicas [Strebe 11]	Medida de las reacciones según el movimiento de los ojos, las pulsaciones, la conductividad de la piel, etc.	Necesita equipamiento específico	Mide las reacciones reales de los usuarios.	Precisa del uso de tecnología específica y la realización de estudios con usuarios.
Ratio de	Ratio entre la	No necesita una	Se trata de un	No considera el

Capítulo 4: Estética en las interfaces gráficas de usuario

contenidos [Nebeling et al. 11]	ventana y el documento presentado, entre el contenido y la ventana, del texto en tamaño grande, del texto en tamaño pequeño, de los links visibles, etc.	herramienta especial.	método simple. Además, considera diferentes contextos de uso.	color. Depende de los elementos del contenido.
Modelo basado en complejidad y colorido [Reinecke et al. 13]	Un modelo de complejidad basado en la información contenida y el colorido presentado.	Los autores proporcionan el software que usan.	El modelo contempla varias dimensiones de la estética web. Los elementos pueden obtenerse sin intervención humana.	El modelo contiene numerosos elementos, por lo que puede ser complejo y conllevar un alto consumo de recursos.

Como puede verse, el análisis de la estética en el ámbito de la interacción hombre máquina en general y de la web en particular presenta aún algunos problemas que resolver. En relación a esto, tanto la intervención humana en alguna de las fases del análisis como la utilización de numerosos elementos puede incrementar los costes de la implementación. Por esta razón, el método presentado en esta tesis pretende proporcionar un avance considerable en este ámbito mediante la reducción de estos dos problemas. Para ello se hace uso de descriptores derivados del estándar MPEG-7 de forma objetiva sin tener en cuenta ningún otro tipo de información, como hacen la mayoría de los ejemplos puestos anteriormente, evitando el esfuerzo que ello conlleva [Uribe et al. 15]. De forma adicional, el presente método hace uso de un conjunto de parámetros mucho menor que el presentado en estudios similares [Reinecke et al. 13], obteniéndose a la vez, y tal y como será mostrado posteriormente, una mayor correlación con respecto a la opinión del usuario.

4.3. DIAGNÓSTICO DEL ESTADO ACTUAL Y PROPUESTA DE MEJORA

Una vez realizado el estudio del estado del arte a partir del cual se ha podido analizar la situación actual relativa a la evaluación de la estética en las interfaces web, el siguiente paso es el de detectar las principales carencias existentes para, a partir de ellas, poder proponer soluciones concretas. Los métodos utilizados para realizar esta evaluación han sido seleccionados de entre aquellos encargados de hacer una labor similar en el análisis de la gestión de procesos, dado que el análisis de la estética puede ser contemplado como un proceso concreto dentro de la generación de soluciones para los usuarios. De esta

forma, los métodos seleccionados y que serán presentados en los próximos apartados son los siguientes:

- **Diagrama de Ishikawa:** este método se encargará de identificar los principales problemas existentes en el proceso actual, de acuerdo a una serie de aspectos previamente establecidos.
- **Modelo de mejora:** se encargará de estudiar las principales oportunidades de mejora a aplicar para conseguir el avance buscado.
- **Análisis coste-impacto:** el estudio finalizará con un breve análisis acerca de la relación coste impacto que el nuevo modelo puede conllevar si se decidiera implantar a nivel de producción.

4.3.1. Diagrama de Ishikawa

El objetivo de aplicar este diagrama, también conocido como de causa-efecto, es el de ordenar gráficamente todas las causas que puedan contribuir a los problemas detectados en el análisis de la estética de las interfaces web.

Figura 9. Diagrama de Ishikawa asociado al análisis de la situación del estudio de la estética de las interfaces

Tal y como muestra la Figura 9, los principales problemas o asuntos a resolver detectados en el análisis de la situación actual son los siguientes:

- Los modelos actuales precisan de la asistencia de **personas con un perfil experto en el análisis** de esta dimensión, sobre todo a la hora de definir la división a realizar de las interfaces tratadas.

Capítulo 4: Estética en las interfaces gráficas de usuario

- El análisis actual se basa principalmente en **estudios de campo donde se necesita la intervención de grupos representativos de usuarios**, lo que conlleva dos problemas: por un lado, el coste económico y temporal que este tipo de pruebas representa, y por otro, la necesidad de disponer de prototipos funcionales de la interfaz a analizar, lo que provoca que las posibles modificaciones que sean detectadas a partir del estudio se tengan que llevar a cabo en fases muy adelantadas del proceso.
- **No existen procesos automáticos** aplicables para obtener el nivel estético, puesto que actualmente los métodos más comunes se basan o en el estudio con usuarios (análisis subjetivo), o en la división de la propia interfaz en elementos comunes, labor que se lleva a cabo de manera manual.
- Los métodos actuales precisan de un **alto esfuerzo a la hora de analizar interfaces complejas**.
- Tal y como se ha señalado anteriormente, **la división por elementos de las interfaces no está estandarizada**, quedando muchas veces a expensas de lo que decida el encargado de realizar el estudio. Por lo tanto, a día de hoy se trata de una labor subjetiva para la que no hay líneas de actuación concretas.
- En relación a una previa, **la computación necesaria para llevar a cabo el análisis de interfaces complejas es muy alta**, haciendo necesario la disponibilidad de grandes capacidades de procesado.
- Especial consideración se debe tener con la carencia que presentan **algunos modelos que no consideran el color como factor determinante** en la estética de las interfaces, sobre todo después de ver su influencia en la propia percepción humana.
- **Muchos modelos**, al estar centrados en el análisis de la complejidad de las interfaces, **no tienen en cuenta que la primera impresión** es especialmente importante, y que en su formación, y dado el tiempo que tarda en obtenerse, no se tiene en cuenta el propio contenido presentado, sino la forma en la que es mostrado al usuario.
- Como se ha comentado anteriormente, **los modelos actuales precisan, en su mayoría, de intervención humana**, ya sea para la aplicación de las medidas objetivas definidas hasta la fecha, como para la obtención del análisis subjetivo por parte de grupos representativos de usuarios, lo que incrementa los costes asociados a la propia evaluación.
- Finalmente, en muchos casos el **análisis llevado a cabo precisa de tecnologías o programas informáticos concretos**, lo que dificulta su aplicabilidad en pequeñas empresas que no disponen de recursos suficientes para llevarlo a cabo.

Vistos los principales problemas detectados, a continuación se definirán las estrategias de mejora que se han definido con el fin de intentar facilitar la aplicación de este tipo de medidas como mejorar el propio proceso de evaluación.

4.3.2. Modelo de mejora

Una vez se han detectado los principales problemas relacionados con el estado actual del análisis de la estética de las interfaces web, el siguiente paso es el de establecer una estrategia clara de actuación para intentar mejorarlo. De acuerdo a la metodología habitual aplicada en otros entornos, esta estrategia puede definirse según tres ejes claves, tal y como muestra la siguiente figura:

Figura 10. Bases para la definición de las mejoras en el proceso de evaluación de la estética de las interfaces de usuario

- **Eje de indicadores:** su objetivo principal es el de obtener el listado óptimo de descriptores de la imagen que permitan llevar a cabo un modelado de la estética de la imagen asociada a cada interfaz para la realización de una evaluación objetiva independiente del tipo de desarrollo analizado. Dichos indicadores deberán tener en cuenta todos los aspectos contemplados en el proceso de percepción humana con el fin de aproximar lo máximo posible el resultado a la opinión subjetiva de los usuarios.
- **Eje de aplicación,** enfocado hacia la estandarización del propio proceso de evaluación mediante la definición de un método fácilmente aplicable, basado en un conjunto de indicadores o descriptores objetivos y en la automatización del método de evaluación.
- **Eje de costes:** aun cuando se trata de un eje que de por sí escapa al alcance de esta tesis, la propia obtención del modelo buscado permitiría una reducción de los costes asociados a este tipo de procesos. De hecho, se persigue que el método sea aplicable de forma automática, evitando con ello la necesidad de estar asistido por profesionales de la estética, así como que no sería preciso contar con un conjunto de usuarios finales que proporcionen el *feedback* buscado, lo que reduciría los costes asociados en términos económicos y temporales.

Capítulo 4: Estética en las interfaces gráficas de usuario

Vista esta clasificación, las mejoras que con el método desarrollado en esta tesis se pretenden alcanzar son las siguientes:

Tabla 4. Listado de las posibles mejoras a obtener con el desarrollo de un nuevo método de evaluación de la estética de las interfaces web

Problema detectado	Oportunidad de mejora
Necesidad de personal con perfil experto para la aplicación de los métodos de evaluación	Se propone el desarrollo de un método autónomo que no precise de la intervención de ningún perfil experto en estética
Desarrollo de estudios de campo con usuarios reales	Se busca la obtención de un método de evaluación objetivo mediante el uso de indicadores de imagen y su adecuación a la opinión de los usuarios. Para ello se realizará una regresión sobre la evaluación aportada por un amplio número de usuarios sobre un conjunto muy representativo de distintos tipos de webs. Esta solución permitirá, por tanto, prescindir de los estudios de campo a la hora de obtener las primeras evaluaciones de los desarrollos realizados.
No existen procesos automáticos	El método de evaluación a desarrollar deberá proporcionar una solución autónoma que no precise de intervención humana, facilitando su aplicación y adaptación en entornos con pocos recursos.
Mayor esfuerzo a mayor complejidad de la interfaz	Se propone desarrollar un método de evaluación cuya aplicabilidad no dependa del tipo de interfaz a analizar.
División en elementos no estandarizada	Se busca desarrollar un método que analice el interfaz en su conjunto, sin necesidad de identificar elementos o grupos de elementos concretos, tal y como precisan los métodos de análisis de complejidad. Con ello se eliminaría, adicionalmente, la dependencia que presentan de la intervención humana y con ello de su subjetividad asociada.
Alta carga computacional para interfaces complejas	Al igual que en uno de los casos anteriores, la eficiencia del método buscado no deberá depender de la complejidad de la interfaz. Por lo tanto, el nuevo método deberá basarse en unos descriptores básicos e independientes de la complejidad.
No incluir el color entre las dimensiones a analizar	El método a desarrollar deberá tener en cuenta todas aquellas dimensiones que influyan en la percepción humana, siendo el color una de las más importantes.
No tener en cuenta los	Dado que la opinión que un usuario se forma de una interfaz se

Capítulo 4: Estética en las interfaces gráficas de usuario

factores que influyen en la primera impresión	obtiene de forma muy rápida, deberán considerarse los elementos que influyen en este proceso, y no tanto el propio contenido de la interfaz.
Precisar de intervención humana en la aplicación de los métodos actuales	Como ya se ha apuntado, se busca desarrollar un método que no precise de intervención humana para la obtención de la evaluación, evitando situaciones como la de la división por elementos que proponen los modelos de evaluación de complejidad.
Necesidad de hacer uso de tecnologías concretas para la obtención de los resultados	Se propone desarrollar una aplicación cerrada de evaluación que permita su ejecución sin necesidad de hacer uso de hardware o software específico.

4.3.3. Análisis coste-impacto

Contempladas ya las posibles propuestas de mejora, el último paso en este análisis es el de especificar, de forma cualitativa, la influencia que pueda tener cada una de ellas en el modelo estudiado. Para ellos se evaluará su impacto a nivel operativo y la estimación de ahorro que puede provocar, tal y como se contempla en la siguiente tabla.

Tabla 5. Análisis cualitativo del coste-impacto que pueden suponer las mejoras propuestas a partir de las cuales se desarrollará el nuevo método de evaluación

Mejora	Eje	Estimación del ahorro
Desarrollar un método autónomo que no precise de intervención humana, tanto en la aplicación como en la propia obtención del resultado	Indicadores Aplicación	Alta
Desarrollar un método objetivo basado en indicadores intrínsecos de las imágenes relativas a las interfaces	Indicadores Aplicación	Alta
Desarrollar un método que no se vea afectado por la complejidad de la interfaz a analizar	Indicadores Aplicación	Media
Definición de un método que no precise de identificación de elementos en la imagen	Indicadores Aplicación	Alta
Incluir en el método todos aquellos elementos que influyen en el proceso de percepción, incluido el color	Indicadores	Alta
Desarrollar un modelo que no precise de hardware ni software específico	Aplicación	Alta

Se hace notar que la estimación de ahorro señalada para cada mejora se realiza de forma cualitativa en base al impacto esperado. Además, de una forma u otra todas las mejoras redundan en el eje de costes. De forma adicional, y dada la importancia que tiene

Capítulo 4: Estética en las interfaces gráficas de usuario

con respecto a la obtención del modelo, se indica que el estudio realizado se centra en el análisis de las respuestas proporcionadas por una población estándar, esto es, compuesta por usuarios que no presentan problemas o disfunciones a la hora de contemplar las interfaces (daltonismo, degeneración macular, etc.).

5. MODELO PARA LA EVALUACIÓN OBJETIVA DE LA ESTÉTICA EN LAS INTERFACES GRÁFICAS WEB

Tal y como se ha señalado anteriormente, el objetivo del presente estudio es el de definir un modelo de evaluación de la estética de las interfaces basado en el estudio de sus características propias como imágenes, independientemente del contenido mostrado, dada la rapidez con la que el usuario forma su primera impresión al contemplar una web por primera vez.

Siguiendo esta idea, y partiendo de estudios previos donde este análisis ha proporcionado interesantes resultados, nuestra propuesta se centra en la caracterización de las imágenes a partir de una serie de descriptores genéricos centrados en el análisis de tres aspectos básicos, esto es, la textura, el color y la luminosidad, aspectos íntimamente ligados con el modelo de percepción visual descrito en el capítulo anterior.

Con el objetivo de basar el análisis en estándares ampliamente conocidos, en este trabajo se propone partir del conjunto definido por el estándar MPEG-7 [MPEG ISO/IEC 00], evolucionando y definiendo nuevos descriptores según ha sido necesario. Esta decisión viene avalada, de forma adicional, por la aplicación que dicho estándar tiene en el desarrollo de otras áreas de investigación también muy relacionadas con el análisis de las características de bajo nivel multimedia, como es el caso de los sistemas de recomendación basados en contenidos de imágenes ([Rovira et al. 04], [Sánchez et al. 12]), e incluso audio ([Yao-Chang y Shyh-Kang 04]). Por lo tanto, su aplicación en el entorno de investigación del presente trabajo resulta natural, permitiendo, a su vez, ampliar con ello el ámbito de influencia del estándar elegido.

Dicho esto, la consecución del modelo buscado se logrará no sólo con la definición de los principales parámetros encargados de caracterizar las imágenes relativas a las webs, sino mediante un modelado posterior de los mismos que permita determinar la influencia de cada uno en la opinión del usuario acerca de la estética de la interfaz contemplada. Para ello se realizará un amplio análisis matemático basado en la aplicación de modelos de regresión lineal entre las opiniones vertidas por un grupo de usuarios estándar sobre un conjunto completo de webs y la caracterización objetiva de cada una de ellas. Finalmente, el modelo deberá ser probado sobre un dataset nuevo, independiente al inicial, con el fin de confirmar su validez en entornos distintos al de generación. Esta validación final permitirá comprobar el valor del modelo y analizar la aportación hecha al estado de la técnica actual en el ámbito de estudio.

El desarrollo de estas tareas se realizará siguiendo una planificación concreta, con el objetivo de que el propio proceso permita una obtención y validación del modelo según la

metodología aplicada para este tipo de investigaciones. De esta forma, las etapas que serán contempladas en el proceso de definición del modelo son las siguientes:

- Etapa de análisis: se trata de una etapa primordial para el correcto devenir de la investigación realizada, puesto que es aquí donde se establecen los objetivos a tratar, así como el punto de partida del cual se inicia el trabajo.
- Etapa de diseño: de acuerdo a lo establecido en la etapa anterior, el objetivo principal en este caso es el de la determinación de la metodología matemática a aplicar para la obtención del modelo buscado, así como el establecimiento del corpus sobre el que se realizarán los cálculos necesarios.
- Etapa de obtención de resultados: finalmente, esta etapa se encargará de analizar los resultados obtenidos sobre el corpus de aprendizaje, con el fin de establecer las primeras conclusiones antes de pasar a la etapa de validación del modelo.

Una vez completadas estas tres etapas, el último paso necesario para la obtención de un modelo funcional será el de su validación, a partir de la cual se podrá determinar la consecución de los objetivos iniciales y validar las hipótesis de partida. Debido a su importancia, dicha etapa será ampliamente desarrollada en el siguiente capítulo.

5.1. ETAPA DE ANÁLISIS

5.1.1. Propósito de la evaluación y metas a alcanzar

De acuerdo tanto al ámbito de aplicación como a las posibilidades de mejora identificadas según el estudio de los métodos de análisis ya existentes, el principal objetivo de este trabajo es el de definir un nuevo modelo de análisis de la estética de las interfaces web para, de esta forma, proporcionar un mecanismo de la predicción de la opinión de los usuarios. Dicho modelo, tal y como se ha comentado previamente, estará basado en el uso de un conjunto de parámetros visuales derivados del estándar MPEG-7, y permitirá caracterizar el aspecto visual de los desarrollos web de manera que los desarrolladores dispongan de información de especial valor y en etapas lo suficientemente tempranas del proceso como para poder realizar las modificaciones pertinentes sin afrontar un elevado coste de tiempo y dinero.

En este sentido, las principales metas a alcanzar con el trabajo desarrollado a lo largo de esta tesis se pueden resumir en los siguientes puntos:

- Se pretende identificar un conjunto de parámetros objetivos para el modelado visual de las interfaces web. Dichos parámetros derivarán del estándar MPEG-7, dado que cada interfaz será considerada como una imagen estática (debido a la velocidad con

la que el usuario forma su primera opinión acerca de este tipo de estímulos). Además, y con el objetivo de justificar su uso, se analizará la relación de cada variable con las componentes del modelo psicovisual humano, proporcionando, por primera vez, una solución que combina el campo del análisis visual más teórico con el ámbito psicológico de la percepción.

- Una vez identificados los principales parámetros visuales de bajo nivel, el siguiente objetivo consistirá en la obtención de un modelo completo de evaluación del nivel estético de la interfaz. Este modelo será obtenido mediante un proceso matemático en el que, a partir del análisis de las puntuaciones dadas por los usuarios sobre un conjunto de prueba, se ponderará el nivel de importancia de cada uno de los parámetros, identificando con ello los más importantes para los usuarios. Para ello se hará uso de un conjunto de datos de prueba concreto.
- Aplicar el modelo obtenido sobre un conjunto de datos de nueva creación centrado en los buscadores web, con el fin de confirmar su aplicabilidad en este entorno concreto. En este sentido, además, se podrá estudiar el ajuste del modelo con respecto a las distintas interpretaciones de la propia estética, lo que permitirá obtener un modelo de análisis personalizable con respecto al público objetivo.

La consecución de estas metas permitirá, por lo tanto, obtener una herramienta de evaluación de la estética de las interfaces de especial interés en su entorno de desarrollo, puesto que su aplicación puede aportar información valiosa que permita tanto acortar el tiempo de puesta en mercado como reducir los costes asociados a las modificaciones pertinentes.

5.1.2. Definición del dominio de aplicación: corpus

Para la definición del modelo es necesario hacer uso de un gran conjunto de estímulos visuales que cubran un amplio espectro en cuanto a tipos de diseños de interfaces web, junto con la evaluación que de cada uno de ellos aporte un grupo de usuarios. De acuerdo a estas premisas de partida, a lo largo del presente trabajo se ha hecho uso del dataset proporcionado por [Reinecke y Gajos 14], compuesto por 430 capturas de distintas interfaces web, la puntuación asociada a cada una de ellas aportada por un total de 40.000 usuarios en una escala de nueve niveles (1-9 Likert scale – [Likert 32]-), y el análisis estético derivado de la aplicación de los parámetros visuales definidos por dichos autores.

Las interfaces disponibles en este conjunto de datos representan, tal y como se ha comentado, un amplio rango de géneros con una enorme variedad en cuanto a sus características visuales. Además, están clasificadas según tres grupos diferentes de acuerdo a su origen: 350 webs inglesas, 60 webs en otros idiomas y, finalmente, 20 sitios nominados a los premios Webby [Webby 15] en los últimos años. En cuanto a lo relacionado con las puntuaciones de los usuarios acerca del aspecto visual de cada uno de estos estímulos, es importante comentar que los autores se encargaron de recolectarlas a lo

largo de un año mediante una consulta doble en dos fases distintas, con el fin de descartar aquellas opiniones que de un mismo usuario y sobre el mismo estímulo presentaran una alta desviación.

Una vez seleccionado esta base de datos de entrenamiento, la primera fase de su adecuación para su utilización en el presente estudio fue la de aplicar una técnica básica de limpieza, eliminando aquellas entradas que presentaran ausencia de alguno de los campos contemplados (evaluación o parámetro visual). En total son 15 registros eliminados, que representan un 3.4% del total del conjunto.

5.1.3. Descriptores del modelo

5.1.3.1 *El estándar MPEG7 como punto de partida en la definición de los descriptores visuales*

Una de las principales organizaciones encargadas de la estandarización de contenidos multimedia es el *Moving Picture Coding Experts Group* (MPEG) [MPEG] perteneciente a la organización ISO/IEC (*International Organization for Standardization/International Electrotechnical Commission*) [ISO/IEC], cuya máxima función es la del desarrollo de normas internacionales para la compresión, descompresión, procesamiento y representación codificada de imagen, video, audio, gráficos y sus diferentes combinaciones.

Dentro de los distintos estándares creados por esta organización se encuentra MPEG-7, de importancia clave en este trabajo. Su definición comenzó en 1998 y en 2001 pasó a ser un estándar internacional, siendo formalmente conocido como la interfaz para la descripción de contenido multimedia. En concreto, MPEG-7 se encarga de proporcionar la infraestructura necesaria para la descripción de contenidos multimedia a partir de, por un lado, palabras claves y su significado semántico y, por otro, su información estructural, siendo independiente del formato del contenido. Para ello proporciona un conjunto de descriptores basados en los siguientes aspectos:

- Catálogo: información concreta sobre el contenido como puede ser el título, el creador, los derechos asociados, etc.
- Semántica: información sobre los distintos objetos y eventos que aparecen en el archivo.
- Estructural: información de bajo nivel del contenido, como es el histograma de color, la luminancia, etc.

MPEG-7 está basado en el lenguaje de metadatos XML (*eXtensible Markup Language*), aunque utilizado en combinación con un compresor desarrollado para evitar problemas relacionados con el gran volumen de datos que se maneja denominado BIM

(*Binary Format for MPEG-7*). Define, además, una librería multimedia que contiene diversos métodos y soluciones, tal y como se muestra a continuación:

- Conjunto de descriptores (D), cuyo fin es el de representar una característica del contenido de maneta sintáctica y semántica. Se centran en varios aspectos del contenido a analizar: descriptores de color, de textura, de forma, de movimiento y de localización.
- Un conjunto de esquemas de descripción (DS), encargados de especificar la estructura y semántica de la relación entre los propios esquemas y los descriptores.
- Un lenguaje específico (DDL o *Description Definition Language*), encargado de especificar esquemas mediante la extensión o modificación de los ya existentes.
- Un conjunto de formas de codificar las descripciones, de especial importancia a la hora de evaluar requisitos de eficiencia de compresión, acceso aleatorio, etc.

En cuanto a la relación jerárquica existente entre estos elementos, en la siguiente figura se puede ver la misma de forma gráfica:

Figura 11. Relación jerárquica entre los elementos de MPEG-7

Mostrado el esquema general de MPEG-7 se hace necesario apuntar que, dado el ámbito de aplicación, a lo largo de esta tesis sólo se tendrán en cuenta descriptores concretos del color y de la textura, los cuales son ampliamente analizados en la parte 3 del estándar ([ISO/IEC 15938-3]). En concreto, los descriptores contemplados, extraídos a partir de la herramienta descrita en [Bastan et al. 10], son los siguientes [Manjunath et al. 02]:

Dominant Color Descriptor (DCD)

Se trata de un descriptor de color encargado de proporcionar información acerca de los colores más representativos de la imagen, mediante la determinación de los siguientes datos:

- El número total de colores dominantes, con un máximo de 8.
- La coherencia espacial de los mismos, que da un reflejo de su homogeneidad espacial.
- El porcentaje de píxeles asociado a cada uno de los colores detectados.
- Su varianza asociada.
- Su valor en el espacio RGB.

Para su detección se parte de un único clúster cuyo centroide será uno de los colores representativos de la imagen para, posteriormente, comenzar la clasificación del resto de colores hasta que el algoritmo alcance el valor de parada, ya sea el de máximo número de interacciones o el de mínima distorsión. Una vez hecho esto, aquellos grupos que presenten una mayor distorsión serán, a su vez, divididos de nuevo hasta que dicho valor descienda por debajo de un umbral dado, obteniéndose con ello el número final de colores dominantes. En cuanto a la codificación del descriptor, la siguiente tabla muestra los principales valores asociados:

Tabla 6. Codificación del descriptor DCD

Campo	Número de bits	Significado
NumberOfColors	3	Indica el número de colores dominantes
SpatialCoherency	5	Valor de la coherencia espacial
Percentage[]	5	Porcentaje normalizado asociado a cada color dominante detectado
ColorVariance[]	1	Varianza de color de cada color dominante
Index[]	1-12	Valores de los colores dominantes

Color Layout Descriptor (CLD)

El objetivo de este descriptor es el de proporcionar una representación eficiente de la distribución espacial de la información de color de la imagen analizada, mediante la aplicación de la transformada discreta del coseno (DCT) a los colores de la imagen, previamente dividida en 64 bloques, en el espacio YCrCb. Las etapas concretas a partir de las cuales se obtiene este parámetro son las siguientes:

- División de la imagen: la imagen de entrada, normalmente en el espacio RGB de color, se divide en 64 bloques con el objetivo de garantizar la invariabilidad de la resolución.
- Selección del color más representativo: este paso se ocupa de detectar un único color como representante de cada bloque, utilizando para ello la media de los colores de los píxeles de cada uno. Posteriormente, se realiza la conversión entre los dos espacios de color.
- Transformada DCT: durante este paso tanto la luminancia (Y) como las dos crominancias (CrCb) son transformadas en 8x8 DCT, obteniéndose con ello tres grupos de 64 coeficientes DCT.
- Exploración en zig-zag: cada matriz de 64 coeficientes es explorada en este sentido, con el fin de detectar los coeficientes de baja frecuencia.

En cuanto a su representación, a continuación se muestra una tabla en la que se indica cómo se codifica su valor:

Tabla 7. Codificación del descriptor CLD

Campo	Número de bits	Significado
CoefficientPattern	1-2	Indica el número de coeficientes de la DCT
NumberOfYCoeff	3	Número de coeficientes de la DCT para la luminancia
NumberOfCCoeff	3	Número de coeficientes de la DCT para la crominancia
Ycoeff[]	5-6	Los coeficientes DCT para la luminancia
CbCoeff[]	5-6	Los coeficientes DCT para la crominancia Cb
CrCoeff[]	5-6	Los coeficientes DCT para la crominancia Cr
CoefficientPattern	1-2	Indica el número de coeficientes de la DCT

Edge Histogram Descriptor (EHD)

Consiste en un descriptor de texturas cuyo objetivo es el de proporcionar la distribución de los bordes de la imagen mediante la definición de los histogramas correspondientes a los bordes presentes en cada una de las 16 subimágenes en que se divide la imagen analizada. Para ello se tendrán en cuenta cinco direcciones distintas de los bordes: horizontal, vertical, 45°, 135° y cualquier otro.

5.1.3.2 *Conjunto inicial de descriptores en el modelo*

Teniendo en cuenta los descriptores de MPEG-7 que acaban de señalarse, y con el objetivo de facilitar y optimizar el análisis realizado, se han definido un conjunto de parámetros nuevos derivados de los anteriores. De igual forma, se han clasificado según tres tipos diferentes, dos relativos a la propia definición de MPEG-7 (color y textura) y uno adicional relacionado con la información de luminancia de la imagen. A continuación se expondrá cada uno de ellos.

5.1.3.2.1 Descriptores de color

Los parámetros aquí descritos analizan la información de color de la imagen según diferentes perspectivas, a saber:

Variedad Cromática (N , VC_{intra} , VC_{inter})

Se trata de un descriptor generado a partir del DCD de MPEG-7 encargado de analizar la variedad del color a lo largo de la imagen mediante la detección de los colores dominantes y las modificaciones presentes de los mismos. Está compuesto por tres valores:

- N : número de colores dominantes, detectando hasta un máximo de 8.
- VC_{intra} : varianza entre las diferentes tonalidades del mismo color.
- VC_{inter} : varianza entre los diferentes colores presentes en la imagen.

Coherencia espacial (SC)

Este descriptor, al igual que el anterior, deriva directamente del DCD de MPEG-7 y se encarga de analizar la continuidad de color en la imagen estudiada.

Saturación de HSV (S_m , S_v)

Para la obtención de este parámetro, compuesto por dos valores, se realiza un cambio de espacio de color que permita analizar el tono y la saturación de las interfaces:

- S_m : proporciona el valor medio de saturación de la imagen.
- S_v : proporciona la varianza de la saturación de la imagen.

5.1.3.2.1 Descriptores de luminancia

En cuanto a los detectores que analizan la información lumínica de la imagen, se han definido los siguientes:

Luminancia directa (L_m , L_v)

En este caso, este descriptor, que deriva directamente del parámetro CLD de MPEG-7 [Salembier y Sikora 02], es el encargado de determinar el nivel de luminancia de la imagen. Gracias a él, podría distinguirse entre imágenes luminosas y aquellas que presenten tonos muy oscuros. Se obtiene mediante una transformada DCT (*Discrete Cosine Transform*) sobre el espacio YCrCb de la imagen, y está compuesto por dos valores:

- L_m : representa el valor medio de la luminancia detectado.
- L_v : representa la varianza de la luminancia, lo que da una idea de su dispersión a lo largo de la imagen estudiada.

Distribución de entropía por plano de bit (E1, E2, E3, E4)

Siguiendo lo expuesto en [Shan y Hai-tao 08], este descriptor determina la distribución de entropía a lo largo de los cuatro planos de bit superiores de la imagen, siendo estos dónde se encuentra la mayor parte de la información estructural de la imagen. La forma de obtenerlo es la siguiente: la imagen se transforma a escala de grises, donde cada pixel pasa a tener un valor comprendido entre 0 y 255 que, codificado en 8 bits, tendría la forma de $(b_7, b_6, b_5, b_4, b_3, b_2, b_1, b_0)$. Hecho esto se obtienen 8 planos con los valores correspondientes a cada pixel, convirtiendo cada uno posteriormente a código de grises siguiendo la fórmula:

$$g_i = \begin{cases} b_i \oplus b_{i+1} & 0 \leq i \leq m-2 \\ b_i & i = m-1 \end{cases}$$

donde $\oplus$ es la operación XOR, b_i es el plano i -ésimo de bit e i es el i -ésimo plano expresado en escala de grises.

Como se ha dicho, y dado que la mayor parte de la información se encuentra en los cuatro primeros planos, este descriptor está compuesto por cuatro valores, cada uno correspondiente a la entropía detectada en cada uno de esos planos.

5.1.3.2.1 Descriptores de textura

Finalmente, estos descriptores son los encargados de analizar la textura de la imagen deseada, mediante la definición de dos parámetros concretos:

Energía de líneas (E_l)

Este parámetro, derivado del EHD de MPEG-7, es el encargado de analizar la densidad total de líneas en la imagen a partir de la energía detectada en las distintas direcciones contempladas, con el objetivo de poder distinguir entre las imágenes con más y menos transiciones.

Consta de un único valor obtenido mediante la suma cuadrática de las energías detectadas en cada una de las direcciones analizadas, de la siguiente forma:

$$E_{Total}^2 = E_{45^\circ}^2 + E_{90^\circ}^2 + E_{135^\circ}^2 + E_{180^\circ}^2 + E_{otros}^2$$

Homogeneidad de líneas (H_l)

Este descriptor, derivado al igual que el anterior del mismo parámetro de MPEG-7, es el encargado de analizar la continuidad de las líneas dentro de la imagen. Consta de un único valor obtenido mediante la división de la imagen en 16 subimágenes y hallando la varianza de la distribución de líneas entre las 4x4 subimágenes vecinas. Además, también tienen en cuenta la distribución de líneas a lo largo de cada dirección.

5.1.4. Relación entre la percepción humana y los parámetros estéticos contemplados

Definidos ya los descriptores de bajo nivel que serán tenidos en cuenta en el análisis de la estética de las interfaces web, el siguiente paso es tratar de asociarlos con los factores que influyen en la propia percepción humana de las imágenes. Por lo tanto, y aun cuando la labor de estudiar el propio plano fisiológico asociado al proceso queda fuera del ámbito de esta tesis, la siguiente tabla muestra las principales relaciones detectadas (la confección de esta tabla se ha realizado a partir de la información descrita acerca del modelo psicobiológico de la percepción del apartado 4.1.4):

Tabla 8. Relación entre los descriptores estéticos contemplados y los factores influyentes en la percepción humana

Descriptor estético de la imagen	Aspecto analizado (plano físico)	Factor de la percepción (plano fisiológico)
Variedad cromática	Crominancia	Detección del color, del tinte y la saturación, junto con sus diferencias asociadas
Coherencia espacial		
Saturación HSV		
Luminancia directa	Luminancia	Detección del brillo, contraste según áreas de la imagen y frecuencia espacial y claridad
Entropía por planos de bit		
Energía de líneas	Textura	Detección de las formas mediante la detección de los
Homogeneidad de líneas		

bordes en las imágenes. Percepción de rugosidad, contraste y orientación.

Una vez analizado el problema a estudiar, y determinados los descriptores de imagen a partir de los cuales se va a definir la solución, el siguiente paso es el de diseñar el propio proceso de obtención del modelo, tal y como se hará en el siguiente apartado.

5.2. ETAPA DE DISEÑO

5.2.1. Caracterización del corpus

Para la caracterización del corpus de entrenamiento se ha hecho uso de una solución desarrollada internamente, cuyo principal objetivo es el de proporcionar los descriptores visuales que acaban de indicarse para cada una de las imágenes que se analice, gracias a los cuales podrá obtenerse el modelo buscado.

Esta solución está implementada en Matlab y hace uso, a su vez, de la herramienta de línea de comandos descrita en [Bastan et al. 10], la cual proporciona los descriptores DCD, CLD y EHD de MPEG-7 asociados a cada input gracias al uso de una librería de extracción de características de bajo nivel y compilada en C++ y MinGW [MinGW 15]. En cuanto al rendimiento, los tiempos de ejecución obtenidos sobre un procesador Intel Core i7 a 3.40GHz con 8.00GB de RAM, de acuerdo a cada herramienta utilizada y por imagen analizada son los siguientes:

Tabla 9. Tiempos de ejecución para la obtención de los descriptores por imagen.

Ejecución completa	Ejecución herramienta [Bastan et al. 10]	Ejecución herramienta extracción descriptores	Escritura resultados
5.9 seg.	1 seg.	3.47 seg.	1.43 seg.

De acuerdo a estos tiempos, y teniendo en cuenta que el volcado de los datos sólo se realiza una vez al analizar todo el conjunto de entrenamiento, la caracterización completa del mismo supone un tiempo total de unos 30 minutos.

5.2.2. Selección de las métricas a aplicar para la obtención del modelo

Una vez se ha obtenido la caracterización del conjunto de datos de entrenamiento completo de acuerdo a los parámetros previstos, cada una de las interfaces estará representada por un vector de características correspondientes a sus valores en cuanto a las tres dimensiones contempladas, esto es, color, luminancia y textura.

Hecho esto, el siguiente paso consiste en determinar qué parámetros y en qué nivel son importantes a la hora de evaluar el nivel estético de las imágenes y con ello poder predecir la opinión subjetiva acerca de su apariencia a partir de los descriptores objetivos, tal y como se pretende con este trabajo. Para ello se propone hacer uso de un algoritmo de regresión múltiple paso a paso, pasos sucesivos o *stepwise* [Hintze 07], el cual combina las ventajas que proporcionan tanto los de eliminación progresiva o *backward stepwise* y los de incorporación progresiva o *forward stepwise*, seleccionando solo aquellos descriptores que sean estadísticamente significativos para el modelo.

Tal y como se puede entender de su propio nombre, en el método paso a paso la ecuación correspondiente al modelo se realiza seleccionando las variables una a una, con el fin de determinar cuáles explican más y mejor la variable dependiente (opinión subjetiva en cuanto al nivel estético de la interfaz en este caso) sin que ninguna de ellas sea combinación lineal de las anteriores. Para ello, el procedimiento a seguir puede establecerse según tres pasos concretos, a saber:

1. Se van introduciendo las variables que cumplan los criterios de entrada.
2. Una vez introducidas, en cada paso se comprueba si cumplen los criterios de salida.
3. En cada paso se valora la bondad del ajuste de los datos al modelo de regresión lineal y se calculan los parámetros del modelo verificado en dicho paso.

En base a estos pasos, el proceso se inicia sin ninguna variable independiente en la ecuación de regresión, concluyendo en el momento en que no quede ninguna variable fuera de la ecuación que satisfaga el criterio de selección (garantizando con ello que todas las variables seleccionadas son significativas) y/o el criterio de eliminación (garantizando así que ninguna es redundante). Además, y para intentar ajustar al máximo el modelo se introducen términos lineales, interacciones entre términos y términos cuadráticos. En cuanto a los criterios de entrada y salida, se puede explicar lo siguiente:

- Verificación del criterio de probabilidad de entrada: el p-valor asociado al estadístico T, o probabilidad de entrada, indica si la información dada por la variable es redundante de manera que, si dicho valor es menor a un valor crítico determinado (establecido en un nivel de significación del 5%, propio de estudios de tipo sociológico [Juárez et al. 02]), la variable es seleccionada y por lo tanto introducida en el modelo.
- Verificación de los criterios de probabilidad de salida: de forma similar a la anterior, cuando el p-valor asociado al estadístico T o probabilidad de salida sea mayor a un determinado valor crítico (en este caso establecido en el nivel de significación del 10%), la variable será eliminada. Nótese que, para evitar la entrada y salida constante de una variable, el valor de salida siempre tiene que ser superior al de entrada en el modelo.

- Límite del número de pasos: para evitar que el proceso se convierta en cíclico, se suele establecer un número límite de pasos que equivale al doble del número de variables independientes.

De forma adicional, y con el objetivo de evitar el sobreajuste u *overfitting* a la hora de obtener los regresores del modelo, se aplica una validación cruzada de 5 iteraciones o *5-fold cross validation* [Refaeilzadeh et al. 09] (se trata de uno de los valores típicos que, en este caso, permite obtener un subconjunto de entrenamiento lo suficientemente grande como para que sean representativo del total y además, el proceso sólo se repite 5 veces, limitando la carga computacional asociada). Con ella, el conjunto completo es dividido en cinco subconjuntos complementarios de 83 interfaces cada uno, aplicando el proceso de regresión sobre un set de entrenamiento compuesto por cuatro de esos cinco subconjuntos y el proceso de validación sobre el restante, repitiendo el proceso hasta que se completan todas las combinaciones posibles y cada uno de los subconjuntos pasan por ser conjunto de validación. De esta forma, el subconjunto de entrenamiento tendrá, en cada iteración, 332 elementos, y el de validación, 83. Finalmente, el modelo seleccionado es aquel que proporciona unos resultados más ajustados para cada subconjunto presente, extendiendo posteriormente su aplicación a la base de datos completa.

5.2.3. Análisis del modelo obtenido

5.2.3.1 Resultados derivados de la obtención del modelo

Los resultados obtenidos se presentarán de acuerdo al análisis realizado tanto a los propios descriptores como al modelo, según los siguientes aspectos:

Análisis descriptivo de las variables contempladas en el modelo

En la siguiente tabla se muestran los principales estadísticos asociados a todos los descriptores definidos de acuerdo a las interfaces analizadas.

Tabla 10. Estadísticos asociados a los descriptores definidos

Descriptor	Media	Desviación típica	Número de observaciones
H _l	0.0275	0.005	332
L _m	0.272	0.194	332
L _v	0.041	0.037	332
E1	0.649	0.246	332
E2	0.450	0.283	332
E3	0.432	0.243	332
E4	0.497	0.231	332
N	6.478	1.567	332

VC_{intra}	0.112	0.085	332
VC_{inter}	1.034	0.182	332
SC	0.511	0.244	332
S_m	0.1785	0.155	332
S_v	0.063	0.048	332
E_l	0.020	0.016	332

Matriz de correlaciones parciales

Como siguiente análisis se muestra la matriz de correlaciones entre los distintos descriptores. Como puede verse, ninguna combinación de variables presenta una correlación cercana a 1, lo que viene a decir que pueden considerarse variables independientes. En cualquier lugar, y como cabría suponer, los valores más altos son aquellos que relacionan elementos que provienen del mismo descriptor, como pueden ser los distintos planos de entropía o los distintos componentes de la variedad cromática.

Tabla 11. Correlaciones parciales entre los distintos descriptores

	H_l	L_m	L_v	E_1	E_2	E_3	E_4	N	VC_{intra}	VC_{inter}	SC	S_m	S_v	E_l
H_l	1.00	0.07	-0.03	-0.04	-0.10	-0.05	-0.11	-0.04	0.01	-0.06	-0.00	-0.07	0.00	0.03
L_m	0.07	1.00	0.20	0.29	0.23	0.21	0.24	0.25	0.41	-0.04	-0.33	0.36	0.27	0.10
L_v	-0.03	0.20	1.00	0.50	0.42	0.34	0.39	0.41	0.45	0.13	-0.45	0.36	0.37	0.02
E_1	-0.04	0.29	0.50	1.00	0.71	0.54	0.62	0.60	0.56	0.21	-0.59	0.43	0.60	0.09
E_2	-0.10	0.23	0.42	0.71	1.00	0.66	0.63	0.49	0.52	0.23	-0.50	0.50	0.41	0.06
E_3	-0.05	0.21	0.34	0.54	0.66	1.00	0.70	0.48	0.49	0.19	-0.45	0.42	0.33	0.04
E_4	-0.11	0.24	0.39	0.62	0.63	0.70	1.00	0.55	0.57	0.20	-0.54	0.53	0.43	0.01
N	-0.04	0.25	0.41	0.60	0.49	0.48	0.55	1.00	0.63	0.30	-0.70	0.41	0.48	0.09
VC_{intra}	0.01	0.41	0.45	0.56	0.52	0.49	0.57	0.63	1.00	0.08	-0.90	0.52	0.44	0.08
VC_{inter}	-0.06	-0.4	0.13	0.21	0.23	0.19	0.20	0.30	0.08	1.00	-0.10	0.06	0.27	-0.04
SC	-0.00	-0.33	-0.45	-0.59	-0.5	-0.45	-0.54	-0.70	-0.9	-0.10	1.00	-0.42	-0.40	-0.13
S_m	-0.07	0.36	0.36	0.43	0.50	0.42	0.53	0.41	0.52	0.06	-0.42	1.00	0.65	0.01
S_v	0.00	0.27	0.37	0.60	0.41	0.33	0.43	0.48	0.44	0.27	-0.40	0.65	1.00	0.02
E_l	0.03	0.10	0.02	0.09	0.06	0.04	0.01	0.09	0.08	-0.04	-0.13	0.01	0.02	1.00

Estadísticos de bondad de ajuste

Las tablas aquí incluidas son las encargadas de dar una muestra de cómo el modelo obtenido se acerca a los datos disponibles, con el fin de poder determinar así su bondad de ajuste.

- *Resumen del modelo*

La siguiente tabla muestra un resumen de los estadísticos de bondad de ajuste asociados al modelo y obtenidos una vez se han tenido en cuenta todos los descriptores estadísticamente significativos.

Tabla 12. Estadísticos de bondad de ajuste del modelo obtenido

R	R ²	R ² corregida	Error cuadrático medio (RMSE)
0.635	0.404	0.372	0.79

En cuanto al significado de cada uno de estos estadísticos, tenemos que:

- Coeficiente de correlación múltiple R : es el encargado de evaluar la intensidad de la relación entre los descriptores contemplados y la opinión subjetiva dada por los usuarios en cuanto al aspecto visual de cada interfaz estudiada.
- Coeficiente de correlación múltiple al cuadrado o coeficiente de determinación (R^2): mide la proporción de la variabilidad de la opinión explicada mediante los descriptores contemplados, siendo en este caso de 40.4%.
- Coeficiente de determinación ajustado (R^2 corregido): se trata de un coeficiente similar al anterior al que se le ha eliminado la influencia en cuanto al número de descriptores introducidos.
- Error cuadrático medio (RMSE): da la medida del promedio de los errores entre las opiniones subjetivas y los resultados del modelo.

- **Tabla de análisis de varianza ANOVA**

El análisis de la varianza del conjunto del modelo se muestra en la siguiente tabla:

Tabla 13. Análisis ANOVA del modelo obtenido

Modelo	Suma de cuadrados	gl	Media cuadrática	F	p-Valor
Regresión	125.066	17	125.066	12.5	1.47e-26
Residual	195.74	298	0.623		
Total	320.806	315			

Esta información permite determinar hasta qué punto el modelo es adecuado para estimar los valores de la variable dependiente u opinión de los usuarios acerca de la estética de las interfaces analizadas. Se basa en la idea de que la variabilidad total puede descomponerse entre aquella explicada por la regresión y la residual. Además, este análisis también proporciona el estadístico F que permite contrastar la hipótesis nula o H_0 (la que viene a decir que el modelo no es representativo porque las variables están incorreladas). En este caso, y dado que el p-valor asociado a

dicho estadístico es menor que el nivel de significación (0.05), puede rechazarse la hipótesis nula.

- *Estimaciones de parámetros o coeficientes de correlación*

Aplicado el proceso de obtención del modelo tal y como se ha comentado anteriormente, los descriptores que finalmente configuran el modelo y sus coeficientes asociados son los que se muestran en la siguiente tabla:

Tabla 14. Estimación de los coeficientes de correlación del modelo

Descriptor	Coefficiente	Error típico	Beta	tStat	pValor
(Intercept)	4.746	1.896	0.202	2.502	0.012
E_l	123.46	37.311	-0.182	3.308	0.001
L_m	2.413	0.922	0.012	2.617	0.009
E1	1.938	1.065	0.269	1.819	0.069
E2	0.327	0.771	0.192	0.423	0.671
E3	0.953	0.268	0.222	3.555	0.000
N	0.916	0.167	-0.005	5.481	8.673e-08
VC_{intra}	4.127	1.444	0.343	2.856	0.004
VC_{inter}	-7.895	1.048	-0.600	-7.529	5.436e-13
SC	-3.615	1.821	0.674	-1.985	0.048
S_v	-19.754	8.185	-0.020	-2.413	0.016
E_l:N	-33.62	6.725	-0.294	-4.998	9.605e-07
E_l: S_v	967.18	301.71	0.253	3.205	0.001
E2:E3	2.122	1.062	0.147	1.997	0.046
E1:SC	-3.445	1.254	-0.208	-2.746	0.006
E2: S_v	-16.307	4.103	-0.214	-3.974	8.758e-15
VC_{inter}:SC	8.421	1.336	0.348	6.3026	9.897e-10
L_m ^2	-4.274	1.371	-0.164	-3.116	0.002

En cuanto a la información aportada por cada una de las componentes de esta tabla, tenemos:

- Valor de la constante o *intercept*: representa el punto en que la recta de regresión corta al eje de coordenadas y se incluye con el fin de ajustar mejor el modelo.
- Coeficiente de regresión: este valor indica en cuánto aumentará la variable dependiente por cada unidad que aumenten cada una de las independientes. Se obtiene a través del criterio de mínimos cuadrados.
- Error típico: asociado a cada uno de los coeficientes obtenidos.

- Coeficiente beta: se trata del coeficiente de regresión estandarizado, y es el encargado de expresar la pendiente de la recta de regresión en el caso de que todas las variables estén normalizadas.
- tStat y p-valor: se trata de dos estadísticos encargados de comprobar si la regresión entre la variable independiente y la dependiente es significativa, teniendo en cuenta que si el p-valor asociado a cada una de ellas es mayor al nivel de significación señalado (en este caso 0.05), se excluirá del modelo.

Dicho esto, es necesario hacer notar que los componentes mostrados en la tabla siguen la notación Wilkinson [Wilkinson y Rogers 73], gracias a la cual se denota la inclusión de las interacciones entre los distintos términos presentes.

5.2.3.2 *Búsqueda de posibles observaciones atípicas (outliers) del modelo*

Con el objetivo de analizar el modelo obtenido en profundidad, el primer paso es intentar detectar si existen observaciones atípicas que puedan causar alteraciones inesperadas en los resultados de estimación.

Como primer análisis se estudia el apalancamiento o *leverage* de cada observación, el cuál será tanto más grande cuanto más diferente sea, en términos de los regresores incluidos en el modelo, del resto de las observaciones. El siguiente gráfico (izda) muestra el análisis gráfico del apalancamiento asociado a este estudio, que permite detectar atípicos en el eje de las x (los atípicos en y se observan más claramente en el análisis de los residuos generados):

Gráfico 1. Apalancamiento de las observaciones del modelo (izda) y análisis de la distancia de Cook asociada al modelo (dcha)

Aún cuando en el gráfico parece haber alguna observación con un alto apalancamiento, es necesario corroborar que realmente se trate de observaciones influyentes. Para ello, se realiza una búsqueda de puntos con valor alto de distancia de Cook [Cook 77]. En el mismo gráfico (dcha) se muestran las distancias detectadas mediante el modelo.

La distancia de Cook se distribuye mediante una función F de Snedecor, con k grados de libertad en el numerador y n-k en el denominador, y podrá decirse que la observación *i-ésima* tiene una influencia mayor sobre el ajuste del modelo que el resto si el valor del estadístico de contraste supera el valor crítico de las tablas. Este valor crítico puede establecerse en 1 según la aproximación generalmente aceptada [Cook y Weisberg 94], o bien calcularse según la siguiente regla:

- Si $d_i \geq F_{k,n-k,\alpha}$, entonces la observación *i-ésima* puede considerarse atípica en relación a la respuesta del usuario y a los descriptores tenidos en cuenta.
- Si $d_i < F_{k,n-k,\alpha}$, entonces dicha observación no puede considerarse atípica.

Teniendo en cuenta los términos manejados, el valor límite en este caso se establece en 1.366, y dado que, de acuerdo a los puntos representados en el Gráfico 1 ningún valor lo sobrepasa, puede concluirse que el modelo no presenta ningún término atípico o influyente que sea necesario eliminar.

Analizado este aspecto, la última comprobación con respecto al modelo obtenido se centra en estudiar si se cumplen los supuestos asociados a los modelos de regresión. El siguiente subapartado se encarga de mostrar los resultados obtenidos.

5.2.3.3 ***Comprobación de los supuestos a cumplir***

Como en todo modelo de regresión, en este caso también existen unos supuestos que el modelo debe cumplir para garantizar su correcta aplicación y que pueden ser estudiados mediante el análisis gráfico de distintos aspectos asociados al recurso de las puntuaciones residuales. En este sentido, y dado que se han incluido combinaciones de términos y términos cuadráticos, los supuestos a cumplir son los siguientes:

Normalidad

Con el objetivo de facilitar la estimación por intervalo del modelo es necesario que se cumpla el supuesto de normalidad de la distribución de los errores, para lo cual se realizará un estudio gráfico centrado en la obtención tanto del histograma de los residuos estandarizados como del gráfico de probabilidad normal, tal y como se muestra a continuación:

Gráfico 2. Histograma de los residuos normalizados (izda) y probabilidad normal de los mismos (dcha)

Como puede observarse en ambos gráficos, los residuos derivados del modelo presentan una buena aproximación a la normalidad.

Homocedasticidad

Este supuesto exige que para todo el recorrido de cada uno de los regresores la varianza del error sea constante, con el objetivo de permitir la predicción de valores en los cuales la desviación tipo de los residuos forma parte del cálculo del intervalo de confianza.

Gráfico 3. Gráfica de residuos frente a valores predichos

El gráfico a utilizar para comprobar este supuesto es el de residuos frente a valores predichos. En base a él, se puede decir que habrá heterocedasticidad si la configuración de la nube de puntos tiene forma de embudo, ya sea en una dirección u otra, dado que esto indica una variación de los residuos en distintos sentidos.

Tal y como puede verse en el Gráfico 3, no existe una apariencia de una mayor concentración de puntos en una dirección u otra, por lo que se puede confirmar la homocedasticidad del modelo.

Incorrelación de errores

A los supuestos de normalidad y homocedasticidad habría que añadir un tercero centrado en el análisis de la incorrelación de los errores, aun cuando para datos transversales como los tratados en esta tesis se supone que las observaciones son independientes entre sí. Su comprobación puede llevarse a cabo de forma gráfica como en los casos anteriores, haciendo uso para ello de la gráfica que relaciona residuos, obteniéndose la distribución mostrada en el siguiente gráfico:

Gráfico 4. Análisis de los residuos para la incorrelación de errores

Como se observa, no existe un patrón claro de comportamiento, y los residuos parece que se distribuyen de forma similar en los cuatro cuadrantes del gráfico, lo que da una muestra de la incorrelación de los errores, tal y como se pretendía.

5.2.3.4 *Análisis de los efectos de los regresores de forma individual y conjunta sobre el modelo*

Finalmente, el último análisis a realizar es el relativo a los efectos de los descriptores sobre el modelo.

Gráfico 5. Análisis del efecto de cada regresor del modelo

Para ello, el Gráfico 5 muestra el efecto de cada uno de forma separada, donde las líneas azules representan el valor individual de cada regresor y las curvas rojas dan muestra de sus límites de confianza asociados.

Gráfico 6. Efecto sobre el modelo del cambio de cada regresor

De forma similar, el Gráfico 6 también muestra el efecto de cada regresor, pero esta vez haciendo énfasis en cómo cambia el resultado cuando se modifica el valor de cada descriptor (la línea azul horizontal representa el intervalo de confianza asociado a cada uno de ellos, mientras que el círculo indica la modificación registrada). De acuerdo a lo mostrado en esta figura, los descriptores asociados al color (VC_{intra} , VC_{inter} y SC) son los más influyentes. De hecho, el sentido del efecto asociado a cada uno de ellos podría explicarse de la siguiente forma:

Tabla 15. Tipo de efecto de cada descriptor sobre el modelo obtenido

Descriptor	Sentido del efecto	Significado
E_l	Negativo	A mayor energía de líneas, mayor número de líneas en general, lo que puede traducirse como mayor complejidad, lo que llevaría a reducir la puntuación
L_m	Negativo	A mayor luminancia mayor deslumbramiento, por lo que el efecto asociado es negativo para el usuario
$E1$	Positivo	Dado que este descriptor da una idea de la información estructural de la imagen, su incremento se asocia a un aumento de la puntuación, apoyando la idea de que las interfaces simples no son las más interesantes para el usuario
$E2$	Positivo	
$E3$	Positivo	
N	-	Incrementar el número de colores hasta un máximo de 8 prácticamente no conlleva ningún efecto en la puntuación total, lo que da una muestra de que la diversidad de colores predominantes es positivo para el usuario
VC_{intra}	Positivo	Un aumento de la diferenciación entre los tonos del mismo color es apreciado como positivo. Puede relacionarse con que este hecho ayuda a identificar y distinguir elementos
VC_{inter}	Negativo	Una alta varianza entre los distintos tonos detectados es percibida de forma negativa. Puede ser debido a su relación con la complejidad
SC	Positivo	A mayor continuidad del color menor sensación de complejidad, lo que indica una relación positiva.
S_v	-	El aumento de la varianza de saturación no conlleva un efecto claro sobre la puntuación final obtenida

5.3. ETAPA DE ANÁLISIS DE RESULTADOS

Visto ya el modelo desarrollado y realizado el diagnóstico asociado al mismo, la siguiente fase llevada a cabo ha sido la relativa al análisis de los resultados obtenidos. Para ello, por una parte se realizará una comparativa con respecto al modelo más similar existente en el estado de la técnica actual y, por otro, se tratará de proporcionar un análisis del significado del modelo con respecto al propio proceso de percepción humana, tal y

como se buscaba inicialmente. A lo largo de los siguientes apartados se abordarán estos temas.

5.3.1. Resultados derivados de la aplicación del modelo al conjunto de datos de entrenamiento completo. Comparación con otros modelos

Una vez se ha obtenido y validado el modelo, a continuación se ha aplicado al conjunto completo con el objetivo de analizar su adecuación. Hecho esto, los resultados obtenidos van a ser expuestos mediante un análisis comparativo con un modelo previo detectado en el estudio del estado del arte como es el caso del expuesto en [Reinecke et al. 13]. Este modelo representa la solución más cercana de las existentes al método buscado puesto que hace uso de indicadores intrínsecos de la imagen sobre el mismo grupo de interfaces. Además, aun cuando realiza un análisis de la complejidad de las interfaces, dicho análisis se lleva a cabo sin intervención humana y sin división de la interfaz en elementos, por lo que lo conveniente de la comparativa entre ambos métodos es evidente puesto que la aproximación a la solución buscada es similar.

Según puede leerse en dicho artículo, las métricas objetivas aplicadas en el método propuesto por sus autores pueden clasificarse según dos tipos distintos, a saber:

- El nivel de complejidad visual de la propia web, determinado mediante un modelo regresivo compuesto por 7 elementos de la imagen: área de texto, área sin texto, número de elementos, número de grupos de texto, número de áreas con imágenes, colorido (de acuerdo a la definición dada por [Tuch et al. 2012]) y niveles de tonos presentes.
- La información de color, obtenida mediante la combinación de 13 atributos de la imagen relativos a su colorimetría: gris, blanco, marrón, verde, lima, azul, turquesa, saturación, colorido (de acuerdo a la definición dada por [Hasler y Suesstrunk 03]), y otros atributos relacionados como son el número de áreas con imágenes, el número de elementos estructurados, las áreas de texto y las áreas sin texto.

Tal y como comentan los autores, mediante la aplicación de un modelo de regresión lineal para cada caso entre dichos parámetros y las opiniones dadas por el conjunto de usuarios analizados, se han obtenido dos soluciones parciales referidas tanto a la complejidad visual como a la información de color respectivamente. Dado que el modelo presentado en este trabajo da una idea de la evaluación estética total de las interfaces evaluadas, y con el fin de poder llevar a cabo la comparación bajo las mismas premisas, el primer paso para realizar el análisis ha sido el de obtener un modelo completo final a partir de la aplicación de una regresión lineal sobre los dos modelos parciales y la opinión acerca del aspecto estético del conjunto de interfaces vertida por parte de los usuarios. De esta forma se ha obtenido un modelo de evaluación global de la estética basado en los parámetros contemplados por los autores del estudio, y cuyo resultado es perfectamente

comparable a los obtenidos por el modelo desarrollado por esta tesis, puesto que se basa en el mismo conjunto de datos y parte de las mismas opiniones subjetivas.

El análisis comparativo, aclarados los pasos previos a su realización, está especialmente enfocado en dos aspectos concretos: por un lado, en la mejora de la correlación entre la evaluación objetiva propuesta por el modelo y la propia opinión de los usuarios y, por otro, en el uso de un conjunto más pequeño de parámetros o descriptores de la imagen. De esta forma, la combinación de ambos debería proporcionar un modelo predictivo más efectivo basado en una solución más eficiente en términos de procesado (al hacer uso de menos descriptores) y de adecuación, permitiendo con ello reducir los costes asociados tanto a su aplicación como a las decisiones a tomar en base a los resultados obtenidos.

De acuerdo a estas indicaciones, los resultados obtenidos del análisis comparativo entre los dos métodos de evaluación al aplicarlos sobre el conjunto de datos de entrenamiento completo se muestran en la siguiente tabla:

Tabla 16. Análisis comparativo de los dos modelos sobre el conjunto de datos de entrenamiento

Parámetro	Modelo propuesto por Reinecke et al.	Nuevo modelo
RMSE	0.881	0.870
R^2	0.267	0.404
R^2 adj.	0.254	0.372
p-value	1.15e-19	1.47e-36
Número de descriptores distintos contemplados	17	10

Como puede verse en la Tabla 16, el nuevo modelo propuesto obtiene mejores resultados en términos de error, así como mejora la explicación de la variabilidad de los datos en un 30.7% (conseguido mediante la comparación de los valores de R^2 adj, con el fin de que el número de parámetros contemplados no influya en el resultado obtenido). De forma adicional, el número de descriptores necesarios desciende abruptamente (reducción del 41.1%), lo que significa que el modelo representa una solución más sencilla y, por lo tanto, con menor carga computacional.

5.3.2. Nivel de consecución de las mejoras buscadas

Para finalizar, y de acuerdo a las mejoras pretendidas con el trabajo realizado señaladas anteriormente, la siguiente tabla muestra una explicación de los objetivos

alcanzados con el fin de poder estimar si el modelo obtenido cumple con lo que se pretendía.

Tabla 17. Nivel de consecución de los objetivos buscados según las mejoras propuestas

Mejora	Consecución	Explicación
Desarrollar un método autónomo que no precise de intervención humana, tanto en la aplicación como en la propia obtención del resultado	✓	El método obtenido se aplica de forma autónoma sin necesidad de supervisión por parte de ningún perfil experto. Además, intenta suplir la función de las evaluaciones con usuarios finales, al intentar aproximar la opinión subjetiva a partir de un modelado concreto de los descriptores objetivos.
Desarrollar un método objetivo basado en indicadores intrínsecos de las imágenes relativas a las interfaces	✓	Como en el punto anterior, los indicadores seleccionados son objetivos en tanto en cuanto derivan de descriptores intrínsecos de las propias imágenes.
Desarrollar un método que no se vea afectado por la complejidad de la interfaz a analizar	✓	Dado que no es necesario evaluar los elementos o áreas de la imagen, tal y como hacen otros modelos, sino que simplemente se analizan las tres dimensiones contempladas (textura, luminosidad y colorido), la complejidad de la imagen no influye en la aplicabilidad del modelo
Definición de un método que no precise de identificación de elementos en la imagen	✓	Como se ha señalado en la anterior, este método hace un análisis directo de la imagen sin necesidad de establecer zonas de influencia o detectar elementos concretos
Incluir en el método todos aquellos elementos que influyen en el proceso de percepción, incluido el color	✓	Como se ha visto, se ha tenido en cuenta a la hora de definir los parámetros a aplicar, las tres dimensiones que más influyen en el proceso de percepción (especialmente en la percepción instantánea o primera impresión): color, textura y luminosidad
Desarrollar un modelo que no precise de hardware ni software específico	✓	Aun cuando el modelo se aplica gracias a unos desarrollos software concretos (Matlab, herramienta de análisis MPEG-7), la solución puede proporcionarse en formato de aplicación final o ejecutable fácilmente utilizable en cualquier entorno ofimático.

De acuerdo a esta tabla, las mejoras buscadas son alcanzadas con el modelo obtenido, lo que da una idea del valor que esta solución puede aportar en el análisis de la estética web.

6. VALIDACIÓN DEL MODELO PROPUESTO

Obtenido el modelo y comprobada su validez matemática, el siguiente paso corresponde a su aplicación sobre conjuntos de interfaces distintos del de entrenamiento para confirmar su adecuación a los objetivos buscados. En este punto es necesario hacer notar que para ello no es sólo necesario hacer una búsqueda de un conjunto de interfaces web, sino que éstas deben venir junto con un análisis subjetivo de su aspecto visual, con el fin de, por una parte, aplicar los descriptores a las imágenes, y por otro, poder comparar los resultados de la aplicación del modelo con las opiniones vertidas por los usuarios.

Estas necesidades han dificultado la búsqueda de bases de datos de entre las ya existentes, dado que algunas de las contempladas aportaban el listado de las interfaces analizadas pero quizá no las puntuaciones subjetivas o viceversa. Sólo una de las encontradas ha cumplido con ambos requisitos, convirtiéndose en el primer corpus genérico de validación utilizado y gracias al cual se ha podido comprobar la no adaptación del modelo a los datos de entrenamiento utilizados

De forma adicional, y de acuerdo al ámbito de aplicación y a las líneas de investigación definidas en la presente tesis, se ha procedido a la generación de otro corpus completo centrado en un entorno concreto como es el de los buscadores web. Este corpus se ha generado a partir de un cuestionario público que será presentado en los siguientes apartados y cuyos resultados han permitido validar el modelo sobre un conjunto concreto de interfaces de amplio uso.

Los siguientes apartados son los encargados de definir ambos corpus y de presentar el proceso de validación realizado junto con los resultados obtenidos.

6.1. VALIDACIÓN DEL MODELO SOBRE UN NUEVO CORPUS: SEGUNDO CONJUNTO GENÉRICO

La primera fase del proceso de validación se realiza sobre el corpus presentado en [Moshagen y Thielsch 10], que fue generado con el objetivo de comprobar la adecuación del cuestionario VisAWI de análisis de la estética visual de las interfaces web presentado en el mismo artículo. De forma adicional, y dada su representatividad, dicho corpus ha sido posteriormente utilizado en otros estudios, como por ejemplo el presentado en [Thielsch et al. 14]. Además, y dado que la comprobación del nuevo modelo se realiza contra la información subjetiva existente relativa al aspecto visual del propio conjunto, para completar el proceso no sólo se han analizado las interfaces propuestas, sino que se ha hecho uso de las puntuaciones aportadas por los autores.

6.1.1. Información derivada del estudio ([Moshagen y Thielsch 10])

- Participantes en el estudio:

La encuesta fue realizada por un total de 512 participantes, donde el 67.8% eran mujeres. El rango de edad de los participantes fue de 15 a 82 años, con una media de 30.5 y una desviación estándar de 10.61. Finalmente, todos en su mayoría presentaban una gran familiaridad con el entorno de la red, tanto en número de años de uso como en horas a la semana de acceso. También se indica que ningún participante recibió compensación de ningún tipo por participar en el estudio.

- Interfaces presentes en el nuevo corpus

En la encuesta se utilizaron 42 webs procedentes de nueve dominios distintos (relativos al software, al comercio electrónico, al entretenimiento, a la educación a distancia, de trabajo, de información, portales web, webs corporativas y buscadores), con 5 interfaces en cada uno (a excepción de los buscadores dado que, por dificultades técnicas, sólo se incluyeron 3). Además, las interfaces seleccionadas presentan un amplio rango de diversidad en cuanto a sus contenidos, a su usabilidad y su aspecto estético.

- Información subjetiva disponible

Aun cuando el cuestionario contenía un número amplio de preguntas relativas a diversos aspectos a analizar, por su importancia para este estudio se hará referencia a los resultados obtenidos para la estética visual desde dos puntos de vista: desde la diferenciación entre la percepción clásica y el estética y por otro lado, a través de los propios resultados al cuestionario VisAWI. Para ello se incluyeron 10 ítems derivados de los indicados en [Lavie y Tractinsky 04], así como 18 correspondientes al VisAWI. Los participantes respondieron a la encuesta mediante una escala Likert de 7 niveles, donde el valor de 1 representaba “estoy en profundo desacuerdo” y el de 7 “estoy profundamente de acuerdo”.

6.1.2. Resultados de la aplicación del modelo y correlación con las opiniones disponibles

Para realizar esta validación, lo primero ha sido obtener los valores de los descriptores del modelo para cada una de las 42 interfaces contempladas. Una vez realizado esto, se ha aplicado el modelo y se ha comparado el valor obtenido con la media de las puntuaciones disponibles para cada una de las tres dimensiones contempladas, obteniéndose los siguientes resultados:

Tabla 18. Resultados de la validación del modelo sobre un segundo corpus genérico

	Estética clásica	Estética expresiva	Nivel general
RMSE	1.33	1.15	1.28

Como puede verse, parece que el modelo es ligeramente más efectivo a la hora de predecir la respuesta relativa al aspecto expresivo de la estética o incluso al nivel general estético presentado. Esto puede deberse al hecho de que el modelo propuesto evalúa la composición de las interfaces en relación a sus características de bajo nivel, que están directamente relacionadas con el proceso de percepción de las imágenes. En cambio, es menos adecuado para el estudio de la estética clásica dado que no se centra en evaluar el aspecto desde el punto de vista de los factores más comunes como es el caso de la complejidad o el diseño despejado (balanceado, simétrico, etc.).

Dicho esto, y aprovechando que las interfaces de este corpus están clasificadas según 9 tipos distintos, se ha realizado de forma adicional una validación sobre cada uno de los subconjuntos presentes, con el objetivo de poder comprobar si hay variaciones significativas en cuanto a la adecuación del modelo. La siguiente tabla muestra los resultados obtenidos:

Tabla 19. Resultados de la validación del modelo según tipo de interfaz

Clase	RMSE Estética clásica	RMSE Estética expresiva	RMSE Nivel general	¿Mayor adecuación a la estética expresiva que a la clásica?
Software	1.09	0.68	0.72	✓
Comercio	1.47	1.5	1.49	✗
Entretenimiento	1.01	0.97	0.98	✓
Educación	0.87	0.89	0.86	✗
Trabajo	1.27	1.17	1.26	✓
Noticias	2.20	2.20	2.29	-
Portales web	1.32	1.32	1.33	-
Corporativos	1.24	1.20	1.25	✓
Buscadores	0.70	0.72	0.71	✗

Como puede observarse, sólo hay tres tipos de interfaces donde el modelo parece presentar mejores resultados para la estética clásica, aunque es necesario decir que, dado que las diferencias con respecto a la adecuación al nivel general o expresivo son mínimas, no se considera relevante.

Una vez realizada esta comprobación, se procede a comenzar con la segunda validación prevista, centrada en un corpus concreto. El siguiente apartado se encargará de presentar el proceso seguido para ello.

6.2. VALIDACIÓN DEL MODELO SOBRE UN CORPUS CONCRETO RELATIVO A LOS BUSCADORES DE INTERNET

Tal y como se ha comentado, la segunda parte del proceso de validación se ha centrado en la aplicación del modelo a un corpus compuesto por un conjunto representativo de interfaces de buscadores web. La funcionalidad de este tipo de webs es especialmente importante, por lo que el cuidado de su diseño se hace especialmente importante.

Dado que en el estado del arte actual no existía un corpus completo en el que se incluyeran tanto las interfaces usadas como las opiniones vertidas por los usuarios en cuanto al aspecto visual de las mismas, una parte importante del trabajo realizado en esta tesis ha sido la creación de un cuestionario concreto para obtener información subjetiva de un conjunto de buscadores concretos. Los siguientes apartados mostrarán el proceso de generación del cuestionario, las respuestas obtenidas y, finalmente, la relación entre éstas y el resultado obtenido de la aplicación del modelo.

6.2.1. Interfaces seleccionadas para ser evaluadas en la consulta

La encuesta de evaluación subjetiva de la estética se realizó sobre un conjunto de interfaces representativo de las principales herramientas de búsqueda web existentes a día de hoy, seleccionando aquellas que, en conjunto, abarcaban la enorme diversidad de características presentes en este tipo de aplicaciones. De esta forma, la selección se hizo de acuerdo a lo siguiente:

- Al análisis del porcentaje de uso dentro del mercado (ver Figura 12), contemplando algunas de las más usadas pero evitando aquellas disponibles en otros idiomas con el objetivo de no introducir un sesgo cultural en el estudio.

Figura 12. Gráfico de uso de los principales buscadores de internet (fuente [NetMarketshare 15])

Capítulo 6: Validación del modelo propuesto

- A la diversidad de características presentes en el mercado de los buscadores web, intentando seleccionar aquellos que presenten una mayor diferenciación. En este sentido, se han incluido dos buscadores que no están entre los más usados pero que presentan unas características muy concretas, con el fin de intentar determinar si existe una diferencia de percepción por parte de los usuarios.

De acuerdo a estas dos restricciones, el conjunto de interfaces finalmente seleccionado es el siguiente:

Tabla 20. Buscadores seleccionados para el análisis subjetivo de su estética

Id	Nombre	Características Principales	Razón de su selección
1	Google	<ul style="list-style-type: none"> - Información textual e imágenes - Gran porcentaje de la pantalla ocupado por información. - Uso de un número limitado de colores y fuentes (fondo blanco, fuentes en negro, azul y verde). - Estructura lineal, presentación en dos columnas, simple - Tamaño medio de la barra de búsqueda, enmarcada en otro color. - Contiene información multimedia 	<p>Hace uso de información textual y gráfica según una estructura simple en dos columnas pero bastante poblada.</p> <p>Además, se decide tener en cuenta de acuerdo a la familiaridad de los usuarios con este entorno, con el fin de estudiar la relación entre su alto uso y sus características visuales.</p>
2	Ask	<ul style="list-style-type: none"> - Información textual - Escaso porcentaje de la pantalla ocupado por información. - Uso de un número limitado de colores y fuentes (fondo blanco, fuentes en azul, verde y negro) - Estructura lineal, simple - Gran barra de búsqueda - No contiene información multimedia 	<p>Se trata de una interfaz muy simple, con poca ocupación de la pantalla y sin ningún elemento multimedia.</p>
3	Lycos	<ul style="list-style-type: none"> - Información textual e imágenes. - Escaso porcentaje de la pantalla ocupado por información. - Uso de un número limitado de colores y fuentes (fondo blanco, fuentes en negro y azul) - Estructura lineal, simple - Tamaño medio de la barra de búsqueda 	<p>Presenta la información según una estructura concreta que combina información textual y gráfica. Hace un menor uso del espacio.</p>

Capítulo 6: Validación del modelo propuesto

		- Contiene información multimedia	
4	Blackle	<ul style="list-style-type: none"> - Información textual - Escaso porcentaje de la pantalla ocupado por información. - Uso de un número limitado de colores y fuentes (fondo negro, fuentes en verde y blanco) - Estructura lineal, presentación en dos columnas, simple - Tamaño medio de la barra de búsqueda - Contiene información multimedia 	Presenta una interfaz en color negro, aspecto poco habitual en este ámbito. Además, estructura la información en dos columnas.
5	Hotbot	<ul style="list-style-type: none"> - Información textual - Escaso porcentaje de la pantalla ocupado por información. - Mayor uso de colores en el fondo. - Estructura lineal, información estructurada en dos columnas, simple - Gran barra de búsqueda - No contiene información multimedia 	Hace uso de una combinación distinta de colores para el fondo.
6	Yahoo	<ul style="list-style-type: none"> - Información textual e imágenes. - Escaso porcentaje de la pantalla ocupado por información. - Uso de un número limitado de colores y fuentes (fondo blanco, fuentes en negro y azul) - Estructura lineal según dos columnas, simple - Tamaño medio de la barra de búsqueda - Contiene información multimedia 	Combina información textual y gráfica de forma distinta a los casos anteriores

6.2.2. Cuestionario realizado

El análisis subjetivo será llevado a cabo mediante la realización de un test a un grupo de usuarios finales. En concreto, dicho test constará de tres partes bien diferenciadas, con el objetivo de obtener los datos necesarios para inferir la información deseada:

- **Perfil del usuario**, cuyo objetivo es obtener información acerca de las principales características del usuario. Se centra en los datos habituales de género y edad e introduce cuestiones relativas a su nivel educativo y profesión. Se ha eliminado la pregunta relativa al país de origen puesto que todos los participantes son españoles. Esta información es de especial valor a la hora de evaluar su influencia sobre la percepción del nivel estético.

Capítulo 6: Validación del modelo propuesto

- **Información contextual:** indica los principales factores alrededor de los cuales el usuario realizará el consumo de los contenidos y por lo tanto cuyas características pueden influir en el proceso. Se centra en obtener información acerca de la frecuencia de navegación y de los dispositivos de uso en general para el acceso a la web y desde el cuál se realiza la encuesta, con el objetivo de desechar aquellas que se hayan realizado a través de dispositivo móvil.
- **Evaluación subjetiva de la estética de los buscadores,** centrada en el análisis de las principales propiedades de las interfaces mostradas relacionadas con su aspecto visual. En esta parte el formulario consta de 12 preguntas, la mayoría de ellas derivadas de las definidas en el cuestionario VisAWI y centradas en el examen de cuatro aspectos principales: simplicidad, diversidad, colorido y estilo. De forma adicional, 5 de esas preguntas están relacionadas con un ámbito adicional no contemplado hasta ahora en la literatura: su componente multimedia, o cómo estas interfaces integran elementos multimedia (principalmente imágenes y vídeos) en sus diseños gráficos. Finalmente, y con el objetivo de evaluar de forma cualitativa el aspecto visual general, el usuario debe proporcionar una nota numérica que ponga valor a opinión.

En cuanto al propio cuestionario, el ANEXO II muestra las preguntas realizadas a los participantes. Como dato final, se señala que los participantes no recibieron compensación monetaria por su participación en la encuesta.

6.2.3. Resultados obtenidos del cuestionario

El cuestionario estuvo publicado online durante dos meses. A lo largo de este periodo, un total de 112 voluntarios (54% hombres) completaron la encuesta. La edad de los participantes estaba entre los 15 y los 68 años (media=34.5, desviación estándar=10.9) y alrededor del 86% tiene educación universitaria. La mayoría de los participantes (90%) realizaron la encuesta desde un ordenador y, como dato final, cerca del 86% hace uso de buscadores en internet para acceder a los contenidos, siendo Google el más mencionado. Dicho esto a modo de resumen, a continuación serán mostrados todos los resultados obtenidos de acuerdo a las tres partes que componen en propio cuestionario (la descripción gráfica de los resultados obtenidos con respecto al aspecto estético de los interfaces puede consultarse en el Anexo III).

6.2.3.1 *Resultados con respecto al perfil de usuario*

Los resultados obtenidos se presentan a continuación, tal y como acaba de señalarse, de forma gráfica:

Capítulo 6: Validación del modelo propuesto

Gráfico 7. Distribución de los usuarios por género (izda.) y por nivel educativo (dcha.)

Gráfico 8. Distribución de los usuarios por año de nacimiento

6.2.3.2 Resultados con respecto a la información contextual

Los resultados obtenidos en este apartado son presentados también de forma gráfica:

Gráfico 9. Frecuencia de uso de internet (izda.) y lugar de acceso (dcha.)

Gráfico 10. Dispositivo utilizado para completar la encuesta (izda.), frecuencia de uso de los buscadores (dcha.) y buscador más usado (abajo)

Capítulo 6: Validación del modelo propuesto

6.2.3.3 *Resultados con respecto a la evaluación subjetiva de los buscadores*

Finalmente, los resultados con respecto a este aspecto se presentan, de forma cuantitativa, en la siguiente tabla. De forma adicional, el en ANEXO III se pueden consultar estos resultados de forma gráfica

Tabla 21. Distribución de las respuestas relativas al aspecto visual de los buscadores

Buscador	Google	Ask	Lycos	Blackle	Hotbot	Yahoo
Pregunta	NS/NC	NS/NC	NS/NC	NS/NC	NS/NC	NS/NC
	Si, de acuerdo	Si, de acuerdo	Si, de acuerdo	Si, de acuerdo	Si, de acuerdo	Si, de acuerdo
	Nide acuerdo ni en desacuerdo	Nide acuerdo ni en desacuerdo	Nide acuerdo ni en desacuerdo	Nide acuerdo ni en desacuerdo	Nide acuerdo ni en desacuerdo	Nide acuerdo ni en desacuerdo
	No, en desacuerdo	No, en desacuerdo	No, en desacuerdo	No, en desacuerdo	No, en desacuerdo	No, en desacuerdo
	No, totalmente en desacuerdo	No, totalmente en desacuerdo	No, totalmente en desacuerdo	No, totalmente en desacuerdo	No, totalmente en desacuerdo	No, totalmente en desacuerdo
SIMPLICIDAD						
¿El diseño del parece muy denso?	15 39 18 23 2 15	1 22 18 35 12 24	19 49 8 8 2 26	7 49 15 12 0 29	2 26 9 39 7 29	
¿Los elementos están correctamente integrados?	1 10 14 56 15 16	6 42 16 22 2 24	3 21 13 40 9 26	7 24 15 34 2 30	1 25 13 39 6 28	0 13 9 54 7 29
¿El diseño es regular y bien estructurado?	0 6 15 62 14 15	6 41 15 24 2 24	1 20 11 45 7 28	0 25 16 32 3 28	1 19 16 43 5 28	0 15 8 55 5 29
COLORIDO						
¿El número de colores es excesivo?	27 55 9 3 1 17	15 45 23 5 0 24	7 52 17 6 0 30	19 28 9 19 8 29	7 41 20 12 2 30	7 54 12 8 1 30
¿La combinación de colores es atractiva?	0 14 34 39 5 20	6 33 32 16 2 23	3 17 21 38 5 28	40 28 9 7 0 28	6 35 18 24 1 28	2 8 27 41 4 30
COMPONENTE MULTIMEDIA						
¿El número de elementos multimedia es excesivo?	12 66 9 9 0 16		14 49 10 8 2 28	9 41 22 11 0 29		5 46 15 14 3 29
¿Los elementos multimedia están bien integrados?	1 11 16 59 10 15		5 11 26 39 4 27	4 19 31 28 2 28		0 10 18 52 3 29
¿Los elementos multimedia están relacionados?	0 12 19 51 15 15		1 10 27 43 4 27	4 10 37 29 3 29		1 9 15 52 5 30
¿Los elementos multimedia aportan información?	1 5 14 64 11 17		1 14 34 31 4 28	6 20 23 30 4 29		0 8 16 53 5 30
¿Cree necesario incorporar más elementos?	6 32 29 28 1 16		4 27 13 32 8 28	2 29 15 30 7 29		9 33 19 18 2 31
ASPECTO GENERAL						
¿El diseño le parece variado?	0 20 25 49 3 14	4 52 24 6 1 25	4 20 22 52 6 28	23 36 10 14 1 28	5 37 21 18 2 29	0 19 24 37 2 30
¿Interfaz cuidadaamente desarrollada?	2 7 25 49 13 16	4 37 24 23 1 23	3 17 27 31 7 27	15 25 21 22 1 28	5 27 25 25 2 28	0 13 16 51 3 29

Capítulo 6: Validación del modelo propuesto

Una vez presentado los resultados concretos para cada uno de los buscadores analizados, de forma adicional se presenta el diagrama de cajas correspondiente a la comparativa de las puntuaciones generales obtenidas en cada uno de los seis casos:

Gráfico 11. Análisis de las puntuaciones obtenidas para cada buscador

De acuerdo a esta gráfica, las distribuciones de las puntuaciones con respecto a cada buscador presentan las siguientes características:

Tabla 22. Análisis de las distribuciones de puntuaciones acerca del aspecto estético de cada interfaz

Buscador	Comentarios
Google	Presenta una distribución altamente concentrada en puntuaciones altas y asimétrica negativa dado que tienden a concentrarse en la parte superior de la distribución (de hecho, la mediana está muy próxima al tercer cuartil, lo que indica bastante unanimidad en las votaciones). Las puntuaciones más extremas (más allá de los valores máximos y mínimos calculados mediante los cuartiles) son indicadas mediante círculos.
Ask	Presenta una caja central no muy alta, lo que indica una relativa concentración de las votaciones. Además, se trata de una distribución simétrica por la posición de la mediana. De forma adicional, presenta un outlier de valor 10.
Lycos	Presenta una distribución simétrica de las votaciones, sin ningún valor atípico
Blackle	Debido a la altura de la caja, puede decirse que la distribución de las puntuaciones es muy dispersa. Además, presenta una asimetría positiva, dado que se agrupan más votaciones en la parte inferior de la caja que en la superior (le mediana se encuentra desplazada hacia valores inferiores)
Hotbot	Presenta una distribución simétrica de las votaciones, sin ningún valor atípico
Yahoo	Con una distribución parecida a la presentada por Google pero menos marcada, puede decirse que, aún estando menos concentradas que en el caso anterior, las puntuaciones presentan una ligera asimetría negativa. De forma adicional también presenta valores atípicos relativos a puntuaciones extremadamente bajas.

6.2.4. Análisis de las interfaces de acuerdo a los descriptores del modelo

Definido ya el corpus y explicado tanto el cuestionario generado como los resultados obtenidos, el siguiente paso para comprobar la adecuación del modelo en este entorno es el de analizar las interfaces propuestas según los descriptores contemplados. De acuerdo a esta idea, la siguiente tabla muestra los resultados obtenidos de forma cuantitativa.

Tabla 23. Análisis de los buscadores según los descriptores del modelo

Descriptor	Google	Ask	Lycos	Blackle	Hotbot	Yahoo
Energía de líneas	0.024	0.024	0.02	0.024	0.022	0.026
Luminancia media	0.188	0.239	0.326	0.054	0.051	0.346
Entropía plano 1	0.336	0.283	0.380	0.324	0.483	0.407
Entropía plano 2	0.222	0.208	0.329	0.405	0.361	0.276
Entropía plano 3	0.221	0.214	0.164	0.400	0.200	0.276
Saturación media	0.018	0.025	0.005	0.929	0.049	0.028
Varianza de saturación	0.005	0.006	0.000	0.0635	0.036	0.011
Número de colores dominantes	5	5	4	4	6	6
Varianza intracromática	0.030	0.039	0.011	0.0234	0.044	0.042
Varianza intercromática	1.117	1.178	1.295	1.222	1.139	1.069

De forma adicional, y con el fin de facilitar su comprensión, a continuación se muestra un diagrama comparativo de los valores obtenidos según buscadores. Con el fin de que se pudiera apreciar de forma considerable esta comparación no se ha incluido en dicho diagrama los valores correspondientes a los números de colores dominantes detectados en cada caso, dado que su escala asociada difiere mucho de las utilizadas para los otros descriptores.

Gráfico 12. Comparativa de los valores asociados a los descriptores del modelo obtenidos para cada buscador

Capítulo 6: Validación del modelo propuesto

De acuerdo a lo mostrado en el gráfico, y al margen de las diferencias existentes en los valores asociados al resto de los descriptores, en el caso de la saturación media hay un valor ampliamente significativo, esto es, el asociado al buscador Blackle. Esto se debe, como puede suponerse, a que la interfaz de este buscador presenta un fondo negro, recurso no utilizado en el resto de los casos analizados.

6.2.5. Resultados de la aplicación del modelo y correlación con las opiniones disponibles

Como primer acercamiento, esta segunda validación se ha centrado en la aplicación del modelo a la totalidad de las respuestas obtenidas para cada interfaz contemplado. Para ello, se han tenido en cuenta, por separado, las respuestas asociadas al aspecto clásico, estético y por último a la puntuación general proporcionada por los usuarios. De acuerdo a esta idea, los resultados obtenidos se muestran en la siguiente tabla:

Tabla 24. Resultados de la validación del modelo sobre un segundo corpus concreto centrado en los principales buscadores web

	Estética clásica	Estética expresiva	Nivel general
RMSE	0.90	1.01	1.18

De acuerdo a estos resultados, y al igual que ocurría para el subconjunto de interfaces de buscadores provenientes del anterior conjunto de validación, la adecuación del modelo para el nivel de estética clásico es ligeramente mejor que para la estética expresiva. Esto nos lleva a pensar, nuevamente, en que en este ámbito pueden existir parámetros adicionales que pueden influir en la percepción de la estética.

Con el objetivo de intentar explicar este comportamiento se decide repetir el análisis identificando previamente aquellas interfaces que cuentan con elementos multimedia (lo que se ha llamado componente multimedia) de aquellas que no. En este caso, lo que se obtiene se muestra en la siguiente tabla:

Tabla 25. Resultados según interfaces con y sin componente multimedia

RMSE	Estética clásica	Estética expresiva
Buscadores con componente multimedia	0.82	0.78
Buscadores sin componente multimedia	0.72	0.73

Como puede verse, en este caso queda patente que el modelo se ajusta mejor a los resultados obtenidos para la estética expresiva en aquellas interfaces que cuentan con elementos multimedia en su diseño. Esto se debe, principalmente, a que de esa forma las interfaces tienen un aspecto más similar a las webs normales, por lo que el modelo se comportaría tal y como lo hace a nivel general.

6.2.6. Comprobación de la adecuación del modelo según perfil de usuario

La última validación relativa al modelo que ha sido realizada es la relacionada con su adecuación al perfil de usuario. Como se ha explicado, en la encuesta realizada no sólo se ha solicitado la opinión acerca del aspecto estético de las interfaces evaluadas, sino que se han realizado algunas preguntas encaminadas a obtener información acerca del tipo de usuario que accedía al formulario y su contexto de uso.

El análisis de la adecuación del modelo según el contexto de uso no ha podido realizarse dado que no existen diferencias significativas en lo que se refiere a los parámetros contemplados en esta caso, tales como la frecuencia de uso de internet, el dispositivo con el que se ha realizado la encuesta, etc. Es decir, el conjunto de usuarios que realizaron la encuesta mostraban unas características muy similares para todos estos aspectos, por lo que la diferenciación de las puntuaciones según grupos disjuntos no pudo realizarse de forma que existiera una muestra representativa para cada clase que pudiera identificarse.

Caso aparte ha sido el estudio de la adecuación del modelo según la información del perfil de usuario, dado que esta vez sí que pudieron establecerse grupos lo suficientemente grandes como para que los resultados fueran representativos. En este sentido, y de acuerdo a la información obtenida, se decidió estudiar la adecuación del modelo bajo dos perspectivas:

- según el género del participante, dado que, según la opinión de expertos en el tema, existen diferencias en cuanto a preferencias y percepción, tal y como queda reflejado en [Correa et al 07] y [Ellis y Ficek 01]. En este sentido, y tal y como se ha comentado anteriormente, 60 de los 112 participantes eran hombres, lo que representa casi un 54% del total.
- según su edad, estableciendo para este caso dos grupos de análisis para los que se dividió a la población según fueran mayores o menores de 30 años en el momento en que realizaron la encuesta dado que, según se muestra en distintas publicaciones ([Correa et al 07], [Haegerstrom-Portnoy et al. 99]), la percepción de la tonalidad de los colores varía a partir de esa edad debido al propio oscurecimiento de la córnea y del cristalino. Aunque los grupos obtenidos no contienen el mismo número de integrantes (78 para los mayores de 30 años, 34 para los menores), ambos grupos son suficientemente numerosos como para poder diferenciar la población completa según este criterio.

De acuerdo a esta división, los resultados obtenidos relativos a la adecuación del modelo según estas dos características se muestran en las siguientes tablas:

Tabla 26. Resultados de la validación del modelo según el género del usuarios

	Estética Clásica		Estética expresiva		Aspecto general	
	Hombres	Mujeres	Hombres	Mujeres	Hombres	Mujeres
RMSE	0.92	0.89	1.13	1.05	1.19	1.16

De acuerdo a los resultados según el género del usuario mostrados en la tabla anterior, puede comprobarse que el modelo presenta una mayor adecuación a la respuesta de las mujeres. De hecho, la aproximación a la opinión femenina con respecto a la masculina es entre un 2.5% y un 7.6% mejor según se analice el aspecto general o la estética expresiva respectivamente.

Tabla 27. Resultados de la validación del modelo según el grupo de edad del usuario

	Estética Clásica		Estética expresiva		Aspecto general	
	>30	<30	>30	<30	>30	<30
RMSE	0.94	0.85	1.10	1.08	1.19	1.18

En lo relativo a la respuesta del modelo según los grupos de edad contemplados, puede verse que su adecuación es mayor para los usuarios con edades inferiores a los 30 años, con adecuaciones mayores del orden del 10% para la estética clásica y del 2% para la expresiva.

El análisis de estos resultados nos lleva a asegurar que el modelo obtenido, aún cuando presenta unos resultados positivos para el conjunto de los usuarios, resulta más adecuado para su aplicación frente a conjuntos concretos, ya sea de mujeres frente a hombres o de personas menores de 30 años frente a los mayores de dicha edad. Por esta razón, la aplicación del modelo para la obtención de una evaluación objetiva del aspecto estético de una interfaz estaría más indicada cuando el público objetivo al que vaya dirigido sea, mayoritariamente, de este tipo.

7. CONCLUSIONES Y LÍNEAS DE TRABAJO FUTURAS

A lo largo de este capítulo se presenta un resumen del proceso seguido en el desarrollo de esta tesis, los resultados obtenidos más destacables, las ventajas del modelo alcanzado y, finalmente, la descripción de un conjunto de posibles líneas de investigación a seguir en el futuro.

7.1. PROCESO SEGUIDO

Tal y como se plasmó en el apartado dedicado a la planificación, a lo largo de la realización de esta tesis se ha seguido una metodología concreta de investigación gracias a la cual se han obtenido los resultados buscados. De esta forma, y expuesto ya el trabajo, el proceso seguido puede resumirse según los siguientes epígrafes:

Necesidad de avanzar en la evaluación de la estética en las interfaces web

El estudio de la usabilidad y las distintas formas de evaluación asociadas supuso el germen de inicio de esta tesis. Mediante el análisis de esta dimensión se llegó al conocimiento de que existe un elemento de especial importancia a la hora de estudiar qué influye no sólo en la propia usabilidad, sino en la experiencia de usuario completa asociada al uso de una interfaz: su estética. Este descubrimiento abrió un amplio campo de investigación donde se detectaron diversas carencias y, dada la importancia que estudios anteriores daban a la consecución de soluciones con aspecto visual atrayente para favorecer su uso y con ello la predisposición del usuario a manejarlas, el trabajo pasó a centrarse en este aspecto y en intentar encontrar un modelo que viniese a solventar algunas de las carencias detectadas.

Estudio del estado del arte relativo a la estética web y las dimensiones y elementos asociados

Definido ya el eje central del trabajo de investigación a desarrollar, el siguiente paso se encaminó a realizar un análisis en profundidad del estado del arte asociado, identificando las principales tendencias en el análisis de la estética web, así como determinar sobre qué características de la experiencia de usuario el aspecto visual de la interfaz puede influir. Además, para contextualizar el trabajo se ha realizado un estudio del avance experimentado en el ámbito de desarrollo de las interfaces gráficas de usuario, así como un recorrido histórico sobre el propio concepto de la estética, completándolo con una explicación de los modelos psicológicos existentes acerca de la percepción. Gracias a esta última fase han podido identificarse, además, qué elementos son los más influyentes en la generación de

dicha percepción, sirviendo estos como punto de partida para la identificación de los descriptores de imagen que darán lugar al modelo de evaluación buscado.

Necesidad de un nuevo modelo de evaluación automático

Junto con el análisis del estado del arte se ha realizado un importante trabajo de diagnóstico de la situación actual, determinándose varias carencias claves. La primera y más evidente es la relacionada con la ausencia de un modelo completo de evaluación automático que no precise de la intervención de usuarios finales sobre un desarrollo avanzado de la interfaz a evaluar. Además, y estudiando cada uno de los intentos previos por obtener este tipo de soluciones, se ha llegado a la conclusión de que en la mayoría de los casos estos se basan en el análisis de la complejidad mediante la determinación de modelos concretos cuya obtención no proviene de la aplicación de una metodología clara, obviando además que, tal y como señalan numerosos autores, la opinión acerca del aspecto de una interfaz se realiza tan rápidamente que el usuario se basa únicamente en la impresión general recibida, sin entrar en detalle sobre qué contenido es el presentado ni de qué forma. Y los que se basan en otras características no realizan un estudio en profundidad para contemplar los principales factores influyentes en la percepción.

De acuerdo a estas premisas se establece la absoluta necesidad de seguir avanzando en el intento de obtener un modelo completo que permita una evaluación de la estética de las interfaces basada en la obtención y modelado de descriptores básicos y fácilmente obtenibles, haciendo con ello más asequible el propio proceso de evaluación.

Determinación de un conjunto de descriptores de imagen para el modelado de la estética web

Según lo que acaba de señalarse, el siguiente paso se centró en la determinación de los descriptores de imagen sobre los que se construiría el modelo de evaluación. Para su obtención se establecieron dos requisitos claves: el primero, que estuvieran relacionados con los factores más influyentes en el proceso de percepción humana de las imágenes y el segundo, que provinieran de un análisis claro y conciso de la propia imagen de la interfaz, determinando para ello que la utilización de parámetros derivados del estándar MPEG-7 podrían representar un buen ejemplo, sobre todo teniendo en cuenta la validez de su aplicación en entornos de aplicación similares. Además, su utilización aseguraría, de forma adicional, que el modelo permitiría dar una respuesta acerca de la impresión temprana del usuario frente al estímulo, sin necesidad de determinar parámetros ampliamente utilizados en este entorno como son los relativos a la complejidad de la presentación.

Obtención y validación del modelo de evaluación

Identificados ya los descriptores apropiados para analizar la estética en relación a la propia percepción, el siguiente paso consistió en obtener el modelo final de evaluación a partir de la aplicación de un modelo de regresión concreto con respecto a las opiniones vertidas por un grupo amplio de usuarios sobre un conjunto representativo de distintos tipos de interfaces web. Se realizó un esfuerzo importante en comprobar la correcta generación del modelo según los requisitos que este tipo de algoritmos matemáticos precisa.

Una vez obtenido el modelo general, la última fase del proceso se centró en validarlo sobre dos conjuntos de prueba adicionales: uno genérico obtenido de estudios previos, y uno centrado en el ámbito de los buscadores webs generado a partir de la realización de un estudio de campo sobre un total de más de cien usuarios. Esto permitió analizar la adecuación del modelo y determinar sobre qué tipo de interfaces y usuarios proporciona resultados más ajustados, así como estudiar las diferencias derivadas de las distintas concepciones que de la estética existen.

7.2. RESULTADOS MÁS DESTACABLES Y VENTAJAS DEL MODELO

De la investigación realizada, basada en la metodología que acaba de señalarse, pueden destacarse los siguientes resultados:

Diagnóstico del estado actual de la evaluación de la estética web

La labor de investigación realizada ha sido muy amplia, lo que ha permitido obtener información suficiente como para hacer un análisis profundo del estado actual. Además, mediante técnicas asociadas a los procesos de reingeniería de procesos ha podido realizarse un diagnóstico completo del entorno relativo a la investigación en estética web que puede servir como base de futuras investigaciones en el entorno.

Determinación de descriptores claves para la generación de un modelo automático de evaluación de la estética web

La comparación del objetivo buscado en esta tesis con estudios anteriores en el ámbito de la recomendación de contenidos multimedia ha permitido establecer un conjunto de parámetros asociados a las características visuales de las interfaces que, según ha quedado demostrado, están muy relacionados con los factores que afectan a la propia percepción humana. Estos parámetros se han clasificado según tres grandes grupos (textura, color y luminancia) y han permitido la obtención de un modelo concreto para evaluar la opinión acerca del aspecto estético de las interfaces web.

Nuevo modelo de evaluación

A partir de los descriptores se ha obtenido un modelo que incluye las tres dimensiones básicas de la percepción y cuyos resultados muestran una mayor aproximación

Capítulo 7: Conclusiones y líneas de trabajo futuras

a las opiniones de los usuarios a partir de un conjunto más limitado de descriptores que estudios previos, lo que facilita su aplicación en entornos de este tipo.

Adecuación del modelo

Finalmente se ha demostrado que el modelo obtenido presenta una mejor respuesta frente a perfiles concretos de usuario como son las mujeres menores de 30 años, aunque es necesario indicar que las diferencias apreciadas no son especialmente significativas.

En cuanto a las principales ventajas que la aplicación de este modelo podría conllevar, caben destacarse las siguientes:

Determinación de un modelo centrado en el análisis de los parámetros que influyen en la primera impresión

Gracias a esto no ha sido necesario definir nuevos parámetros centrados en aspectos como la complejidad o la distribución del contenido dentro de la interfaz, pudiendo explorar otros campos menos estudiados. Además, y dada la importancia que dicha primera impresión tiene sobre el comportamiento posterior del usuario, la aplicación de este modelo asegura el análisis de una dimensión de especial interés para los desarrolladores gráficos.

Obtención de un modelo de fácil aplicación

Como consecuencia derivada de la utilización de los parámetros anteriormente indicados, el modelo obtenido para la evaluación de la estética pasa a ser un modelo mucho más sencillo que los anteriores. El análisis de bajo nivel se realiza directamente con algoritmos matemáticos de aplicación directa sobre la imagen a estudiar, sin necesidad de que ésta sea previamente procesada, clasificado su contenido o analizados los elementos que contiene junto con su distribución en su interior.

Reducción de los tiempos y recursos empleados en la evaluación

Finalmente, y como suma de las dos anteriores, el modelo obtenido con esta tesis representa una solución de bajo coste para el análisis de la estética visual de las interfaces web. Dado que se basa en el análisis de las imágenes mediante algoritmos de visión artificial y su modelado según técnicas de regresión matemática, no es necesario que en el proceso participen usuarios finales, eliminando por tanto la necesidad de realizar estudios de campo. Además, y dado que el modelo puede aplicarse en cualquier momento del desarrollo, la interpretación temprana de los resultados obtenidos gracias a su aplicación sobre cualquier prototipo permite hacerse una idea de la posible acogida que tendrá la interfaz, habilitando con ello un método para la pronta detección de problemas de diseño y reduciendo así los costes asociados a los cambios realizados en momentos más avanzados de la implementación de cualquier solución de este tipo.

7.3. LÍNEAS DE INVESTIGACIÓN FUTURAS

El trabajo presentado en este documento representa una continuación natural de la investigación en el ámbito de la estética web, ahondando en algunos temas previamente propuestos y abriendo otros nuevos. En relación a esto, y teniendo en cuenta los resultados obtenidos, varias pueden ser las líneas de avance futuro a plantear con el fin de conseguir una evolución del modelo de evaluación obtenido, señalándose a continuación las más destacadas:

- Enriquecimiento del modelo mediante la inclusión de descriptores adicionales que permitan tener en cuenta parámetros nuevos cuya influencia en el proceso de percepción sea considerable. En este sentido, puede contemplarse la posibilidad de evaluar la influencia que la presencia de elementos multimedia pudiera tener, considerando, por tanto, la incorporación de parámetros asociados al vídeo o al audio presente en cualquier interfaz web avanzada.
- Combinación del modelo con métodos de análisis previos basados en la evaluación de la complejidad, de la asimetría, etc. ya existentes en el estado del arte actual. Esto permitiría completar el modelo obtenido mediante la inclusión de unas dimensiones adicionales que el usuario contempla más allá de la primera impresión, pudiendo con ello tener en cuenta la distribución del propio contenido dentro de la interfaz.
- Hibridación de la solución propuesta con lo que se conoce como modelos de saliencia [Courty y Marchand 03], encargados de analizar la atención visual y determinar los puntos potencialmente significativos en la interfaz. Esto permitiría concentrar la aplicación del modelo en las zonas de mayor interés para el usuario, reduciendo con ello la influencia que pudiera tener en el resultado aquellas zonas menos importantes y, por lo tanto, posiblemente descartadas sobre todo durante los primeros instantes de evaluación [Itti et al. 98], [Park et al. 02].
- Introducción de factores contextuales en el modelo de evaluación, con el objetivo de tener en cuenta no sólo la interfaz a analizar, sino el conjunto de elementos que componen la propia experiencia de uso. En este sentido, podría analizarse la adecuación del modelo a entornos distintos a los de los buscadores en la web, o cómo se modifica la percepción según el dispositivo desde el que se esté accediendo a la solución.
- Personalización del modelo según características de usuario, mediante la aplicación de métodos matemáticos como los modelos de efectos lineales mixtos, donde cada dato demográfico sería contemplado como una variable fija. Esto permitiría obtener modelos concretos para cada segmento poblacional específico que quisiera considerarse como público objetivo de la interfaz.

Capítulo 7: Conclusiones y líneas de trabajo futuras

Como puede verse, y aun cuando el avance conseguido mediante la realización de esta tesis ha sido amplio, existen varias posibilidades de evolución del modelo según distintos ámbitos de estudio, gracias a lo cual podría obtenerse el método definitivo de evaluación automática de la estética.

8 ■ INDICIOS DE CALIDAD

El trabajo presentado en esta tesis se ha realizado en base no sólo al estudio individual sino a la colaboración en distintos proyectos de investigación, dando lugar a diversas publicaciones y otros méritos que pasan a enumerarse.

8.1. PUBLICACIONES

Revistas internacionales:

- S. Uribe, F. Álvarez, J. M. Menéndez y G. Cisneros. “*Visual Targeted Advertisement System Based on User Profiling and content Consumption for Mobile Broadcasting Television*” Mobile Networks and Applications (MONET) Journal, 2010.
- F. Sánchez, M. Barrilero, S. Uribe, F. Álvarez, A. Tena, J. M. Menéndez, “*Social and content hybrid image recommender system for mobile social networks*”. Mobile Networks and Applications (MONET) Journal, Special Issue on Mobility and Social Networks Confluence, 2012.

Congresos internacionales:

- S. Uribe, I. Fernández-Cedrón, F. Álvarez and J.M. Menéndez, “*Content personalization system based on user profiling for Mobile Broadcastong television*”. 1st International ICST Conference on User Centric Media- UCMedia 2009, ISBN: 978-3-642-12629-1, 2009.
- S. Uribe, F. Álvarez, I. Fernández-Cedrón, J.M. Menéndez and J.L. Núñez, “*Content personalization system based on user profiling for Mobile Broadcasting Television*”. 1st International ICST Conference on User Centric Media, Venecia, Diciembre 2009.
- S. Ruiz de Castroviejo, S. Uribe, F. Alvarez, J.M Menéndez, C.A. Martín, “*Real-time television consumption measurement for content personalization system based on mobile devices*”. IEEE International Conference on Consumer Electronics, ISSN: 2158-3994, pag. 775, Las Vegas (USA), Enero 2011.
- M.Barrilero, S. Uribe, M. Alduan, F. Sánchez, F. Álvarez, “*In-network content based image recommendation system for Content-aware Networks*”, IEEE INFOCOM 2011 International Workshop on Future Media Networks and IP-based TV, Shanghai, 10-15 de April, 2011.
- S. Uribe, F. Álvarez, J. M. Menéndez, “*Personalized Adaptive Media Interfaces for Multimedia Search*”, Proceedings of the 2011 International Conference on

Computational Aspects of Social Networks (CASoN) 19 – 21 oct., Salamanca, Spain, October 2011.

- C. A. Martín, C. García, S. Uribe, J. M. Menéndez, G. Cisneros. “*Speech Synthesis for People with a Visual Impairment in Digital Television Receivers*”. 2012 IEEE International Conference on Consumer Electronics (ICCE), ISBN: 978-1-4577-0229-7. Las Vegas (Estados Unidos). 13-16 de Enero de 2012.
- S. Uribe, F. Álvarez, J. M. Menéndez, “*New usability evaluation model for a personalized adaptive media search engine based on interface complexity metrics*”, NEM Summit Congress, 16-18 Oct 2012.
- M. Quintana, F. Sánchez, S. Uribe, F. Alvarez “*Recommendation techniques in forensic data analysis: a new approach*”, International Conference on Image for Crime Detection and Prevention (ICDP). 15-17 de Julio de 2015.
- S. Uribe, F. Álvarez, J. M. Menéndez, “*MPEG-7 low level image descriptors for modeling users’ web pages visual appeal opinion*”. 5th IEEE International Conference on Consumer Electronics (ICCE), Berlin. Sept. 6-9, 2015.

8.2. OTROS MÉRITOS

En paralelo con el desarrollo de esta tesis se han realizado, además, diversos proyectos de investigación que han resultado de una influencia vital para el conocimiento del entorno multimedia, el diseño centrado en el usuario, la personalización de contenidos y las técnicas estadísticas asociadas a dichos procesos:

- Zentym (2007-2008, proyecto privado): publicidad personalizada para televisión móvil.
- Movilidad Interactiva (2008-2009, proyecto nacional): investigación en el campo de los servicios inteligentes avanzados para el ámbito móvil.
- I4TV (2009-2011, privado): análisis cuantitativo de audiencias.
- BUSCAMEDIA (2009-2011, proyecto CENIT): Hacia una adaptación semántica de medios digitales multirred-multiterminal.
- CIUDAD2020 (2011-2014, proyecto INNPRONTA): Hacia un nuevo modelo de ciudad inteligente sostenible: eficiencia energética, internet de las cosas, movilidad y transporte en *smart cities*.
- LASIE (2014-2017, proyecto europeo 7º Programa Marco): desarrollo de un marco para el procesamiento inteligente de datos forenses.
- LPS-BIGGER (2015-2017, proyecto CIEN): línea de producto software para big data a partir de aplicaciones innovadoras en entornos reales.

Capítulo 8: Indicios de calidad

De forma adicional, a lo largo de estos años de investigación se han desarrollado un conjunto de herramientas software que han sido propiamente registradas en el Registro de la Propiedad Intelectual de Madrid:

- *Módulo de comunicaciones entre servidor y terminales móviles en un sistema de medida de consumos de audiencia de TV y de realización de encuestas mediante un panel de usuarios.* Autores: Silvia Alba Uribe, Sergio Ruíz de Castroviejo, Iago Fernández-Cedrón, Federico Álvarez, José Manuel Menéndez, Carlos Alberto Martín. Fecha: 10/08/2010.
- *Aplicación de emulación de mando a distancia, de medidas de consumo televisivo y de gestión de encuestas para Java/Symbian.* Autores: Sergio Ruiz de Castroviejo, Silvia Alba Uribe, Iago Fernández-Cedrón, José Manuel Menéndez, Federico Álvarez, Carlos Alberto Martín. Fecha de inscripción: 27/09/2010.
- *Aplicación de emulación de mando a distancia, de medidas de consumo televisivo y de gestión de encuestas para MS Windows Mobile.* Autores: Sergio Ruíz de Castroviejo, Silvia Alba Uribe, Iago Fernández-Cedrón, Federico Álvarez, José Manuel Menéndez, Carlos Alberto Martín. Fecha: 27/09/2010.
- *Base de datos para la gestión de un panel de medida de consumos de audiencias de TV y de realización de encuestas.* Autores: Iago Fernández-Cedrón, Silvia Alba Uribe, Sergio Ruiz de Castroviejo, Federico Álvarez, José Manuel Menéndez, Carlos Alberto Martín. Fecha: 27/09/2010.
- *Módulo de generación y gestión de encuestas para un sistema de medición de consumos televisivos y de realización de encuestas a través de un panel de usuarios.* Autores: Iago Fernández-Cedrón, Silvia Alba uribe, Sergio Ruiz de Castroviejo, José Manuel Menéndez, Federico Álvarez, Carlos Alberto Martín. Fecha: 14/10/2010.
- *Módulo de gestión del servidor en un sistema de medición de consumos televisivos y de realización de encuestas a través de un panel de usuarios.* Autores: Iago Fernández-Cedrón, Silvia Alba Uribe, Sergio Ruiz de Castroviejo, Federico Álvarez, José Manuel Menéndez, Carlos Alberto Martín. Fecha: 14/10/2010.

Finalmente se indica que, a lo largo de este periodo, la investigadora ha tenido oportunidad de continuar con su formación realizando el Máster en Dirección de Sistemas de Información y Comunicaciones MDSIC (UPM), completándolo como número uno de su promoción. La realización de este máster ha permitido enfrentar la labor de completar esta tesis a través de una dimensión adicional más relacionada con la gestión de procesos, procurando con ello un análisis más completo de la situación de partida y de la solución buscada.

9. REFERENCIAS

- [Abbadeni et al 78] Abbadeni, N. Ziou, D. And Wang, S. 1978. Perceptual textural features corresponding to human visual perception. IEEE Transactions on System, Man and Cybernetics, Vol. 8, issue 6. 365-372.
- [Altaboli y Lin 11] Altaboli, A. And Lin, Y. 2011. Objective and subjective measures of visual aesthetics of website interface design: the two sides of the coin. In Proceedings of the 14th International Conference on Human-computer Interaction: Design and Development Approaches – Volume Part I (HCII'11), Julie A. Jacko (Ed.), Springer-Verlag, Berlin, Heidelberg, 35-44.
- [de Angeli et al 06] de Angeli, A., Sutcliffe, A., and Hartmann, J. 2006. Interaction, usability and aesthetics: what influences users' preferences?. In Proceedings of the 6th conference on Designing Interactive Systems (DIS '06). ACM, New York, NY, USA, 271-280.
- [Bannon 86] Bannon, L.J. 1986. Computer-mediated communication. In D.A. Norman and S.W. Draper, editors, User Centered System Design: New Perspectives on Human Computer Interaction, 433–452.
- [Barber y Badre 98] Barber, W., and Badre, A. 1998. Culturability: The Merging of Culture and Usability. In Conference on Human Factors & the Web.
- [Baron et al. 06] Baron, M. Lucquiaux, V. Autard, D. et Scapin, DL. 2006. K-MADe: un environnement pour le noyau du modèle de description de l'activité. Proceedings of the 18th French-speaking conference on Human-computer interaction, Montreal, Canada, April 18-21 2006.
- [Barrilero et al 11] Barrilero, M., Uribe, S., Alduán, M., Sánchez, F., Álvarez, F. 2011. In-network content based image recommendation system for Content-aware Networks. IEEE Conference on Computer Communications Workshops (INFOCOM WRKSHPS). (2011). 115-120,
- [Bastan et al. 10] Bastan, M., Cam, H., Gudukbay, U. and Ulusoy, O. 2010, BilVideo-7: An MPEG-7 Compatible Video Indexing and Retrieval System, IEEE MultiMedia, Vol. 17, no. 3, 62-73.
- [Berlyne 71] Berlyne, D. E. 1970. Aesthetics and Psychobiology. New York: Appleton-Century-Crofts.
- [Birkhoff 32] Birkhoff, G. D. 1932. Aesthetic Measure. Cambridge, Mass.: Harvard University Press.
- [Bolter y Gromala 03] Bolter, J., and Gromala, D. 2003. Windows and Mirrors. MIT Press. pp. 22.
- [Boselie 92] Boselie, F., 1992. The golden section has no special aesthetic attractivity! Empirical Studies of the Arts (reprinted), Swede, G. (Ed.), 1994. The psychology of art: An Experimental Approach, Vol. 10, issue 1. Canadian Scholars' Press Inc., Toronto, 1–18
- [Broke 96] Brooke, J. 1996. SUS: A quick and dirty usability scale. Usability Evaluation in Industry, PW. Jordan, B. Thomas, BA. Weerdmeestes and IL. McClelland (Eds). Taylor & Francis. London.
- [Cober et al 03] Cober, R.T., Brown, D.J., Levy, P.E., Cober, A.B. and Keeping, L.M. 2003.

Capítulo 9: Referencias

- Organizational Web Sites: Web Site Content and Style as Determinants of Organizational Attraction. *International Journal of Selection and Assessment*, Vol. 11, 158-169.
- [Cook 77] Cook, R.D., 1977. Detection of influential observation in linear regression. *Technometrics*, Vol 19, no.1,15-18.
- [Cook y Weisberg 94] Cook, R. D., Weisberg, S. 1994. An introduction to regression graphics. New York, Ed. Wiley. p. 118.
- [Correa et al 07] Correa, V., Estupiñan, L., García, Z., Jiménez, O., Prada, L. F., Rojas, A., Rojas, S., Cristancho, E., 2007. Percepción visual del rango de color:diferencias entre género y edad, *Revista Med*, Vol. 15, issue 1,7-14.
- [Coursaris et al 08] Coursaris, C., Swierenga, S., and Warall, E. 2008. An Empirical Investigation of Color Temperature and Gender Effects on Web Aesthetics. *Journal of Usability Studies*. Vol.3, issue 3, 103–117.
- [Courty y Marchand 03] Courty, N. and Marchand, E. Visual perception based on salient features, *International Conference on Intelligent Robots and Systems*, 2003. (IROS 2003) *IEEE/RSJ, Vol. 1, 1024-1029*
- [Chao 09] Chao, G. 2009. Human-Computer Interaction: Process and Principles of Human-Computer Interface Design. *Computer and Automation Engineering*, 2009. *ICCAE '09. International Conference on*, 230-233.
- [Chin et al. 88] Chin, J. P., Diehl, V. A., and Norman, K. L. 1988. Development of an instrument measuring user satisfaction of the human-computer interface. In *Proceedings of the SIGCHI Conference on Human Factors in Computing Systems (CHI '88)*, J. J. O'Hare (Ed.). ACM, New York, NY, USA, 213-218.
- [Cyr et al 05] Cyr, D., Bonanni, C., Bowes, J. And Ilsever, J. 2005. Beyond Trust: Website design preferences across cultures. *Journal of Global information Management*.
- [Cyr et al 06] Cyr, D., Head, M., and Ivanov, A. 2006. Design aesthetics leading to m-loyalty in mobile commerce. *Inf. Manage*. Vol. 43, issue 8, 950-963.
- [Cyr et al 10] Cyr, D., Head, M., and Larios, H. 2010. Colour Appeal in Website Design Within and Across Cultures: A Multi-method Evaluation. *Int. Journal of Human-Computer Studies*. Vol. 68, issue 1-2, 1–21.
- [Donyaee et al 06] Donyaee, M., Seffah, A. and Rilling, J. 2006. Exploring the correlations between predictive usability measures and user test. *International Conference on Software and Product Measurement (MENSURA)*.
- [Dion et al. 72] Dion, K., Berscheid, E., Walster, E., 1972. What is beautiful is good. *Journal of Personality and Social Psychology*. Vol. 24, issue 3, 285–290.
- [Ellis y Ficek 01] Ellis L, Ficek C. 2001. Color preferences according to gender and sexual orientation. *Personality and Individual Differences*. Vol. 31, 1375-1379.
- [Feagin y Maynard 97] Feagin, S., Maynard, P., 1997. *Aesthetics*. Oxford University Press, Oxford
- [Fechner 1860] Fechner, G. T. 1860. *Elemente der Psychophysik (Elementos de psicofísica)*. Leipzig: Breitkopf and Härtel, 1889 (1860), 2ª edición, inmodificada, a cargo de W. Wundt.
- [Fogarty et al 01] Fogarty, G., Forlizzi, J., Hudson, S.E., 2001. Aesthetic information collages: generating decorative displays that contain information. *Proceedings of the 14th Annual ACM Symposium on User Interface Software and Technology*.

Capítulo 9: Referencias

- [Folmer y Bosch 04] Folmer, E., Bosch, J., 2004. Architecting for Usability; a Survey. *Journal of Systems and Software*, Vol. 70, issue 1, 61-78
- [Forlizzi y Battarbee 04] Forlizzi, J., and Battarbee, K. 2004. Understanding experience in interactive systems. *Proceedings of the Conference on Designing Interactive systems processes, practices, methods, and techniques – DIS '04*. New York, USA: ACM Press, 261-268.
- [Fu et al 03] Fu, F., Chiu, S-Y., and Su, C.H. 2007. Measuring the screen complexity of web pages. In *Proceedings of the Conference on Human interface: Part II*, Michael J. Smith and Gavriel Salvendy (Eds.). Springer-Verlag, Berlin, Heidelberg, 720-729.
- [Gerhardt 08] Gerhardt, W. 2008. Prosumers. A new Growth Oportunity. Cisco Internet Business Solutions Group (IBSG).
- [Gilchrist 77] Gilchrist, A. L. 1977. Perceived lightness depends on perceived spatial arrangement. *Science*. Vol. 95, 185-187
- [Gilchrist 94] Gilchrist, A. L. (Ed.) 1994. *Lightness, brightness and transparency*. Hillsdale.
- [Gurnsey y Browse 89] Gurnsey, R., and Browse, R. A., 1989, Asymmetries in visual texture discrimination, *Spatial Vision*, Vol. 4, 31-44.
- [ISO/IEC] International Organization for Standarization/International Electrotechnical Commission (s.f). Recuperado el 3 de diciembre de 2015 de http://www.iso.org/iso/standards_development/processes_and_procedures/iso_iec_directives_and_iso_supplement.htm
- [ISO/IEC 15938-3] ISO/IEC 15938-3:2002/AMD 3:2009, Information Technology – Multimedia content description interface – Part 3: Visual, Amendment 3: Image signature tools.
- [Itti et al. 98] Itti, L., Koch, C., Niebur, E. 1998. A model of saliency-based visual attention for rapid scene analysis. In *IEEE Transactions on Pattern Analysis and Machine Intelligence*, Vol. 20, no. 11, 1254-1259.
- [Haegerstrom-Portnoy et al. 99] Haegerstrom-Portnoy G, Schneck ME, Brabyn J. 1999. Seen into old age. *Optometry and Vision Science*. Vol. 76, 141-158.
- [Hall y Hanna 04] Hall, R. H., and Hanna, P. 2004. The Impact of Web Page Text-background Colour Combinations on Readability, Retention, Aesthetics and Behavioural Intention. *Behaviour & Information Technology*. Vol 23, issue 3, 183–195.
- [Hartmann et al 08] Hartmann, J., Sutcliffe, A., and De Angeli, A. 2008. Towards a theory of user judgment of aesthetics and user interface quality. *ACM Trans. Computer-Human Interaction*. Vol. 15, issue 4, Article 15, 30 pages.
- [Hasler y Suesstrunk 03] Hasler, D., Suesstrunk, S.E. 2003. Measuring colourfulness in natural images. In *Proc. SPIE/IS&T Human Vision and Electronic Imaging*, 5007, 87-95.
- [Hassenzahl 03] Hassenzahl, M 2005. The thing and I: understanding the relationship between user and product. In *Funology*, Mark A. Blythe, Kees Overbeeke, Andrew F. Monk, and Peter C. Wright (Eds.). Kluwer Academic Publishers, Norwell, MA, USA 31-42.
- [Hassenzahl y Tractinsky 06] Hassenzahl, M., and Tractinsky, N. 2006. User experience – a research agenda. *Behaviour & Information Technology*, Vol. 25, issue 2, 91-97.
- [Hassenzahl 08] Hassenzahl, M. 2008. The interplay of beauty, goodness, and usability in

Capítulo 9: Referencias

- interactive products. *Human-Computer Interaction*. Vol. 19, issue 4, 319-349.
- [vanderHeijden 03] van der Heijden, H., 2003. Factors influencing the usage of websites: the case of a generic portal in the Netherlands. *Information and Management* Vol. 40, 541–549.
- [Heckmann et al. 05] Heckmann, D., Schwartz, T., Brandherm, B., Schmitz, M. And von Wilamowitz-Moellendorff, M. 2005. GUMO- The General User Model Ontology. *User Modeling 2005. Lecture Notes in Computer Science*, 2005, Vol. 3538, 428-432.
- [Hintze 07] Hintze, J. L., 2007. Stepwise regression. On *NCSS Statistical System User's Guide III Regression and Curve Fitting*. Chapter 311, 197-207.
- [Hoffmann y Krauss 04] Hoffmann, K. And Krauss, F. A critical evaluation of literature on visual aesthetics for the web. *Proceedings of the 2004 annual research conference of the South African institute of computer scientists and information technologists on IT research in developing countries*. South African Institute for Computer Scientists and Information Technologists, 205-209
- [Hoyer y Stokburger-Sauer 11] Hoyer, W. D., and Stokburger-Sauer, N. E. 2011. The Role of Aesthetic Taste in Consumer Behavior. *Journal of the Academy of Marketing Science* Vol. 40, issue 1, 167–180.
- [Hsiu-Feng 13] Hsiu-Feng, W. 2013 Picture Perfect: Girls' and Boys' Preferences Towards Visual Complexity in Children's Websites. *Computers in Human Behavior*.
- [ISO 9241-210] International Organization for Standardization (2009). *Ergonomics of human system interaction – Part 210: Human-centered design for interactive systems (formerly known as 13407)*. ISO FDIS 9241-210 (2009).
- [Jones 11] Jones, J. 2011. How Steve Jobs made the world more beautiful. *The Guardian*, 6 October.
- [Johnson 99] Johnson, S. 1999. *Interface Culture: how new technology transforms the way we create and communicate*. Basic Books.
- [Jordan 98] Jordan, P.W., 1998. Human factors for pleasure in product use. *Applied Ergonomics* Vol. 29, issue 1, 25–33
- [Juárez et al. 02] Juárez, F., Villatorio, J. A. y López, E. K. 2002 *Apuntes de estadística inferencial*. México, D.F. Instituto Nacional de Psiquiatría Ramón de la Fuente.
- [Kim y Moon 98] Kim, J., and Moon, J. Y. 1998. Designing Towards Emotional Usability in Customer Interfaces – Trustworthiness of Cyber-banking System Interfaces. *Interacting With Computers* Vol. 10, 1–29.
- [Kimura 92] Kimura, D. 1992. Sex Differences in the Brain. *Scientific American* Vol. 12,1, 81-87.
- [Kirakowski y Corbett 93] Kirakowski, J. & Corbett, M. 1993. SUMI – The Software Usability Measurement Inventory. *British Journal of Educational Technology*, Vol. 24, issue 3, 210-212
- [Klimmt y Vorderer 03] Klimmt, C. Y Vorderer, P. 2003. Media psychology “is not yet there”: Introducing theories on media entertainment to the presence debate. *Teleoperators and virtual environments* Vol. 12, issue 4, 346-359.
- [Kurosu y Kashimura 95] Kurosu, M. And Kashimura, K. 1995. Apparent usability vs. Inherent usability: experimental analysis on the determinants of the apparent usability. In *Conference Companion on Human Factors in Computing Systems (CHI*

Capítulo 9: Referencias

- '95), I. Katz, R. Mack, and L. Marks (Eds.). ACM, New York, NY, USA, 292-293.
- [Langley 99] Langley, P. 1999. User Modelling in adaptive interfaces. Proceedings of the Seventh International Conference on User Modeling. Banff, Alberta: Springer, 357-370.
- [Lavie y Tractinsky 04] Lavie, T. And Tractinsky, N. 2004. Assessing dimensions of perceived visual aesthetics of web sites. *Int. J. Hum.-Comput. Stud.* Vol. 60, 3, 269-298.
- [Law et al 09] Law, E. L. C., Roto, V., Hassenzahl, M., Vermeeren, A. P. O. S., and Kort, J. (2009). Understanding, scoping and defining user experience: a survey approach. Proceedings of the 27th international conference on Human factors in Computing Systems 719–728. ACM.
- [Likert 32] Likert, R. 1932. A technique for the measurement of attitudes. *Archives of Psychology*, Vol. 22, 140
- [Lindgaard y Dudek 02] Lindgaard, G., Dudek, C., 2002. User satisfaction, aesthetics and usability: beyond reductionism. Proceedings International Federation of Information Processing, (IFIP2002), Montreal, 25–30 August
- [Lindgaard et al 06] Lindgaard, G., Fernandes, G., Dudek, C., Brown, J.M. 2006. Attention web designers: You have 50 milliseconds to make a good first impression!. *Behaviour & Information Technology* Vol. 25, issue 2, 115-126.
- [Lindgaard 07] Lindgaard, G. 2007. Aesthetics, Visual Appeal, Usability and User Satisfaction: What Do the User's Eyes Tell the User's Brain? *Australian Journal of Emerging Technologies and Society* Vol. 5, issue 1, 1–14.
- [Lindgaard et al. 11] Lindgaard, G., Dudek, C., Sen, D., Sumegi, L., & Noonan, P. 2011. An exploration of relations between visual appeal, trustworthiness and perceived usability of homepages. *ACM Transactions on Computer-Human Interaction*, 18(1), 1-30.
- [Liu 2003] Liu, Y. 2003. Engineering aesthetics and aesthetic ergonomics: Theoretical foundations and a dual-process research methodology. *Ergonomics*, Vol. 46, 13-14, 1273-1292.
- [Mahlke 02] Mahlke, S. 2002. Factors influencing the experience of website usage. In *CHI '02 Extended Abstracts on Human Factors in Computing Systems (CHI EA '02)*. ACM, New York, NY, USA, 846-847.
- [Mahlke 08] Mahlke, S. 2008 User Experience of interaction with technical systems. Thesis dissertation, Berlin University of Technology.
- [Manjunath et al. 02] Manjunath, S., Salembier, P., Sikora, T. 2002 Introduction to MPEG7: Multimedia Content Description interface. B. Ed. John Wiley & Sons, Ltd.
- [Mankeliunas 80] Mankeliunas, M. V. 1980. Los modelos en psicofísica. En A. Ardila (dir.). *Psicología de la percepción*. Mexico.
- [McCarthy y Wright 04] McCarthy, J. y Wright, P. 2004. Technology as experience. *Interactions* Vol. 11, 5, 42-43.
- [vanMeurs 09] van Meurs, N. 2009. Context-aware and adaptive interfaces. European Media Master of Arts in Interaction Design.
- [MinGW 15] Minimalist GNU for Windows: A native Windows port of the GNU Compiler Collection (GCC). Recuperado el 28 de diciembre de 2015 de <http://sourceforge.net/projects/mingw/>
- [Moshagen et al] Moshagen, M., Musch, J. and Göritz, A.S. 2009. A blessing, not a curse:

Capítulo 9: Referencias

- 09] Experimental evidence for beneficial effects on visual aesthetics on performance. *Ergonomics*, Vol. 52, 10, 1311-1320.
- [Moshagen y Thielsch 10] Moshagen, M y Thielsch, M.T., 2010. Facets of visual aesthetics. *Int. J. Hum.-Comput. Stud.* Vol. 68, 10, 689-709.
- [Moss et al. 06] Moss, G., Gunn, R., and Heller, J. 2006. Some Men Like It Black, Some Women Like It Pink: Consumer Implications of Differences in Male and Female Website Design. *Journal of Consumer Behavior* Vol. 5, 4, 328-341.
- [MPEG] Moving Picture Expert Group (s.f). Recuperado el 3 de diciembre de 2015 de <http://mpeg.chiariglione.org/>
- [MPEG ISO/IEC 00] MPEG. ISO/IEC CD 15938-(1-6) Information technology – Multimedia content description interface: Part 1-6. ISO / IEC JTC1 / SC29 / WG11 / N3701-N3706, MPEG, La Baule, FR, October 2000
- [Nasar 88] Nasar, J.L., 1988. *Environmental Aesthetics: Theory, Research, and Applications*. Cambridge University Press, Cambridge.
- [Nebeling et al 11] Nebeling, M., Matulic, F., and Norrie, M.C. 2011. Metrics for the evaluation of news site content layout in large-screen contexts. In *Proceedings of the SIGCHI Conference on Human Factors in Computing Systems (CHI '11)*. ACM, New York, NY, USA, 1511-1520.
- [NetMarketshare 15] NetMarketshare. Market Share Statistics for Internet Technologies. Recuperado el 12 de diciembre de 2015.
- [Ngo et al 00] Ngo, D.C.L., Samsudin, A., Abdullah, R. 2000. Aesthetics measures for assessing graphic screens. *J. Of Information Science and Engineering*, Vo. 16, 1, 97-116.
- [Ngo et al 03] Ngo, D.C.L., Teo, L.S., and Byrne, J.G. 2003. Modeling interface aesthetics. *Inf. Sci.* Vol. 152, 1, 25-46.
- [Nielsen 93] Nielsen, J. 1993. *Usability Engineering*. Morgan Kaufmann Publishers Inc., San Francisco, CA, USA.
- [Nielsen 00] Nielsen, J., 2000. *Designing Web Usability: The Practice of Simplicity*, New Riders Publishing. 11-12.
- [Norman 88] Norman, D.A., 1988. *The Psychology of Everyday Things*. Basic Books, New York.
- [Norman 98] Norman, D. 1998. The invisible computer: why good products can fail, the personal computer is so complex, and information appliances are the solutions. MIT Press.
- [Norman 02] Norman, D.A., 2002. Emotion and design: attractive things work better. *Interactions*, July Aug, 36–42
- [Norman 04] Norman, D.A. 2004. Introduction to this special section on beauty, goodness, and usability. *Hum.-Comput. Interact.* Vol. 19, 4, 311-318.
- [Osborne 68] Osborne, H., 1968. *Aesthetics and Art History*. Longman, Harlow
- [Pajusalu 12] Pajusalu, M. 2012. The evaluation of user Interface Aesthetics. Master thesis in the Institute of Informatics in Tallin University.
- [Palmer 02] Palmer, J.W. 2002. Web Site Usability, Design, and Performance Metrics. *Info. Sys. Research* Vol. 13, 2 , 151-167.
- [Papachristos y Avouris 11] Papachristos, E. and Avouris, N. 2011. Are first impressions about websites only related to visual appeal?. In *Proceedings of the 13th IFIP TC 13 international conference on Human-computer interaction – Volume Part I*

Capítulo 9: Referencias

- (INTERACT'11), Pedro Campos, Nuno Nunes, Nicholas Graham, Joaquim Jorge, and Philippe Palanque (Eds.), Berlin, Heidelberg, 489-496.
- [Park et al. 02] Park, S-L., Shin, J-K., Lee, M., 200.) Biologically inspired saliency map model for bottom-up visual attention. Lecture Notes in Computer Science, Chapter Biologically Motivated Computer Vision, Vol. 2525, pp 418-426.
- [Petroski 93] Petroski, H., 1993. The Evolution of Useful Things. Alfred A. Knopf, New York
- [Pham 00] Pham, B. 2000. Color Aesthetic Measures and Their Potential Usage. In Fyfe, C, Eds. Proceedings ICSC Symposia on Neural Computation (NC 2000) and Engineering of Intelligent Systems (EIS '2000), Paisley, Scotland.
- [Porteus 96] Porteous, J.D., 1996. Environmental Aesthetics: Ideas, Politics and Planning. Routledge, London.
- [Purchase et al 11] Purchase, H.C., Hamer, J., Jamieson, A. and Ryan, O. 2011. Investigating objective measures of web page aesthetics and usability. In Proceedings of the Twelfth Australasian User Interface Conference – Vol. 117 (AUIC '11), Christof Lutteroth and Haifeng Shen (Eds.). Australian Computer Society, Inc., Darlinghurst, Australia, 19-28.
- [Reeves y Nass 96] Reeves, B., Nass, C., 1996. The Media Equation. CSLI Publications, Stanford.
- [Refaeilzadeh et al. 09] Refaeilzadeh, P., Tang, L., Liu, H 2009. Cross-Validation In Encyclopedia of Database Systems, pp. 532-538.
- [Reinecke et al. 13] Reinecke, K., Yeh, T., Miratrix, L., Mardiko, R., Zhao, Y., Liu, J., and Gajos, K.Z. 2013. Predicting users' first impressions of website aesthetics with a quantification of perceived visual complexity and colorfulness. In Proceedings of the SIGCHI Conference on Human Factors in Computing Systems (CHI '13). ACM, New York, NY, USA, 2049-2058.
- [Reinecke y Gajos 14] Reinecke, K. y Gajos, K. Z. Quantifying visual preferences around the world. In Proceedings of the SIGCHI Conference on Human Factors in Computing Systems (CHI '14). ACM, New York, NY, USA, 11-20.
- [Rivest y Cavanagh 96] Rivest, J., Cavanagh, P., 1996, Localizing contours defined by more than one attribute, Vision Research, Vol. 36, 53-66.
- [Romitti et al 97] Romitti, S., Santoni, C., François. P. 1997: A design methodology and a prototyping tool dedicated to adaptive interface generation, In Proceedings of the 3rd ERCIM Workshop, Obernai, France.
- [Rosenholtz et al. 07] Rosenholtz, R., Li, Y., and Nakano, L. 2007. Measuring Visual Clutter. Journal of Vision 7, 2.
- [Roto et al. 11] Roto, V., Law, E., Vermeeren, A., Hoonhout, J. 2011. User Experience White Paper. Dagstuhl Seminar on Demarcating User Experience.
- [Rovira et al. 04] Rovira, M.; Gonzalez, J.; Lopez, A.; Mas, J.; Puig, A.; Fabregat, J.; Fernandez, G., 2004. IndexTV: a MPEG-7 based personalized recommendation system for digital TV. in Multimedia and Expo, 2004. ICME '04. 2004 IEEE International Conference on , Vol.2, 823-826.
- [Russell y Pratt 80] Russell, J.A., Pratt, G., 1980. A description of the affective quality attributed to environments. Journal of Personality and Social Psychology Vol. 38 (2), 311-322.
- [Salazar et al. 11] Salazar, N.I, Galván, C.H, Durán, E.B, Harari, I, 2011. Modelo de usuarios basado en estereotipos para interfaces adaptativas. Facultad de Ciencias

Capítulo 9: Referencias

- Exactas y Tecnologías, Universidad Nacional de Santiago del Estero.
- [Salembier y Sikora 02] Salembier, P., Sikora, T. 2002. Introduction to Mpeg-7: Multimedia Content Description Interface. B.S. Manjunath (Ed.). John Wiley & Sons, Inc., New York, NY, USA.
- [Sánchez et al. 12] Sánchez, F., Barrilero, M., Uribe, S., Álvarez, F., Tena, A., Menéndez, J.M. Social and content hybrid image recommender system for mobile social networks. *Mobile Networks and Applications*, Vol. 17, issue 6, 782-795. August 2012.
- [Schenkman y Jonsson 00] Schenkman, B.N., Jonsson, F.U., 2000. Aesthetics and preferences of web pages. *Behavior and Information Technology* Vol. 19 (5), 367–377.
- [Shadbolt 06] Shadbolt, N., Berners-Lee, T., y Hall, W. 2006. The Semantic Web Revisited. *IEEE Intelligent Systems* Vol. 21, 3, 96-101.
- [Shackel 09] Shackel, B. 2009. Usability – Context, framework, definition, design and evaluation. *Interact. Comput.* Vol. 21, 5-6, 339-346.
- [Sircella 75] Sircella, G., 1975. *A New Theory of Beauty*. Princeton University Press, Princeton, NJ
- [Shan y Hai-tao 08] Shan, Z., Hai-tao, W. 2008. Image Retrieval Based on Bit-Plane Distribution Entropy. *Computer, International Conference on Science and Software Engineering*, Vol. 4, 532-535.
- [Shedroff 01] Shedroff, N. 2001. *Experience Design 1*. New Riders Publishing, Thousand Oaks, CA, USA.
- [Sherry 04] Sherry, J. L. 2004. Flow and media enjoyment. *Communication Theory* Vol. 14 (4), 328-347.
- [Sonderegger y Sauer 10] Sonderegger, A., Sauer, J. 2010. The influence of design aesthetics in usability testing: Effects on user performance and perceived usability. *Applied Ergonomics*, Vol. 41, 3, 403-410.
- [Strebe 11] Strebe, R.. 2011. Visual aesthetics of websites: the visceral level of perception and its influence on user behavior. In *Proceedings of the 15th international conference on Theory and practice of digital libraries: research and advanced technology for digital libraries (TPDL'11)*, Stefan Gradmann, Francesca Borri, Carlo Meghini, and Heiko Schuldt (Eds.). Springer-Verlag, Berlin, Heidelberg, 523-526
- [Swede 94] Swede, G., 1994. Basic theoretical issues. In: Swede, G. (Ed.), *The Psychology of Art: An Experimental Approach*. Canadian Scholars' Press Inc, Toronto.
- [Tedesco et al. 04] Tedesco, D., Chadwick – Dias, A., and Tullis, T. 2004. Demographic Differences in Preferred Web Site Content. *Aging by Design*. Presentation at Bentley College, Waltham, Massachusetts.
- [Thielsch et al. 14] Thielsch, M. T., Blotenberg, I. and Jaron, R. 2014. User evaluation of websites: from first impression to recommendation. *Interacting With Computers*, Vol. 26, 1
- [Thüring y Mahlke 07] Thüring, M., & Mahlke, S. 2007. Usability, aesthetics and emotions in human technology interaction. *International Journal of Psychology*, Vol. 42(4), 253-264.
- [Tractinsky 97] Tractinsky, N., 1997. Aesthetics and apparent usability: empirically assessing cultural and methodological issues. *ACM CHI Conference Proceedings on Human Factors in Computing Systems*, 115–122.

Capítulo 9: Referencias

- [Tractinsky et al 00] Tractinsky, N., Shoval-Katz, A., Ikar, D., 2000. What is beautiful is usable. *Interacting with Computers* Vol. 13, 127–145.
- [Tractinsky et al. 06] Tractinsky, N., Cokhavi, A., Kirschenbaum, M., and Sharfi, T. 2006 Evaluating the Consistency of Immediate Aesthetic Perceptions of Web Pages. *Int. Journal of Human-Computer Studies* Vol. 64.
- [Tuch et al. 2012] Tuch, A.N., Presslauer, E.E., Stöcklin, M., Opwis, K., and Bargas-Avila, J.A. 2012. The role of visual complexity and prototypicality regarding first impression of websites: Working towards understanding aesthetic judgments. *Int. J. Hum.-Comput. Stud.* Vol. 70, 11, 794-811.
- [Uribe et al. 10] Uribe, S., Álvarez, F., Menéndez, J. M. y Cisneros, G. 2010. Visual Targeted Advertisement System Based on User Profiling and content Consumption for Mobile Broadcasting Television. *Mobile Networks and Applications (MONET) Journal*. Vol 16.
- [Uribe et al. 11] Uribe, S., Álvarez, F., Menéndez, J. M., 2011 Personalized Adaptive Media Interfaces for Multimedia Search, *Proceedings of the 2011 International Conference on Computational Aspects of Social Networks (CASoN) 19 – 21 oct., Salamanca, Spain.*
- [Uribe et al. 12] Uribe, S., Álvarez, F., Menéndez, J. M., 2012. New usability evaluation model for a personalized adaptive media search engine based on interface complexity metrics, *NEM Summit Congress.*
- [Uribe et al. 15] Uribe, S., Álvarez, F., Menéndez, J. M, 2015. MPEG-7 low level image descriptors for modeling users' web pages visual appeal opinion. 5th IEEE International Conference on Consumer Electronics (ICCE), Berlin.
- [Xie 03] Xie, M. 2003 *Fundamentals of Robotics: Linking Perception to Action*. Ed, World Scientific 445-450.
- [Yamamoto, Lambert 94] Yamamoto, M., Lambert, D.R., 1994. The impact of product aesthetics on the evaluation of industrial products. *Journal of Product Innovation Management* Vol. 11, 309–324
- [Yang y Chen 09] XianYi Yang; Guo Chen, 2009; *Human-Computer Interaction Design in Product Design*. Education Technology and Computer Science, 2009. ETCS '09. First International Workshop on, Vol. 2.
- [Yao-Chang y Shyh-Kang 04] Yao-Chang Huang; Shyh-Kang Jenor, “An audio recommendation system based on audio signature description scheme in MPEG-7 Audio,” in *Multimedia and Expo, 2004. ICME '04. 2004 IEEE International Conference on*, Vol.1, 639-642.
- [Webby 15] Página Oficial de los Webby Awards: <http://webbyawards.com/about/>. Visitada por última vez el 18/11/2015
- [Whitney 88] Whitney, D.E., 1988. Manufacturing by design. *Harvard Business Review* Vol. 66 (4), 83–90.
- [Wilkinson y Rogers 73] Wilkinson, G.N., Rogers, C.E. 1973. Symbolic Description of Factorial Models for Analysis of Variance. *Journal of the Royal Statistical Society. Series C (Applied Statistics)*, Vol. 22, 3, 392–399.
- [Wiza et al. 04] Wiza, W., Walczak, K. y Cellary, W. 2004, “Periscope: a System for Adaptive 3D Visualization of Search Results”. *Proceedings of the ninth international Conference on 3D Web Technologies*. ACM.
- [Wright et al. 05] Wright, P., McCarthy, C y Meekison, L. Making sense of experience. 2005. In *Funology*, Mark A. Blythe, Kees Overbeeke, Andrew F. Monk, and Peter

Capítulo 9: Referencias

- C. Wright (Eds.). Kluwer Academic Publishers, Norwell, MA, USA 43-53
- [Zain et al 08] Zain, J.M., Tey, M., and Ying Soon, G.. 2008. Using Aesthetic Measurement Application (AMA) to Measure Aesthetics of Web Page Interfaces. In Proceedings of the 2008 Fourth International Conference on Natural Computation(ICNC '08), Vol. 6. IEEE Computer Society, Washington, DC, USA, 96-100.
- [Zhang et al 03] Zhang, Q., Kang, W., Zhao, C., and Ming, X. 2009. Aesthetic Coloring for Complex Layout Using Genetic Algorithm. In Proceedings of the 2009 WRI Global Congress on Intelligent Systems (GCIS '09), Vol. 3. IEEE Computer Society, Washington, DC, USA,
- [Zheng et al 09] Zheng, X.S., Chakraborty, I., Jeng-Weei Lin, J., and Rauschenberger, R. 2009. Correlating low-level image statistics with users - rapid aesthetic and affective judgments of web pages. In Proceedings of the SIGCHI Conference on Human Factors in Computing Systems (CHI '09). ACM, New York, NY, USA, 1-10.

ANEXO I: Principales buscadores web

Tabla 28. Conjunto de buscadores contemplados inicialmente

Interfaz	Idioma principal/Estado	Características básicas	Captura
Ask (2006)	Español/Activa	<ul style="list-style-type: none">- Información textual- Escaso porcentaje de la pantalla ocupado por información.- Uso de un número limitado de colores y fuentes (fondo blanco, fuentes en azul, verde y negro)- Estructura lineal, simple- Gran barra de búsqueda
Baidu (2000)	Chino/Activa	<ul style="list-style-type: none">- Información textual- Escaso porcentaje de la pantalla ocupado por información.- Uso de un número limitado de colores y fuentes (fondo blanco, fuentes en azul, rojo y negro)- Estructura lineal, simple- Gran barra de búsqueda

Bing (2009)	Español/Activa	<ul style="list-style-type: none"> - Información textual e imágenes - Escaso porcentaje de la pantalla ocupado por información. - Uso de un número limitado de colores y fuentes (fondo blanco, fuentes en azul y negro) - Estructura lineal, simple - Gran barra de búsqueda enmarcada en otro color
Blackle (2007)	Inglés/Activa	<ul style="list-style-type: none"> - Información textual - Escaso porcentaje de la pantalla ocupado por información. - Uso de un número limitado de colores y fuentes (fondo negro, fuentes en verde y blanco) - Estructura lineal, presentación en dos columnas, simple - Tamaño medio de la barra de búsqueda - Contiene elementos multimedia

Blekkio (2010)	Inglés/Inactiva	<ul style="list-style-type: none"> - Información textual - Gran porcentaje de la pantalla ocupado por información. - Uso de un número limitado de colores y fuentes (fondo blanco, fuentes azul, verde y negro) - Estructura lineal, simple - Gran barra de búsqueda	<p>The screenshot shows the Blekkio search engine results for the query 'madrid'. The interface is simple and linear, with a search bar at the top and a list of results below. The results include links to Real Madrid news, soccer club information, and match previews. The layout is clean with a white background and blue links.</p>
Daum (1995)	Coreano/Activa	<ul style="list-style-type: none"> - Información textual - Escaso porcentaje de la pantalla ocupado por información. - Uso de un número limitado de colores y fuentes (fondo blanco, fuentes en negro, azul y verde) - Estructura de acuerdo a tres columnas (sin marco): principal y dos laterales - Tamaño medio de la barra de búsqueda	<p>The screenshot shows the Daum search engine results for the query 'madrid'. The interface is more complex than Blekkio, featuring a three-column layout without borders. The search bar is at the top, and the results are organized into columns. The layout includes various search filters and a list of results on the right side.</p>

DuckDuckgo
(2008)

Español/Activa

- Información textual e imágenes
- Escaso porcentaje de la pantalla ocupado por información.
- Uso de un número limitado de colores y fuentes.
- Estructura lineal, presentación en dos columnas, simple
- Tamaño mediano de la barra de búsqueda enmarcada en otro color

Google
(1998)

Español/Activa

- Información textual e imágenes
- Gran porcentaje de la pantalla ocupado por información.
- Uso de un número limitado de colores y fuentes (fondo blanco, fuentes en negro, azul y verde).
- Estructura lineal, presentación en dos columnas, simple
- Tamaño medio de la barra de búsqueda, enmarcada en otro color.
- Contiene elementos

Hotbot (1996)	Inglés/Active	<p>multimedia</p> <ul style="list-style-type: none"> - Información textual - Escaso porcentaje de la pantalla ocupado por información. - Mayor uso de colores en el fondo. - Estructura lineal, información estructurada en dos columnas, simple - Gran barra de búsqueda
Info (2003)	Inglés//Activa	<ul style="list-style-type: none"> - Información textual - Gran porcentaje de la pantalla ocupado por información. - Uso de un número limitado de colores y fuentes (fondo blanco, fuentes en azul, verde y negro) - Estructura lineal, presentación en dos columnas, simple - Gran barra de búsqueda

Lycos (1994) Español/Activa

- Información textual e imágenes.
- Escaso porcentaje de la pantalla ocupado por información.
- Uso de un número limitado de colores y fuentes (fondo blanco, fuentes en negro y azul)
- Estructura lineal, simple
- Tamaño medio de la barra de búsqueda
- Contiene elementos multimedia

Naver (1999) Coreano/Activa

- Información textual e imágenes
- Escaso porcentaje de la pantalla ocupado por información.
- Uso de un número limitado de colores y fuentes.
- Estructura lineal según tres columnas, simple
- Tamaño medio de la barra de búsqueda

Sogou (2004)	Japonés/Activa	<ul style="list-style-type: none"> - Información textual e imágenes - Gran porcentaje de la pantalla ocupado por información. - Uso de un número limitado de colores y fuentes (fondo blanco, fuentes en negro, azul y verde). - Estructura lineal, presentación en dos columnas, simple - Tamaño medio de la barra de búsqueda, enmarcada en otro color.	<p>The screenshot shows the Sogou search engine interface. The search bar at the top contains the word 'madrid'. Below the search bar, there are several search results. The first result is a definition of 'madrid' in English and Spanish. The second result is a Wikipedia entry for 'Madrid'. The third result is a translation of 'Madrid' from English to Spanish. The fourth result is a link to the official website of the Madrid government. The fifth result is a link to the Madrid tourism website. The sixth result is a link to the Madrid travel guide. The seventh result is a link to the Madrid travel information and travel guide. The eighth result is a link to the Madrid travel information and travel guide. The ninth result is a link to the Madrid travel information and travel guide. The tenth result is a link to the Madrid travel information and travel guide. The eleventh result is a link to the Madrid travel information and travel guide. The twelfth result is a link to the Madrid travel information and travel guide. The thirteenth result is a link to the Madrid travel information and travel guide. The fourteenth result is a link to the Madrid travel information and travel guide. The fifteenth result is a link to the Madrid travel information and travel guide. The sixteenth result is a link to the Madrid travel information and travel guide. The seventeenth result is a link to the Madrid travel information and travel guide. The eighteenth result is a link to the Madrid travel information and travel guide. The nineteenth result is a link to the Madrid travel information and travel guide. The twentieth result is a link to the Madrid travel information and travel guide.</p>
Teoma (1999)	Inglés/Inactiva (redirige a Ask.com)	<ul style="list-style-type: none"> - Información textual e imagen - Gran porcentaje de la pantalla ocupado por información. - Uso de un número limitado de colores y fuentes (fondo blanco, fuentes en azul, verde y negro) - Estructura lineal, presentación en dos columnas, simple - Tamaño de medio de la barra de búsqueda	<p>The screenshot shows the Teoma search engine interface. The search bar at the top contains the word 'madrid'. Below the search bar, there are several search results. The first result is a definition of 'Madrid' in English and Spanish. The second result is a Wikipedia entry for 'Madrid'. The third result is a translation of 'Madrid' from English to Spanish. The fourth result is a link to the official website of the Madrid government. The fifth result is a link to the Madrid tourism website. The sixth result is a link to the Madrid travel guide. The seventh result is a link to the Madrid travel information and travel guide. The eighth result is a link to the Madrid travel information and travel guide. The ninth result is a link to the Madrid travel information and travel guide. The tenth result is a link to the Madrid travel information and travel guide. The eleventh result is a link to the Madrid travel information and travel guide. The twelfth result is a link to the Madrid travel information and travel guide. The thirteenth result is a link to the Madrid travel information and travel guide. The fourteenth result is a link to the Madrid travel information and travel guide. The fifteenth result is a link to the Madrid travel information and travel guide. The sixteenth result is a link to the Madrid travel information and travel guide. The seventeenth result is a link to the Madrid travel information and travel guide. The eighteenth result is a link to the Madrid travel information and travel guide. The nineteenth result is a link to the Madrid travel information and travel guide. The twentieth result is a link to the Madrid travel information and travel guide.</p>

Volunia (2012)	Inglés/Inactiva	<ul style="list-style-type: none">- Información textual- Escaso porcentaje de la pantalla ocupado por información.- Uso de un número limitado de colores y fuentes (fondo blanco, fuentes en azul, verde y negro)- Estructura lineal, información estructurada en dos columnas, simple- Tamaño medio de la barra de búsqueda, enmarcada en otro color.
Yandex (1997)	Inglés/Activa	<ul style="list-style-type: none">- Información mayoritariamente gráfica.- Escaso porcentaje de la pantalla ocupado por información.- Uso de un número limitado de colores y fuentes (fondo blanco, fuentes en negro y azul)- Estructura lineal, simple- Tamaño medio de la barra de búsqueda, enmarcada en otro color.

Yahoo!
(1995)

Inglés/Activa

- Información textual e imágenes.
- Escaso porcentaje de la pantalla ocupado por información.
- Uso de un número limitado de colores y fuentes (fondo blanco, fuentes en negro y azul)
- Estructura lineal según dos columnas, simple
- Tamaño medio de la barra de búsqueda
- Contiene elementos multimedia

Anexo I: Principales buscadores web

ANEXO II: Cuestionario para el análisis subjetivo del corpus de buscadores

El cuestionario presentado a cada usuario, y a completar para cada una de las interfaces completadas, es el siguiente (Nota: con * se señalan las preguntas de respuesta obligatoria):

Perfil de usuario

1. Sexo (*)

☐ Hombre

☐ Mujer

2. Año de nacimiento (*):

3. ¿Cuál es su nivel educativo? (*)

☐ Primaria

☐ Secundaria

☐ Ciclo formativo

☐ Grado

☐ Postgrado

4. ¿Cuál es su profesión? (*)

Información contextual adicional

5. ¿Con qué frecuencia utiliza Internet? (*)

☐ Todos los días, varias horas

☐ Una vez al día

☐ Algunos días de la semana

☐ Una vez a la semana

☐ Una vez al mes

☐ Menos de una vez al mes

6. ¿Dónde realiza un mayor uso de la Web? (*)

☐ En el trabajo

☐ En el lugar de estudios

☐ En casa

7. ¿De qué dispositivos dispone para acceder a internet? (*)

☐ Ordenador (portátil o de sobremesa)

☐ Tablet

☐ Móvil o smartphone

☐ Ninguno

8. ¿Con qué dispositivos suele acceder a los contenidos? (*)

☐ Ordenador personal

☐ Tablet

Anexo II: Cuestionario para el análisis subjetivo del corpus de buscadores

☐Teléfono móvil

9. ¿Desde qué dispositivo está completando esta encuesta? (*)

☐Ordenador

☐Tablet

☐Móvil

10. ¿Suele hacer uso de buscadores en sus accesos a la red? (*)

☐Sí, siempre o casi siempre

☐Sí, ocasionalmente

☐No, nunca o casi nunca

11. En caso de hacer uso de buscadores, por favor, indique cuál es el más habitual (*):

Evaluación subjetiva de la estética del buscador

12. El diseño de la interfaz le parece muy denso

☐No, totalmente en desacuerdo

☐No, en desacuerdo

☐Ni en desacuerdo ni de acuerdo

☐Sí, de acuerdo

☐Sí, totalmente de acuerdo

13. En la presentación da la sensación de que todos los elementos están correctamente agrupados

☐No, totalmente en desacuerdo

☐No, en desacuerdo

☐Ni en desacuerdo ni de acuerdo

☐Sí, de acuerdo

☐Sí, totalmente de acuerdo

14. El diseño de la interfaz parece regular y bien estructurado

☐No, totalmente en desacuerdo

☐No, en desacuerdo

☐Ni en desacuerdo ni de acuerdo

☐Sí, de acuerdo

☐Sí, totalmente de acuerdo

15. El número de colores usados le parece excesivo

☐No, totalmente en desacuerdo

☐No, en desacuerdo

☐Ni en desacuerdo ni de acuerdo

☐Sí, de acuerdo

☐Sí, totalmente de acuerdo

16. La combinación de colores le parece atractiva

☐No, totalmente en desacuerdo

☐No, en desacuerdo

Anexo II: Cuestionario para el análisis subjetivo del corpus de buscadores

- ☐ Ni en desacuerdo ni de acuerdo
- ☐ Sí, de acuerdo
- ☐ Sí, totalmente de acuerdo

17. El diseño de la interfaz le parece agradablemente variado

- ☐ No, totalmente en desacuerdo
- ☐ No, en desacuerdo
- ☐ Ni en desacuerdo ni de acuerdo
- ☐ Sí, de acuerdo
- ☐ Sí, totalmente de acuerdo

18. Tiene la sensación de que la interfaz ha sido desarrollada cuidadosamente, atendiendo a los detalles

- ☐ No, totalmente en desacuerdo
- ☐ No, en desacuerdo
- ☐ Ni en desacuerdo ni de acuerdo
- ☐ Sí, de acuerdo
- ☐ Sí, totalmente de acuerdo

19. El número de elementos multimedia le parece excesivo

- ☐ No, totalmente en desacuerdo
- ☐ No, en desacuerdo
- ☐ Ni en desacuerdo ni de acuerdo
- ☐ Sí, de acuerdo
- ☐ Sí, totalmente de acuerdo

20. Los elementos multimedia están correctamente integrados en la interfaz

- ☐ No, totalmente en desacuerdo
- ☐ No, en desacuerdo
- ☐ Ni en desacuerdo ni de acuerdo
- ☐ Sí, de acuerdo
- ☐ Sí, totalmente de acuerdo

21. Tiene la sensación de que los elementos multimedia están relacionados con el resto de elementos de la interfaz

- ☐ No, totalmente en desacuerdo
- ☐ No, en desacuerdo
- ☐ Ni en desacuerdo ni de acuerdo
- ☐ Sí, de acuerdo
- ☐ Sí, totalmente de acuerdo

22. ¿Considera que los elementos multimedia aportan información relevante a la búsqueda?

- ☐ No, totalmente en desacuerdo
- ☐ No, en desacuerdo
- ☐ Ni en desacuerdo ni de acuerdo
- ☐ Sí, de acuerdo

Anexo II: Cuestionario para el análisis subjetivo del corpus de buscadores

☐ Sí, totalmente de acuerdo

23. ¿Cree necesaria la incorporación de más elementos multimedia?

☐ No, totalmente en desacuerdo

☐ No, en desacuerdo

☐ Ni en desacuerdo ni de acuerdo

☐ Sí, de acuerdo

☐ Sí, totalmente de acuerdo

24. Finalmente, con un valor del 1 al 10, puntúe el aspecto estético de la interfaz presentada:

ANEXO III: Análisis gráfico de los resultados de la encuesta para el corpus de buscadores

Los resultados obtenidos se mostrarán según cada interfaz analizado.

GOOGLE

Gráfico 13. Distribución de las respuestas de los usuarios a las preguntas relativas a la simplicidad de la interfaz de Google

Anexo III: Análisis gráfico de los resultados de la encuesta para el corpus de buscadores

Gráfico 14. Distribución de las respuestas de los usuarios a las preguntas relativas a la información de color de la interfaz de Google.

Anexo III: Análisis gráfico de los resultados de la encuesta para el corpus de buscadores

Gráfico 15. Distribución de las respuestas de los usuarios a las preguntas relativas al componente multimedia de la interfaz de Google

Gráfico 16. Distribución de las respuestas de los usuarios a las preguntas relativas al aspecto visual de la interfaz de Google

Gráfico 17. Distribución de puntuaciones acerca del aspecto estético de la interfaz de Google

Anexo III: Análisis gráfico de los resultados de la encuesta para el corpus de buscadores

ASK

Gráfico 18. Distribución de las respuestas de los usuarios a las preguntas relativas a la simplicidad de la interfaz de Ask

Gráfico 19. Distribución de las respuestas de los usuarios a las preguntas relativas a la información de color de la interfaz de Ask

Anexo III: Análisis gráfico de los resultados de la encuesta para el corpus de buscadores

Gráfico 20. Distribución de las respuestas de los usuarios a las preguntas relativas al aspecto visual de la interfaz de Ask

Gráfico 21. Distribución de puntuaciones acerca del aspecto estético de la interfaz de Ask

LYCOS

Anexo III: Análisis gráfico de los resultados de la encuesta para el corpus de buscadores

Gráfico 22. Distribución de las respuestas de los usuarios a las preguntas relativas a la simplicidad de la interfaz de Lycos

Gráfico 23. Distribución de las respuestas de los usuarios a las preguntas relativas a la información de color de la interfaz de Lycos

Anexo III: Análisis gráfico de los resultados de la encuesta para el corpus de buscadores

Gráfico 24. Distribución de las respuestas de los usuarios a las preguntas relativas al componente multimedia de la interfaz de Lycos

Gráfico 25. Distribución de las respuestas de los usuarios a las preguntas relativas al aspecto visual de la interfaz de Lycos

Anexo III: Análisis gráfico de los resultados de la encuesta para el corpus de buscadores

Gráfico 26. Distribución de puntuaciones acerca del aspecto estético de la interfaz de Lycos

BLACKLE

Gráfico 27. Distribución de las respuestas de los usuarios a las preguntas relativas a la simplicidad de la interfaz de Blackle

Anexo III: Análisis gráfico de los resultados de la encuesta para el corpus de buscadores

Gráfico 28. Distribución de las respuestas de los usuarios a las preguntas relativas a la información de color de la interfaz de Blackle

Anexo III: Análisis gráfico de los resultados de la encuesta para el corpus de buscadores

Gráfico 29. Distribución de las respuestas de los usuarios a las preguntas relativas al componente multimedia de la interfaz de Blackle

Gráfico 30. Distribución de las respuestas de los usuarios a las preguntas relativas al aspecto visual de la interfaz de Blackle

Gráfico 31. Distribución de puntuaciones acerca del aspecto estético de la interfaz de Blackle

HOTBOT

Gráfico 32. Distribución de las respuestas de los usuarios a las preguntas relativas a la simplicidad de la interfaz de Hotbot

Gráfico 33. Distribución de las respuestas de los usuarios a las preguntas relativas a la información de color de la interfaz de Hotbot

Anexo III: Análisis gráfico de los resultados de la encuesta para el corpus de buscadores

Gráfico 34. Distribución de las respuestas de los usuarios a las preguntas relativas al aspecto visual de la interfaz de Hotbot

Gráfico 35. Distribución de puntuaciones acerca del aspecto estético de la interfaz de Hotbot

YAHOO

Anexo III: Análisis gráfico de los resultados de la encuesta para el corpus de buscadores

Gráfico 36. Distribución de las respuestas de los usuarios a las preguntas relativas a la simplicidad de la interfaz de Yahoo

Gráfico 37. Distribución de las respuestas de los usuarios a las preguntas relativas a la información de color de la interfaz de Yahoo

Anexo III: Análisis gráfico de los resultados de la encuesta para el corpus de buscadores

Gráfico 38. Distribución de las respuestas de los usuarios a las preguntas relativas al componente multimedia de la interfaz de Yahoo

Gráfico 39. Distribución de las respuestas de los usuarios a las preguntas relativas al aspecto visual de la interfaz de Yahoo

Anexo III: Análisis gráfico de los resultados de la encuesta para el corpus de buscadores

Gráfico 40. Distribución de puntuaciones acerca del aspecto estético de la interfaz de Yahoo