

# Tabla de Contenido

<b>1. Introducción</b>	<b>1</b>
1.1. Motivación . . . . .	1
1.2. Definición del problema . . . . .	2
1.2.1. Detalles del proyecto Fondecyt . . . . .	3
1.3. Objetivos . . . . .	4
1.3.1. Objetivos generales . . . . .	4
1.3.2. Objetivos específicos . . . . .	4
1.4. Metodología . . . . .	4
1.5. Resultados esperados y alcances . . . . .	5
1.6. Organización de la memoria . . . . .	6
<b>2. Marco Teórico</b>	<b>7</b>
2.1. Tareas de redacción . . . . .	7
2.1.1. Etapas . . . . .	7
2.1.2. Estructura de un ensayo . . . . .	8
2.2. Teoría de la carga cognitiva . . . . .	9
2.2.1. Carga cognitiva en el proceso de escritura . . . . .	9
2.2.2. Medición de la carga . . . . .	10
2.3. Estado emocional . . . . .	11
2.4. Medidas psico-fisiológicas . . . . .	12
2.4.1. Seguimiento ocular . . . . .	12
2.4.2. Tamaño de la pupila . . . . .	13
2.4.3. Electroencefalografía . . . . .	14
2.4.4. Actividad electrodérmica . . . . .	16
2.4.5. Actividad del sistema cardiovascular . . . . .	17
2.4.6. Temperatura corporal . . . . .	18
2.5. Procesamiento y clasificación de los datos . . . . .	19
2.5.1. Selección de características . . . . .	19
2.5.1.1. Eliminación recursiva de características (RFE) . . . . .	20
2.5.2. Clustering . . . . .	21
2.5.2.1. Clustering Aglomerativo . . . . .	21
2.5.2.2. Self-organizing Maps (SOM) . . . . .	23
2.5.3. Clasificación . . . . .	24
2.5.3.1. Evaluación del clasificador . . . . .	24
2.5.3.2. Clasificadores . . . . .	25
2.5.3.3. K-vecinos más cercanos (KNN) . . . . .	25

2.5.3.4.	Máquinas de soporte vectorial (SVM) . . . . .	26
2.5.3.5.	Redes neuronales artificiales (RNA) . . . . .	29
2.6.	Estado del arte . . . . .	33
2.6.1.	Carga cognitiva en el proceso de escritura . . . . .	33
2.6.2.	Medición del estado del usuario con sensores psico-fisiológicos . . . . .	35
2.6.2.1.	Medición de carga Cognitiva . . . . .	35
2.6.2.2.	Medición de emociones . . . . .	37
<b>3.</b>	<b>Ejecución experimental</b>	<b>40</b>
3.1.	Instrumentación . . . . .	40
3.1.1.	Unidad GSR+ de Shimmer . . . . .	40
3.1.1.1.	Respuesta galvánica de la piel . . . . .	41
3.1.1.2.	Sensor óptico de pulso de Shimmer . . . . .	42
3.1.2.	Unidad <i>Bridge Amplifier</i> de Shimmer . . . . .	43
3.1.3.	ECG de tarjeta biomédica todo-en-uno de BITalino . . . . .	44
3.1.4.	EEG Emotiv EPOC . . . . .	45
3.1.5.	<i>Eye tracker</i> Tobii T120 . . . . .	48
3.2.	Grupo experimental . . . . .	49
3.3.	Diseño experimental . . . . .	50
3.3.1.	Preparación del experimento . . . . .	50
3.4.	Procedimiento experimental . . . . .	51
3.4.1.	Configuración sensores . . . . .	52
<b>4.</b>	<b>Análisis de datos</b>	<b>54</b>
4.1.	Definición de observaciones . . . . .	54
4.1.1.	Etiquetado de subtareas . . . . .	54
4.1.2.	Duración promedio de las etapas del ensayo . . . . .	55
4.2.	Preprocesamiento de las señales . . . . .	56
4.2.1.	Señal GSR . . . . .	56
4.2.2.	PPG . . . . .	56
4.2.3.	Temperatura Corporal . . . . .	57
4.2.4.	ECG . . . . .	58
4.2.5.	EEG . . . . .	59
4.2.6.	Diámetro pupilar . . . . .	59
4.3.	Extracción de características . . . . .	60
4.3.1.	Eye Tracker . . . . .	61
4.3.2.	GSR . . . . .	61
4.3.3.	ECG . . . . .	62
4.3.4.	PPG . . . . .	62
4.3.5.	Temperatura corporal . . . . .	62
4.3.6.	EEG . . . . .	62
4.3.6.1.	Carga cognitiva . . . . .	63
4.3.6.2.	Detección de emociones . . . . .	63
4.4.	Etiquetado de las muestras mediante Clustering . . . . .	64
4.5.	Clasificación . . . . .	66
<b>5.</b>	<b>Resultados y discusión</b>	<b>68</b>

5.1.	Análisis estadístico . . . . .	68
5.1.1.	Diferenciación entre etapas de un ensayo . . . . .	68
5.1.2.	Diferenciación entre estados para cada etapa del ensayo . . . . .	69
5.1.2.1.	Carga cognitiva . . . . .	69
5.1.2.2.	Valencia . . . . .	70
5.1.2.3.	Excitación . . . . .	70
5.2.	Minería de datos . . . . .	71
5.2.1.	Selección de características . . . . .	71
5.2.2.	Clasificación de carga cognitiva . . . . .	73
5.2.2.1.	Elección de tamaño de observaciones . . . . .	73
5.2.2.2.	Porcentaje de clasificación según número de clases . . . . .	74
5.2.2.3.	Clasificación por sensor . . . . .	74
5.2.2.4.	Nuevas características EEG para carga cognitiva . . . . .	75
5.2.2.5.	Clasificación de nivel alto y bajo de carga cognitiva . . . . .	76
5.2.2.6.	Clasificación entre-sujetos . . . . .	76
5.2.3.	Clasificación de estado emocional . . . . .	77
5.2.3.1.	Tamaño de observaciones . . . . .	77
5.2.3.2.	Promedio de porcentajes de clasificación según número de clases . . . . .	79
5.2.3.3.	Clasificación por sensor . . . . .	80
<b>6.</b>	<b>Conclusiones y trabajo futuro</b>	<b>82</b>
	<b>Bibliografía</b>	<b>85</b>
	<b>Anexo A. Grupo experimental</b>	<b>93</b>
	<b>Anexo B. Cantidad de clusters por participante</b>	<b>95</b>
B.1.	Carga Cognitiva . . . . .	95
B.2.	Valencia . . . . .	96
B.3.	Excitación . . . . .	97
	<b>Anexo C. Análisis estadístico</b>	<b>99</b>
C.1.	Carga cognitiva . . . . .	99
C.1.1.	Borrador . . . . .	99
C.1.2.	Introducción . . . . .	100
C.1.3.	Tesis . . . . .	102
C.1.4.	Desarrollo . . . . .	103
C.1.5.	Conclusión . . . . .	104
C.2.	Valencia . . . . .	105
C.2.1.	Borrador . . . . .	105
C.2.2.	Introducción . . . . .	106
C.2.3.	Tesis . . . . .	107
C.2.4.	Desarrollo . . . . .	108
C.2.5.	Conclusión . . . . .	109
C.3.	Excitación . . . . .	110
C.3.1.	Borrador . . . . .	110
C.3.2.	Introducción . . . . .	111
C.3.3.	Tesis . . . . .	112

C.3.4. Desarrollo . . . . .	113
C.3.5. Conclusión . . . . .	114
<b>Anexo D. Detalle de clasificación</b>	<b>116</b>
D.1. Carga cognitiva . . . . .	116
D.2. Carga cognitiva para dos clases . . . . .	117
D.3. Valencia . . . . .	117
D.4. Excitación . . . . .	119