

TESIS DOCTORAL

**DISEÑO ARQUITECTÓNICO CENTRADO EN EL USUARIO  
MEDIANTE NEUROTECNOLOGÍAS INMERSIVAS**

JUAN LÓPEZ-TARRUELLA MALDONADO

SEPTIEMBRE 2017

DIRECTORA

Dra. M<sup>a</sup> CARMEN LLINARES MILLÁN



UNIVERSITAT  
POLITÈCNICA  
DE VALÈNCIA

# ÍNDICE

<b>INTRODUCCIÓN .....</b>	<b>1</b>
Antecedentes .....	1
Motivaciones y justificación.....	4
Objetivos e hipótesis.....	7
Metodología.....	10
Estructura de la tesis.....	12
Contenido publicado.....	14
<i>Un caso de diseño centrado en el usuario .....</i>	<i>18</i>
<b>SECCIÓN A   ASPECTOS TEÓRICOS Y EXPERIMENTALES .....</b>	<b>21</b>
<b>CAPÍTULO 1   ANTECEDENTES TEÓRICOS.....</b>	<b>23</b>
Diseño centrado en el usuario .....	23
Disciplinas que han tratado la relación entre la persona y el entorno .....	27
Psicología ambiental .....	28
<i>Breve reseña histórica .....</i>	<i>28</i>
<i>Características y temas tratados.....</i>	<i>30</i>
<i>Aplicación en el ámbito de la Arquitectura.....</i>	<i>31</i>
Evidence-Based Design .....	32
<i>Breve reseña histórica .....</i>	<i>33</i>
<i>Características y temas tratados.....</i>	<i>35</i>
<i>Aplicación en el ámbito de la arquitectura.....</i>	<i>41</i>
Neuroarquitectura .....	42
<i>Breve reseña histórica .....</i>	<i>42</i>
<i>Características y temas tratados.....</i>	<i>44</i>
<i>Aplicación en el ámbito de la Arquitectura.....</i>	<i>44</i>
<b>CAPÍTULO 2   SISTEMAS DE SIMULACIÓN AMBIENTAL .....</b>	<b>47</b>
Soportes y formatos de visualización.....	48
Realidad Virtual.....	50
<i>Concepto.....</i>	<i>50</i>
<i>Funcionamiento y dispositivos.....</i>	<i>51</i>
<i>Aplicaciones de la Realidad Virtual.....</i>	<i>55</i>
Formato panorámico 360º.....	58
Validez de los distintos sistemas de simulación ambiental .....	61
<i>Utilidad de los sistemas de representación .....</i>	<i>61</i>
<i>Estudios comparativos entre sistemas .....</i>	<i>61</i>
<i>Estudios comparativos entre variables de sistema.....</i>	<i>62</i>
<i>Estudios comparativos frente al espacio físico .....</i>	<i>63</i>

<b>CAPÍTULO 3   MEDICIÓN DE LA RESPUESTA DEL USUARIO .....</b>	<b>67</b>
La investigación científica de las emociones .....	67
Emoción y respuesta del usuario.....	68
Herramientas de captación de la respuesta del usuario .....	70
<i>La observación</i> .....	70
<i>El trazado de mapas</i> .....	71
<i>La entrevista</i> .....	72
<i>El focus group</i> .....	73
<i>El cuestionario</i> .....	73
<i>La escala de evaluación</i> .....	74
<i>El experimento</i> .....	75
Métodos de captación de la opinión del usuario .....	78
Ingeniería Kansei .....	78
<i>Concepto</i> .....	78
<i>Metodología</i> .....	79
<i>Ámbito de aplicación</i> .....	80
Medición psicofisiológica .....	82
<i>La estructura del cerebro</i> .....	82
<i>Modularidad de la actividad cerebral</i> .....	85
<i>Medida directa, indirecta y comportamental de la actividad cerebral</i> .....	87
<i>Electroencefalografía</i> .....	88
<i>Magnetoencefalografía</i> .....	89
<i>Resonancia magnética funcional</i> .....	89
<i>Actividad Electrodérmica</i> .....	89
<i>Variabilidad de la frecuencia cardíaca</i> .....	90
<i>Eye tracking</i> .....	92
<i>Electromiografía facial</i> .....	93
<i>Análisis visual automático de las expresiones faciales</i> .....	94
<i>Aplicación de la medición fisiológica en diseño y arquitectura</i> .....	95
<b>SECCIÓN B   ESTUDIOS .....</b>	<b>97</b>
<b>ESTUDIO 1   DIFERENCIAS EN PREFERENCIAS DE DISEÑO ENTRE ARQUITECTOS Y NO ARQUITECTOS.....</b>	<b>99</b>
Introducción .....	99
<i>Diferencias de valoración entre arquitectos y no arquitectos</i> .....	99
<i>El significado simbólico de la arquitectura y las preferencias</i> .....	100
<i>Estudios centrados en fachadas</i> .....	102
<i>Estudios centrados en estilos arquitectónicos</i> .....	103
<i>Sesgos cognitivos y su influencia en la preferencia arquitectónica</i> .....	103
<i>Sesgo por efecto laguna de exposición</i> .....	105
<i>Sesgo de autoridad</i> .....	106
<i>Limitaciones de los estudios existentes</i> .....	106
<i>Objetivo</i> .....	107

Materiales y métodos .....	108
<i>Estímulos</i> .....	108
<i>Cuestionario</i> .....	110
<i>Participantes</i> .....	111
<i>Análisis estadístico</i> .....	111
Resultados.....	113
a. <i>Análisis de diferencias en relación a los estilos arquitectónicos</i> .....	113
b. <i>Análisis de diferencias en relación a los materiales</i> .....	120
c. <i>Diferencias por sesgo de exposición</i> .....	126
d. <i>Diferencias por sesgo de autoridad</i> .....	128
Discusión y conclusiones.....	129
<b>ESTUDIO 2   DIFERENCIAS EN LA COMPRENSIÓN DE UN ESPACIO EN FUNCIÓN DEL SISTEMA DE PRESENTACIÓN .....</b>	<b>133</b>
Introducción.....	133
<i>Comprensión espacial</i> .....	134
<i>Influencia de la libertad de punto de vista</i> .....	135
<i>Influencia del grado de inmersión y presencia</i> .....	135
<i>Evaluación de la orientación</i> .....	136
<i>Evaluación de la memoria espacial</i> .....	138
<i>Evaluación de la comprensión de formas y dimensiones</i> .....	138
<i>Evaluación de la comprensión a otros niveles</i> .....	139
<i>Objetivo</i> .....	140
Materiales y métodos .....	141
<i>Estímulos</i> .....	141
<i>Cuestionario y desarrollo de la experiencia</i> .....	144
<i>Participantes</i> .....	145
<i>Análisis de datos</i> .....	145
Resultados.....	147
a. <i>Análisis de medias</i> .....	147
b. <i>Análisis de diferencias en función del estímulo visualizado</i> .....	148
c. <i>Análisis de respuestas abiertas</i> .....	149
Discusión y conclusiones.....	152
<b>ESTUDIO 3   IDENTIFICACIÓN DE LOS FACTORES AFECTIVOS DE UN ESPACIO ....</b>	<b>155</b>
Introducción.....	155
<i>Objetivo</i> .....	157
Materiales y métodos .....	158
<i>Estímulos</i> .....	158
<i>Cuestionario y desarrollo de la experiencia</i> .....	158
<i>Participantes</i> .....	159
<i>Análisis de datos</i> .....	161
Resultados.....	162
a. <i>Análisis de diferencias significativas en función del perfil del sujeto</i> .....	162

b. Obtención del espacio perceptual de los sujetos .....	163
c. Relación entre la estructura perceptual y la valoración global de la sala .....	164
d. Obtención del espacio perceptual .....	164
Discusión y conclusiones .....	168
<b>ESTUDIO 4   EVALUACIÓN DE UN ESPACIO EN FUNCIÓN DE SU COLOR .....</b>	<b>173</b>
Introducción .....	173
<i>Codificación de colores</i> .....	173
<i>Color y preferencia</i> .....	176
<i>¿Es la respuesta al color directa o cognitiva?</i> .....	177
<i>Estudios sobre color en entornos arquitectónicos sanitarios</i> .....	178
<i>El problema de la falta de espacios reales en los estudios</i> .....	179
<i>Las ventajas de las nuevas tecnologías de visualización</i> .....	179
<i>Objetivo</i> .....	181
Materiales y métodos.....	182
<i>Estímulos</i> .....	182
<i>Cuestionario y desarrollo de la experiencia</i> .....	184
<i>Participantes</i> .....	184
<i>Análisis de datos</i> .....	185
Resultados .....	186
a. <i>Análisis de diferencias en función del perfil del sujeto</i> .....	186
b. <i>Impacto de las diferentes gamas cromáticas en las impresiones afectivas</i> .....	186
c. <i>Análisis de diferencias en función del color de la sala</i> .....	188
d. <i>Incidencia de las impresiones afectivas en la valoración global de la sala</i> .....	188
e. <i>Ordenación de las gamas cromáticas en la valoración global de la sala</i> .....	189
Discusión y conclusiones .....	191
<b>ESTUDIO 5   RESPUESTA EMOCIONAL Y PSICOFISIOLÓGICA ANTE UN ESPACIO EN FUNCIÓN DE SU COLOR .....</b>	<b>195</b>
Introducción .....	195
<i>Color, respuesta afectiva y emociones</i> .....	195
<i>La escala Semantisk Milobeskribing (SMB) de Kuller</i> .....	197
<i>La escala Pleasure / Arousal /Dominance (PAD) de Mehrabian y Russell</i> .....	199
<i>Respuesta fisiológica al color</i> .....	200
<i>Objetivo</i> .....	202
Materiales y métodos.....	203
<i>Estímulos</i> .....	203
<i>Cuestionario</i> .....	204
<i>Medición fisiológica</i> .....	205
<i>Participantes</i> .....	205
<i>Desarrollo de la experiencia</i> .....	205
<i>Tratamiento de los datos fisiológicos</i> .....	206
<i>Análisis de datos</i> .....	207
Resultados .....	208

a. Análisis descriptivo .....	208
b. Análisis de diferencias en función del color.....	209
c. Análisis de la relación entre color, respuesta psicofisiológica y preferencia.....	210
d. Análisis de la preferencia a partir de análisis de regresión.....	213
Discusión y conclusiones.....	214
<b>ESTUDIO 6   RESPUESTA EMOCIONAL Y PSICOFISIOLÓGICA ANTE UN ESPACIO EN FUNCIÓN DE LA PRESENCIA DE NATURALEZA .....</b>	<b>219</b>
Introducción.....	219
<i>Efecto de la presencia de naturaleza en el ser humano.....</i>	<i>219</i>
<i>Objetivo.....</i>	<i>220</i>
Materiales y métodos .....	221
<i>Estímulos .....</i>	<i>221</i>
<i>Cuestionario .....</i>	<i>222</i>
<i>Medición psicofisiológica.....</i>	<i>224</i>
<i>Participantes .....</i>	<i>224</i>
<i>Desarrollo del experimento .....</i>	<i>224</i>
<i>Tratamiento de los datos.....</i>	<i>225</i>
Resultados.....	227
a. Análisis descriptivo .....	227
b. Análisis de fiabilidad de los estímulos utilizados.....	228
c. Análisis de diferencias en las respuestas .....	229
Discusión y conclusiones.....	231
<b>CONCLUSIONES.....</b>	<b>233</b>
Conclusiones sobre los estudios experimentales .....	235
<i>Sobre el primer estudio.....</i>	<i>235</i>
<i>Sobre el segundo estudio.....</i>	<i>236</i>
<i>Sobre el tercer estudio.....</i>	<i>237</i>
<i>Sobre el cuarto estudio.....</i>	<i>238</i>
<i>Sobre el quinto estudio.....</i>	<i>239</i>
<i>Sobre el sexto estudio.....</i>	<i>240</i>
Conclusiones finales.....	242
Futuras líneas de investigación .....	247
<b>BIBLIOGRAFÍA.....</b>	<b>249</b>
<b>ÍNDICE DE FIGURAS.....</b>	<b>289</b>
<b>ÍNDICE DE TABLAS.....</b>	<b>291</b>
<b>ANEXOS .....</b>	<b>293</b>
Anexo 1: Imágenes visualizadas en el Estudio 1 .....	293
Anexo 2: Imágenes equirectangulares visualizadas en los Estudios 4 y 5.....	312
Anexo 3: Imágenes visualizadas en el Estudio 6 .....	321

