

# Tabla de contenido

1.	Introducción.....	1
1.1.	Motivación.....	2
1.2.	Objetivos .....	3
1.2.1.	Objetivo general.....	3
1.2.2.	Objetivos específicos .....	3
1.3.	Metodología .....	3
1.3.1.	Recolección de datos .....	4
1.3.2.	Procesamiento de datos.....	4
1.3.3.	Análisis de datos .....	4
1.4.	Alcances .....	5
1.5.	Resultados Esperados.....	5
2.	Antecedentes Generales .....	6
2.1.	Análisis conjunto.....	6
2.2.	Reglas de decisión.....	6
2.3.	Eye-tracking.....	7
2.4.	Diseño Experimental.....	8
2.5.	Regresión Multinivel.....	9
3.	Experimento visual de análisis conjunto .....	10
3.1.	Captura y estructura de datos .....	11
3.2.	Selección de datos .....	12
3.2.1.	Revisión visual.....	13
3.2.2.	Revisión computacional.....	14
3.2.3.	Resultados revisión visual y computacional.....	16
4.	Análisis descriptivo .....	18
4.1.	Alternativa seleccionada por participantes .....	18
4.2.	Tiempo promedio por tarea.....	21
4.3.	Número de fijaciones .....	23
4.4.	Heterogeneidad en la eficiencia .....	25
4.5.	Conclusiones del capítulo .....	27
5.	Hipótesis .....	29
5.1.	Patrones de comportamiento y estrategias a evaluar .....	29
5.1.1.	Dificultad de la tarea ( <i>Dificultadcentit</i> ) .....	29
5.1.2.	Dilatación pupilar promedio ( <i>PupilDilit</i> ).....	29

5.1.3.	Refijaciones ( <i>Refijit</i> ) .....	29
5.1.4.	Número de cambios en la tarea ( <i>NrCambiosit</i> ).....	29
5.1.5.	Promedio de fijaciones antes de un cambio ( <i>FijAntesCambit</i> ).....	30
5.1.6.	Porcentaje de stay transitions ( <i>StayTransit</i> ) .....	30
5.1.7.	Porcentaje de transiciones a celdas cercanas a la alternativa elegida ( <i>TransCeldasCercanasit</i> ) .....	30
5.1.8.	Profundidad.....	30
5.1.9.	Amplitud ( <i>Amplit</i> ).....	31
5.1.10.	Porcentaje de celdas ignoradas ( <i>CeldasIgnit</i> ) .....	31
5.1.11.	Avoid redundancy ( <i>AvoidRedit</i> ).....	31
5.1.12.	Porcentaje de celdas con exactamente una fijación ( <i>Celdas1Fijit</i> ) .....	32
5.1.13.	Porcentaje de celdas necesarias con al menos una fijación ( <i>CeldasNec1Fijit</i> ). 32	
5.1.14.	Porcentaje de atención a la alternativa elegida ( <i>AtencionAltElegit</i> ).....	32
5.1.15.	Entropía.....	33
5.1.16.	Porcentaje de fijaciones .....	33
5.1.17.	Porcentaje de tiempo .....	34
5.1.18.	Énfasis.....	35
5.2.	Hipótesis por condición experimental .....	36
5.3.	Hipótesis sobre eficiencia y precisión.....	37
5.3.1.	Eficiencia .....	37
5.3.2.	Precisión .....	39
5.3.3.	Eficiencia y Precisión .....	39
5.4.	Conclusiones del capítulo .....	47
6.	Relación entre eficiencia y patrones atencionales .....	49
6.1.	Propensión de comportamiento.....	49
6.2.	Correlación entre eficiencia y propensión de comportamiento .....	52
6.2.1.	Diferencias por compensación.....	56
6.3.	Conclusiones del capítulo .....	61
7.	Agrupación de patrones atencionales .....	64
7.1.	Conclusiones del capítulo .....	68
8.	Modelos Multinivel .....	69
8.1.	Regresión a nivel de tarea-participante .....	69
8.2.	Regresión a nivel de participante .....	72
8.3.	Conclusiones del capítulo .....	74
9.	Conclusiones.....	75
9.1.	Trabajos futuros .....	76

10.	Bibliografía .....	77
11.	Anexos .....	79
11.1.	Anexo 1 .....	79
11.2.	Anexo 2 .....	79
11.3.	Anexo 3 .....	80
11.4.	Anexo 4 .....	80
11.5.	Anexo 5 .....	82
11.5.1.	Propensión de dilatación pupilar.....	82
11.5.2.	Propensión de número de cambios en la tarea .....	82
11.5.3.	Propensión de número promedio de fijaciones antes de un cambio .....	83
11.5.4.	Propensión de porcentaje de stay transitions .....	83
11.5.5.	Propensión de profundidad .....	84
11.5.6.	Propensión de amplitud.....	85
11.5.7.	Propensión de porcentaje de celdas ignoradas .....	85
11.5.8.	Propensión de avoid redundancy .....	85
11.5.9.	Propensión de porcentaje de celdas con exactamente una fijación.....	86
11.5.10.	Propensión de porcentaje de atención en alternativa elegida .....	86
11.5.11.	Propensión de porcentaje de transiciones a celdas cercanas.....	86
11.5.12.	Propensión de entropía.....	87
11.5.13.	Propensión de porcentaje de fijaciones .....	88
11.5.14.	Propensión de porcentaje de tiempo .....	90
11.5.15.	Propensión de énfasis.....	92
11.6.	Anexo 6 .....	95
11.6.1.	Correlación entre eficiencia y dilatación pupilar .....	95
11.6.2.	Correlación entre eficiencia y número de cambios en tarea .....	95
11.6.3.	Correlación entre eficiencia y promedio de fijaciones antes de un cambio .....	96
11.6.4.	Correlación entre eficiencia y porcentaje de stay transitions.....	96
11.6.5.	Correlación entre eficiencia y profundidad.....	97
11.6.6.	Correlación entre eficiencia y amplitud .....	98
11.6.7.	Correlación entre eficiencia y porcentaje de celdas ignoradas .....	98
11.6.8.	Correlación entre eficiencia y avoid redundancy.....	99
11.6.9.	Correlación entre eficiencia y porcentaje de celdas con exactamente una fijación 99	
11.6.10.	Correlación entre eficiencia y porcentaje de atención en alternativa elegida ....	100
11.6.11.	Correlación entre eficiencia y porcentaje de transiciones a celdas cercanas ....	100
11.6.12.	Correlación entre eficiencia y entropía .....	101

11.6.13.	Correlación entre eficiencia y porcentaje de fijaciones .....	102
11.6.14.	Correlación entre eficiencia y porcentaje de tiempo .....	104
11.6.15.	Correlación entre eficiencia y énfasis .....	107
11.7.	Anexo 7 .....	110
11.7.1.	Correlación por compensación entre eficiencia y dilatación pupilar .....	110
11.7.2.	Correlación por compensación entre eficiencia y número de cambios en la tarea 111	
11.7.3.	Correlación por compensación entre eficiencia y promedio de fijaciones antes de un cambio 111	
11.7.4.	Correlación por compensación entre eficiencia y porcentaje de stay transitions 112	
11.7.5.	Correlación por compensación entre eficiencia y profundidad .....	112
11.7.6.	Correlación por compensación entre eficiencia y amplitud .....	113
11.7.7.	Correlación por compensación entre eficiencia y porcentaje de celdas ignoradas 114	
11.7.8.	Correlación por compensación entre eficiencia y avoid redundancy .....	114
11.7.9.	Correlación por compensación entre eficiencia y porcentaje de celdas con exactamente una fijación .....	115
11.7.10.	Correlación por compensación entre eficiencia y porcentaje de atención en alternativa elegida .....	115
11.7.11.	Correlación por compensación entre eficiencia y porcentaje de transiciones a celdas cercanas .....	116
11.7.12.	Correlación por compensación entre eficiencia y entropía .....	116
11.7.13.	Correlación por compensación entre eficiencia y porcentaje de fijaciones .....	118
11.7.14.	Correlación por compensación entre eficiencia y porcentaje de tiempo .....	120
11.7.15.	Correlación por compensación entre eficiencia y énfasis .....	123
11.8.	Anexo 8 .....	126
11.9.	Anexo 9 .....	127
11.10.	Anexo 10 .....	128
11.11.	Anexo 11 .....	130

# Índice de tablas

Tabla I: Resultados de correlación entre porcentaje de error y aprendizaje .....	19
Tabla II: Resultados de correlación entre porcentaje de error y compensación .....	21
Tabla III: Resultados de correlación entre tiempo promedio y compensación .....	22
Tabla IV: Resultados de correlación entre tiempo promedio y aprendizaje .....	23
Tabla V: Resultados de correlación entre número de fijaciones promedio y compensación .....	24
Tabla VI: Resultados de correlación entre número de fijaciones promedio y aprendizaje .....	24
Tabla VII: Test de significancia global de regresión sobre eficiencia .....	25
Tabla VIII: Resultados de correlación entre eficiencia, compensación, aprendizaje y dificultad .	26
Tabla IX: Resultados del modelo gamma con enlace logarítmico de eficiencia .....	27
Tabla X: Tabla resumen de hipótesis .....	48
Tabla XI: Resultados propensión de refijaciones .....	50
Tabla XII: Resultados correlación entre eficiencia y patrones atencionales .....	55
Tabla XIII: Comparación de medias según condición experimental.....	57
Tabla XIV: Resultados de correlación entre eficiencia y patrones atencionales según condición experimental .....	60
Tabla XV: Tabla resumen comprobación de hipótesis .....	62
Tabla XVI: Varianza total explicada por factores .....	66
Tabla XVII: Matriz de componentes rotada .....	67
Tabla XVIII: Resultados regresión de eficiencia a nivel tarea-participante .....	71
Tabla XIX: Resultados test de significancia global del modelo a nivel tarea-participante .....	71
Tabla XX: Resultados correlación entre eficiencia y tipo de compensación .....	72
Tabla XXI: Resultados regresión de eficiencia a nivel participante .....	73
Tabla XXII: Detalle de niveles de satisfacción por atributo .....	79
Tabla XXIII: Opciones de orden de ranking de atributos .....	79
Tabla XXIV: Tipo y cantidad de dificultad en la encuesta .....	80
Tabla XXV: Potenciales participantes a eliminar según criterio de selección .....	80
Tabla XXVI: Resultados propensión de dilatación pupilar .....	82
Tabla XXVII: Resultados propensión de número de cambios en la tarea .....	82
Tabla XXVIII: Resultados propensión de número promedio de fijaciones antes de un cambio ...	83
Tabla XXIX: Resultados propensión de porcentaje de stay transitions .....	83
Tabla XXX: Resultados propensión de profundidad en celdas necesarias.....	84
Tabla XXXI: Resultados propensión de profundidad en celdas no necesarias .....	84
Tabla XXXII: Resultados propensión de amplitud .....	85
Tabla XXXIII: Resultados propensión de profundidad en porcentaje de celdas ignoradas .....	85
Tabla XXXIV: Resultados propensión de avoid redundancy.....	85
Tabla XXXV: Resultados propensión de porcentaje de celdas con exactamente una fijación ....	86
Tabla XXXVI: Resultados propensión de porcentaje de atención en alternativa elegida .....	86
Tabla XXXVII: Resultados propensión de porcentaje de transiciones a celdas cercanas .....	86
Tabla XXXVIII: Resultados propensión de entropía en matriz de atributos-alternativas .....	87
Tabla XXXIX: Resultados propensión de entropía en atributos .....	87
Tabla XL: Resultados propensión de entropía en alternativas .....	88
Tabla XLI: Resultados propensión de porcentaje de fijaciones en la pregunta .....	88
Tabla XLII: Resultados propensión de porcentaje de fijaciones en la matriz .....	89
Tabla XLIII: Resultados propensión de porcentaje de fijaciones en etiquetas de alternativas ....	89
Tabla XLIV: Resultados propensión de porcentaje de fijaciones en etiquetas de atributos .....	89

Tabla XLV: Resultados propensión de porcentaje de tiempo en la pregunta.....	90
Tabla XLVI: Resultados propensión de porcentaje de tiempo en la matriz.....	90
Tabla XLVII: Resultados propensión de porcentaje de tiempo en etiquetas de alternativas.....	91
Tabla XLVIII: Resultados propensión de porcentaje de tiempo en etiquetas de atributos.....	91
Tabla XLIX: Resultados propensión de porcentaje de tiempo en celdas necesarias.....	91
Tabla L: Resultados propensión de porcentaje de tiempo en celdas no necesarias.....	92
Tabla LI: Resultados propensión de énfasis en la pregunta.....	92
Tabla LII: Resultados propensión de énfasis en la matriz.....	93
Tabla LIII: Resultados propensión de énfasis en etiquetas de alternativas.....	93
Tabla LIV: Resultados propensión de énfasis en etiquetas de atributos.....	93
Tabla LV: Resultados propensión de énfasis en celdas necesarias.....	94
Tabla LVI: Resultados propensión de énfasis en celdas no necesarias.....	94
Tabla LVII: Resultados correlación entre eficiencia y patrones atencionales para participantes sin compensación.....	126
Tabla LVIII: Resultados correlación entre eficiencia y patrones atencionales para participantes con compensación en todas las preguntas.....	127
Tabla LIX: Resultados correlación entre eficiencia y patrones atencionales para participantes con compensación en las últimas 12 preguntas.....	128
Tabla LX: Matriz de correlación entre patrones atencionales y estrategias.....	130

# Índice de ilustraciones

Ilustración 1: Dispositivo eye-tracker en forma de anteojos. ....	7
Ilustración 2: Dispositivo eye-tracker en forma de cintillo. ....	7
Ilustración 3: Dispositivo eye-tracker con tecnología infrarrojo. ....	8
Ilustración 4: Vista de tarea a responder por participantes. ....	10
Ilustración 5: Captura de fijaciones de herramienta eye-tracker. ....	12
Ilustración 6: Ejemplo de AOI dentro de matriz atributos-alternativas. Fuente: Paula Urrutia. ...	12
Ilustración 7: Ejemplo de gazeplot de un participante sin problemas de medición. ....	13
Ilustración 8: Ejemplo de gazeplot de un participante con problemas de medición. ....	14
Ilustración 9: Distribución de error al responder. ....	18
Ilustración 10: Porcentaje de error por tarea. ....	19
Ilustración 11: Porcentaje de error por condición. ....	20
Ilustración 12: Tiempo promedio por tarea. ....	22
Ilustración 13: Número de fijaciones por tarea. ....	24
Ilustración 14: Histograma de eficiencia de encuestados. ....	27
Ilustración 15: Gráfico de correlación entre eficiencia y refijaciones. ....	53
Ilustración 16: Gráfico de correlación entre eficiencia y refijaciones por condición experimental .....	59
Ilustración 17: Gráfico de correlación entre eficiencia y dilatación pupilar. ....	95
Ilustración 18: Gráfico de correlación entre eficiencia y número de cambios en la tarea. ....	95
Ilustración 19: Gráfico de correlación entre eficiencia y número promedio de fijaciones antes de un cambio. ....	96
Ilustración 20: Gráfico de correlación entre eficiencia y porcentaje de stay transitions. ....	96
Ilustración 21: Gráfico de correlación entre eficiencia y profundidad en celdas necesarias. ....	97
Ilustración 22: Gráfico de correlación entre eficiencia y profundidad en celdas no necesarias. ....	97
Ilustración 23: Gráfico de correlación entre eficiencia y amplitud. ....	98
Ilustración 24: Gráfico de correlación entre eficiencia y porcentaje de celdas ignoradas. ....	98
Ilustración 25: Gráfico de correlación entre eficiencia y porcentaje de celdas con exactamente una fijación. ....	99
Ilustración 26: Gráfico de correlación entre eficiencia y porcentaje de atención en alternativa elegida. ....	100
Ilustración 27: Gráfico de correlación entre eficiencia y porcentaje de transiciones a celdas cercanas .....	100
Ilustración 28: Gráfico de correlación entre eficiencia y entropía en matriz. ....	101
Ilustración 29: Gráfico de correlación entre eficiencia y entropía en atributos. ....	101
Ilustración 30: Gráfico de correlación entre eficiencia y entropía en alternativas. ....	102
Ilustración 31: Gráfico de correlación entre eficiencia y porcentaje de fijaciones en la pregunta .....	102
Ilustración 32: Gráfico de correlación entre eficiencia y porcentaje de fijaciones en matriz. ....	103
Ilustración 33: Gráfico de correlación entre eficiencia y porcentaje de fijaciones en etiquetas de alternativas. ....	103
Ilustración 34: Gráfico de correlación entre eficiencia y porcentaje de fijaciones en etiquetas de atributos. ....	104
Ilustración 35: Gráfico de correlación entre eficiencia y porcentaje de tiempo en la pregunta. ..	104
Ilustración 36: Gráfico de correlación entre eficiencia y porcentaje de tiempo en la matriz. ....	105

Ilustración 37: Gráfico de correlación entre eficiencia y porcentaje de tiempo en etiquetas de alternativas.....	105
Ilustración 38: Gráfico de correlación entre eficiencia y porcentaje de tiempo en etiquetas de atributos .....	106
Ilustración 39: Gráfico de correlación entre eficiencia y porcentaje de tiempo en celdas necesarias .....	106
Ilustración 40: Gráfico de correlación entre eficiencia y porcentaje de tiempo en celdas no necesarias .....	107
Ilustración 41: Gráfico de correlación entre eficiencia y énfasis en la pregunta .....	107
Ilustración 42: Gráfico de correlación entre eficiencia y énfasis en la matriz.....	108
Ilustración 43: Gráfico de correlación entre eficiencia y énfasis en etiquetas de alternativas ....	108
Ilustración 44: Gráfico de correlación entre eficiencia y énfasis en etiquetas de atributos .....	109
Ilustración 45: Gráfico de correlación entre eficiencia y énfasis en celdas necesarias .....	109
Ilustración 46: Gráfico de correlación entre eficiencia y énfasis en celdas no necesarias .....	110
Ilustración 47: Gráfico de correlación entre eficiencia y dilatación pupilar por condición experimental .....	110
Ilustración 48: Gráfico de correlación entre eficiencia y número de cambios en una tarea por condición experimental.....	111
Ilustración 49: Gráfico de correlación entre eficiencia y promedio de fijaciones antes de un cambio por condición experimental .....	111
Ilustración 50: Gráfico de correlación entre eficiencia y porcentaje de stay transitions por condición experimental .....	112
Ilustración 51: Gráfico de correlación entre eficiencia y profundidad en celdas necesarias por condición experimental.....	112
Ilustración 52: Gráfico de correlación entre eficiencia y profundidad en celdas no necesarias por condición experimental.....	113
Ilustración 53: Gráfico de correlación entre eficiencia y amplitud por condición experimental	113
Ilustración 54: Gráfico de correlación entre eficiencia y porcentaje de celdas ignoradas por condición experimental.....	114
Ilustración 55: Gráfico de correlación entre eficiencia y avoid redundancy por condición experimental .....	114
Ilustración 56: Gráfico de correlación entre eficiencia y porcentaje de celdas con exactamente una fijación por condición experimental .....	115
Ilustración 57: Gráfico de correlación entre eficiencia y porcentaje de atención en alternativa elegida por condición experimental.....	115
Ilustración 58: Gráfico de correlación entre eficiencia y porcentaje de transiciones a celdas cercanas por condición experimental .....	116
Ilustración 59: Gráfico de correlación entre eficiencia y entropía en la matriz por condición experimental .....	116
Ilustración 60: Gráfico de correlación entre eficiencia y entropía en atributos por condición experimental .....	117
Ilustración 61: Gráfico de correlación entre eficiencia y entropía en alternativas por condición experimental .....	117
Ilustración 62: Gráfico de correlación entre eficiencia y porcentaje de fijaciones en la pregunta por condición experimental.....	118
Ilustración 63: Gráfico de correlación entre eficiencia y porcentaje de fijaciones en la matriz por condición experimental.....	118



Ilustración 64: Gráfico de correlación entre eficiencia y porcentaje de fijaciones en etiquetas de alternativas por condición experimental.....	119
Ilustración 65: Gráfico de correlación entre eficiencia y porcentaje de fijaciones en etiquetas de atributos por condición experimental.....	119
Ilustración 66: Gráfico de correlación entre eficiencia y porcentaje de tiempo en la pregunta por condición experimental.....	120
Ilustración 67: Gráfico de correlación entre eficiencia y porcentaje de tiempo en la matriz por condición experimental.....	120
Ilustración 68: Gráfico de correlación entre eficiencia y porcentaje de tiempo en etiquetas de alternativas por condición experimental.....	121
Ilustración 69: Gráfico de correlación entre eficiencia y porcentaje de tiempo en etiquetas de atributos por condición experimental.....	121
Ilustración 70: Gráfico de correlación entre eficiencia y porcentaje de tiempo en celdas necesarias por condición experimental.....	122
Ilustración 71: Gráfico de correlación entre eficiencia y porcentaje de tiempo en celdas no necesarias por condición experimental.....	122
Ilustración 72: Gráfico de correlación entre eficiencia y énfasis en la pregunta por condición experimental.....	123
Ilustración 73: Gráfico de correlación entre eficiencia y énfasis en la matriz por condición experimental.....	123
Ilustración 74: Gráfico de correlación entre eficiencia y énfasis en etiquetas de alternativas por condición experimental.....	124
Ilustración 75: Gráfico de correlación entre eficiencia y énfasis en etiquetas de atributos por condición experimental.....	124
Ilustración 76: Gráfico de correlación entre eficiencia y énfasis en celdas necesarias por condición experimental.....	125
Ilustración 77: Gráfico de correlación entre eficiencia y énfasis en no necesarias por condición experimental.....	125