

INDICE

1. INTRODUCCION.....	23
1.1. OBJETIVOS.....	24
1.2. HIPOTESIS PROPUESTAS	25
2. ANTECEDENTES.....	31
2.1. EL CAMBIO AMBIENTAL Y LAS OBRAS DE ARTE	38
2.2. EL OZONO ESTRATOSFÉRICO Y LA RADIACIÓN SOLAR ULTRAVIOLETA	38
2.3. COLORIMETRÍA Y CIENCIA DE VISIÓN DE COLOR	42
2.4. BASTONCILLOS Y CONOS	43
2.5. EL OBSERVADOR STANDARD DE LA CIE	45
2.6. ESPECTROSCOPIA.....	47
2.7. LA MEDICIÓN DE LA LUZ	47
2.8. LA RADIACION SOLAR.....	48
2.9. PROPIEDADES ESPECTRALES	49
3. METODOLOGÍA	51
3.1. MÉTODOS Y DATOS	51
3.2. INSTRUMENTOS.....	57
4. DESARROLLO	63
4.1. REFLECTIVIDAD RELATIVA DE LA IMPRIMACION.....	63
4.2. MEDICION DE LA ESPECTROSCOPIA DEL COLOR.....	64
4.2.1. REFLECTIVIDAD DE LAS CATAS AL OLEO.....	64
4.2.2. REFLECTIVIDAD DE LAS CATAS AL TEMPLE.....	78
4.2.3. ABSORBANCIA O DENSIDAD OPTICA DE LAS CATAS	92
4.2.4. AJUSTANDO LOS MODELOS.....	103
5. DISCUSION	117
5.1. CUANTIFICACIÓN DEL DAÑO	117
5.2. PREDICCIÓN DEL DAÑO	128
6. CONCLUSIONES.....	131
7. APLICACIONES.....	135
7.1 ESPECTROSCOPIA DE LA COLORIMETRÍA DE MUNSELL	136
7.2. LOS FRESCOS DE LA CATEDRAL DE VALENCIA	154
7.3. POMPEYA: LA CASA DE ARIADNA.....	175
7.4. ILUMINACIÓN EN EL MUSÉE DES ARTS DÉCORATIFS DE PARÍS	179
7.5. ILUMINACIÓN DEL DEPÓSITO DE LA COLECCIÓN DIOR - GALIANO EN RICHELIEU.....	183
8. BIBLIOGRAFÍA	188

LISTA DE ILUSTRACIONES

Figura 1.1 Espectro de la irradiancia solar el 30 de noviembre de 2007	27
Figura 1.2 Cantidad de energía por fotón	28
Figura 2.1 Salida de aire del túnel del viento de NASA Ames	33
Figura 2.2 El experimento con alfalfa a los 90 días	33
Figura 2.3 Lectura instrumentos ER-2	40
Figura 2.4 Diagrama de Cromaticidad de CIE 1931	44
Figura 2.5 La comparación de colores con el Observador Estándar de la CIE.....	46
Figura 3.1 Experimento de las catas	52
Figura 3.2 Oleos realizados por el autor de esta tesis	54
Figura 3.3 Interior espectrómetro	60
Figura 3.4 Espectrómetro para las mediciones.....	62
Figura 3.5 Espectrómetro realizando mediciones a través de una fibra óptica	62
Figura 4.1 Reflectividad relativa de la imprimación.....	64
Figura 4.2 Reflectividad relativa del Aceite de Linaza	65
Figura 4.3 Detalle de Aceite de Linaza	65
Figura 4.4 Reflectividad relativa del Blanco de Titanio	66
Figura 4.5 Detalle de Blanco de Titanio	66
Figura 4.6 Reflectividad relativa del Amarillo de Cadmio	67
Figura 4.7 Detalle de Amarillo de Cadmio.....	67
Figura 4.8 Reflectividad relativa del Naranja de Cadmio	68
Figura 4.9 Detalle de Naranja de Cadmio	68
Figura 4.10 Reflectividad relativa del Bermellón	69
Figura 4.11 Detalle de Bermellón.....	69
Figura 4.12 Reflectividad relativa del Ocre-amarillo WN	70
Figura 4.13 Detalle de Ocre-amarillo WN	70
Figura 4.14 Reflectividad relativa del Siena	71
Figura 4.15 Detalle de Siena Tostado.....	71
Figura 4.16 Reflectividad relativa del Azul Ultramar.....	72
Figura 4.17 Detalle de Azul Ultramar	72
Figura 4.18 Reflectividad relativa del Azul Cobalto.....	73
Figura 4.19 Detalle de Azul Cobalto	73
Figura 4.20 Reflectividad relativa del Azul Ultramar temple WN	74
Figura 4.21 Detalle de Azul Ultramar Temple WN	74
Figura 4.22 Reflectividad relativa del Negro Vegetal de Sennelier	75
Figura 4.23 Detalle de Negro Vegetal de Sennelier	75
Figura 4.24 Reflectividad relativa del Negro Marfil	76
Figura 4.25 Detalle reflectividad relativa del Negro Marfil.....	76
Figura 4.26 Reflectividad relativa del Carmín	77
Figura 4.27 Detalle de Carmín.....	77

Figura 4.28 Reflectividad relativa del temple	79
Figura 4.29 Detalle de del aglutinante del temple.....	79
Figura 4.30 Reflectividad relativa del Blanco de Titanio	80
Figura 4.31 Detalle de Blanco de Titanio Temple	80
Figura 4.32 Reflectividad relativa del Amarillo Limón	81
Figura 4.33 Detalle de Amarillo Limón.....	81
Figura 4.34 Reflectividad relativa del Naranja	82
Figura 4.35 Detalle de Naranja Temple.....	82
Figura 4.36 Reflectividad relativa del Rojo Escarlata	83
Figura 4.37 Detalle de Rojo Escarlata.....	83
Figura 4.38 Reflectividad relativa del Ocre Amarillo.....	84
Figura 4.39 Detalle de Ocre Amarillo	84
Figura 4.40 Reflectividad relativa del Siena Tostado	85
Figura 4.41 Detalle de Siena Tostado.....	85
Figura 4.42 Reflectividad relativa del Azul Ultramar Kremer	86
Figura 4.43 Detalle de Azul Ultramar Kremer	86
Figura 4.44 Reflectividad relativa del Verde	87
Figura 4.45 Detalle de del Verde.....	87
Figura 4.46 Reflectividad relativa del Azul Cerúleo.....	88
Figura 4.47 Detalle de Azul Cerúleo.....	88
Figura 4.48 Reflectividad relativa del Negro Marfil 1	89
Figura 4.49 Detalle de del Negro Marfil 1	89
Figura 4.50 Reflectividad relativa del Negro Marfil 2	90
Figura 4.51 Detalle reflectividad relativa del Negro Marfil 2	90
Figura 4.52 Reflectividad relativa del Carmín	91
Figura 4.53 Detalle del Carmín.....	91
Figura 4.54 Agrupamiento de colores por espectro de absorción.....	93
Figura 4.55 Absorbancia del Grupo 1.....	95
Figura 4.56 Absorbancia del Grupo 2.....	96
Figura 4.57 Absorbancia del Grupo 3.....	97
Figura 4.58 Absorbancia del Grupo 4.....	98
Figura 4.59 Absorbancia del Grupo 5.....	99
Figura 4.60 Absorbancia del Grupo 6.....	100
Figura 4.61 Absorbancia del Grupo 7.....	101
Figura 4.62 Absorbancia del Grupo 8.....	102
Figura 4.63 Espectroscopía del Blanco de Titanio.....	107
Figura 4.64 Predicción del daño del Blanco de Titanio	108
Figura 4.65 Espectroscopía del Amarillo de Cadmio.....	109
Figura 4.66 Predicción del daño del Amarillo de Cadmio	110
Figura 4.67 Espectroscopía del Bermellón.....	111
Figura 4.68 Predicción del daño del Bermellón	112
Figura 4.69 Espectroscopía del Ocre Amarillo	113

Figura 4.70 Predicción del daño del Ocre Amarillo	114
Figura 4.71 Espectroscopía del Negro Vegetal.....	115
Figura 4.72 Predicción del daño del Negro Vegetal	116
Figura 5.1 Agrupamiento de los daños de las catas al óleo	118
Figura 5.2 Daño en los colores del Grupo 1	119
Figura 5.3 Daño en los colores del Grupo 2	120
Figura 5.4 Daño en los colores del Grupo 3	121
Figura 5.5 Daño en el Grupo 4	122
Figura 5.6 Agrupamiento de los daños de las catas al temple.....	123
Figura 5.7 Daño en las catas al temple del Grupo 1.....	124
Figura 5.8 Daño en las catas al temple del Grupo 2.....	125
Figura 5.9 Daño de las catas en el Grupo 3.....	126
Figura 5.10 Detalle del daño producido en las pinturas al temple del grupo 3	126
Figura 5.11 Daño en las pinturas al temple del Grupo 4.....	127
Figura 5.12 Detalle del daño producido en las pinturas al temple del grupo 4	127
Figura 5.13 Modelo generado con los datos <i>originales</i>	129
Figura 5.14 Predicción del modelo <i>original</i> con los datos de la <i>cata filtrada</i>	130
Figura 5.15 Predicción del modelo <i>original</i> con los datos de la <i>cata expuesta</i>	130
Figura 7.1.1 Sistema tridimensional de Munsell.....	138
Figura 7.1.2 Gráfica del tono de Munsell Rojo (5R)	140
Figura 7.1.3 Gráfica del tono de Munsell Amarillo – Rojo (5YR)	140
Figura 7.1.4 Gráfica del tono de Munsell Amarillo (5Y)	141
Figura 7.1.5 Gráfica del tono de Munsell Verde – Amarillo (5GY)	141
Figura 7.1.6 Gráfica del tono de Munsell Verde (5G)	142
Figura 7.1.7 Gráfica del tono de Munsell Azul – Verde (5BG).....	142
Figura 7.1.8 Gráfica del tono de Munsell Azul (5B).....	143
Figura 7.1.9 Gráfica del tono de Munsell Purpura - Azul (5PB).....	143
Figura 7.1.10 Gráfica del tono de Munsell Purpura (5P).....	144
Figura 7.1.11 Gráfica del tono de Munsell Rojo - Purpura (5RP)	144
Figura 7.1.12 Gráfica del cromo de Munsell Cromo 2.....	145
Figura 7.1.13 Gráfica del cromo de Munsell Cromo 4.....	145
Figura 7.1.14 Gráfica del cromo de Munsell Cromo 6.....	146
Figura 7.1.15 Gráfica del cromo de Munsell Cromo 8.....	146
Figura 7.1.16 Gráfica del cromo de Munsell Cromo 10.....	147
Figura 7.1.17 Gráfica del cromo de Munsell Cromo 12.....	148
Figura 7.1.18 Gráfica de claridad de Munsell Valor 2	149
Figura 7.1.19 Gráfica de claridad de Munsell Valor 3	150
Figura 7.1.20 Gráfica de claridad de Munsell Valor 4	150
Figura 7.1.21 Gráfica de claridad de Munsell Valor 5	151
Figura 7.1.22 Gráfica de claridad de Munsell Valor 6	151
Figura 7.1.23 Gráfica de claridad de Munsell Valor 7	152
Figura 7.1.24 Gráfica de claridad de Munsell Valor 8	152

Figura 7.1.25	Gráfica de claridad de Munsell Valor 9	153
Figura 7.2.1	Fotografía Cúpula de la Catedral de Valencia	154
Figura 7.2.2	Fotografía ángeles músicos detalle plumas	156
Figura 7.2.3	Fotografía ángeles músicos detalle túnica	157
Figura 7.2.4	Fotografía ángeles músicos detalle nube	158
Figura 7.2.5	Fotografía ángeles músicos detalle ropajes	159
Figura 7.2.6	Fotografía ángeles músicos detalle laúd	160
Figura 7.2.7	Fotografía de la medición en el vitral de la ojiva	162
Figura 7.2.8	Reflectancia de los colores en la Paleta de San Leocadio y Pagano... ..	163
Figura 7.2.9	Grupos de colores formados por su similitud espectroscópica	165
Figura 7.2.10	Comparación de la reflectividad % en la región del UV	166
Figura 7.2.11	Irradiancia solar en el exterior y en el interior de la Catedral.....	167
Figura 7.2.12	Detalle de la radiación solar que pasa por el vitral de la ojiva	168
Figura 7.2.13	Fotografía 1 de los LED instalados en la catedral.....	169
Figura 7.2.14	Fotografía 2 de los LED instalados en la catedral.....	170
Figura 7.2.15	Fotografía 3 de los LED instalados en la catedral.....	171
Figura 7.2.16	Emisiones de las lamparillas LED.....	171
Figura 7.2.17	LEDs y halógenos en el Reconditorio de la Catedral	172
Figura 7.2.18	Gráfica de la atenuación de la irradiancia con diferentes filtros	173
Figura 7.2.19	Fotografía de la radiación solar que incide en los frescos	174
Figura 7.3.1	La Casa de Ariadna en Pompeya con el filtro de policarbonato.....	175
Figura 7.3.2	Medición de la irradiancia solar absoluta	176
Figura 7.3.3	Irradiancia solar en el rango de 280 a 750 nm al mediodía	176
Figura 7.3.4	Efectividad de los filtros comparados con la irradiancia solar	177
Figura 7.3.5	Fotografía en la casa de Ariadna en Pompeya	178
Figura 7.4.1	Fotografía de luces fluorescentes	180
Figura 7.4.2	Espectro de la luz fluorescente	180
Figura 7.4.3	Fotografía de la Diagonal Libensky	181
Figura 7.4.4	Emisión de las luces dicróicas halógenas	181
Figura 7.5.1	Las bolsas conteniendo los modelos de ropa colgados	184
Figura 7.5.2	Uno de los vestidos fuera de la funda en que se los guarda.....	185
Figura 7.5.3	Fotografía con cámara regulada para la luz del día	186
Figura 7.5.4	Espectro de la luz fluorescente utilizada en el depósito	187

LISTA DE CUADROS

Tabla 3.1 Colores expuestos en el experimento de las catas	53
Tabla 4.1 Correspondencia entre los grupos del espectro de absorción.....	94
Tabla 4.2 Ejemplo de modelo correspondiente al Blanco de Titanio Old Holland	105
Tabla 7.2.1 Los colores de los Frescos	164