

UNIVERSITAT DE VALÈNCIA

Facultat de Filosofia i Ciències de L'Educación

Depto. de Métodos de Investigación y Diagnóstico en Educación



Doctorado N° 270D de Intervención Educativa

TESIS DOCTORAL

**Desarrollo y validación de una prueba de
Percepción de la proporción visual**

Presentado por

Virginia Carmiol Umaña

Dirigido por

Dr. Jesús Miguel Jornet Meliá

Dr. José González Such

Valencia, Febrero 2013

CAPÍTULO 1	9
INTRODUCCIÓN	9
1. RESUMEN.....	11
1.i. Test de Percepción de la Proporción	17
1.ii. Estructura del Documento.....	19
2. PROPORCIÓN	25
2.i. Proporción y Dibujo.....	31
2.i.1. Enseñanza del dibujo	32
2.i.1.a. Métodos para dibujar la proporción.....	34
2.i.1.b. El dibujo para los estudiantes de primer ingreso	38
2.ii. Proporción y Diseño.....	39
2.ii.1. La proporción en el diseño de modas	40
2.ii.2. La proporción en el diseño automovilístico.....	42
3. PERCEPCIÓN.....	47
3.i. Psicología de la Percepción	51
3.i.1.a. La Percepción discrimina	54
3.i.1.b. Percepción tridimensional	56
3.i.1.c. De lo general a lo particular	56
3.i.1.d. Sensación, razón y percepción	57
3.i.1.e. Sentido o razón?	57
3.i.2. Teorías de la percepción	59
3.i.2.a. Teoría Empirista	61
3.i.2.b. Teoría Nativista	62
3.i.2.c. Teoría Gestalt	64
3.i.2.d. Teoría del Estímulo.....	66
3.i.3. Reglas de la visión universal	68
3.i.3.a. Figuras subjetivas.....	70
3.i.3.b. La regla de Shipley y Kellman.....	71
3.i.3.c. Reglas de iluminación.....	72
3.i.3.d. Regla de los mínimos.....	73
3.i.3.e. Reglas de simetría y repetición.....	74
3.i.3.f. Ley de equivalencia o semejanza	75
3.i.3.g. Ley de cierre	76
3.ii. Fisiología de la Percepción	77
3.ii.1. Neurociencia.....	79
3.ii.1.a. Evolución y percepción	81
3.ii.2. Cerebro humano	83
3.ii.2.a. Diferentes modos de procesar la información	85
3.ii.2.b. El dibujo y el hemisferio derecho.....	87
3.ii.2.c. Sistema auditivo.....	89
3.ii.3. Sistema visual.....	90
3.ii.3.a. Fóvea y retina	91
3.ii.3.b. Visión binocular	94
3.ii.3.c. Campo visual.....	96
3.ii.4. Memoria	98
3.ii.4.a. Memoria explícita e implícita	99
3.ii.4.b. Cantidad de elementos que se recuerdan.....	100
3.ii.4.c. Nivelación y agudización	100
3.ii.4.d. Reconocimiento	101
4. INSTRUMENTO DE MEDICIÓN	103
4.i. Tests estandarizados	105
4.i.1. Tests de percepción visual	106
4.i.1.a. Visual Form Discrimination: TDV-B.....	108
4.i.1.b. Judgement of Line Orientation: JLO	109
4.i.1.c. Facial Recognition Test: FRT	109
4.i.1.d. Test digital de percepción visual: TDP	109

4.i.1.e. Birmingham Object Recognition Battery: BORB	110
4.i.1.f. Hooper Visual Organization Test: HVOT.....	110
4.i.1.g. Visual Object and Space Perception: VOSP	110
4.i.1.h. Test of Visual-Perceptual Skills (non-motor): TVPS-3.....	111
4.i.1.i. Test for Visual Analysis Skills: TVAS	111
4.i.1.j. Visual Skills Appraisal: VSA.....	111
4.i.1.k. Test of Pictures/ Forms / Letters / Numbers Spatial Orientation & Sequencing Skills	112
4.i.1.l. Picture Completion Test: WAIS.....	112
4.i.1.m. Loewenstein Occupational Therapy Cognitive Assessment	112
4.i.1.n. Test de Ishihara.....	113
4.i.1.ñ. Behavioural Inattention Test: BIT	113
4.i.1.o. Motor Free Visual Perception Test: MVPT.....	113
4.i.1.p. Test BETA III	113
4.i.2. Tests viso-motores.....	114
4.i.2.a. Test de Frostig.....	115
4.i.2.b. Bender Visual Motor Gestalt	116
4.i.2.c. Bender Koppitz	117
4.i.2.d. Visual Motor Integration: VMI.....	118
4.i.2.e. Test of Visual Motor Skills: TVMS	119
4.i.3. Tests de memoria visual.....	119
4.i.3.a. Test de la Figura Compleja de Rey: FCR-M	120
4.i.3.b. Test de retención visual de Benton: TRV-B	121

CAPÍTULO 2.....123

METODOLOGÍA.....123

1. Delimitación del problema.....125

2. Objetivos.....131

2.i. Objetivo general.....131

2.ii. Objetivos específicos.....131

2.ii.1. Componentes específicos de la proporción.....132

2.ii.1.a. Cambio proporcional.....134

2.ii.1.b. Transformación del ítem.....134

2.ii.2. Funcionalidad métrica de los componentes.....136

2.ii.2.a. Tipos de Secuencia.....136

2.ii.3. Creación de una batería de ítems.....138

2.ii.3.a. Rediseño de ítems.....142

2.iii. Instrumento de medición.....144

2.iii.1. Desarrollo del Test.....145

2.iii.1.a. Período de prueba.....146

2.iii.1.b. Alternativas de Respuesta.....147

2.iii.1.c. Procedimiento.....148

2.iii.1.d. Software.....153

2.iii.2. Recogida de datos.....154

CAPÍTULO 3.....155

ANÁLISIS ESTADÍSTICO.....155

1. Estudio preliminar de depuración.....159

1.i. Parámetros de confiabilidad y validez.....160

1.ii. Muestras de estudio.....163

1.ii.1. TP01 (Test de Percepción 01).....163

1.ii.2. TP02 (Test de Percepción 02).....172

1.ii.3. TP03 (Test de Percepción 03).....181

1.ii.4. TP04 (Test de Percepción 04).....191

1.iii. Comparación de muestras de estudio.....202

1.iii.1. Participación de ítems.....202

1.iii.2. Tiempos de exposición.....205

1.iii.3. Estadísticos descriptivos.....206

1.iii.4. Diferencia de medias.....207

1.iv. Muestra de Participantes.....209

2. Estudio del Test Definitivo.....	211
2.i. <i>Ejecución de la Prueba Final</i>	211
2.i.1. Parámetros de ejecución.....	214
2.i.1.a. Duración de la prueba	214
2.i.1.b. Disposición y tamaño de los estímulos	214
2.i.1.c. Complejidad de los estímulos	215
2.i.1.d. Variables implicadas: sexo, edad, universidad y país.....	215
2.i.1.e. Grupo de estudio	218
2.i.1.f. Pruebas de Normalidad	219
2.ii. <i>Análisis con la Teoría Clásica de Test</i>	223
2.ii.1. Validez y depuración.....	223
2.ii.1.a. Depuración del TPP.....	225
2.ii.2. Confrontación del TPP con las muestras de estudio	231
2.ii.3. Resumen de la TCT.....	237
2.ii.4. Resultados de la TCT	238
2.iii. <i>Análisis Factorial</i>	240
2.iii.1. Matriz de correlaciones	241
2.iii.2. Test de Esfericidad de Bartlett	241
2.iii.2.a. Medida de Adecuación Muestral (MSA) para cada variable	242
2.iii.3. Comunalidades.....	243
2.iii.4. Varianza total explicada	244
2.iii.5. Rotación	246
2.iii.6. Definición de factores.....	252
2.iii.7. Gráfico de sedimentación.....	255
2.iii.8. Resumen del Análisis de Componentes Principales.....	261
2.iii.9. Resultados del ACP.....	262
2.iv. <i>Análisis con la Teoría de respuesta a los ítems</i>	263
2.iv.1. Ajuste al modelo.....	264
2.iv.1.a. Error de medida y función de Información	269
2.iv.1.b. Resumen de los alumnos	270
2.iv.1.c. Resumen de los ítems	271
2.iv.1.d. Mapa de Wright.....	272
2.iv.2. Curva característica de los ítems (CCI)	275
2.iv.3. Comparación de resultados.....	281
2.iv.4. Resumen de la TRI.....	285
2.iv.5. Resultados de la TRI.....	286

CAPÍTULO 4.....289

CONCLUSIONES FINALES.....289

- 1. Conclusiones..... 291**
- 2. Recomendaciones..... 295**

REFERENCIAS.....301

ANEXOS.....311

- Anexo 1. Ítems..... 313**
- Anexo 2. Sujetos..... 313**
- Anexo 3. Estadísticos descriptivos con TCT..... 313**
- Anexo 4. Análisis Factorial..... 314**
- Anexo 5. Análisis Estadístico con el Modelo de Rasch..... 314**

Índice de Figuras

Figura 01. Proporciones, según método de Julián y Albarracín (2005)	33
Figura 02. Medición de la proporción, según método de Edwards (1985).....	35
Figura 03. Visor, según método de Edwards (1985).....	36
Figura 04. Visor con graduación, según método de Loomis (1950)	36
Figura 05. Visor simple con retícula de hilos, según método de Speed (1913)	37
Figura 06. Visor de plástico con cuadrícula, según método de Edwards (1985).....	37
Figura 07. Medida proporcional de un niño	41
Figura 08. Medida proporcional de una mujer y un hombre adulto	41
Figura 09. Distancia entre ejes laterales	43
Figura 10. Altura de la carrocería.....	43
Figura 11. Línea imaginaria que une los centros de las ruedas	43
Figura 12. Proporción de las ventanas	44
Figura 13. Pilar delantero y centro de rueda	44
Figura 14. Pilar trasero y centro de la rueda.....	44
Figura 15. Altura de los focos	45
Figura 16. Armazón vertical-horizontal, Arnheim (1984)	53
Figura 17. Copia del Diagrama frenológico (siglo XIX).....	63
Figura 18. Imagen de Boring (1948).....	64
Figura 19. Cadena de romboides, Gestalt	65
Figura 20. Vista desde arriba, vista desde el frente	65
Figura 21. Cajas superpuestas, Richards y Jepson (1993).....	69
Figura 22. Mesas de Shepard (1978)	70
Figura 23. Figuras subjetivas de Kanizsa (1986)	71
Figura 24. Discos de Ehrenstein (1941).....	71
Figura 25. Cúspide cóncava y convexa.....	72
Figura 26. Un círculo convexo y otro cóncavo	72
Figura 27. Regla de los mínimos, según Hoffmann (2000)	73
Figura 28. Simetría y Repetición, según Mach (1985)	74
Figura 29. Simetría y Repetición, según Baylis y Driver (1994)	75
Figura 30. Semejanza de tamaño, color o forma	76
Figura 31. Ley de cierre	76
Figura 32. Partes del cerebro humano.....	84
Figura 33. Hemisferio cerebral y campo visual según Hoffman (2000).....	86
Figura 34. Funcionamiento de la vista	93
Figura 35. Visión binocular	95
Figura 36. Figuras del Test Bender –Koppitz	118
Figura 37. Figuras Compleja de Rey.....	121
Figura 38. Familia de un ítem	134
Figura 39. Transformación Horizontal	135
Figura 40. Transformación Vertical.....	135
Figura 41. Transformación Figura-fondo	136
Figura 42. Ejemplo de Secuencia Continua.....	137
Figura 43. Ejemplo de Secuencia Separada.....	138
Figura 44. Banco de ítems del 1 al 54.....	140
Figura 45. Banco de ítems del 55 al 106.....	141
Figura 46. Rediseño de ítems	143
Figura 47. Introducción del Test de percepción de la proporción	149
Figura 48. Datos personales.....	149
Figura 49. Instrucciones: paso 1 y paso 2.....	150
Figura 50. Instrucciones: identificar respuesta correcta	150
Figura 51. Instrucciones: marcar con x en ubicación correcta.....	151
Figura 52. Hoja de respuestas.....	151
Figura 53. Primera proyección.....	152
Figura 54. Segunda proyección.....	152
Figura 55. Tercera proyección	153
Figura 56. Reactivos del TP01.....	166
Figura 57. TP01 depurado por tercera vez	170
Figura 58. Reactivos del TP02.....	175
Figura 59. TP02 depurado por segunda vez	179
Figura 60. Reactivos del TP03.....	184
Figura 61. TP03 depurado por tercera vez	188
Figura 62. Reactivos del TP04.....	195
Figura 63. TP04 depurado por cuarta vez	200
Figura 64. Tiempos de exposición	205
Figura 65. Reactivos del TPP.....	216
Figura 66. TPP depurado por primera vez.....	227

Figura 67. Reactivo 32 (ítem más difícil).....	228
Figura 68. Reactivo 17 (segundo ítem más difícil).....	229
Figura 69. Reactivo 05 (ítem más fácil).....	229
Figura 70. Reactivo 11 (segundo ítem más fácil).....	229
Figura 71. Reactivo 10 (ítem con correlación más baja).....	230
Figura 72. Reactivo 06 (ítem con penúltima correlación más baja).....	230
Figura 73. Reactivo 35 (ítem con antepenúltima correlación más baja).....	230
Figura 74. Reactivos que se comportan mal en 6 de las 7 universidades.....	234
Figura 75. Reactivos que se comportan mal en 5 de las 7 universidades.....	234
Figura 76. Reactivos que salen bien en las 7 universidades.....	234
Figura 77. Variables con forma similar (Varimax y Oblimin).....	253
Figura 78. Variables con eje oblicuo (Oblimin).....	253
Figura 79. Variables con eje oblicuo (Oblimin).....	254
Figura 80. Variables con el mismo tema (Varimax).....	254
Figura 81. Variables posición de respuesta idéntica (Varimax).....	255
Figura 82. Variables posición de respuesta idéntica (Oblimin).....	255
Figura 83. Ítems muy fáciles según el Mapa de Wright.....	287
Figura 84. Ítems con tres puntuaciones fuera de la banda de confianza.....	288
Figura 85. Ítems con una puntuación fuera de la banda de confianza.....	288

Índice de Tablas

Tabla 01. Altura del cuerpo humano en proporción de cabezas.....	40
Tabla 02. Teorías de la Percepción.....	60
Tabla 03. Test de Percepción visual.....	108
Tabla 04. Tests viso-motores.....	115
Tabla 05. Test de memoria visual.....	120
Tabla 06. Niveles de dificultad de los ítems y porcentajes en el test.....	161
Tabla 07. Contingencia: Sexo y rango de edad del TP01.....	164
Tabla 08. Contingencia: Sexo y nacionalidad del TP01.....	165
Tabla 09. Reactivos TP01.....	167
Tabla 10. Resultados TP01.....	171
Tabla 11. Contingencia: Sexo y rango de edad del TP02.....	173
Tabla 12. Contingencia: Sexo y nivel educativo del TP02.....	174
Tabla 13. Reactivos TP02.....	176
Tabla 14. Resultados TP02.....	180
Tabla 15. Contingencia: Sexo y rango de edad del TP03.....	182
Tabla 16. Contingencia: Sexo y Universidad del TP03.....	183
Tabla 17. Reactivos TP03.....	185
Tabla 18. Resultados TP03.....	189
Tabla 19. Contingencia: Sexo y rango de edad del TP04.....	192
Tabla 20. Contingencia: Sexo y país del TP04.....	193
Tabla 21. Contingencia: Sexo y rango de edad del TP04.....	194
Tabla 22. Reactivos TP04.....	196
Tabla 23. Resultados TP04.....	201
Tabla 24. Participación de los ítems en las diferentes pruebas.....	203
Tabla 25. Ítems y reactivos en las diferentes pruebas.....	204
Tabla 26. Tiempo de exposición de las imágenes en las diferentes pruebas.....	205
Tabla 27. Estadísticos descriptivos de las muestras de estudio.....	207
Tabla 28. Diferencia de medias para grupos independientes.....	208
Tabla 29. Muestra de participantes en las diferentes pruebas.....	209
Tabla 30. Contingencia: Sexo y Rango de Edad del TPP.....	215
Tabla 31. Contingencia: Sexo y país del TPP.....	217
Tabla 32. Contingencia: Sexo y Universidad del TPP.....	218
Tabla 33. Prueba de Kolmogorov-Smirnov para puntaje total.....	219
Tabla 34. Prueba de Kolmogorov-Smirnov para puntaje total y género.....	220
Tabla 35. Prueba Kruskal-Wallis para comparar puntaje total y rangos de edad.....	221
Tabla 36. Prueba Kruskal-Wallis para comparar puntaje total y universidades.....	221
Tabla 37. Reactivos del TPP.....	224
Tabla 38. Estadísticos de fiabilidad (TPP).....	225
Tabla 39. Estadísticos de escala (TPP).....	225
Tabla 40. Estadísticos de fiabilidad (TPP. Dep.01).....	226
Tabla 41. Estadísticos de la escala (TPP. Dep.01).....	226
Tabla 42. Resultados TPP.....	228
Tabla 43. Comparación de estadísticos con las muestras de estudio.....	231
Tabla 44. Resumen de estadísticos descriptivos por universidad.....	233

Tabla 45. Ítems con mal comportamiento dentro de las universidades.....	235
Tabla 46. Diferencia de medias para los grupos del TPP.....	236
Tabla 47. Matriz de correlaciones y prueba de esfericidad de Bartlett.....	241
Tabla 48. Medida de adecuación de la muestra (MSA)	242
Tabla 49. Comunalidades	244
Tabla 50. Varianza total explicada por rotación Varimax y Oblimin.....	245
Tabla 51. Resumen de la Matriz de componentes rotados con método Varimax.....	248
Tabla 52. Resumen de la Matriz de configuración con método Oblimin.....	249
Tabla 53. Comparación del ACP entre Varimax y Oblimin.....	250
Tabla 54. Comparación gráfica del ACP entre Varimax y Oblimin.....	251
Tabla 55. ACP segregado por universidad.....	257
Tabla 56. Comunalidades con 2 factores. Métodos Varimax, Oblimin y Promax	258
Tabla 57. Distribución de cargas según los Métodos: Promax , Oblimin y Varimax	258
Tabla 58. Distribución gráfica de las cargas factoriales con 2 factores. Métodos Promax	260
Tabla 59. Estadísticos de ajuste.....	266
Tabla 60. Estadísticos de ajuste según el grupo de encuestados	266
Tabla 61. Estadísticos de ajuste de 36 ítems y 1353 personas	268
Tabla 62. Resumen de los estadísticos de Fiabilidad de los sujetos	271
Tabla 63. Resumen de los estadísticos de Fiabilidad de los ítems.....	272
Tabla 64. Análisis comparativo.....	282

Índice de Gráficos

Gráfico 01. Sexo y rango de edad del TP01	164
Gráfico 02. Sexo y nacionalidad del TP01	165
Gráfico 03. Sexo y rango de edad del TP02	174
Gráfico 04. Sexo y nivel educativo del TP02	174
Gráfico 05. Sexo y rango de edad del TP03	183
Gráfico 06. Sexo y universidad del TP03	183
Gráfico 07. Sexo y rango de edad del TP04	193
Gráfico 08. Sexo y país del TP04	193
Gráfico 09. Sexo y área de estudios del TP04	194
Gráfico 10. Sexo y rango de edad del TPP	217
Gráfico 11. Sexo y país del TPP.....	217
Gráfico 12. Sexo y universidad del TPP	218
Gráfico 13. Sedimentación con Varimax y Oblimin.....	256
Gráfico 14. Mapa de Wright (36 ítems y 1353 personas)	273
Gráfico 15. Curva característica de los reactivos R1-R9	277
Gráfico 16. Curva característica de los reactivos R10-R18	278
Gráfico 17. Curva característica de los reactivos R19-R27	279
Gráfico 18. Curva característica de los reactivos R28-R36	280
Gráfico 19. Resumen de Mapas con 1353 personas.....	283
Gráfico 20. Resumen de Mapas con 1019 personas.....	284



Capítulo 1

Introducción

Fundamentación teórica

1. RESUMEN

Esta Tesis es el producto de un proyecto de investigación que se plantea como una necesidad en el marco de la Escuela de Diseño Industrial del Instituto Tecnológico de Costa Rica (TEC). En medio de un proceso de acreditación, que implica gran cantidad de cambios curriculares fuertes y un aumento del 100% en el ingreso anual del sector estudiantil, resulta inminente que la Escuela mejore la calidad de la enseñanza con cursos académicos eficientes y bien adaptados al nuevo contexto socioeducativo. En este contexto educativo, los cursos de dibujo forman parte de los más controvertidos porque constituyen un filtro para todos los que quieren estudiar diseño. Por esa razón, la investigadora de esta tesis, que también ha sido profesora de dibujo por más de 27 años, aborda el estudio de este tópico desde una perspectiva más profunda, que contempla el dibujo no solo como una habilidad manual sino y fundamentalmente como una destreza visual.

Asimismo dentro de la percepción visual se analiza detenidamente la *proporción*, como una característica que está intrínseca en todo objeto tridimensional. La apreciación visual de este rasgo particular es determinante para el reconocimiento de cualquier figura, ya que repercute directamente en el dibujo que se haga de ella.

En el campo del diseño se abarca una amplia gama de recursos visuales que representan objetos con determinadas proporciones, de ahí que el diseñador debe familiarizarse con este concepto para no cambiar innecesariamente el objeto de estudio. Lo mismo sucede cuando una persona dibuja lo que ve; si quiere que sea reconocible debe mantener la *proporción* entre las partes, como uno de los requisitos más importantes. Es importante recordar que tanto el diseñador como el arquitecto proyectan sus propias ideas a través de un dibujo que representa su creación, la cual se va desarrollando y mejorando con cada corrección. Por eso en cualquier campo del diseño, la práctica del dibujo es considerada una de las herramientas más importantes para el desarrollo de propuestas. A nivel docente se vuelve una necesidad conocer de forma precisa los factores que participan en esta actividad, para proponer una metodología idónea que garantice el aprendizaje de los alumnos.

Como punto de partida en esta tesis, se pretende medir la percepción visual que tienen las personas para captar la *proporción*, y con este objetivo se empiezan a conocer las razones psicológicas y fisiológicas que permiten a una persona, desarrollar o no esta habilidad.

Posteriormente y conociendo en profundidad las competencias necesarias para la percepción de la *proporción*, se diseña un instrumento de medición (Test) que permite diagnosticar el grado de dominio que maneja el estudiante universitario.

Con la información recabada a partir de este Test, la cátedra de Dibujo de la Escuela de Diseño Industrial del TEC espera desarrollar un programa formativo que aborde la enseñanza del dibujo con un enfoque más innovador, partiendo en primera instancia de un entrenamiento visual para pasar posteriormente al desarrollo de la habilidad manual.

Es importante mencionar que el dibujo como cualquier otra técnica, debe ser replanteado y contextualizado en el mundo tecnológico dónde se desarrolla. En las últimas décadas ha proliferado una amplia y sofisticada gama de herramientas tecnológicas para el dibujo, las cuales se especializan en el diseño arquitectónico, industrial o gráfico. La simulación del realismo perfecto, en dónde se incluye la percepción del usuario dentro de un contexto virtual, es un campo que le infiere a la computadora un potencial tan alto que difícilmente puede ser superado por un profesional en el área.

Sin embargo no hay que perder de vista que la computadora solo dibuja a partir de la información geométrica que le fue suministrada previamente y por lo tanto, el objeto o la edificación deben estar bien proporcionados en la mente del diseñador. La ventaja de contar con una herramienta tan eficiente como la computadora, es que el diseñador puede finalmente concentrarse en el desarrollo de ideas, conceptos y proporciones, y desligarse aunque sea parcialmente de la representación y los detalles cosméticos de su proyecto. Hay que recordar que la estética y la funcionalidad son los aspectos que realmente definen la obra de diseño y que por lo tanto no deben salirse del estricto control del diseñador.

Este desarrollo exponencial de la tecnología actual solo justifica que a los estudiantes de diseño no se les obligue a pintar detalladas y realistas obras de arte o a realizar complejos planos con instrumentos manuales. Pero el uso de la tecnología no exime ni favorece a ningún diseñador de no contar con una afinada percepción de la *proporción*.

Durante esta investigación han surgido aspectos muy importantes que se relacionan más con la visión que con el dibujo, pero que al afectar directamente el ámbito perceptivo terminan siendo concluyentes en la reproducción de imágenes; por esta razón, gran parte de este trabajo se ha dedicado al estudio de la psicología de la percepción y a los aspectos fisiológicos del cerebro y la visión.

Arnheim (1904-2007), el gran estudioso e historiador del arte, se esforzó por describir las clases de cosas que vemos y los mecanismos perceptuales que explican los hechos visuales. Para él, todo acto de ver cae dentro del campo del psicólogo, y todo el que haya tratado los procesos de crear o experimentar el arte ha tenido que hablar de psicología. Los principios de su pensamiento psicológico proceden de la teoría de la Gestalt y definitivamente influenciaron de gran manera la hipótesis que se desarrolla en esta investigación.

En relación a la parte fisiológica que permite a una persona desarrollar o no esta habilidad, vale la pena mencionar a varios renombrados investigadores como Edwards (1985), Mecacci (1984), Kaplan y Warring (citadas en Gardner, 2005) y Kandel et al. (2008); los cuales han dejado clara evidencia de la participación del cerebro en el proceso de dibujo; sobre todo del hemisferio derecho que se especializa en las destrezas visuo-espaciales.

La experiencia docente que ha acumulado la investigadora de esta tesis, le confiere algunos resultados experimentales demostrando que no todos los aspectos involucrados en el dibujo incurren en el mismo nivel de dificultad. Por ejemplo al comparar el aprendizaje de las habilidades manuales versus las habilidades perceptuales se puede encontrar que los estudiantes en general llegan a superar más rápidamente los problemas relacionados con el trazo y la técnica; pero con mayor dificultad superan aquellos que se refieren a las proporciones o

relaciones entre partes. Edwards (1985) diría que la deficiencia se debe a que no dibujan con el lado derecho del cerebro, y de acuerdo a las funciones y habilidades que se mencionan más adelante en este mismo documento ("*Fisiología de la percepción*"), habría que darle la razón. Según la información recabada en este apartado, el hemisferio derecho se encuentra más capacitado para desarrollar las tareas de dibujo, pues se especializa en competencias perceptuales que son indispensables para la apreciación de formas, ángulos, sombras y texturas; además de relaciones espaciales y reconocimiento de rostros.

Tratando de elaborar una síntesis del problema que nos ocupa, se puede concluir que el acto de dibujar está influenciado por lo que se percibe y para percibir se necesita primero captar la configuración que ordena los elementos y entender las relaciones que existen entre estos elementos (Taylor, 1715). Cuando se logra obtener esta síntesis se puede hablar de *proporción*; ya que ésta característica se ubica por encima de las demás variables que definen el objeto a nivel formal. Por esta razón, para dibujar algo que se parezca a la realidad, es indispensable captar la *proporción* y reproducirla lo más fielmente posible.

1.i. Test de Percepción de la Proporción

Si para aprender a dibujar hay que aprender a ver, se crea la necesidad de estudiar el problema visual y más específicamente el perceptual. En esta fase de acercamiento hacia un aprendizaje eficiente del dibujo, resulta crucial poder contar con un instrumento que permita medir la parte de la percepción que afecta directamente los resultados en el dibujo, es decir la *proporción*. Partiendo de esta hipótesis se propone desarrollar un instrumento que sea capaz de medir esta habilidad en los estudiantes universitarios y evaluar si existe alguna diferencia perceptual entre aquellos que estudian diseño y los otros que optaron por otras especialidades. Propiamente en las Escuelas de Diseño, los resultados del Test se podrían utilizar para hacer un diagnóstico del estudiantado y clasificar el grupo entre los que tienen el nivel perceptual para iniciar inmediatamente el curso de dibujo y aquellos que requieren de un entrenamiento visual más prolongado. En general, los estudiantes de Diseño trabajan mucho con imágenes y esto permite fortalecer la percepción visual, no obstante algunos manejan esta habilidad de forma innata y otros la desarrollan durante la carrera. Los cursos de dibujo no solo se fundamentan en la percepción visual, sino que son los primeros que se imparten en la carrera; por esta razón muchas veces se convierten en un filtro, difícil de superar para muchos.

Para cualquier toma de decisión, académica o curricular, es necesario contar con un dictamen preciso de las destrezas con las que cuenta el estudiantado. A partir de ese diagnóstico, será posible idear nuevas opciones académicas que mejoren o agilicen el proceso educativo. Tal podría ser el caso de un curso de adiestramiento visual, que a manera de juego, le permita al estudiante entrenarse en el campo visual; enfocando la atención hacia parámetros específicos que posteriormente le van a servir en las clases de dibujo. Un entrenamiento de este tipo puede tener diferentes grados de dificultad que le permiten ir escalando hacia niveles superiores y finalmente estar listo para comenzar a dibujar.

La investigación en este campo apenas inicia y la finalidad del Test que se desarrolla en esta investigación pretende validar correctamente los ítems, que posteriormente podrían ser utilizados en otros instrumentos. En el futuro, el Test podría cambiar de formato y convertirse en un Test adaptativo informatizado (TAI); que le permita al estudiante un aprendizaje individual, a su propio ritmo y en el lugar y el momento que le sean oportunos.

El planteamiento expuesto en este último párrafo es el que genera la motivación de esta investigación y específicamente el desarrollo del instrumento que pretende medir el grado de percepción de la proporción que tienen los estudiantes universitarios.

Finalmente vale la pena mencionar que aunque existen muchos tests de percepción visual y espacial, así como de memoria, atención y concentración debidamente validados psicométricamente, no se ha encontrado ni uno solo que pueda medir la habilidad visual de percibir la *proporción* y mucho menos un Test que correlacione esta habilidad con el dibujo.

Por ello, entendemos que se abre con este trabajo una línea de investigación que puede tener como consecuencia disponer de instrumentos de evaluación válidos, que constituyan la base para la elaboración posterior de un TAI y de un programa de entrenamiento específico.

1.II. ESTRUCTURA DEL DOCUMENTO

El presente documento se divide en cuatro partes principales y dos apartados adicionales:

1. Introducción
2. Metodología
3. Resultados
4. Conclusiones y Recomendaciones
 - Referencias
 - Anexos

PARTE 1: Introducción

La Introducción es la parte más amplia de este documento y se divide en tres grandes temas que contienen la fundamentación teórica necesaria para el desarrollo del *Test de percepción de la proporción* (TPP). Es decir que la Introducción abarca desde la motivación inicial que comprende la problemática del dibujo, hasta la teoría psicométrica que permite efectuar la medición de una habilidad visual.

1. *Proporción*, como el tema principal de esta tesis
2. *Percepción*, como la habilidad que se pretende medir
3. *Instrumento de medición*, como la herramienta que hace posible el diagnóstico.

Cada uno de estos temas principales está ligado a otros más específicos que amplían la información y ayudan a comprender mejor la temática. En nuestro caso la *proporción* se estudia necesariamente desde la perspectiva del diseño y del dibujo, pues se trata del contexto académico con el que se va a trabajar. Recordemos que el *diseño* es un proceso de prefiguración mental, que utiliza el *dibujo* como herramienta para construir una nueva forma, la cual a su vez tiene una característica intrínseca que es la *proporción*. Estos tres conceptos están profundamente ligados entre sí y uno no puede existir sin los otros dos.

La percepción por su lado es un concepto tan amplio que se analiza desde dos diferentes enfoques: el psicológico y el fisiológico. El primero direcciona la atención hacia el conocimiento previo que tienen las personas acerca de algo y el segundo estudia la actividad neuronal a partir de los estímulos sensoriales.

En primera instancia la percepción se estudia como una facultad que va más allá de la observación, pues cuando se percibe algo, se está discriminando o escogiendo inconscientemente lo que se quiere ver. En esta parte del documento se analiza la forma en que el cerebro procesa la información visual, y cómo la cultura o la experiencia del observador pueden tener mayor influencia en lo que se percibe que el propio estímulo físico. Es así como la concentración o el interés que prestan las personas cuando enfocan su mirada puede variar considerablemente entre diferentes individuos. Otros contenidos importantes para el tema que nos ocupa son las teorías de la percepción (empirista, nativista, Gestalt y del estímulo) y las reglas de la visión universal citadas por Hoffman (2000), que permiten interpretar mejor el comportamiento genérico del sistema visual humano.

Desde el ámbito fisiológico se estudia cómo la información visual es transportada al cerebro y de qué forma este conocimiento se almacena en la memoria. En nuestra investigación es importante conocer si para responder un ítem, el individuo utiliza un análisis visual de reconocimiento proporcional o si se trata simplemente de memoria visual, conocida también como memoria fotográfica.

Como se mencionará más adelante en este mismo documento, el cerebro humano presenta una asimetría funcional entre sus hemisferios, lo cual provoca que cada uno de ellos tenga una forma diferente de procesar la información. Para entender en profundidad el desempeño que presentan ambos hemisferios ante el proceso de dibujo, se estudian algunas investigaciones científicas que detectan diferencias significativas en los dibujos de pacientes que han sufrido daños cerebrales. Los resultados obtenidos indican que la ubicación en el cerebro de estos daños, determinan el tipo de deficiencia que presenta los dibujos.

La visión es otro tópico de la parte fisiológica que se menciona en este apartado, ya que todas las teorías sobre dibujo apuntan a que la dificultad para aprender a dibujar es visual y no manual.

El último tema de la Introducción es el instrumento de medición, en este apartado se analizan las pruebas estandarizadas que evalúan las habilidades perceptivas, viso-motoras y de memoria visual. Se estudia el formato, la longitud y la duración de este tipo de pruebas por tener un componente fundamentalmente visual, y en tal caso, por su similitud con respecto al Test que se propone en esta tesis doctoral. En este mismo apartado se aborda el tema de la psicometría, como modelo matemático de asuntos psicológicos, que permite comprobar si un instrumento tiene validez y es confiable. El conocimiento de la psicometría es indispensable para interpretar correctamente la información obtenida en el proceso de validación del instrumento de medición que se pretende desarrollar en esta investigación. Por tal razón se profundiza en todos aquellos estadísticos que se manejan en la teoría de tests, incluyendo la significación que tienen en los diferentes modelos: Teoría Clásica de Tests (TCT) y Teoría de Respuesta a los Ítems (TRI), específicamente en el Modelo de Rasch.

De esta forma, todos los temas de la Introducción constituyen la fundamentación teórica necesaria para poder iniciar con el desarrollo del instrumento que se define en la segunda parte del documento.

PARTE 2: Metodología

La Metodología inicia con la delimitación de una habilidad visuo-perceptual que permite detectar los cambios proporcionales de una figura, y que constituye una destreza indispensable para cualquier profesional que trabaja en el área del diseño. La razón que impulsa esta investigación se fundamenta en el supuesto de que a mayor percepción de la proporción mayor facilidad en el dibujo. No obstante, para probar esa hipótesis se necesita primero contar con el instrumento que mida el grado de percepción de la proporción que tienen las personas. Por tal razón, en este apartado se definen todos los detalles que debe cumplir el instrumento para lograr su propósito. En la Metodología se especifican tanto el

objetivo general como los objetivos específicos, los cuales se plantean de la siguiente forma:

1. Conocer los componentes específicos de la proporción
2. Comprobar la funcionalidad métrica de estos componentes
3. Desarrollar una batería de ítems que midan la proporción
4. Construir un test visual
5. Realizar estudios preliminares para validar los ítems y el instrumento
6. Comparar los resultados de las muestras de estudio
7. Ejecutar la prueba final de percepción de la proporción

Del paso 1 al 4 se construye el instrumento de medición, del paso 5 al 6 se analizan los resultados obtenidos en muestras pequeñas de la población meta, seleccionando los mejores reactivos para incorporarlos en el paso 7. La prueba final se realiza en un contexto internacional, en cinco países y seis universidades diferentes.

PARTE 3: Resultados

En esta parte se analizan los Resultados psicométricos del Test de Percepción de la Proporción (TPP) desde la Teoría Clásica de Test (TCT) hasta la Teoría de Respuesta a los Ítems (TRI), pasando por un Análisis Factorial para comprobar si existe unidimensionalidad. El análisis estadístico con la TCT o con la TRI determina la fiabilidad que tiene el instrumento de medición y facilita algunos indicadores que permiten mejorar el test. También se obtiene una escala acerca de la dificultad y la discriminación de los ítems, lo que posibilita una selección más afinada de los mismos. De esta forma, los reactivos se pueden agrupar por nivel de dificultad para tener un mayor control de los diferentes grados de habilidad que tienen los encuestados. El análisis individual de los ítems muestra que algunos de ellos pueden ser mejorados mediante un rediseño que reduce la complejidad de la forma que tiene el ítem, resaltando con mayor fuerza la característica que se desea medir: la proporción.

PARTE 4: Conclusiones

La Parte 4 de Conclusiones Finales es el resumen de las consideraciones más importantes que la doctoranda logra sustraer de toda la investigación, en primera

instancia se menciona la capacidad real de los encuestados versus la percepción que ellos tienen de su propia habilidad. Se relata como el grado de dificultad puede cambiar en función de la secuencia que utiliza el ítem. Otro aspecto que se comenta es la contradicción que surge entre los resultados de la TCT y la TRI. Adicionalmente se abre la discusión hacia un nuevo campo de investigación que surge con esta investigación y la importancia que tiene el TPP como un test de aplicación pedagógica, de fácil estandarización, de validación intercultural y de evaluación de una habilidad visual que no había sido medida anteriormente.

En las Recomendaciones se advierte la necesidad de incrementar el nivel de dificultad de los ítems para medir con mayor exactitud a las personas de nivel medio y superior. También se aconseja realizar la prueba directamente desde el ordenador y de forma individual para obtener una mayor concentración por parte del encuestado y eliminar la mayor cantidad de distractores.

Se exhorta a validar los demás ítems para generar juegos educativos que fortalezcan la percepción de la proporción y para que en el futuro se pueda trabajar con un test adaptativo informatizado (TAI).

Apartado 1: Referencias

El Apartado de Referencias contiene la bibliografía consultada para esta investigación, que se fundamenta principalmente en aspectos de percepción, neurofisiología y psicometría.

Apartado 2:

El Apartado de Anexos se incorpora al documento principal mediante un disco compacto, que incluye al detalle todos los datos que fueron obtenidos durante el desarrollo de esta tesis. Los datos del Anexo están en formato pdf y segregados en cinco grandes temas según la información que contienen:

1. De los ítems
2. De los sujetos
3. De los estadísticos descriptivos de TCT
4. Del análisis factorial
5. De la TRI

2. PROPORCIÓN

La proporción es la relación cuantitativa entre un objeto y sus partes constitutivas y entre las partes de dicho objeto entre sí (Villafañe, 1987, página 160)

El concepto de *proporción* se puede entender como el esqueleto estructural citado por Arnheim, como la sintetización de la forma que manejan los psicólogos de la Gestalt, también como el aprendizaje perceptual que menciona Gibson (1974) o el concepto de orden que propone Baruch de Spinoza (1632-1677). En esta investigación el concepto de proporción se amolda a todas estas teorías porque está a un nivel muy por encima de los detalles puntuales que pueden afectar la forma. Cuando se habla o se discute a nivel proporcional se está necesariamente pensando en una menor cantidad de información, lo que según Hochberg (1962) estaría asegurando una mayor comprensión de la figura.

La proporción también se puede medir matemática o intuitivamente porque se trata de una relación entre las partes que componen un mismo cuerpo, sin embargo tanto en el diseño como en el dibujo, el concepto se utiliza más frecuentemente de manera intuitiva.

La proporción áurea o divina proporción es considerada la proporción más bella y armoniosa que se conoce; el primero que la utilizó formalmente fue Leonardo de Pisa (1170-1250), más conocido como Leonardo Fibonacci. No obstante y como asegura Hernández en su libro *El error de Le Corbusier* (2008), esta proporción siempre ha estado presente en la naturaleza y por ese motivo es que a todas las personas les parece tan hermosa. La mencionada proporción áurea se puede resumir como la relación de tamaño (8:13) que prevalece entre dos partes y el todo, y en donde la relación entre el todo y la pieza mayor es la misma que existe entre la pieza mayor y la menor.

En otro de sus libros (*Estética Artificial*, 1998), Hernández menciona que la cuadrícula egipcia es el primer sistema proporcional que adopta el cuadrado como módulo de repetición en sus obras. Posteriormente en la Grecia antigua son indudables los sistemas proporcionales empleados en la escultura y la geometría; de donde surge de una manera más general el concepto de *canon* expuesto por el famoso escultor griego Policleto (480 a.C.). Años más tarde, el arquitecto romano Vitruvio, del siglo I a.C., define el concepto de simetría, como la correlación en las medidas de los elementos y entre esos elementos y el todo. Para Hernández,

la reflexión de Vitruvio es en definitiva un gran adelanto para su época, porque la relación entre el aumento o disminución de las proporciones viene a ser un tema de interés para los diseñadores hasta la segunda mitad del siglo XX, específicamente con los trabajos de fractales de Benoît Mandelbrot (1924-2010). Sin embargo, el mismo Hernández menciona que el concepto de simetría expuesto por Vitruvio tiene más correspondencia con la definición actual de *proporción* que con la de simetría. Vitruvio es el primero que manifiesta explícitamente una metodología de diseño basada en sistemas proporcionales, en donde las proporciones definen las dimensiones del objeto desde el inicio del proceso proyectual. Para Hernández este sistema se fundamenta en el cambio de las dimensiones primarias, aumentándolas o disminuyéndolas según principios proporcionales determinados. Hernández también considera que el diseño se puede modificar variando la simetría, la cual se entiende como un tipo de armonía proporcional entre las partes. El estudio de la proporción a posteriori, se evidencia con los diferentes tipos de razonamientos realizados a las catedrales góticas, que van desde el análisis con el sistema de proporción aritmético, hasta comparaciones con el sistema de proporción geométrico.

Para encontrar una justificación proporcional que le dé sustento al diseño original, se han utilizado diferentes sistemas de dimensión modular como el pie romano (294.34 mm) o el pie inglés (305 mm). No obstante el concepto que Leonardo de Pisa tuvo acerca de la *proporción* fue en un sentido más aritmético, guiado por la influencia de la educación matemática con la que fue formado. En 1220 Leonardo publica un Tratado de Geometría y Trigonometría donde se utiliza un nuevo sistema para la solución de problemas geométricos. Para Hernández, los aportes de la Edad Media a la teoría de las proporciones siempre estuvo asociada a una intención divina, que de un modo u otro se conserva hasta nuestros días. Por ejemplo el arquitecto italiano León Batista Alberti (1404-1472) no se conforma con entender el diseño de los arquitectos que lo precedieron, sino que propone un método a partir de las proporciones e inclusive implanta la idea de urbanismo con proporciones humanistas.

Andrea Palladio (1508-1580), el arquitecto italiano del Renacimiento tardío, interrelaciona el concepto de *proporción*, entre las dimensiones de una habitación o fachada y el conjunto de todo el edificio. Palladio escribe el famoso tratado *I quattro libri della Architettura*, que se convirtió en un documento de singular influencia sobre todo para la arquitectura inglesa y posteriormente para la estadounidense. Según Hernández los análisis a posteriori de obras famosas, creó en los arquitectos modernos casi una necesidad por justificar sus obras, a partir de las relaciones proporcionales sugeridas por los grandes maestros. Por eso desde entonces la proporción no solo es un concepto de gran relevancia para la arquitectura, sino una argumentación válida que respalda el diseño (Hernández, 2008).

2.1. PROPORCIÓN Y DIBUJO

Como se mencionó anteriormente el proceso de Dibujo está influenciado por lo que se percibe y para percibir se necesita primero captar la configuración que ordena los elementos y entender las relaciones que existen entre estos elementos (Taylor, 1715). Cuando se logra obtener esta síntesis se puede hablar de *proporción*; ya que ésta característica se ubica por encima de las demás variables que definen el objeto a nivel formal. Por esta razón, para dibujar algo que se parezca a la realidad, es indispensable captar la *proporción* y reproducirla lo más fielmente posible. Esto en buena parte asegura los resultados del dibujo, pues según se ha comprobado en los estudios de Kaplan y Warring (citadas en Gardner, 2005), es más fácil reconocer una representación gráfica o dibujo cuando mantiene sus proporciones que cuando no lo hace. Inclusive, no importa si las otras competencias (técnica y trazo) son deficientes, pues la proporción es la que le permite al observador hacer el enlace con el objeto real. Caso contrario se presenta cuando el dibujo está técnicamente bien elaborado pero no provoca ningún reconocimiento con su predecesor.

Cuando se habla de *técnica*, se entiende el método de representación que se utiliza para dibujar (perspectiva, axonometría o vistas ortogonales), y que está

directamente ligado a la parte racional del cerebro. La reproducción de un dibujo en cualquiera de estos métodos es tan operativa y racional que puede ser ejecutada en diferentes programas de computación. Por su parte el *trazo* es una habilidad manual que también está inmersa en el dibujo y que al igual que la técnica, se entrena en el correspondiente proceso de aprendizaje. Estas dos competencias generalmente se llegan a superar de manera satisfactoria con una buena práctica; pero la dificultad visual que atañe la *proporción*, va más allá del entrenamiento y así como se puede vencer de forma inmediata, puede ser que dure más de lo que se considera aceptable.

Algunos autores opinan que para dibujar bien, hay que *aprender a ver como lo hacen los artistas*; otros como Edwards (1985) consideran que se debe *dibujar con el lado derecho del cerebro*. Lo que sí está claro es que esta limitación se convierte en el dolor de cabeza de los profesores y en la angustia de los estudiantes que quieren aprender a dibujar bien.

2.i.1. Enseñanza del dibujo

La enseñanza del dibujo ha tomado diferentes denominaciones desde la Bauhaus, en algunas universidades se le conoce como técnicas de representación, en otras como fundamentos de dibujo y en otras como técnicas de expresión y comunicación. En las diferentes escuelas, la enseñanza del Dibujo se plantea como el aprendizaje de la expresión artística, que facilita al estudiante las técnicas y los recursos expresivos para la comprensión de la visión y la representación de sus propios diseños. A pesar de que el dibujo es un campo eminentemente práctico, requiere de una fundamentación teórica que aporte las bases para la comprensión de los procesos perceptivos. Es decir que el aprendizaje del dibujo no solo consiste en una instrumentalización o técnica de representación, sino en un proceso más amplio que incluye la psicología de la forma y las teorías de la percepción.

Julián y Albarracín en su libro *“Dibujo para diseñadores industriales (2005)”* confirman lo mencionado por los autores anteriores; es decir que si se quiere hacer una representación fidedigna de un objeto, es muy importante respetar la relación de proporciones que existe entre las distintas partes del objeto; ya que de esta forma se obtiene una representación más reconocible. Si por el contrario, se presenta un dibujo o un diseño con errores de proporción, se estaría incurriendo en desajustes de medida e irregularidades entre las partes, que obviamente afectan el resultado final. Estos autores también se refieren a la evidente diferencia que existe entre los modelos reales y los dibujados, ya que los primeros son tridimensionales porque tienen altura, ancho y profundidad, mientras que los segundos son bidimensionales y el efecto de tridimensionalidad solo lo obtienen a través de la simulación.

Julián y Albarracín consideran que la interpretación de la profundidad y del volumen en la representación gráfica se debe a una serie de factores que el ser humano percibe inconscientemente. Cuando el diseñador dibuja, debe ser capaz de representar correctamente la *proporción*, el espacio tridimensional, el comportamiento de la luz y las sombras, y conocer y aplicar las técnicas relacionadas con la percepción de la forma. En la Figura 01 se muestra una silla con patas desproporcionadamente largas (derecha) lo que conlleva a que sea interpretada como un banco para bar y no como una silla de comedor.

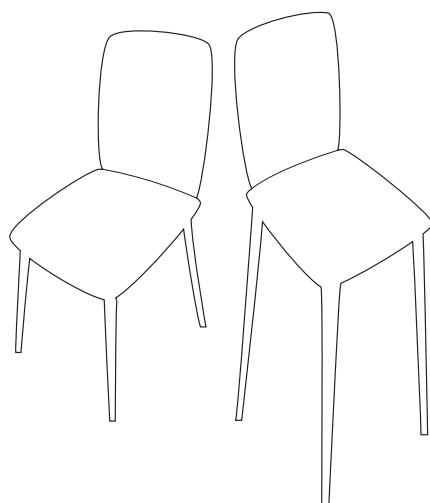


Figura 01. Proporciones, según método de Julián y Albarracín (2005)

2.i.1.a. Métodos para dibujar la proporción

La *proporción* es un concepto que agrupa una serie de elementos gráficos tales como líneas rectas, líneas curvas y ángulos; aunque en apariencia forman un continuo, se las puede segregar mentalmente para lograr una mejor representación. La *proporción* es tan sensible o dependiente de estos elementos, que puede variar con solo que cambie la longitud o el ángulo de alguno de ellos. Por esta razón, cuando se inicia el dibujo de un objeto real que existe en el espacio tridimensional, se suelen emplear técnicas que tienen siglos de existir y que han resultado ser bastante eficientes en el aprendizaje del dibujo.

El método más utilizado es aquel que emplea el mismo lápiz de dibujo como instrumento de medida para relacionar las diferentes partes del objeto (Figura 02). Con este procedimiento se revisa y comprueba que haya correspondencia entre lo que se ve y lo que se dibuja, a través de la medición individual de longitudes, ángulos, radios de arcos y alineaciones entre partes.

Esta práctica consiste en extender el brazo completamente, luego utilizar la mano para rotar el lápiz en la posición que se requiera medir cada una de las partes. Toda medición se realiza sobre un plano imaginario que se encuentra paralelo a los ojos y perpendicular al eje visual, luego la información se traslada proporcionalmente al plano de dibujo y se continua con la siguiente medición. Como se observa en la Figura 02, con la punta del lápiz y el dedo pulgar, se pueden medir longitudes en cualquiera de los ejes, además de comparar las relaciones de tamaño entre los diferentes elementos (Gómez, Cabezas y Bordes, 2001).

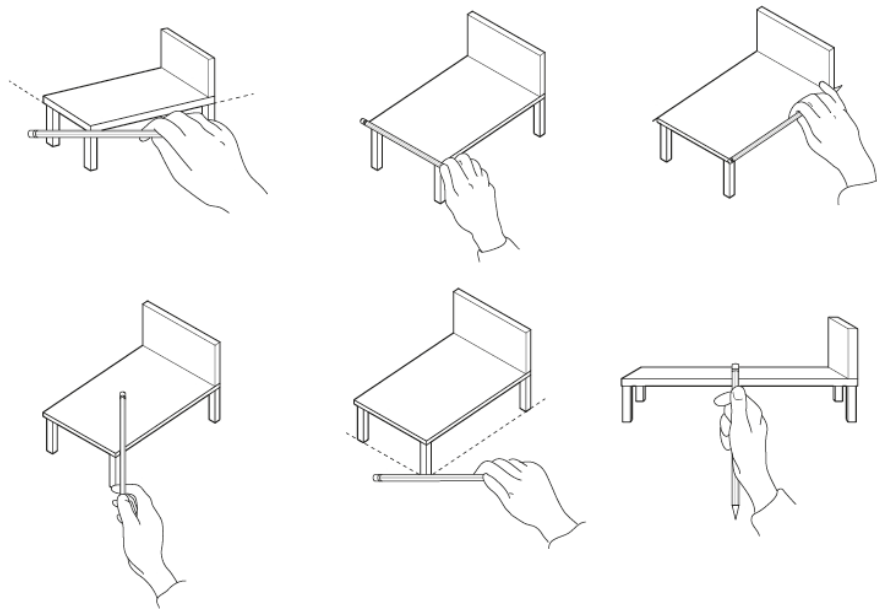


Figura 02. Medición de la proporción, según método de Edwards (1985)

En relación a este tema, tanto Simmons (1977) como Edwards (1985) presentan esquemas ilustrativos en sus escritos que explican la utilización del lápiz en la medición de objetos. En el Tratado de Ching (1999) también se describe este mismo procedimiento pero utilizando un módulo como unidad de medida.

Otro de los métodos para dibujar la proporción es el *visor* que consiste en una superficie dura que tiene un orificio con las mismas proporciones del papel donde se dibuja. Si se mira el objeto a través del orificio (Figura 03), se puede delimitar el espacio que se encuentra a su alrededor y relacionarlo directamente con la hoja de papel, pues los bordes del *visor* representan los márgenes del papel. De esta forma, el dibujo está estrechamente ligado con el borde y por ende con el formato general; o sea que la relación entre las partes y el todo es lo que garantiza la proporción del objeto.

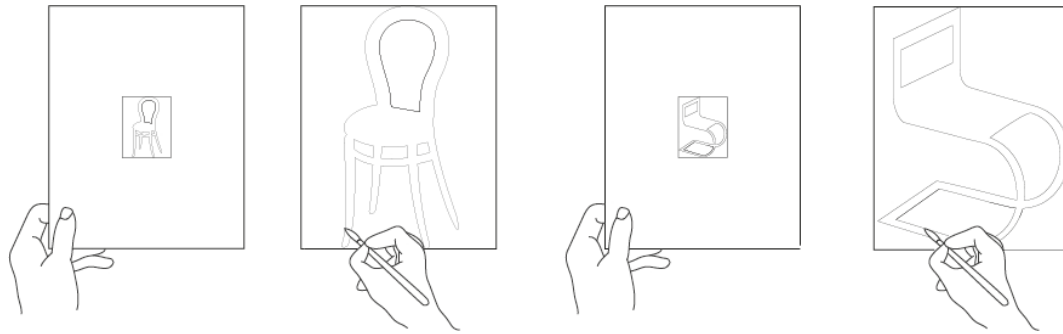


Figura 03. Visor, según método de Edwards (1985)

En la Figura 04 se muestra un ejemplo de como el artista Loomis (1950) propone un visor diferente para copiar la figura humana del natural; Loomis utiliza las dos coordenadas: altura y anchura para ubicar cada punto del cuerpo.

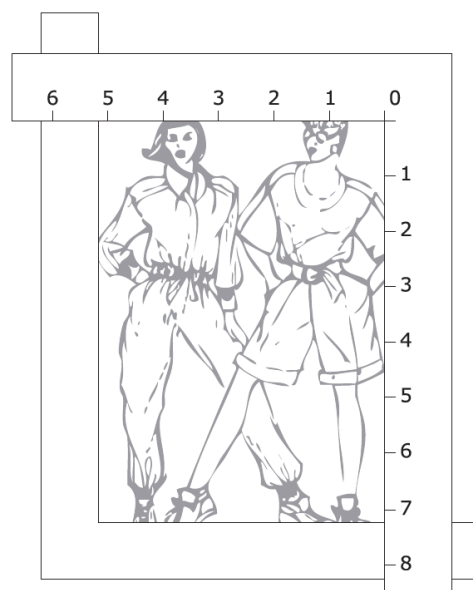


Figura 04. Visor con graduación, según método de Loomis (1950)

También Simmons (1977) y Speed utilizan el método del visor en sus Tratados de Dibujo, pero Speed (1913) hace una variación al emplear una retícula cuadrículada con hilos (Figura 05). La técnica de visualizar un objeto a través de un visor ayuda considerablemente al aprendiz porque le facilita la interpretación de un objeto tridimensional en un plano bidimensional.

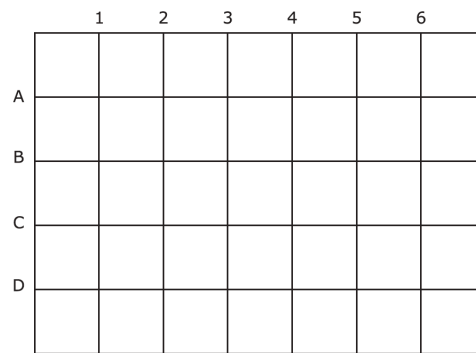


Figura 05. Visor simple con retícula de hilos, según método de Speed (1913)

La versión de Edwards (Figura 06) es similar a la de Speed (Figura 05) pero más moderna, ya que utiliza una hoja de plástico transparente con una cuadrícula pintada con marcador. Tanto la versión de Speed como la de Edwards no contienen orificio porque la retícula ayuda a mantener las proporciones de la hoja de papel.

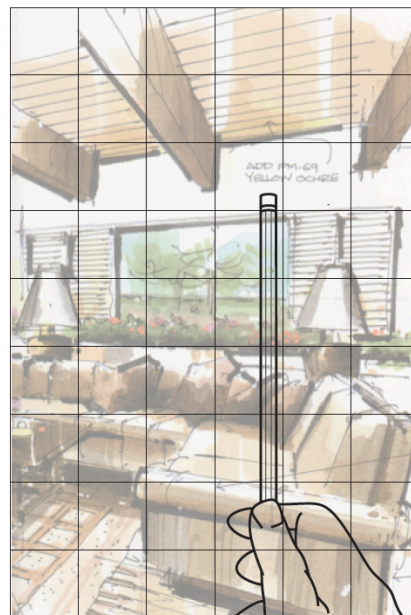


Figura 06. Visor de plástico con cuadrícula, según método de Edwards (1985)

Una última modalidad del método del visor consiste en dibujar lo que se ve a través de una hoja de plástico transparente pegada sobre una ventana. En este caso el dibujante debe mantener una posición fija, a una distancia prudencial y observar la imagen detenidamente y con un solo ojo.

2.i.1.b. El dibujo para los estudiantes de primer ingreso

El nivel de Dibujo que manejan los estudiantes que ingresan por vez primera a las carreras de Arquitectura o Diseño Industrial es muy diferente. Algunos son excelentes dibujantes entrenados a la manera tradicional del boceto a mano alzada, otros vienen de escuelas técnicas con conocimiento básico en geometría descriptiva y proyección ortogonal y finalmente el grupo más numeroso proviene de secundarias básicas (liceos no especializados), donde no han recibido ninguna preparación previa en las especialidades anteriores.

La extensa mayoría de estudiantes que no sabe dibujar, piensa en el dibujo como algo inalcanzable para ellos, dotado de habilidades y connotaciones artísticas. De esta forma se crea una serie de condicionantes que inhiben la práctica del dibujo; algunos de los estudiantes se dan por vencidos antes del intento y otros consiguen aprender a dibujar con mucho más trabajo del necesario.

La experiencia de la Universidad de Alicante (Jaén, 1992) advierte de una gran deserción en los estudiantes que entran anualmente al primer curso de dibujo, de 80-90 alumnos por grupo solo quedan 50-60 después de unas semanas, y al final solo aprueban el curso alrededor de 40 alumnos. La conclusión que ellos mismos hacen es no enseñar una asignatura eminentemente práctica a grupos de más de 50 alumnos. Por lo que recomiendan una atención individualizada, con correcciones continuas y conocimiento detallado de las dificultades y los avances de cada estudiante. Más allá de la habilidad que puedan tener los estudiantes, Jaén se refiere a la necesidad que tiene el diseñador industrial de hacer planteamientos analíticos en su dibujo, por lo que se debería estimular no solo la parte visual y creativa del sujeto, sino además la parte racional que permite tomar en cuenta todas las variables técnicas son necesarias en esta profesión.

2.II. PROPORCIÓN Y DISEÑO

En el proceso de Diseño se utilizan una serie de recursos (dibujo, modelado, simulación en 3D y maquetas) que hacen posible la comunicación del concepto tanto a nivel formal como funcional. No obstante el dibujo es la herramienta más barata, más fácil y más rápida que permite la representación de ambos procesos. El dibujo también le permite al diseñador comunicarse consigo mismo y hacerlo con terceras personas. Para ello es necesario que el diseñador sea una persona sensible, no solo a lo que percibe sino también a lo que transmite o comunica, pues solo de esta forma será capaz de generar y comunicar sus propias ideas. Eso no significa que el diseño se genere como una práctica espontánea, pues a diferencia de los artistas, el diseñador orienta el desarrollo de su proyecto hacia las necesidades de los usuarios y del mercado, y en menor escala hacia su propio gusto. En todas las modalidades del diseño existe un estrecho vínculo con la proporción y esta relación repercute necesariamente en el producto. Como se trata de un campo tan amplio, es difícil abarcarlo en su totalidad, por eso a continuación solo se mencionan a manera de ejemplo la influencia que tiene la *proporción* en el diseño de modas y en el diseño automovilístico.

2.ii.1. La proporción en el diseño de modas

La proporción del cuerpo humano fue estudiada por los griegos y posteriormente por los romanos, y fueron Vitruvio y posteriormente Leonardo da Vinci los que trataron de imponer la conocida *proporción divina* a la figura humana. Según la hipótesis de ambos arquitectos, el ombligo es el centro del cuerpo porque la distancia que existe entre la cabeza y el ombligo es la misma que existe entre el ombligo y los pies. En 1509 Luca Pacioli (1445-1517) también hace su aporte en su obra *De Divina Proportione*, en donde las diferentes partes del cuerpo se fundamentan en las proporciones áureas y el resultado final es un cuerpo perfecto. No obstante la perfección del cuerpo humano no es lo que tiene en mente el diseño de modas sino más bien el perfil antropométrico real del consumidor. Independientemente de todos los agentes que interactúan en el diseño de modas y posteriormente en la producción del vestuario, el proceso inicia con un primer boceto que contempla la cabeza como canon o unidad de medida en el dibujo antropométrico.

Es claro que el género marca la diferencia de tamaño entre el hombre y la mujer, pero a nivel proporcional tanto en hombres como en mujeres se toman de 8.0-8.5 cabezas (Figura 08) de altura para una persona adulta. Sin embargo en el dibujo de figurines de alta costura se pueden exagerar las proporciones para mostrar mayor esbeltez en las prendas, y sobre todo para seguir una tendencia de extrema delgadez impuesta por la moda actual. En el caso de los niños, la edad influye más que el género en la proporción de sus cuerpos, y los cambios son notablemente visibles de un año para otro (Tabla 01 y Figura 07).

Tabla 01. Altura del cuerpo humano en proporción de cabezas

La cabeza como proporción	
Edad de la persona	altura del cuerpo en cantidad de cabezas
2-3 años	4 cabezas
4-6 años	5 cabezas
7-12 años	6 cabezas
13-17 años	7 cabezas
adulto	8 cabezas

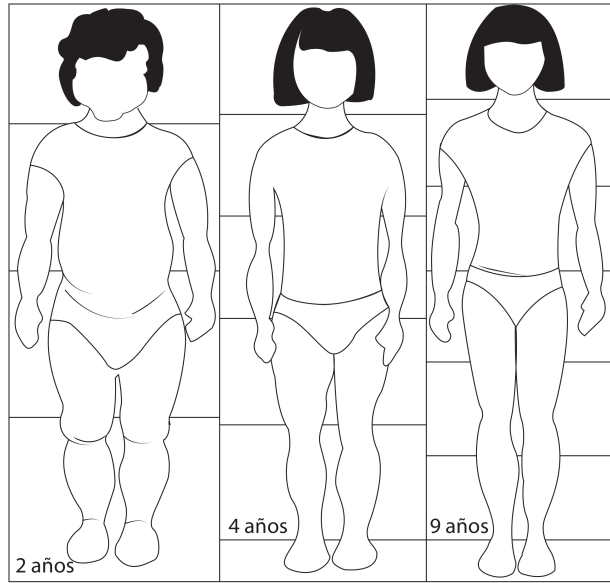


Figura 07. Medida proporcional de un niño

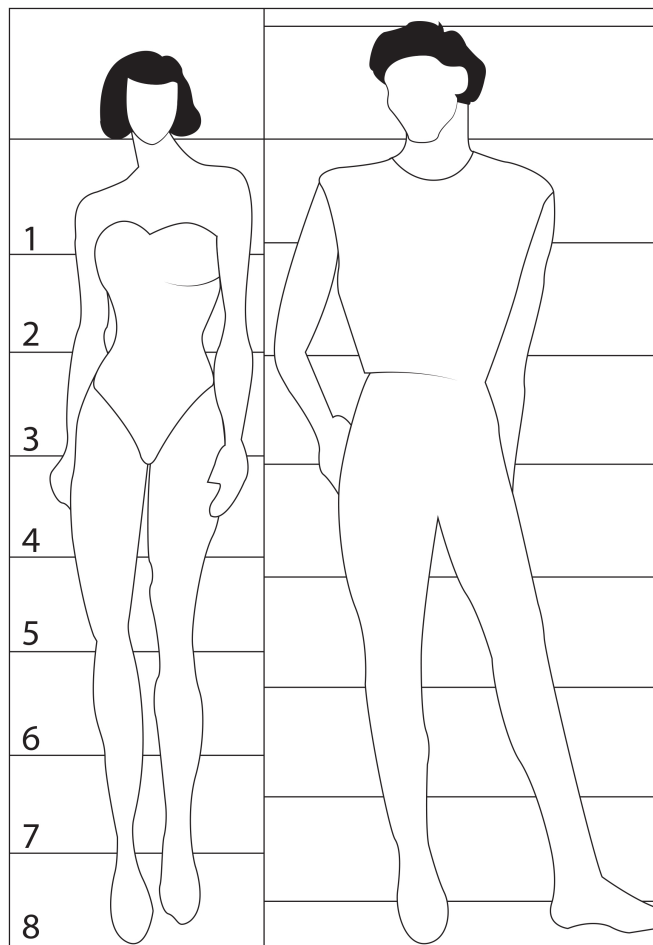


Figura 08. Medida proporcional de una mujer y un hombre adulto

2.ii.2. La proporción en el diseño automovilístico

Un interesante estudio acerca de las proporciones de los coches y la armonía de las formas en el diseño automovilístico ("Style Cars," 2009) sugiere que los autos más vendidos o al menos los más gustados por el público se pueden identificar como los mejor proporcionados. Según esta publicación, a pesar de que la armonía proporcional puede causar una atracción inconsciente en el usuario común, son pocas las personas capaces de justificar su elección y mucho menos aquellas que perciben la proporción como un asunto relevante en su decisión. No obstante el tema es de extrema importancia para el diseñador, y prueba de ello es que en la actualidad ya se realizan estudios sobre la manera correcta de proporcionar un auto.

Al igual que sucede con la belleza humana, la belleza proporcional de un auto puede cambiar con la moda, la cual a su vez está influenciada por el aspecto cultural de la sociedad. Algunas marcas famosas de automóviles como la BMW y la Mercedes Benz evitan consecuentemente el exhibicionismo y los cambios estéticos radicales para garantizar de esta forma una línea más estable y reconocible por el público.

Las proporciones del modelo berlina de 4 puertas que existe en varias marcas de automóviles se pueden analizar tomando las que hoy en día son consideradas como proporciones armoniosas. Estas reglas son un estándar en la industria del automóvil y están fundamentadas a nivel proporcional (y no en medidas exactas), en el diámetro de la *rueda* como unidad de medida. A pesar de que los diseñadores acostumbran exagerar el tamaño de las ruedas en sus dibujos, para lograr un efecto de rapidez y potencia, en la realidad tienen que apegarse a las normas técnicas que garantizan la rigidez del chasis y la estabilidad del auto.

La distancia entre los ejes laterales es de 3-4 ruedas:

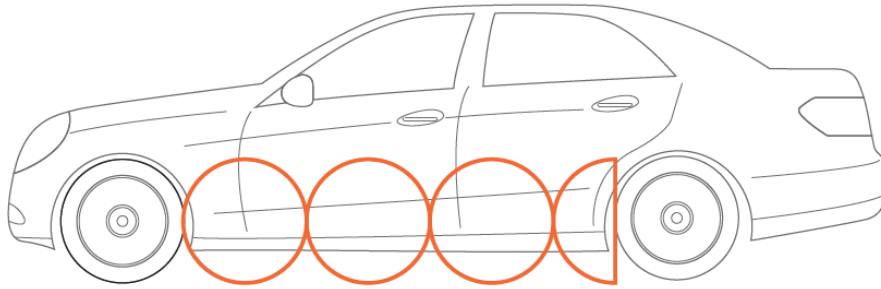


Figura 09. Distancia entre ejes laterales

La altura total de la carrocería oscila entre las 2.25-2.5 ruedas:

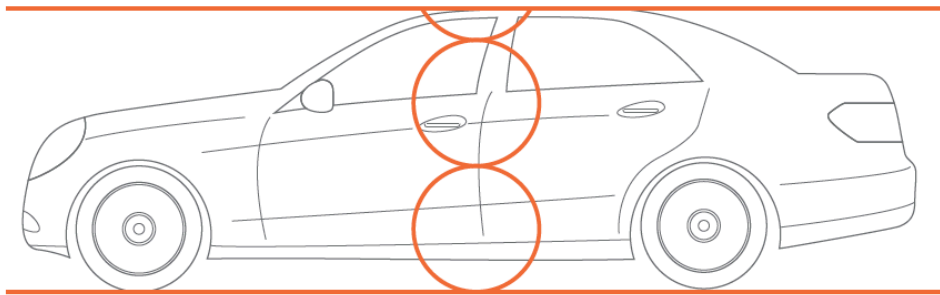


Figura 10. Altura de la carrocería

La línea imaginaria que une los centros de las ruedas laterales coincide con el borde inferior de las puertas:

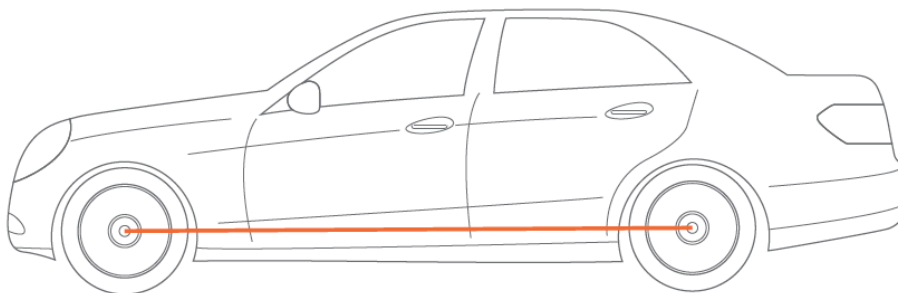


Figura 11. Línea imaginaria que une los centros de las ruedas

La zona de las ventanas laterales abarca $\frac{1}{3}$ de la altura del auto, mientras que el cuerpo del mismo ocupa los $\frac{2}{3}$ restantes.

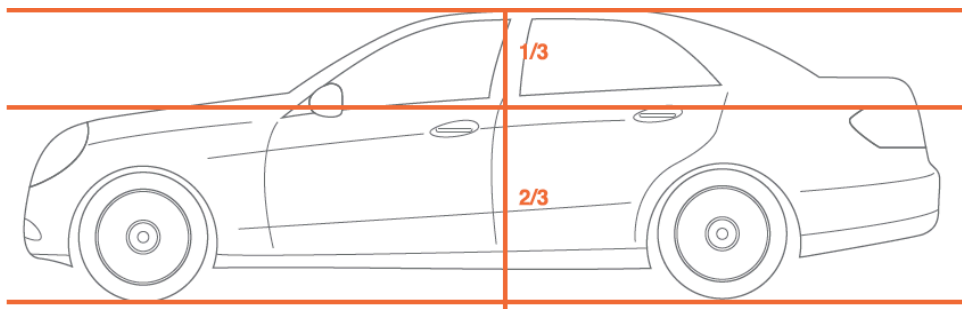


Figura 12. Proporción de las ventanas

El pilar delantero (que sostiene el parabrisas) llega en línea imaginaria al centro de la rueda delantera:

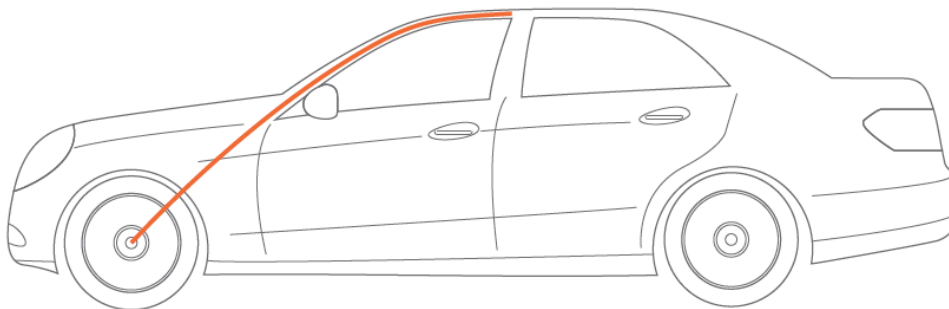


Figura 13. Pilar delantero y centro de rueda

El pilar trasero calza en línea vertical imaginaria con el centro de la rueda trasera:

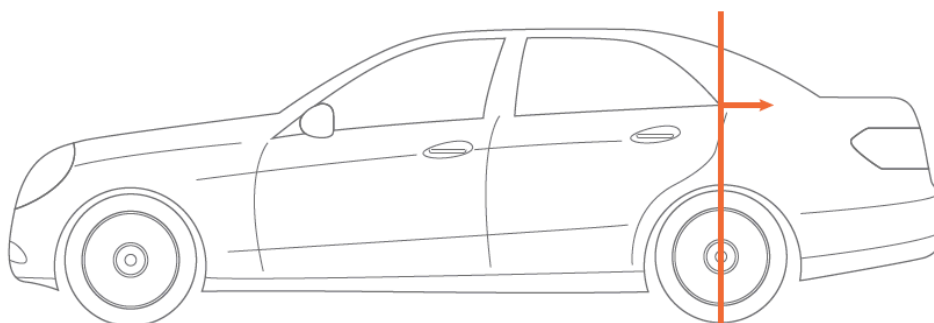


Figura 14. Pilar trasero y centro de la rueda

Los focos delanteros inician a la misma altura donde termina el aro de la rueda delantera:

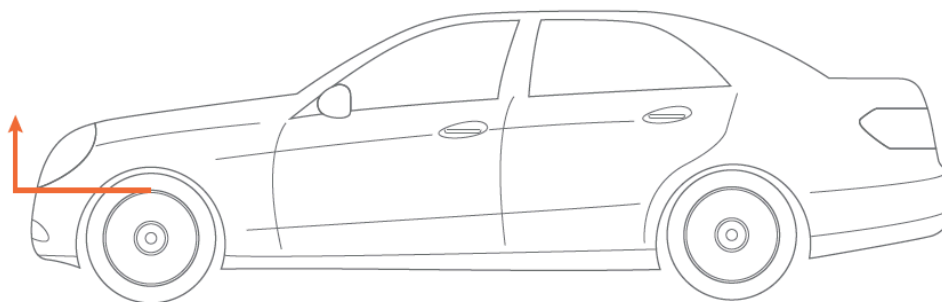


Figura 15. Altura de los focos

3. PERCEPCIÓN

Percibir una configuración significa discernir el principio a partir del cual se ordenan sus elementos (Taylor, 1715).

En su libro sobre la *Percepción del mundo visual* (1974) Gibson relata ampliamente la concepción tradicional de la visión, en el sentido de que percibir cosas depende primeramente de tener sensaciones, luego esos estímulos iniciales constituyen la materia prima de la experiencia humana y finalmente son las percepciones las que contienen el producto terminado. Por eso cuando los investigadores comienzan a interesarse en la óptica de la visión y a registrar lo que se puede ver en condiciones controladas, se topan con que estudiar el sentido de la vista resulta insuficiente para explicar todo el conocimiento visual, sobre todo si se relaciona directamente con el espacio tridimensional. De este razonamiento Gibson concluye que no todo el conocimiento llega a través de los sentidos y que debe existir un proceso mental que construye el mundo con los datos que le presenta la mente. Ese proceso aparentemente se estructura de manera subjetiva, absorbiendo o rechazando los datos que le suministran los sentidos y elaborando una respuesta más cercana a la intuición que a la realidad. A raíz de esta deducción Gibson considera que el progreso en el aprendizaje se da de lo indefinido a lo definido, por lo que no se aprende a tener percepciones, sino a diferenciarlas.

Taylor, el autor de *New Principles of linear perspective* (1715) considera que para percibir una configuración no basta con solo ver los elementos, pues la configuración no estriba únicamente en ellos, sino en la regla que gobierna sus relaciones recíprocas. Para Taylor el proceso de mirar es activo y selectivo al mismo tiempo, pues lo que se percibe del mundo está determinado previamente por la atención que le presta el observador. Este asunto implica una serie de comportamientos intencionados, secuenciales y altamente especializados que están unidos a una etapa de análisis. De ahí que mirar y percibir no constituyen la misma acción, porque mirar una configuración significa observar los elementos que la componen, mientras que para percibirla se necesita no solo el proceso anterior sino además entender la estructura a partir de la cual se ordenan sus elementos. Para nosotros la teoría de Taylor está muy ligada a la frase común: *"para recordar hay que clasificar"*.

Para el profesor Hochberg (2007) la integración visual implica la unión entre una única estructura perceptiva y una sucesión de imágenes captadas por el ojo. La estructura corresponde a una especie de mapa que está situado en el cerebro, y en él es donde las imágenes hasta el momento volátiles, se sitúan y ayudan a crear una forma estable. Esa imagen o escena no solo se representa en la mente, sino que se almacena de manera codificada y todo lo que el observador no percibe como importante, se pierde en el proceso de codificación (Gombrich, Hochberg y Black, 2007).

En el mismo libro, Gombrich, el historiador de arte explica que la percepción visual no es un proceso que ocurre de manera momentánea, sino que más bien se da en determinado período de tiempo. Para esta conclusión Gombrich se basó en las mediciones realizadas por el profesor Henry Quastler (1908-1963) quien trató de captar lo que el ojo humano puede ver de un solo vistazo. De sus investigaciones el profesor decide que la cantidad de información absorbida coincide con una imagen tosca y de pocos detalles, a pesar de la idea generalizada, de que la imagen visible es grande, clara y detallada. Para Quastler la zona de percepción clara y definida abarca menos del uno por ciento del campo visual total.

No obstante, existen casos excepcionales como la memoria de los eidéticos (memoria fotográfica) cuya facultad visual les permite inspeccionar una imagen durante pocos segundos y luego recordarla con lujo de detalles visuales aunque ya no la tengan al frente (Gombrich, 1987).

Por su parte Hoffman (2000) menciona un caso poco común que se da con las personas que padecen *simultagnosia* (SD), estas son capaces de observar todo el campo visual, de izquierda a derecha y desde arriba hasta abajo, pero con atención restringida. A pesar de que los pacientes con SD pueden ver toda la imagen, actúan como si estuvieran ciegos porque solo pueden percibir o prestarle atención a una sola cosa a la vez.

3.1. PSICOLOGÍA DE LA PERCEPCIÓN

La percepción es un tópico que desde hace muchos años ha interesado a psicólogos, artistas, filósofos, así como a médicos, fisiólogos, ingenieros y fotógrafos, los cuales han tratado de asilar los factores que hacen posible el mundo visual del hombre. El más renombrado investigador e historiador de arte es Rudolph Arnheim (1904-2007), quien trabajó toda su vida, al lado de artistas, teóricos y pedagogos, para combinar el interés que tenía por el arte con sus propios estudios de psicología.

Cuando se trata de percibir una *forma* en específico, Arnheim (1984) considera que ésta viene dada por el reconocimiento previo que se tenga de ella y no solamente por el aspecto visual que capte la retina en un momento dado. Al final, la imagen que se obtiene de la forma está determinada por la suma de las impresiones visuales que se hayan acumulado o por los recuerdos de objetos similares que se tengan en la memoria. Arnheim además considera que el esqueleto estructural del objeto es más duradero y define más la identidad del objeto que su propia forma.

Gombrich (1987) plantea el mismo problema desde otra perspectiva, asegurando que el reconocimiento visual que se tiene de un objeto es proporcional al grado de importancia biológica que se conserva de él.

Para Piaget e Inhelder (1967) quienes estudiaron juntos los dominios de la imagen mental y la memoria, la forma no se percibe como un objeto en específico, sino más bien como la configuración de una clase de objetos, en donde los más simples son también más topológicos por sus propiedades generalistas y en la medida que se vuelven más complejos, terminan siendo más geométricos.

Arnheim (1984) menciona a los psicólogos de la Gestalt, quienes se refieren a una ley básica que impulsa al observador a percibir las formas con la configuración más sencilla, por lo que existe una predisposición a que éstas sean vistas como círculos o cuadrados. Cuando los objetos complejos son observados a larga distancia, con mala iluminación o por un período de tiempo muy corto, la imagen se debilita y el mecanismo perceptual suplanta la imagen inicial por una forma más sencilla. El círculo es la forma más simple que se conoce, no solo porque surge espontáneamente de los dibujos de los niños, sino porque tiene simetría central y carece de dirección.

Otro dato interesante que aumenta la complejidad de una forma se da cuando un triángulo dado se gira 60 °, Arnheim comenta que la persona adulta ve este giro como una sencilla desviación del triángulo, pero tanto los niños como los animales giran la cabeza en el mismo sentido del giro para restablecer la visión que tenía la figura inicial. Un caso más radical sucede cuando se gira el cuadrado, porque al transformarse en rombo los niños no logran reconocer que ambas imágenes (el cuadrado y el rombo) corresponden a la misma figura. Los resultados del test de inteligencia de Stanford-Binet indican que un niño de cinco años es capaz de copiar un cuadrado, pero solo un niño de siete años puede copiar un rombo, y en ambos casos se refieren a niños con capacidad normal.

Para Arnheim aunque el rombo y el cuadrado tienen la misma estructura, visualmente no se perciben como la misma figura porque el rombo pierde la estabilidad del cuadrado y debido a su posición en el aire se ve más puntiagudo y

dinámico. Esto sucede también por su relación directa con el armazón vertical y horizontal (Figura 16), que varía según cada figura.

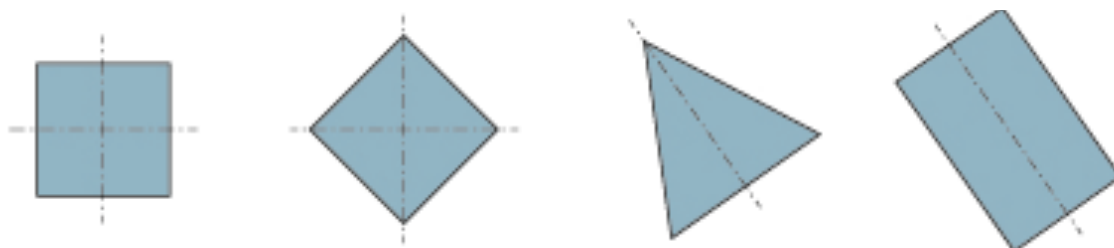


Figura 16. Armazón vertical-horizontal, Arnheim (1984)

La corteza visual del gato también tiene algo interesante que aportar pues en ella existen células especializadas que responden a estímulos verticales, otras solo a los horizontales y otras a los oblicuos. Pero en cantidad las células que se encargan de los estímulos horizontales y verticales son la mayoría. Arnheim supone que la gravedad pudo haber tenido una influencia similar en el sistema nervioso humano, porque la predilección que sienten las personas hacia estas dos direcciones es evidente en cada contexto que se analice.

Arnheim menciona que para Delacroix (1918) la línea recta, al igual que las paralelas rectas o curvas, nunca se dan en la naturaleza y solo son una invención del cerebro del hombre, a lo que el autor añade que son una ilusión de la vista para simplificar lo que se observa, pues para él toda forma se puede resumir a través de la experiencia y el juicio subjetivo de la persona. La línea recta es la más simple, porque ejemplifica todas las formas alargadas que se conocen entre las que están los brazos y las piernas de las personas, los troncos de los árboles, etc. Otras formas simplificadas son las líneas paralelas que tienen una relación constante entre sus partes, o el ángulo recto que es la base de la estructura ortogonal y de la concepción del espacio; definiendo además el sistema de simetría. Por eso para Arnheim es posible llegar a la simplicidad partiendo de los rasgos estructurales y no necesariamente de los elementos (Arnheim, 1984).

Retomando el tema de la simplicidad, Hochberg (1962) liga el concepto de orden con la teoría de la información, la cual asegura que una configuración es más

asequible o fácil de percibir en la medida que se requiera menos información para precisarla; de esta reflexión se puede deducir que algo fácil de personificar también sería fácil de recordar posteriormente.

Así mismo Badt (1968) se interesa por el tema y en el ámbito artístico define la simplicidad como la comprensión de lo esencial, que condiciona todo el resto de la configuración.

Como se ha expuesto ampliamente en este apartado, la simplicidad es un tema que se aplica en todas las áreas, tal es el caso que comenta Cocteau (1918), el cineasta francés que pudo compartir con el actor cómico Charles Chaplin (1889-1977). Este último le decía a Cocteau que luego de ver una filmación, hay que sacudir el árbol y mantener solamente lo que queda adherido a las ramas. Esta frase de Chaplin simboliza para nosotros la estructura que se utiliza para referenciar cualquier objeto y que sirve para enmarcar el tema de la *proporción* que tanto nos interesa.

3.i.1.a. La Percepción discrimina

Para Gombrich la percepción implica de antemano un ordenamiento subjetivo de las cosas, pues las particularidades (peso, color, tamaño) que definen la clasificación están previamente impuestas por el observador. Hochberg por su parte considera que el modo en que una persona mira al mundo depende tanto de su conocimiento, como de sus objetivos; es decir, de la información que busca en ellos (Gombrich, Hochberg y Black, 2007).

En otro de sus libros Gombrich (1987) reconoce que para avanzar en los descubrimientos visuales es necesario que exista un estímulo emocional que despierte la atención del observador, no importa si la reacción es positiva o negativa, pues el interés en algo específico es lo que favorece la retención y la memoria. Tal es el caso de la supervivencia que tanto en seres humanos como en animales está sujeta al reconocimiento de señales o manifestaciones que pueden definir la vida o la muerte. Según Gombrich esto define una programación

genética en el ser humano que lo lleva a explorar cada detalle de su entorno inmediato tratando de encontrar o evitar cualquier objeto que le resulte significativo. De ahí surge que la facilidad de reconocimiento viene a ser directamente proporcional a la importancia biológica que tiene del atributo percibido. Por eso las imágenes que provienen de la naturaleza provocan una importante llamada de atención que está muy por encima que algunos signos convencionales como las letras.

La posición de Arnheim (1998) es que los sentidos evolucionaron para apoyar las necesidades biológicas, coincidiendo con los demás autores en que la percepción tiene sus propios fines y es selectiva. Como caso concreto se refiere a la información de color que la retina suministra al cerebro, en donde la fotoquímica del ojo hace una abstracción de colores muy básica, a partir de la cual se deriva la gama completa. Él se refiere a pruebas que indican la existencia de diferentes maneras de captar las formas y los colores; no obstante esta capacidad aparentemente varía según la especie, el grupo cultural o el grado de adiestramiento del observador. Lo que puede ser racional para un grupo no necesariamente lo es para otro. Otro caso que menciona Arnheim es la percepción de un pentágono, que puede resultar una figura perfectamente clara para un grupo de personas, mientras que para otro solo es una figura redondeada con algunas puntas que sobresalen. A pesar de las diferencias culturales, él considera que con un adiestramiento general se puede lograr una misma categorización para todos los individuos. No obstante, se conoce que muchos de estos procesos de adiestramiento ocurren por debajo del umbral de la conciencia, es decir que lo que se percibe con los sentidos (ojos, oídos, tacto) no implica obligatoriamente un razonamiento consciente.

En su libro sobre *Neurociencia y conducta*, Kandel, Schwartz y Jessell (2008) comentan que la atención visual se puede estudiar actualmente a nivel celular pues existen tres vías visuales que contienen información acerca de la percepción de la forma, del color y del movimiento. Los mecanismos celulares que habilitan la percepción de la forma se consolidan en un canal de procesamiento que

conduce información visual acerca del contraste y los contornos del objeto. Este canal parte de la retina hacia el tálamo y de ahí continua hasta el córtex que en definitiva es el que segrega, analiza y procesa la información visual.

3.i.1.b. Percepción tridimensional

La visión del espacio tridimensional no se concibe como un problema hasta que surge el cuestionamiento de crear esta representación del mundo material en una proyección bidimensional. Todo espacio tridimensional incluye profundidad y en el arte se busca perfeccionar la simulación de este concepto, reproduciendo un efecto igual o casi idéntico al que se visualiza en la retina. Para Arnheim (1984), el arte es una representación bidimensional que se deriva de la ley de simplicidad, como una proyección o síntesis del acontecimiento tridimensional.

3.i.1.c. De lo general a lo particular

Según Arnheim (1998) la teoría de la percepción ha cambiado de paradigma al afirmar que no son los detalles de un cuerpo sino su fisonomía estructural la que primero se capta en la percepción. La información visual se procesa en el cerebro y es ahí donde se lleva a cabo la abstracción, pero esto sucede antes de que se puedan registrar los detalles individuales pues la visión va de lo general a lo particular. Eso también demuestra que la triangulación que se utiliza como procedimiento para lograr una síntesis visual no corresponde a un resultado final sino más bien a uno de los conceptos más elementales. Así mismo para que un aprendizaje individual tenga utilidad a largo plazo, debe contar con una aplicación generalista dentro de su particularidad.

3.i.1.d. Sensación, razón y percepción

Gombrich (1998) relata como el gran estudioso árabe Alhazen (965-1040) compartió parte de su sabiduría con la población de occidente y desde entonces ya mencionaba la diferencia entre los sentidos, el conocimiento y la inferencia. Para Alhazen no se podía comprender algo visible con tan solo mirarlo, pues la percepción es un concepto mucho más amplio que incluye otro tipo de aspectos.

No obstante varios siglos después el obispo y filósofo irlandés George Berkeley (1685-1753) en su *New Theory of Vision* (1709), llega a la conclusión de que todo conocimiento del espacio y de los cuerpos sólidos solo se puede adquirir a través de los sentidos. Pero años más tarde, en el siglo XIX, otros reconocidos científicos como Hermann von Helmholtz (1821-1894) desarrollan la ciencia de la óptica psicológica, y al igual que Alhazen, ninguno de ellos llega a confundir la sensación visual con la percepción. Para Helmholtz la primera es un simple registro de estímulos visuales y la segunda es un proceso mental inconsciente que hace conjeturas sobre la información visual suministrada.

A raíz de toda esta discusión Gombrich (1998) explica que las sensaciones son estímulos muy básicos y esencialmente los mismos para todas las personas, pero que la percepción como concepto no está delimitada exclusivamente por el estímulo físico sino más bien por la contribución subjetiva que aporta el observador. Por tal razón él mismo concluye que el resultado final de lo que se ve o se percibe, no proviene del conocimiento, sino que está supeditado a una inferencia subjetiva influenciada por la cultura, los hábitos o las expectativas de las personas que realizan la acción.

3.i.1.e. Sentido o razón?

Un dato interesante que menciona Arnheim (1998) es que en su momento los artistas desconfiaban del razonamiento como si se tratara de un enemigo, mientras que los intelectuales se vanagloriaban con un razonamiento lógico que

superaba los sentidos. Cada grupo sentía escepticismo e incredulidad hacia el grupo restante y por esa razón la percepción y el pensamiento se mantuvieron aislados durante mucho tiempo. Pero el historiador comenta que los dos procesos son independientes e importantes a la vez, por un lado está la recolección de datos que se realiza a nivel perceptual y por el otro la generación de conceptos y la acumulación del conocimiento. Antes se creía que las funciones eran independientes y prácticamente incompatibles, pero como dijo Arnheim: *nada hay en el intelecto que no haya pasado antes por los sentidos*.

No obstante, parece que en la actualidad sigue presente esta discriminación entre percepción y pensamiento, prueba de ello es que el sistema educativo en general continua fundamentado en el estudio de las palabras y los números, quedando los sentidos prácticamente excluidos del sistema educacional. Las artes se descuidan porque se basan en la percepción y la percepción se desdeña, porque se supone, no incluye el pensamiento.

Sin embargo Arnheim hace hincapié en que no todas las civilizaciones fueron como la nuestra, pues basta con mirar los resultados arquitectónicos de la civilización griega para darse cuenta de cómo se pueden complementar ambos procesos cognitivos. Inclusive Demócrito (460-370 a.C.) había entendido el dilema y distinguía la diferencia entre los sentidos y el razonamiento, prueba de ello es una frase suya muy significativa: *“Mente desdichada, tu, que obtienes de nosotros todas tus pruebas, ¿pretendes derribarnos? Nuestro derrumbe será tu caída”*.

Finalmente Arnheim concluye que las operaciones cognitivas que definen el pensamiento no son una excepción en el proceso perceptivo, sino más bien parte esencial del mismo. Los componentes que intervienen en el proceso son tantos y tan variados (exploración activa, captación de lo esencial, selección, abstracción, simplificación, comparación, análisis y síntesis) que Arnheim deja de mencionar el concepto de *percepción visual* para reemplazarlo por el de *pensamiento visual*, dado el alto nivel de información que se maneja sobre situaciones y objetos del mundo exterior.

Más recientemente, es Gardner (2005), el psicólogo investigador, quien retoma el tema con un concepto similar denominado por él *inteligencia visual*, posteriormente incluye el término de *inteligencia visual-espacial* que se relaciona más con el arte y el diseño, pues las personas que desarrollan esta habilidad logran sobresalir en el uso de formas, colores, figuras y relaciones entre los objetos; destacándose especialmente en el dibujo, la pintura y el diseño. Otra característica de la *inteligencia visual-espacial* es el sentido del cuerpo y la orientación en el espacio, en donde las personas con esta competencia pueden caminar por un espacio conocido con los ojos cerrados o recordar con detalle la ropa que lleva una persona cercana. No obstante, se puede dar el caso de que la *inteligencia visual-espacial* se presente en contraposición con la inteligencia lingüística o lógico-matemática.

3.i.2. Teorías de la percepción

En su tesis doctoral, Londoño (2002) menciona que para comprender el funcionamiento de la visión humana es necesario comprender la forma en que las personas reestructuran la información obtenida de su entorno y como se involucran en ello los procesos mentales. Antes de valorar la clase de procesos que están implícitos en la percepción, resulta importante conocer la filosofía de las principales teorías que mencionan el tema, sobre todo porque el origen de estas escuelas se remonta al siglo XVII, cuando se plantea que el conocimiento humano surge como resultado de la información que transmiten los sentidos. Teniendo en cuenta que la visión siempre fue considerada el órgano sensorial más importante, los investigadores empiezan a interesarse en la óptica de la visión y cada grupo desarrolla su propia explicación del mundo perceptual. Los empiristas suponen que las percepciones son interpretaciones inconscientes de las sensaciones recibidas a partir de la experiencia, y los psicólogos de la *Gestalt* piensan que las percepciones son el resultado de interacciones cerebrales espontáneas originadas por la estimulación sensorial.

A pesar de que los psicólogos estuvieron divididos por siglos entre “naturalistas” y “empiristas”, Gombrich (1998) considera que existe una predisposición en el ser humano para captar e interpretar la información que proviene del mundo exterior, habilidad innata que le permite salir airoso aún en circunstancias desconocidas.

Por su parte Rock (1985), el psicólogo experimental, sugiere que existen tres teorías clásicas de la percepción, una es la teoría de la inferencia, que está asociada a la perspectiva empirista; otra es la teoría de la Gestalt, que está encadenada al concepto de las tendencias innatas de la mente y la última es la teoría del estímulo, que busca una correspondencia entre las variables físicas y las sensoriales.

Tabla 02. Teorías de la Percepción

TEORIAS DE LA PERCEPCIÓN			
Escuela	Filósofos / psicólogos	período	filosofía
Empirista	Hobbes	XVI	La experiencia es la base de todo el conocimiento.
	John Locke	XVII	
	David Hume	XVIII	La mente al nacer es una hoja en blanco.
	George Berkeley	XVIII	
Nativista	René Descartes	XVII	ciertos rasgos del espacio visual deben ser innatos o producto de la intuición
	Immanuel Kant	XVIII	
Gestalt	Wertheimer	XX	Las fuerzas que actúan en la percepción tienden a la simetría y al equilibrio y se inclinan siempre a favor de la simplicidad geométrica.
	Köhler	XX	
	Koffka	XX	
	Lewin	XX	
del Estímulo	Gibson	XX	La percepción es la respuesta a un input que actúa como estímulo.
	Costa		

Independientemente de la teorías filosóficas que existen, Kandel et al. (2008) estudia ampliamente el tema de la Percepción en su libro *Neurociencia y conducta* y desde un enfoque más científico la percepción se convierte en un tópico de interés para la psicofísica, la fisiología y la neurobiología. La psicofísica estudia las características físicas del estímulo y los atributos de la percepción; la fisiología sensorial investiga los alcances neurales que tiene el estímulo físico y cómo ese estímulo es procesado en el cerebro, y la neurobiología utiliza la tomografía y la resonancia magnética como pruebas no invasivas de la función cerebral humana. Más adelante, en el capítulo 3.ii de *Fisiología de la Percepción* (Pág. 77) se examinarán las facultades del cerebro en relación a los estímulos y las percepciones que provocan.

3.i.2.a. Teoría Empirista

La investigación psicológica de la conducta que se relaciona directamente con la percepción se consolida con los filósofos ingleses del siglo XVII y XVIII: Thomas Hobbes (1588-1679), John Locke (1632-1704) y David Hume (1711-1776). Según Gibson (1974) estos filósofos consideraban que la experiencia y la asociación de ideas son la base del conocimiento, por eso tanto ellos como los psicólogos experimentales del siglo XIX se esfuerzan por explicar el problema de la percepción recurriendo lo menos posible a la intuición o a las ideas innatas. Para los empiristas, la mente al nacer está vacía como una hoja de papel en blanco, y el conocimiento proviene de la experiencia sensorial que la persona adquiere poco a poco durante toda su vida.

En el siglo XVIII George Berkeley argumenta por primera vez que la vista es insuficiente para percibir correctamente el mundo y en la segunda mitad del siglo XIX, el físico Helmholtz sostiene que la percepción se basa en un proceso inferencial, donde la experiencia anterior o las sensaciones pasadas son la base para deducir los acontecimientos presentes. Este paradigma se mantiene vigente por varios siglos hasta que a principios del siglo XX fue remplazado por la *Gestalt*,

que contempla la percepción como un proceso activo y no pasivo como el de los empiristas.

Gibson (1974) hace hincapié en una característica de la teoría empirista que se relaciona directamente con la percepción del espacio, pues sus seguidores entendían este concepto solo como la percepción del espacio geométrico. Por su parte Rock (1985) advierte que la teoría empirista hace una marcada diferencia entre sentir y conocer, pues a partir de los sentidos es que se llega al conocimiento, y es la mente la que hace un razonamiento lógico fundamentado en las sensaciones.

A pesar de todos los planteamientos hechos por la teoría empirista, Kandel et al. (2008) asegura que la ciencia moderna y específicamente la psicofísica y la fisiología sensorial han demostrado que el principio de esta teoría está equivocado, pues la mente humana no está vacía al momento de nacer. Sin embargo él mismo argumenta que la posición empirista resultó positiva para la humanidad porque a la postre se convirtió en psicología, o sea la ciencia preocupada de los procesos mentales, que estudia cómo un estímulo puede llegar a provocar posteriormente un comportamiento diferenciado.

3.i.2.b. Teoría Nativista

El Nativismo es la teoría contraria al empirismo. Fue propuesta por el filósofo, matemático y físico francés René Descartes (1596-1650) en el siglo XVII y por el filósofo Immanuel Kant (1724-1804) en el siglo XVIII. Descartes refuta la idea de que la mente humana es una hoja en blanco, pues por el contrario considera que está llena de concepciones acerca de la forma, el tamaño y las propiedades de los objetos.

Kant promulgó que las percepciones no existen por si mismas, sino que se construyen a raíz de las capacidades innatas del sistema nervioso; de ahí que el concepto de tiempo y la capacidad de representar el espacio son parte de ese pre-conocimiento (Kandel, 2011).

A pesar de que la frenología es considerada una pseudo-ciencia, se le reconoce cierto grado de mérito porque fue la primera en plantearse la idea de que las funciones del cuerpo y de la mente humana están localizadas en el cerebro. Kandel et al. (2008) menciona al médico y neuroanatomista Franz Joseph Gall (1758–1828), como el primero en proponer que el córtex cerebral está dividido en regiones que controlan funciones o facultades mentales del ser humano. Gall llegó a sugerir que incluso comportamientos como la generosidad o la discreción tienen su propia localización en el encéfalo y que al igual que un músculo, estas regiones cambian de tamaño al ejercitarse con la práctica constante. La Figura 17 muestra la supuesta ubicación de las 35 facultades que para principios del siglo XIX se consideraba que tenía el cerebro humano.

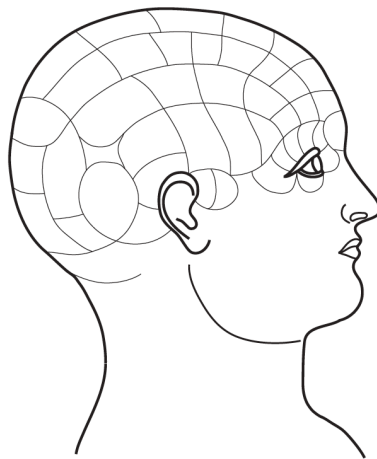


Figura 17. Copia del Diagrama frenológico (siglo XIX)

Boring (1948) y Gibson (1974) explican que los filósofos y psicólogos experimentales conocidos como nativistas, consideraban algunos aspectos del espacio visual tan obvios y comprensibles que parecían haber estado siempre presentes en la consciencia. Para los nativistas las sensaciones visuales son innatas y constituyen los datos de la mente, lo que los lleva a creer que la percepción depende de la intuición. En la Figura 18 se muestra una famosa imagen de Boring que tiene dos posibles interpretaciones (mujer joven y anciana)



Figura 18. Imagen de Boring (1948)

3.i.2.c. Teoría Gestalt

La palabra *Gestalt* proviene de *Forma* en alemán y se conoce como teoría de la percepción desde principios del siglo XX. Max Wertheimer (1880-1943), Kurt Koffka (1886-1941) y Wolfgang Köhler (1887-1967) son los psicólogos alemanes que fundaron la Gestalt y que retoman los principios del nativismo para aplicarlos a la percepción sensorial. Ellos empezaron a considerar el mundo perceptual como un problema genético, donde las sensaciones se perciben de manera global y en donde prevalecen unas leyes innatas que dirigen las capacidades mentales. Para los psicólogos de la Gestalt existe una interacción entre las particularidades del objeto y la condición del observador, de dónde se deduce que para percibir hay que pensar, para razonar hay que tener intuición y para observar se necesita también invención (Arnheim, 1984).

La *Gestalt* coincide con el nativismo en que el proceso de percibir el mundo es muy similar para todas las personas y que por eso debía existir una tendencia innata en el cerebro; de ahí que se minimizó al máximo el papel del aprendizaje y la experiencia en el tema de la percepción. Para los psicólogos de la *Gestalt* las fuerzas de la visión hacen que la percepción se incline hacia lo más sencillo, enfocando la vista hacia la simetría, el equilibrio y la simplicidad geométrica.

En la Figura 19 se aporta una prueba de que la mayoría de personas que observa esta imagen tiene ante ella la misma percepción y en vez de captar una cadena

de romboides, lo que percibe es una cinta de rectángulos regulares en zigzag. Es decir, que sin ninguna instrucción previa perciben un dibujo como si se tratara de algo tridimensional.

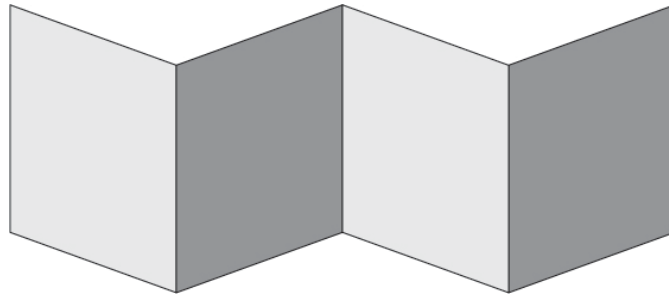


Figura 19. Cadena de romboides, Gestalt

La Figura 20 está ligada a la percepción que se ha tenido previamente de la Figura 19, pues existen dos posibilidades y lo único que cambia es la percepción que se tiene de la cinta de rectángulos. Si figura se percibe con las verticales fugadas hacia abajo, entonces el observador está arriba y si las ve fugadas hacia atrás, entonces está de frente (Gombrich, 1998).

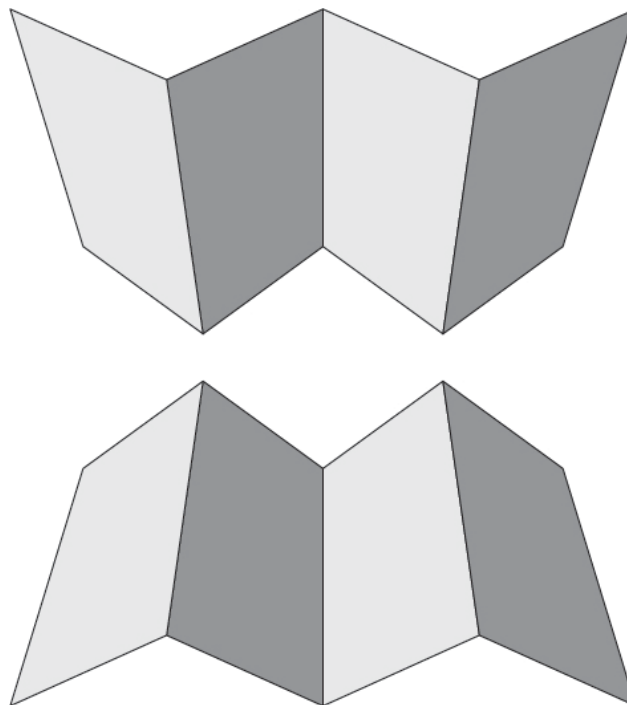


Figura 20. Vista desde arriba, vista desde el frente

Por su parte y desde el campo de la pedagogía artística, Britsch (1966) afirma que cuando la mente intenta encontrar una noción clara de la realidad, empieza por buscar los esquemas perceptuales más sencillos y solo en caso de ser necesario pensará en representaciones más complejas.

Gibson (1974) comenta que para los psicólogos de la *Gestalt* toda percepción visual es tridimensional desde el inicio porque las percepciones se dan en el cerebro y este a su vez es un órgano tridimensional. Estos psicólogos no solo desarrollan una nueva teoría de la percepción, sino que producen una considerable cantidad de pruebas experimentales que buscan comprender el problema perceptual. El cuestionamiento que se plantean es por qué los objetos mantienen su identidad (tamaño, forma o color), si las imágenes que se producen en la retina son tan diferentes; de ahí que la *Gestalt* se preocupa más por la percepción de la forma que por la percepción del espacio.

3.i.2.d. Teoría del Estímulo

Para Gibson (1974) la teoría de la *Gestalt* es incorrecta pues el proceso de percepción visual solo requiere del estímulo y el entorno correspondiente. La Teoría del estímulo desarrollada por Gibson se basa en las investigaciones de los psicofísicos del siglo XIX que tratan de relacionar las sensaciones subjetivas con los estímulos físicos. Para Gibson el estímulo corresponde a la entrada de información, de ahí que la visión no se puede dar si no existe inicialmente una imagen en la retina. Esta imagen tiene profundidad, distancia y más que un objeto, corresponde a un conjunto de superficies continuas. Gibson no concibe la percepción del espacio sin esa superficie de fondo ininterrumpida que él suele llamar *Teoría del terreno*.

Solso (1994), el especialista en psicología cognitiva explica como el trabajo de investigadores en neurofisiología de los últimos años, revela que la información visual se transmite desde la retina al córtex y de ahí a los hemisferios cerebrales. Las fibras ópticas son las encargadas de distribuir la imagen en varias capas del

cerebro, y finalmente las neuronas transmiten la información hasta la parte posterior de los hemisferios.

Para Costa (1992), el experto en comunicación visual, el *ver* involucra un proceso de observación pasivo, mientras que el *mirar* añade la atención hacia lo que se observa, de lo que se obtiene una participación activa que culmina en la percepción. En este contexto los ojos se estimulan no solo por los efectos lumínicos, sino también se pueden atribuir a la motivación psicológica que provoca lo que ven. De ahí que la percepción o la información que se pueda extraer de un contexto dado, depende en primera instancia del interés individual que pueda prestar cada persona.

Gibson (1974) reconoce la gran influencia que los científicos del siglo XX (Koffka, Troland y Boring) tuvieron para él, sin embargo él mismo comenta que fueron sus investigaciones en materia de aviación las que lo impulsaron a desarrollar su teoría. Gibson considera que para poder ver es necesario que existan estímulos luminosos, que los ojos enfoquen adecuadamente, que la retina reaccione a la luz y que finalmente las fibras ópticas transmitan la información al cerebro. Para él todas estas acciones constituyen un solo proceso y de no existir alguna de ellas, la persona aunque sea vidente no verá nada. En caso de que el cerebro tenga alguna lesión, la ceguera puede ser parcial ya que depende exclusivamente de la lesión. Para Gibson la luz y el color son la materia prima de la visión, pues todo objeto refleja la luz que recibe en función del material del que está compuesto. A parte de la iluminación, otras propiedades que le ayudan en su apariencia real son la textura, la distancia, la ubicación adyacente y el sombreado.

En su teoría del estímulo, Gibson concluye que el mundo visual se percibe de dos formas: la percepción del espacio y la percepción de las cosas que son importantes para el observador. El primero corresponde a una imagen de fondo que permanece constante (texturas, colores, superficies), mientras que el segundo es más cambiante porque se relaciona directamente con los personajes que acaparan la atención inmediata, tales como objetos, personas o lugares, etc.

Como las personas no pueden prestarle atención a muchas cosas a la vez, la percepción se vuelve selectiva, sobrevalorando o minimizando algunas cualidades de manera subjetiva.

3.i.3. Reglas de la visión universal

En su libro *Inteligencia visual* (2000) Hoffman hace una importante recopilación acerca de la percepción de los objetos y menciona que esta percepción por lo general no es consciente, sino inconsciente, dado que nuestro sistema visual nos puede engañar con las imágenes que él mismo produce. También hace referencia a que los padres no se sientan con sus hijos y les explican cómo utilizar el movimiento y la visión estéreo para construir la profundidad, sin embargo todo niño normal alcanza esa destreza de forma innata y lo logra de la misma forma que lo hacen los demás, a través de la experiencia visual.

No obstante, es importante retomar que la imagen que capta el ojo o sea la imagen proyectada sobre la retina puede tener incontables interpretaciones posibles, porque a pesar de que el mundo visual tiene tres dimensiones espaciales, la imagen solo cuenta con dos: la altura y la anchura. En el mismo libro Hoffman asegura que a pesar de la infinita ambigüedad de las imágenes, existen unas *reglas innatas* que le permiten al niño ser un maestro de la visión cuando sólo tiene un año de vida y estas normas denominadas por él: Reglas de la visión universal son las que hacen que las construcciones visuales de todos los adultos lleguen a tener un consenso. Se podría decir que estas leyes universales o genéricas, simplifican la realidad porque se basan en la poca probabilidad que existe de encontrar vistas accidentales. Es decir, nuestro sistema visual rechaza todo lo que no le parece genérico o lo que es poco probable.

Hoffman (2000) enumera alrededor de 35 reglas que permiten interpretar mejor el comportamiento del sistema visual humano, sin embargo en esta tesis solo se van a nombrar aquellas que están más ligadas a la representación bidimensional de los objetos (dibujo) y que provienen de interpretaciones que se fundamentan en

la comprensión tridimensional. Una de las representaciones más básicas es el dibujo de una línea recta, la primera impresión que se obtiene es que se trata de una línea recta en tres dimensiones, si se la ve unida con otra línea, entonces se la imagina como dos rectas con un vértice en común. Estas normas de manera sencilla y eficiente reducen las incontables interrelaciones que pueden existir. A pesar de que este proceso no siempre induce a la verdad, agiliza muchísimo el trabajo visual y permite interpretaciones rápidas del mundo que nos rodea.

Hoffman comenta que la visión también trabaja con leyes de construcción basadas en la gravedad y estas leyes en algunos casos pueden infringir las reglas de la visión genérica; lo que se puede comprobar en una figura diseñada por Richards y Jepson en 1993 y denominada por ellos las *cajas superpuestas* (Figura 21).

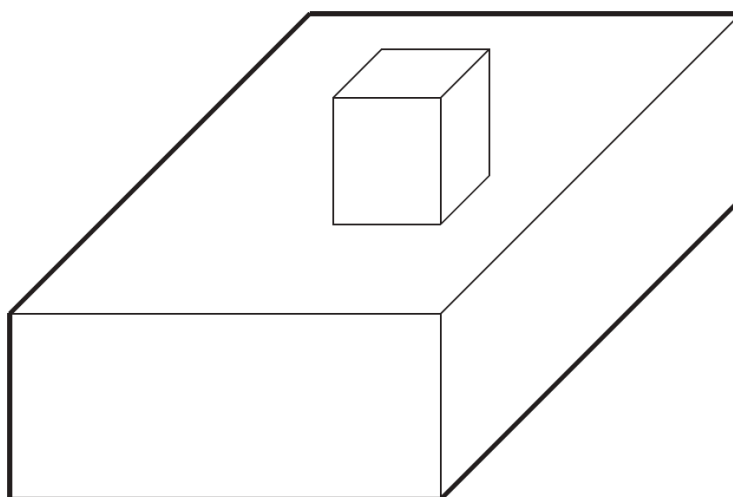


Figura 21. Cajas superpuestas, Richards y Jepson (1993)

Gran cantidad de personas, sino todas, interpretan esta figura como una cajita que está encima de otra mayor (ley de la gravedad) pero esta interpretación transgrede las leyes genéricas que interpretarían las dos líneas verticales ubicadas en el borde derecho de ambas cajas como líneas coplanares (Hoffman, 2000).

Las reglas de la visión son tan inverosímiles que es difícil creer o entender cómo el dibujo de dos mesas (Figura 21), presentado por el psicólogo Shepard en 1978, tienen exactamente las mismas medidas. En la Figura 21 se observa como una mesa parece larga y angosta y la otra corta y ancha. Entonces ¿cómo es posible que las longitudes de ambas mesas sean las mismas? (Hoffman, 2000).

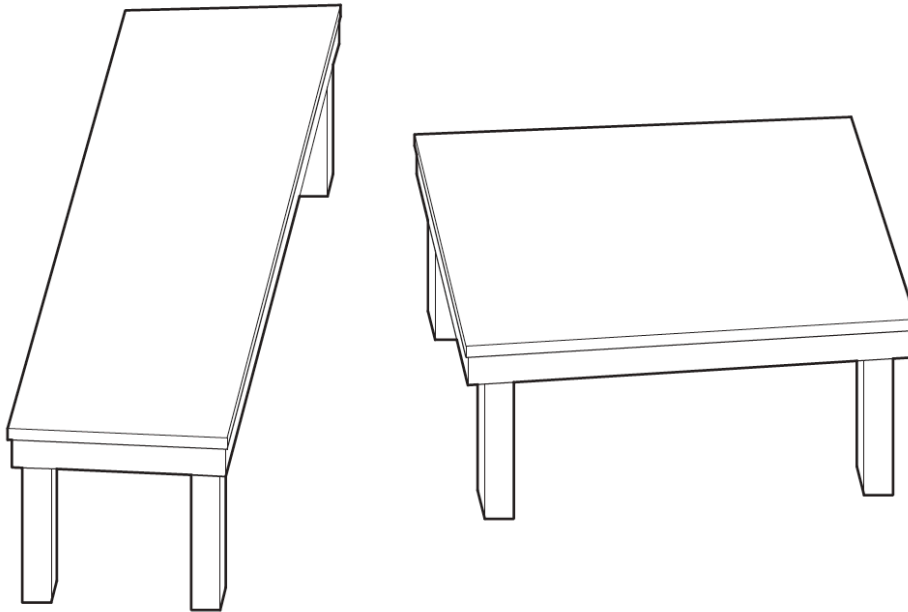


Figura 22. Mesas de Shepard (1978)

3.i.3.a. Figuras subjetivas

Según Hoffman (2000), las personas construyen los objetos en un sentido fenomenal, es decir que fabrican la propia experiencia visual de los objetos. Eso mismo se podría hacer a partir de otras experiencias sensoriales como el tacto, el gusto, el olfato y el oído; sin embargo cuando se está viendo el objeto, no se cuestiona el hecho de que se está construyendo en nuestra mente, sino que ya está ahí, independientemente de si lo vemos o no. Esta es la razón por la cual vemos, o mejor dicho construimos, figuras subjetivas que pasarían desapercibidas para un fotómetro o un escáner de imágenes. Como ejemplo en la Figura 23 se muestra el triángulo y el cuadrado diseñados por Kanizsa (1986) y en la Figura 24 aparecen los discos de Ehrenstein (1941).

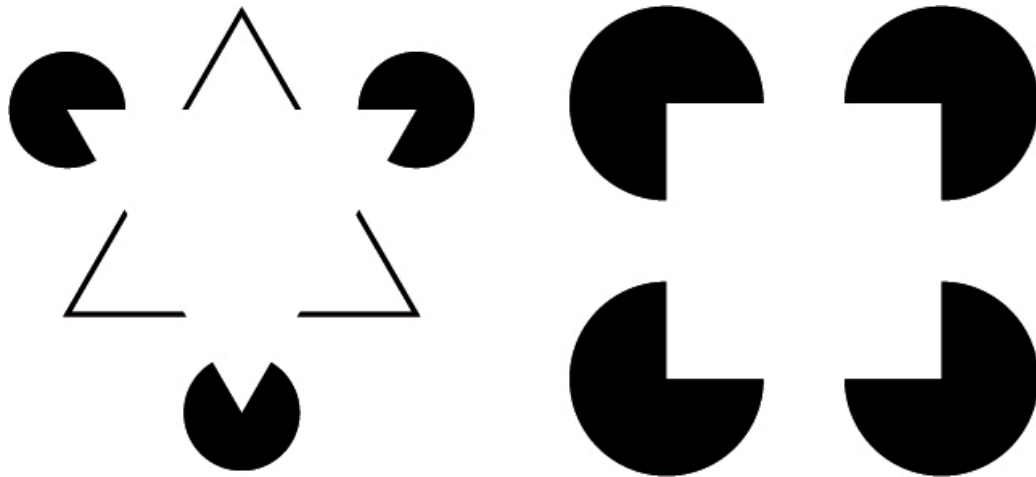


Figura 23. Figuras subjetivas de Kanizsa (1986)

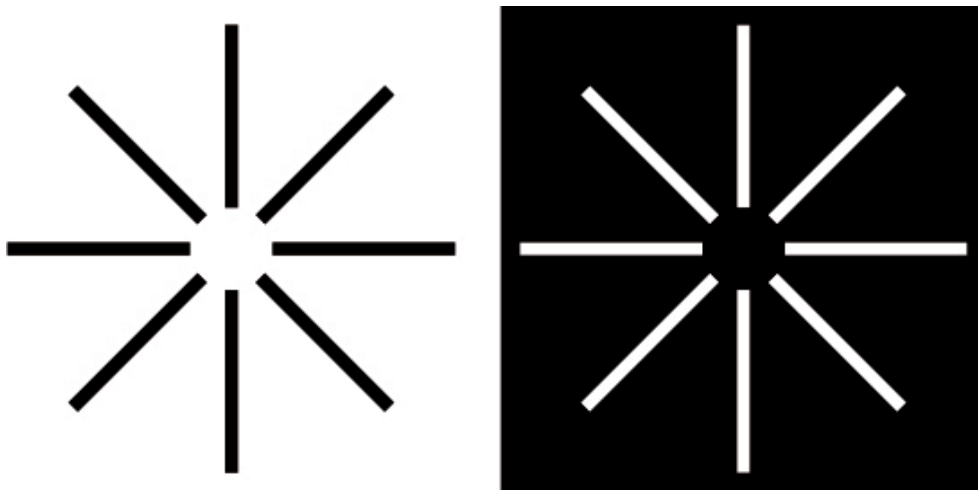


Figura 24. Discos de Ehrenstein (1941)

3.i.3.b. La regla de Shipley y Kellman

Los experimentos de Shipley y Kellman (2001) demuestran que las *superficies subjetivas* son más fáciles de ver donde hay cúspides convexas que donde no las hay. Las cúspides tienen dos formas básicas: convexa y cóncava (Figura 25), la cúspide convexa apunta hacia fuera del objeto y la cóncava apunta hacia el interior del mismo.

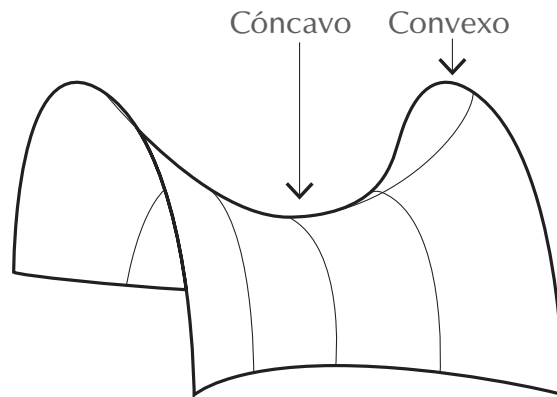


Figura 25. Cúspide cóncava y convexa

3.i.3.c. Reglas de iluminación

Hay dos reglas que tienen mucha importancia para el dibujo o la representación de objetos, ya que se refieren al cambio del tono, la saturación y el brillo. Si esta transformación se da gradualmente, se concibe como una variación en su iluminación, pero si se da de forma brusca se concibe como un cambio en la superficie del objeto, no obstante ambas tienen relación directa con la fuente de luz. Hoffman (2000) aconseja poner la menor cantidad de fuentes de luz y recomienda además que la colocación de la luz se haga por encima del objeto, al igual que sucede en la vida real con el sol. En la Figura 26 se observa como un círculo está iluminado gradualmente desde arriba y el otro tiene la luz en sentido contrario. Este aspecto es suficiente para que el primero de los círculos parezca convexo y el segundo de ellos cóncavo.

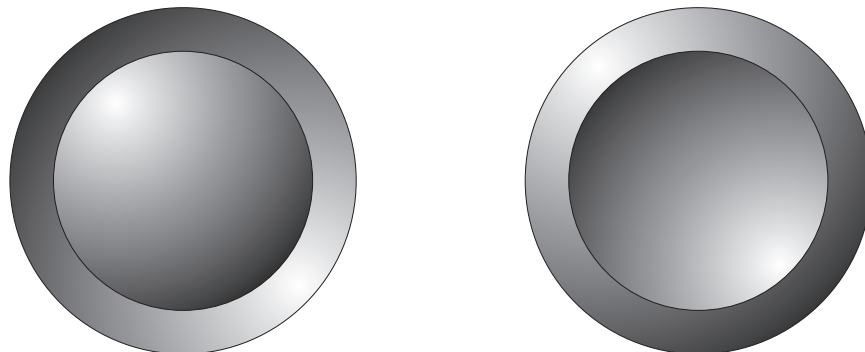


Figura 26. Un círculo convexo y otro cóncavo

3.i.3.d. Regla de los mínimos

Para Hoffman (2000) la elección de la figura y el fondo está determinada por el carácter de las curvaturas principales, pero la figura y el fondo pueden cambiar debido a la regla de los mínimos que se establece a partir de los contornos punteados de la figura. Una curvatura siempre será negativa en las concavidades (mínimos negativos) y positiva en las convexidades (máximos positivos); así que una misma figura puede ser interpretada de diferente forma si el dibujo se ve por encima o por debajo, o simplemente si se le da la vuelta a la hoja de papel (Figura 27).

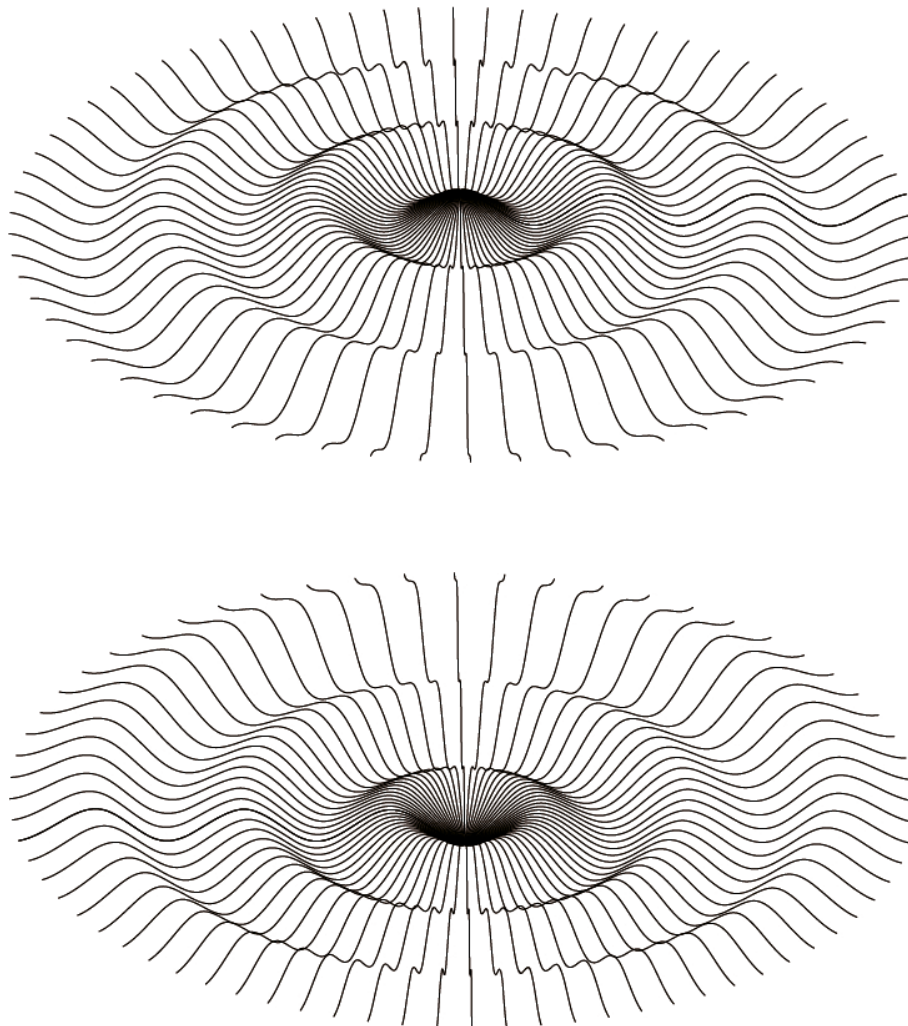


Figura 27. Regla de los mínimos, según Hoffmann (2000)

3.i.3.e. Reglas de simetría y repetición

El físico Ernst Mach (1838-1916) hizo importantes contribuciones a la óptica, la mecánica, la dinámica de ondas y la visión, y entre sus múltiples hallazgos encontró un patrón visual que hace a los observadores más sensibles a la simetría que a la repetición (1985). Supuestamente debería ser al contrario pues la repetición solo implica traslación, mientras que la simetría implica traslación más reflexión. Pero la regla de los mínimos predice esta situación porque lo que se comparan son curvas parte por parte y no solo puntos (Figura 28).

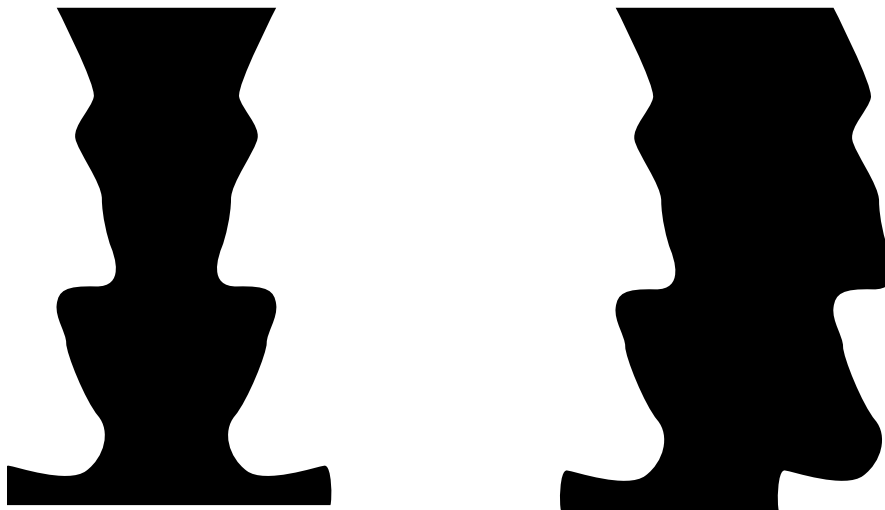


Figura 28. Simetría y Repetición, según Mach (1985)

Profundizando más en el asunto, los psicólogos Baylis y Driver (1994) encontraron que alternando la figura y el fondo, resulta más fácil reconocer la repetición que la simetría. En la Figura 29 se pueden detectar más rápidamente que los dos dibujos de la derecha tienen un contorno repetido, mientras que toma más tiempo detectar los de la izquierda que son simétricos. La regla de los mínimos justifica el nivel de dificultad para visualizar ambos dibujos, porque los mínimos negativos y los máximos positivos forman pareja en la repetición, mientras que no sucede lo mismo en la simetría (Hoffman, 2000).

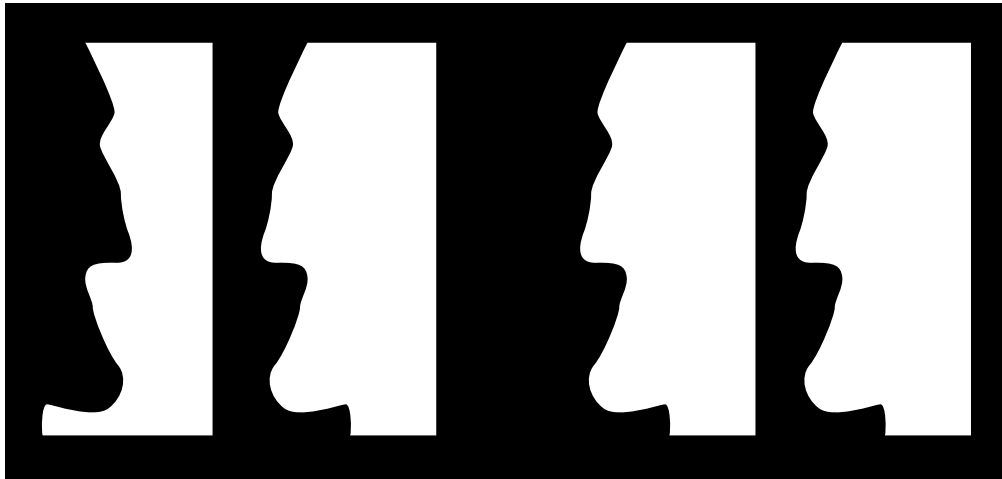
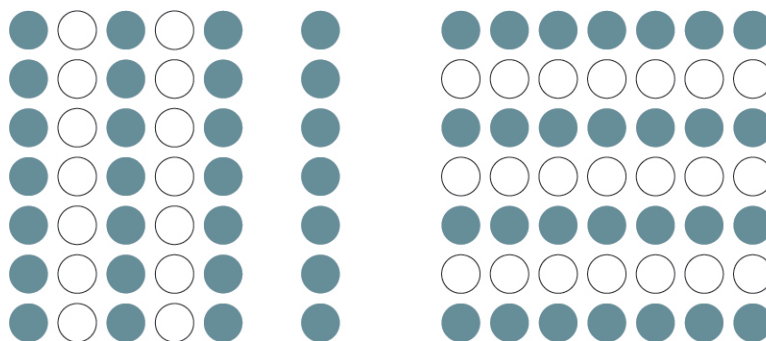


Figura 29. Simetría y Repetición, según Baylis y Driver (1994)

3.i.3.f. Ley de equivalencia o semejanza

Wertheimer, el psicólogo y cofundador de la Gestalt describe algunas propiedades que entrelazan los elementos visuales, y más tarde es Musatti (1935), el psicólogo y psicoanalista italiano, el que funde las leyes de Wertheimer en una sola regla conocida como *homogeneidad o semejanza*.

Para Musatti, la semejanza es una característica que se relaciona con el tamaño, el color o la forma de los objetos y debido a esta correspondencia los elementos se pueden unir en el espacio a pesar de la distancia que los separa (Figura 30). La semejanza o la diferencia en la ubicación espacial, así como la orientación o la dirección de los elementos también constituyen otros factores de agrupamiento.



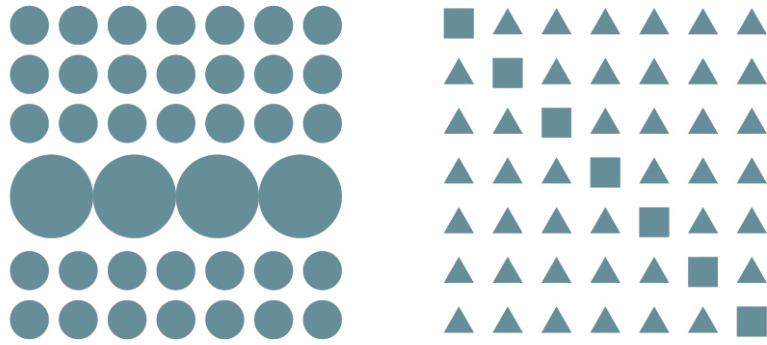


Figura 30. Semejanza de tamaño, color o forma

3.i.3.g. Ley de cierre

Según Villafañé (2006), cuando una figura se presenta incompleta ya sea real o virtualmente, la mente del observador termina su configuración, y los casos más comunes son las figuras incompletas o aquellas donde se solapan dos o más objetos como se muestra en la Figura 31.

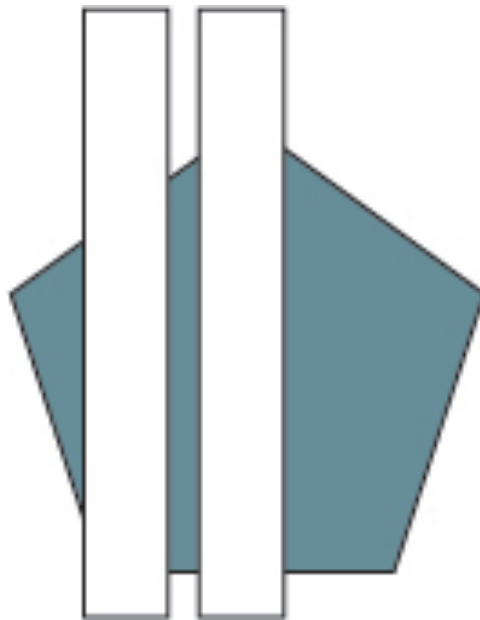


Figura 31. Ley de cierre

3.II. FISIOLÓGÍA DE LA PERCEPCIÓN

*“Cada cerebro construye el mundo de manera ligeramente distinta de los demás cerebros, porque cada cerebro es distinto.”
(Carter, 1998).*

La neurociencia explica (Kandel et al., 2008) cómo las percepciones surgen a partir de una actividad neuronal que es provocada por estímulos sensoriales; el proceso inicia con el receptor periférico que se conecta con la médula espinal a través de las vías sensoriales, luego la transmisión continua al tronco del encéfalo, al tálamo y finalmente al córtex cerebral. A pesar de la increíble capacidad instalada en nuestro cerebro para transmitir las percepciones, estas no son copias exactas de la realidad, porque las sensaciones son solo una abstracción del mundo real, y por eso el cerebro solo construye una representación y no una copia tridimensional exacta de lo que nos rodea.

A pesar de que la mayor parte del mundo que nos rodea entra por los ojos, es poco lo que se conoce acerca de la percepción de la forma, el movimiento, el espacio entre los objetos o el color. Sin embargo Kandel (2011) afirma que la capacidad de reconocimiento de la forma y el movimiento que tiene el cerebro es

asombrosa e insuperable por ninguno de los computadores actuales. La evidencia psicofísica ha demostrado que para procesar la información visual se necesitan al menos tres vías neurales que aportan los datos necesarios para entender la profundidad, la forma, el movimiento y el color; y toda esta información se realiza en paralelo.

Hasta hace poco tiempo se creía que la percepción visual era como una fotografía de la realidad, que proyecta sobre la retina la imagen invertida; sin embargo esto no es del todo cierto porque lo que el sistema visual construye es una imagen tridimensional a partir de las imágenes bidimensionales que recibe.

Es importante imaginar que cuando una persona se desplaza por un ambiente específico, la imagen de los objetos que observa va cambiando de forma, de tamaño o de intensidad, en la medida que se acerca o se aleja de ellos. Aun así, el cambio no es un factor importante porque se vuelve imperceptible durante el recorrido. La luz es otro factor que afecta la percepción de los objetos porque puede causar cambios en el color o la reflectancia de los mismos.

A partir de todo este escenario, el cerebro no se conforma con hacer un registro pasivo de todas las imágenes bidimensionales obtenidas durante el recorrido, sino más bien construye una imagen tridimensional que puede ser reconocible posteriormente aunque surjan cambios no radicales (Kandel et al., 2008).

Por esa razón el sistema visual puede reconocer un objeto o un ambiente real a partir de una imagen bidimensional o a la inversa. No es necesario haber observado la imagen desde el mismo ángulo porque el cerebro puede hacer la conversión, caso similar sucedería si las condiciones lumínicas son levemente diferentes.

3.ii.1. Neurociencia

Para Kandel (2011) la neurociencia es una fusión entre la parte de la biología que estudia los procesos cerebrales y la psicología conductista y cognitiva que se encarga de los procesos mentales. Por eso resulta ser un tópico de gran interés para esta investigación, ya que la neurociencia estudia la representación de la información en el cerebro. Para Kandel es un hecho que los seres humanos tienen un mapa en la corteza somatosensorial donde están representadas cada una de las partes del cuerpo. Los estudios fisiológicos citados por él revelan que el tamaño de la representación en el cerebro es proporcional a su respectiva importancia en la percepción sensorial y no al tamaño de la región específica. De ahí que las partes más sensibles, como la boca y las yemas de los dedos tienen una representación mayor en el cerebro.

Kandel et al. (2008) también asegura que los mapas somatosensoriales de los humanos adultos no son pasivos, sino dinámicos porque están en continua transformación debido al uso o a la actividad de las conexiones funcionales que se llevan a cabo. Estas zonas se pueden agrandar o contraer, debido a que el aprendizaje en diferentes contextos produce distintas combinaciones de estímulos, y por ende las habilidades que se ejercitan van a modificar los mapas corticales de múltiples formas. Estas modificaciones sumadas a la composición genética del individuo, hacen que cada ser humano tenga una configuración encefálica única.

Freud fue el primero en sugerir que algunas deficiencias de la percepción visual no están necesariamente ligadas a problemas en el nervio óptico o en la retina, sino más bien con lesiones en las diferentes regiones del cerebro. De tal forma una persona podría ser incapaz de percibir la profundidad de los objetos, o el color de los mismos o no captar el movimiento que la rodea, aunque todas sus demás facultades permanezcan intactas (Kandel, 2011).

También Gardner en su libro *Arte, mente y cerebro* (2005) plantea diferentes investigaciones que han permitido entender mejor el funcionamiento del cerebro

humano, lamentablemente muchos de estos estudios provienen de pacientes con lesiones cerebrales, que muestran una relación directa entre la incapacidad para ejecutar determinada tarea y la ubicación de la lesión en el cerebro. Entre otros Gardner menciona que un individuo con lesión en el hemisferio izquierdo puede ser totalmente incapaz de hablar y al mismo tiempo conservar su capacidad de dibujar; mientras que un paciente con lesión en el hemisferio derecho puede ser capaz de leer y hablar igual que siempre, pero incapaz de vestirse solo o de orientarse dentro de un espacio supuestamente conocido.

Una lesión muy extraña pero que le ha enseñado mucho a los investigadores es la *alexia pura*; ya que mediante este síndrome se sabe que los símbolos verbales difieren de los numéricos y que la capacidad de leer está separada de la de escribir. Algunos fisiólogos sostienen que en la *alexia pura* las capacidades visuales o verbales del individuo permanecen intactas, pero que posiblemente las conexiones entre ellas se han deteriorado; esta deficiencia provoca que las configuraciones visuales que producen asociaciones sensoriales o táctiles (como los objetos o números) pueden ser procesadas satisfactoriamente, mientras que las otras no. Además la *alexia pura* interesa en esta investigación básicamente por su relación con los objetos, ya que plantea una conexión entre estos y los números que puede ser útil en futuros tests de percepción (Gardner, 2005).

Kandel et al. (2008) se refiere a las lesiones que se dan en el lóbulo parietal posterior, las cuales están muy relacionadas con el tema que nos ocupa. Por ejemplo el síndrome de *negligencia visual* provoca que los pacientes ignoren la mitad de su cuerpo y el entorno que está en el lado opuesto de la lesión. El paciente con este síndrome no solo pierde la sensibilidad en la mitad de su cuerpo, sino también los input que provienen del espacio y del entorno que lo rodea. Pero el déficit va más allá, porque también se pierde el acceso a los recuerdos que se relacionan directamente con el lado opuesto de la lesión. Aunque la memoria almacenada permanece intacta, el campo visual y el conocimiento relacionado con el espacio contrario se pierden; pero el acceso a la información guardada en la memoria solo se pierde si está del lado opuesto a la

lesión. En el mismo libro Kandel menciona el *mal de Korsakoff*, como otro síndrome provocado por una lesión cerebral, que suele ser el desenlace de varios años de alcoholismo y que a través de su estudio se ha demostrado que existen al menos dos tipos de memoria.

Otra deficiencia que también interesa a esta investigación es la prosopagnosia, que es una carencia al reconocimiento de rostros y que se produce cuando ocurre una lesión en el córtex inferotemporal donde se ubica la mayor cantidad de células destinadas al reconocimiento de caras (Kandel et al., 2008).

3.ii.1.a. Evolución y percepción

Mecacci (1984), el psicólogo italiano, asegura que los factores que afectan la capacidad de percibir son múltiples; pues ésta se ha desarrollado a lo largo de la evolución humana y ha tomado distintos caminos en las diferentes culturas o ambientes geográficos; de ahí que existen personas capaces de distinguir olores y colores que son imperceptibles para otros individuos. Para Mecacci estas excepciones se pueden encontrar a nivel individual o grupal como es el caso de los esquimales que distinguen con mayor exactitud las variaciones de blancos y grises que conforman su ambiente. Mecacci también menciona otros pueblos que por vivir en el trópico han generado una pigmentación especial en los ojos que los defiende de la abundancia de rayos ultravioleta. Para él ambos casos ejemplifican que la realidad se puede percibir diferente a causa de una adaptación evolutiva.

Mecacci plantea que para comprender la diversidad cerebral es necesario aceptar que el cerebro del hombre occidental de este siglo, no es necesariamente el mismo, en cuanto a sus características, que el que pudo tener un antepasado varios siglos atrás. Para él, el mundo perceptivo del hombre pre-moderno estuvo carente de muchos olores, sonidos y referencias visuales, por lo que considera que las modificaciones culturales pueden provocar importantes cambios a nivel cerebral. Para él, las diferencias se pueden dar también en la misma época, como

es el caso del cerebro japonés versus el cerebro occidental; ya que para poder leer y escribir, el cerebro humano tiene que realizar un importante ajuste en los sistemas de análisis y síntesis. El cerebro japonés, a diferencia del occidental promedio, debe desarrollar una interacción entre ambos hemisferios cerebrales para poder procesar su sistema lingüístico. Por un lado el hemisferio derecho se tiene que especializar en la diferenciación de miles de caracteres del sistema *kanji* y por otro lado al hemisferio izquierdo le corresponde interpretar el sistema alfabético *kana*.

Mecacci asume que este fue un tema de interés aun en tiempos de la civilización griega, cuando Platón llegó a considerar que la expansión de la escritura iba a perjudicar o reducir el uso de la memoria. Muchos siglos después fue la televisión la que invirtió el proceso con un retorno a la memorización a través de la oralidad y en la actualidad es la internet la que estimula el regreso a la lecto-escritura.

3.ii.2. Cerebro humano

Este capítulo estudia el cerebro humano desde una perspectiva que trata de profundizar en todas aquellas capacidades que están estrechamente ligadas a la percepción, la visión, la memoria y el dibujo, esto para corroborar si la hipótesis que se maneja en esta investigación tiene un sustento fisiológico que la respalde.

En su libro sobre *Neurociencia y conducta* (2008) Kandel et al. señala que el cerebro humano es capaz de transformar los estímulos en percepciones muy variadas; las ondas electromagnéticas de distintas frecuencias las convierte en colores, las variaciones de onda en la presión del aire las cambia por palabras y los componentes químicos disueltos en el aire o en el agua los transforma en olores y sabores. Según la neurociencia, el sistema sensorial recibe información del entorno a través de células muy especializadas que se encuentran en las partes más expuestas del individuo. Estas células que forman parte del sistema nervioso son las que transforman las diferentes formas de energía: lumínica, mecánica, térmica y química en modalidades sensoriales tales como la vista, el oído, el tacto, el gusto y el olfato.

Para entender mejor cómo funciona el cerebro es recomendable conocer las diferentes regiones del mismo y el tipo de actividad que realizan dentro del proceso. Estas regiones son conocidas como lóbulos y están ubicados en cada mitad del cerebro como se muestra en la Figura 32. Estos lóbulos también se relacionan con distintas funciones del organismo, el lóbulo temporal ubicado cerca de los oídos tiene que ver con el sonido, la comprensión del habla y ciertos aspectos de la memoria. El lóbulo parietal, ubicado en la parte superior, se ocupa de funciones tales como el movimiento, la orientación, el cálculo y algunos tipos de reconocimiento. El lóbulo frontal, que se ubica en la parte delantera se encarga de planificar y tomar decisiones, además de algunas funciones relacionadas con la memoria y de las emociones. Pero el que más interesa a esta investigación es el lóbulo occipital posterior porque es ahí donde se lleva a cabo el procesamiento visual (Kandel et al., 2008).

Regiones del cerebro humano

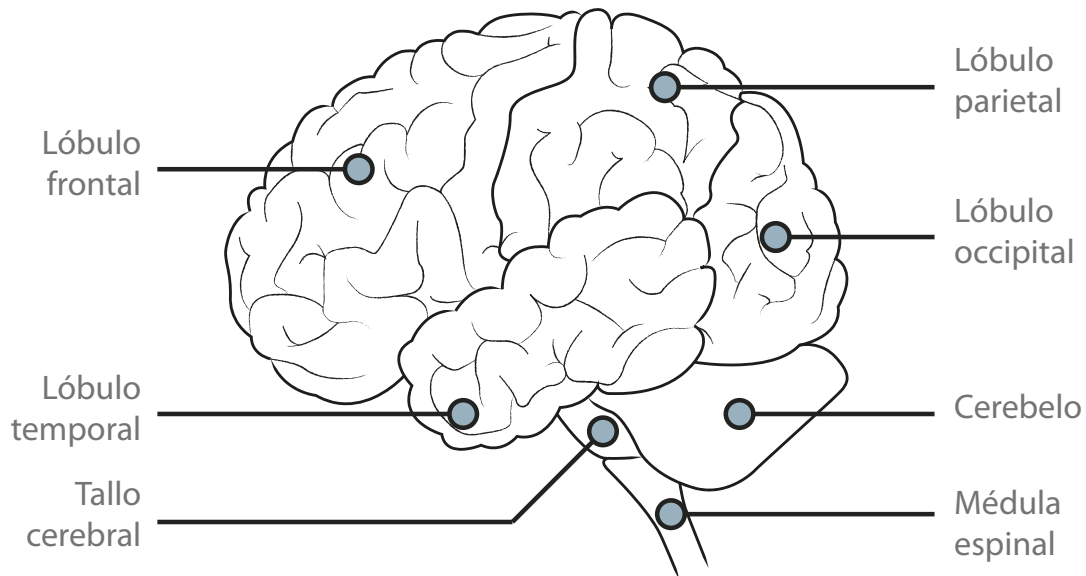


Figura 32. Partes del cerebro humano

Los estudios realizados por O'Keefe (en Kandel, 2011) revelan que los hombres y las mujeres activan diferentes zonas del cerebro cuando perciben el espacio, pues se basan en estrategias distintas para asimilar la misma información. El mapa cerebral indica que los hombres construyen la representación en la zona izquierda del hipocampo, mientras que las mujeres lo hacen en el parietal derecho y en la corteza prefrontal derecha.

Según Kandel et al. (2008) el lóbulo parietal posterior también recibe input de los sistemas visual y auditivo y se ocupa de la percepción y la atención del espacio exterior. Cuando ocurren lesiones en esta parte del cerebro (hemisferio derecho), se producen déficits relacionados con la atención dirigida, la percepción espacial o la integración visomotora. Si este tipo de lesiones se dan en el hemisferio izquierdo pueden producir afasia (problemas del lenguaje), asternognosia (incapacidad para percibir la forma de los objetos a través del tacto) y otras agnosias que incapacitan al paciente a percibir objetos.

En el lóbulo parietal occipital se encuentran unas áreas de mucho interés para esta investigación, se trata del córtex visual y el córtex inferotemporal. Las células del córtex visual se pueden clasificar según la orientación y la posición retiniana que tienen los estímulos que las provocan, es decir que algunas de sus células solo responden a estímulos orientados horizontalmente. Por su parte el córtex inferotemporal es la región cerebral que está más relacionada con el qué de la imagen visual. Cerca del 10% de las células de esa región están diseñadas para el registro de manos o caras, y cuando se trata del reconocimiento de rostros, algunas neuronas responden mejor a la vista frontal, otras a la vista lateral, y otras reconocen mejor las expresiones faciales (Kandel et al., 2008).

Finalmente el *corpus callosum*, un grueso cable compuesto por millones de fibras que hace posible la transmisión de información de un hemisferio a otro, permitiendo que ambos hemisferios se comporten como una sola unidad. También está el tálamo que traslada información hacia las otras partes del cerebro y el hipocampo que ayuda en la memoria a largo plazo.

3.ii.2.a. Diferentes modos de procesar la información

El cerebro y el sistema nervioso humano están conectados mediante un sistema cruzado, de manera que el hemisferio derecho controla el lado izquierdo del cuerpo y viceversa (Figura 33). En lo referente a la vista, también el izquierdo elabora el campo visual derecho y el derecho construye el campo visual izquierdo, sin embargo cada ojo está conectado a su correspondiente hemisferio cerebral (Hoffman, 2000).

En los cerebros de animales, los dos hemisferios son esencialmente iguales y simétricos en sus funciones, sin embargo en el ser humano presentan asimetría funcional, y el efecto de esta asimetría es el de una mano sobre la otra. Es sabido que la mano derecha es la más usada por la mayoría de las personas, lo que nos lleva a reflexionar sobre su directa conexión con el hemisferio izquierdo y por ende con el más fuerte. También el lenguaje y la palabra están estrechamente

ligados con la razón y otras funciones que son reconocidas capacidades del hemisferio izquierdo; por esta razón los científicos del siglo XIX consideraban este hemisferio como el dominante y el derecho como el subordinado (Edwards, 1985).

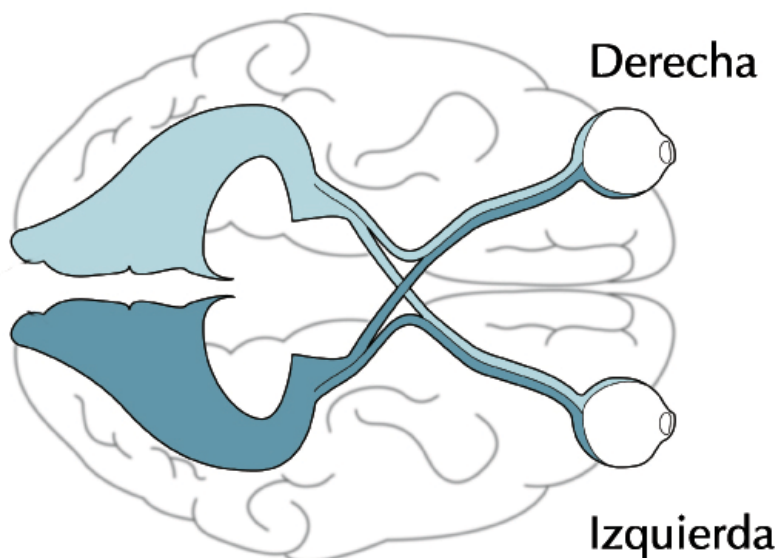


Figura 33. Hemisferio cerebral y campo visual según Hoffman (2000)

Los estudios del cerebro dividido realizados en la década de los cincuenta por los científicos Sperry, Myers y Trevarthen del Instituto Tecnológico de California, demuestran que cada hemisferio tiene un modo diferente de procesar la información, es decir que existen dos formas de conocimiento, la del hemisferio izquierdo que es verbal y analítico y la del derecho que es analógico e intuitivo. Sperry (1973) relata como el sistema educativo, al igual que la ciencia tienden a despreciar la forma no verbal del intelecto, por lo que la sociedad moderna manifiesta una discriminación generalizada en contra del hemisferio derecho. Posteriormente Levy (1974) profundiza en el tema y demuestra que el hemisferio derecho es: rápido, complejo, totalizador, espacial y perceptivo. Levy hace la interesante conclusión de que el hemisferio izquierdo analiza en el tiempo, mientras que el derecho sintetiza en el espacio.

3.ii.2.b. El dibujo y el hemisferio derecho

Según Gardner (2005) el hemisferio derecho no tiene ninguna superioridad cognitiva que sea equivalente, en intensidad, al dominio del hemisferio izquierdo sobre el lenguaje; sin embargo coincide con los otros autores en que el hemisferio derecho está directamente relacionado con las funciones de la percepción espacial. Por esta razón el ser humano depende de este hemisferio para orientarse en un lugar desconocido o para manipular mentalmente una imagen en dos o tres dimensiones. Se puede decir también que el hemisferio derecho es fundamental para el reconocimiento de rostros, así como para la detección de texturas.

Como dato interesante para esta investigación se pueden mencionar las investigaciones realizadas por Kaplan y Warring (citadas en Gardner, 2005) las cuales indican que la forma de dibujar de una persona puede sufrir alguna alteración como consecuencia de una afección en el cerebro y que la manera en que cambia el dibujo refleja fielmente la ubicación de la enfermedad. Si el daño se encuentra en el hemisferio izquierdo, los dibujos tienden a ser más simples o parecidos a los de un niño pequeño, dejando de lado los detalles pero con un control global reconocible. Si por el contrario, la afección se ubica en el hemisferio derecho, el paciente conserva la capacidad de dibujar los detalles, pero tiene más dificultades para organizarlos con coherencia y formar una composición total. Por esta razón Gardner concluye que para dibujar una representación fiel de algo, se necesita el hemisferio derecho para el contorno global y el izquierdo para los detalles identificadores y los elementos internos.

A este último comentario de Gardner, podemos añadir que para mantener la proporción de la estructura principal sería más conveniente iniciar el proceso del dibujo con las facultades del hemisferio derecho, y hasta después continuar con la elaboración de los detalles que es el fuerte del hemisferio izquierdo. Sin embargo, todavía no se ha ideado un método para activar o desactivar los hemisferios cerebrales en miras de realizar una mejor tarea; por lo cual cada individuo tendrá que asumir su propio camino para terminar el dibujo,

seguramente influenciado por alguno de los hemisferios o simplemente de la manera en que ha sido entrenado. En relación a este mismo tema vale la pena mencionar los experimentos que Edwards ha desarrollado con sus estudiantes en los cursos de dibujo.

Edwards (1985) considera que el hemisferio izquierdo es tan dominante que no acostumbra dejar ninguna tarea en manos del hemisferio derecho, y aunque sus funciones no son tan aptas para el dibujo, se esfuerza por tomar la batuta. Para ella esta es la razón por la cual los dibujos salen mal y el proceso se vuelve incómodo, agotador y difícil de resolver para la mayoría de las personas. En sus cursos de dibujo Edwards utiliza diferentes métodos para desactivar el hemisferio izquierdo y conectar el hemisferio derecho; cuando esto se logra se alcanza un estado subjetivo que los artistas describen como una condición placentera, donde se pierde la noción del tiempo, se dificulta el uso o el entendimiento de las palabras, y se logra una sensación de confianza, de falta de ansiedad y de clara percepción de las sombras y los espacios.

La metodología de Edwards consiste en utilizar ejercicios que son muy difíciles de resolver para el hemisferio izquierdo y gracias a eso termina dándose por vencido y dejando la tarea en manos del hemisferio derecho. Ella asegura que cuando pone a sus estudiantes a dibujar imágenes cabeza abajo o espacios negativos entre formas, logra mejores resultados que cuando lo hace de manera convencional. También asegura que el hemisferio derecho tiene otras habilidades, como la de observar una imagen y luego imaginarla como si estuviera presente. Para ella estas dos competencias son necesarias para el dibujo, pues este proceso requiere mirar el modelo, fotografiarlo con la mente, mantener la imagen en la memoria, después mirar el papel y hasta en ese momento dibujar lo que se vio antes.

3.ii.2.c. Sistema auditivo

Gardner (2005) señala algunas particularidades en relación al sistema auditivo que resultan interesantes para el tema que originó esta investigación (el dibujo). Resulta que cada oído no solo tiene conexiones más fuertes con el hemisferio opuesto, sino que procesa mejor cierta clase de estímulos. Es decir que el oído derecho trabaja conjuntamente con el hemisferio izquierdo y es más idóneo para procesar impulsos verbales; mientras que el oído izquierdo colabora de forma análoga con el hemisferio derecho procesando mejor los estímulos musicales y algunos sonidos no lingüísticos. Esta información comprobada científicamente abre las posibilidades para desarrollar a futuro un método que estimule la actividad cerebral del hemisferio derecho, obteniendo así mejores resultados en el proceso de dibujo.

3.ii.3. Sistema visual

Para Arnheim (1998) la inteligencia visual ocupa casi la mitad de la corteza cerebral, lo que para él nos define como especie y por la misma razón considera que el sentido de la vista es el órgano más eficaz de la cognición humana.

Por su parte Gesell (1948), el psicólogo infantil, afirma que la naturaleza le ha dado la máxima prioridad al sentido de la vista, por lo que el sistema ocular precede al manual. Él explica que seis meses antes del nacimiento, los ojos del feto se mueven desordenada e independientemente bajo sus párpados. Luego al cabo del tiempo llegan a moverse al unísono, de modo que el niño nace con los ojos ya parcialmente acoplados en un solo órgano. Después del nacimiento y durante las ocho primeras semanas de vida, las manos permanecen casi cerradas, mientras que los ojos y el cerebro están muy atareados mirando y fijando la vista en los diferentes estímulos. También mediante ingeniosos experimentos Gesell demuestra que los recién nacidos averiguan que los objetos son sólidos y tangibles a través de la experiencia visual y no necesariamente a través del tacto.

Para Gombrich et al. (2007) el mundo visual es descubierto a través de una sucesión de miradas en diferentes direcciones, porque los ojos solo ven de forma nítida los detalles pequeños y finos que aparecen en la pequeña zona foveal. El resto del campo visual permanece desenfocado y se le conoce como visión periférica, que es extremadamente esquemática en lo que se refiere a la percepción de formas y colores, pero muy receptiva al movimiento.

Arnheim (1984) tiene una posición menos fisiológica y más fenomenológica con respecto a la visión. Para él, la brillantez y el color de un objeto dependen en parte de la brillantez y el color de la fuente que lo ilumina y de la ubicación espacial del objeto en relación a la fuente luminosa y al observador. Cuando la imagen del objeto cambia, el observador deduce inconscientemente si el cambio es producto del mismo objeto, del contexto, o de ambos. Él considera que toda relación espacial entre objetos tiene una distancia *correcta* que el ojo establece intuitivamente, de ahí que ningún objeto se percibe como algo único o aislado.

Observar algo implica asignar un lugar dentro del todo: ya sea una ubicación en el espacio, una puntuación en la escala de tamaño, un grado de luminosidad o una distancia. Para Arnheim la experiencia visual es dinámica, ya que la persona no sólo percibe una disposición de objetos, colores o formas, sino que se crea entre ellos una interacción que produce una serie de cambios en el movimiento o tamaño de los objetos.

En su libro *Neurociencia y conducta* Kandel et al. (2008) menciona las investigaciones de Hubel y Wiesel, quienes descubrieron que las neuronas del sistema visual humano están tan especializadas, que así como responden a unos estímulos, pueden ignorar otros. Estas células están agrupadas por clases según la sección donde se encuentren y algunas tienen propiedades más complejas que otras sobre todo para procesar información relacionada con el movimiento, la orientación o el contorno de las imágenes. Hubel y Wiesel también demostraron que las conexiones neuronales en etapas tempranas del crecimiento son decisivas para el desarrollo posterior, y si se priva de ellas en alguno de esos momentos, se pueden producir inclusive cambios fisiológicos.

Por su parte Carter (1998) considera que la visión del individuo no solo está formada por los genes de la persona, sino también por la manera en que su cerebro se ha formado con la experiencia. Por lo que igualmente opina que la estimulación temprana es necesaria para conseguir un desarrollo adecuado y toma como ejemplo a los músicos, los cuales en promedio tienen un 25% más de corteza auditiva.

3.ii.3.a. Fóvea y retina

Cuando el ojo humano observa una imagen, ésta se proyecta en la retina de forma invertida, pues la mitad superior del campo visual se proyecta en la mitad inferior de la retina y viceversa.

Hoffman (2000) explica que la fóvea es la parte de la retina que tiene mejor resolución, y cuando se observa una imagen, la retina transforma esa imagen en

una cantidad de células sensibles a la luz. Este primer contacto del sistema visual con el mundo exterior ocurre a través de estas células especializadas llamadas *foto-receptores* (conos y bastones). Esas células se encuentran agrupadas cerca de la fóvea y se especializan de acuerdo al trabajo que deben ejecutar. Los *bastoncillos* son las células más pequeñas y su labor la realizan durante la noche. Las células más grandes son los *conos*, que trabajan en el día y cuando la luz es más intensa. La retina posee unos 120 millones de *bastoncillos* y 7 millones de *conos* y estos últimos se agrupan principalmente en la fóvea, mientras que los bastoncillos lo hacen en la periferia. Hoffman señala que cuando la imagen se termina de procesar, los resultados se envían al cerebro por medio del nervio óptico, compuesto por un millón de cables eléctricos llamados *axones*. Finalmente la información visual llega a la corteza visual primaria, donde según los fisiólogos es ahí donde se lleva a cabo la creación de líneas.

Según Hoffman existen tres tipos de conos, cada uno de los cuales reacciona de manera diferente a la luz:

- los llamados “*P*” responden a las frecuencias altas (u ondas cortas),
- los “*M*” reaccionan a las frecuencias intermedias
- Los del grupo “*G*” responden a las frecuencias bajas (u ondas largas).

Los conos también difieren entre sí por tener distintas moléculas de pigmento, si falta el pigmento visual correspondiente, se restringe la gama de tonos que se puede ver, provocando la ceguera del color. Si falta el pigmento “*G*” la persona no puede ver las diferencias entre el verde y el rojo (*protanopia*) y si le falta el pigmento “*M*” (*deuteranopia*) tampoco ve la diferencia, en caso de faltarle el pigmento “*P*” (*tritanopia*) no puede diferenciar entre el azul y el amarillo. Los pigmentos “*G* y *M*” se sitúan en el cromosoma X por lo que las mujeres son menos propensas a contraer esta enfermedad, ya que si adquieren un cromosoma defectuoso, siempre tendrán otro para suplirlo, mientras que los hombres no cuentan con esa probabilidad (Hoffman, 2000).

Kandel et al. (2008) utiliza otra denominación para las células de la retina, refiriéndose a ellas como células ganglionares de dos tamaños, las grandes son las magnocelulares y por eso reciben el nombre de células "M" y las pequeñas son la parvocelulares y por eso son llamadas células "P".

Vale la pena mencionar que el sistema magnocelular no distingue colores y solo es sensible a los diferentes brillos; sin embargo es capaz de percibir el tamaño relativo de los objetos, la profundidad, la perspectiva y la relación figura fondo. Todas estas habilidades capacitan al sistema magnocelular a procesar la información relacionada con el movimiento de los objetos, la cual se estima de forma independiente de la correspondiente al color. Como se comentó anteriormente estas células son las que se agrupan en tres grandes vías para transmitir la información visual de la retina a las distintas partes del cerebro (córtex temporal o parietal). Cada una de estas vías es independiente y transmite información acerca de la forma, el color, el movimiento y la profundidad de los objetos (Figura 34). Kandel también señala que en el córtex existen al menos 32 representaciones de lo que se ve en la retina y gran parte de estas imágenes están ubicadas fuera del córtex primario.

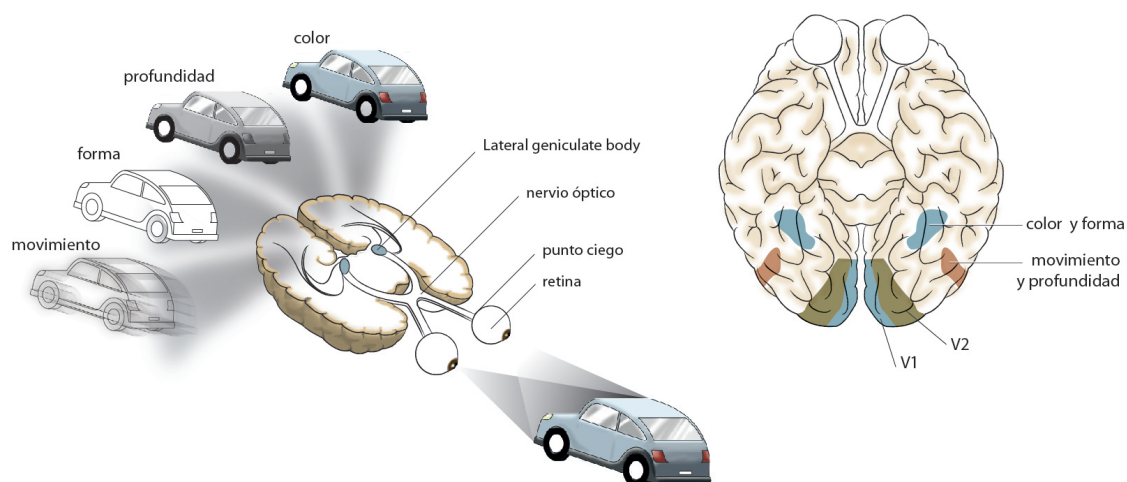


Figura 34. Funcionamiento de la vista

3.ii.3.b. Visión binocular

Para Gibson (1974) el estudio del funcionamiento de la visión inicia con el obispo Berkeley, quien desarrolla en 1709 la teoría de la visión utilizando unos lentes para explicar las claves de la convergencia y el ajuste. Estas claves fueron utilizadas para explicar parcialmente la percepción de la profundidad y a pesar de que esta teoría fue posteriormente rebatida por los expertos, tuvo una larga e importante historia en el ámbito científico. Gibson considera que para percibir la distancia a determinado objeto es necesario un proceso visual en el cerebro que implica la triangulación a partir de la información suministrada por ambos ojos.

Años más tarde, Boring (1948) presenta una nueva teoría de la visión basada en los principios de Berkeley, pero en donde las sensaciones de los músculos oculares que definen la convergencia o divergencia de los ojos, debían ser la clave para el cálculo de la distancia.

En 1833, Wheatstone desarrolla un instrumento óptico conocido como el estereoscopio, que demuestra como a partir de dos vistas diferentes se puede ver una sola cosa. Este instrumento explica además como las dos imágenes que se proyectan en la retina, no constituyen ninguna incongruencia, sino más bien son la base para percibir el objeto en profundidad.

Para Gibson (1974) la disparidad binocular de las imágenes queda aceptada a partir de este hecho pues hasta el presente constituye la principal explicación de cómo se ve la tercera dimensión; en otras palabras, la visión binocular se convierte en un correlato demostrable de la percepción de la profundidad. Gibson argumenta que la evolución dota al ser humano de ambos ojos y estos a su vez permiten el proceso de triangulación a primera vista. Él explica que a raíz de este descubrimiento, el dogma de la intuición innata sobre la percepción del espacio se sustituye por esta nueva teoría.

Posteriormente Gibson llega a tener su propia interpretación acerca de la percepción tridimensional. A través de su trabajo en torno a la aviación, y específicamente sobre la información visual que manejan los pilotos en el

momento de aterrizar a alta velocidad, Gibson propone una nueva teoría. Para él la imagen estática del paisaje no es la que le da al piloto las estimaciones de la distancia o la posición de la pista de aterrizaje, sino más bien es el flujo de información que recibe y la secuencia de transformaciones de cuanto le rodea. Gibson considera que el mundo se percibe a partir de variables que son fundamentalmente espaciales y temporales, y en ese entorno el ser humano está programado para captar los aspectos cambiantes o formas en movimiento, que proporcionan la información necesaria acerca del mundo exterior.

En la Figura 35 se muestra el campo visual que se puede ver con los dos ojos sin mover la cabeza, cuando se enfoca un objeto con las foveas de ambos ojos, se delimita un hemisferio visual derecho y un hemisferio visual izquierdo y la zona frontal que resulta de la intersección de ambos hemisferios se denomina zona binocular. En el campo visual también existe una zona monocular que se encuentra en cada una de las partes laterales de la visión y que no proyecta imagen sobre la retina opuesta porque la nariz bloquea la luz de ese lado (Kandel et al., 2008).

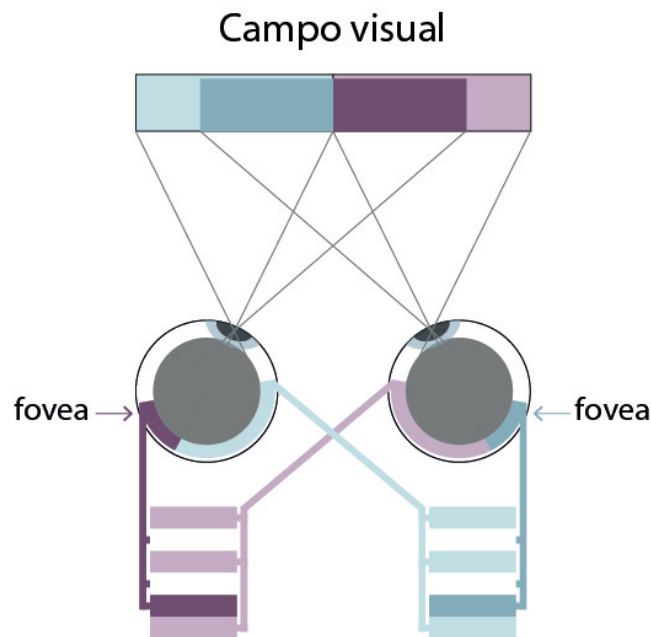


Figura 35. Visión binocular

3.ii.3.c. Campo visual

El físico Helmholtz explica que el ojo es un instrumento óptico cuyo campo visual es muy grande, pero dentro de él sólo una parte muy pequeña contiene imágenes claras. Esto se puede entender como un gran dibujo que tiene un especial enfoque y contraste en la parte central, mientras que todo el resto está carente de definición, y más difuso en la medida que se aleja del objeto principal. No obstante y gracias a la movilidad del ojo, es posible cambiar la atención a cualquier otro punto y examinar al detalle lo que se requiera. A pesar de su indefinición, el campo visual grande sirve para captar una visión de conjunto, ya que con un vistazo rápido se puede percibir de inmediato cualquier novedad que surja en los márgenes del campo visual (citado en Gombrich, 1987).

Para Gibson (1974) el campo visual se extiende a 180 grados en la horizontal y 150 grados en la vertical, mirando con un solo ojo desaparece aproximadamente una tercera parte del campo visual ya que el contorno de la nariz se convierte en el límite lateral.

Arnheim (1984) hace recomendaciones acertadas de como enfocar el problema de la visión; dentro de éstas, el objeto de interés debe ubicarse dentro del margen donde la visión es más aguda, pues una desviación de solo 10 grados puede reducir la agudeza visual a una quinta parte. Arnheim también considera oportuno y necesario la selección de una meta incluso a nivel de retina, pues para él, es indispensable proteger la mente del exceso de información y enfocar la visión en un solo foco de atención que pueda ser capaz de procesar. De las deducciones de Arnheim se extrae que el sentido de la vista trabaja de manera selectiva, y la visión aguda facilita la práctica inteligente. Un caso hipotético se da cuando se le pide a un estudiante universitario que copie lo que ve en un microscopio. El joven no puede limitarse a hacer una copia mecánica de lo que ve, sino por el contrario, debe tomar una decisión y hacer un dibujo de lo que él entiende y considera que es lo más importante. Arnheim también comenta que para realizar una escultura se requiere de un nivel más alto de inteligencia visual, que la necesaria para realizar un dibujo.

Kandel et al. (2008) afirman científicamente que la observación de un objeto se realiza a través de múltiples ojeadas aunque en apariencia la vista permanece estática. Este proceso es el que hace posible que la imagen proyectada en la retina sea prácticamente idéntica a la que se observa. Actualmente se utiliza tecnología *Eye Tracking* para reconstruir el registro de los movimientos oculares realizados por el observador. Es así como en una segunda de esta investigación se pretende hacer un rastreo del recorrido visual, que realizan las personas al contestar cada uno de los ítems del Test de Percepción, que se desarrolla en esta tesis.

3.ii.4. Memoria

El tema de la memoria visual es de mucho interés para esta investigación porque en esta tesis se desarrolla un Test de Percepción Visual que comprende un período de memorización y otro de reconocimiento de imágenes.

Al igual que para la percepción, la atención selectiva juega un papel muy importante, ya que se comporta como un filtro seleccionando solo aquello que interesa en determinado momento. Recordemos que la capacidad del cerebro para procesar la información es más reducida que la capacidad que tienen los receptores para captar los estímulos sensoriales.

Para Kamatsu (1999) la percepción está llena de recuerdos y estos recuerdos se producen porque hay asociación entre los acontecimientos pasados. Por eso la percepción no se puede separar de la memoria visual, de la imaginación o del mismo razonamiento; pues todos ellos son comportamientos que contribuyen a establecer una relación con determinada imagen.

Arnheim (1998) considera que la percepción no se produce de forma aislada sino como resultado de una mezcla de experiencias del presente y del pasado que pre condicionan las percepciones futuras. Por esta razón es tan difícil determinar el límite entre percepción y memoria visual; porque en toda percepción existe algo de imaginación, además de la observación sensorial básica. Para él la memoria es tan influyente que siempre se aplica al presente algo que se aprendió en el pasado, aunque con el paso del tiempo esa influencia se va perdiendo, haciendo que los recuerdos sean menos precisos y por ende menos decisivos en los efectos que producen.

Para Arnheim la conexión más evidente entre la percepción y la memoria ocurre cuando algo se reconoce a priori. Existen reconocimientos que se dan a nivel cultural pero en general la memoria se da cuando la mente es capaz de representar la imagen del objeto en la memoria. Los japoneses por ejemplo pueden leer ideogramas sumamente pequeños, no porque tengan mejor vista que los occidentales sino porque tienen una reserva visual de los *caracteres kanji*.

3.ii.4.a. Memoria explícita e implícita

Para Kandel et al. (2008), la memoria no solo tiene que ver con la retención o el almacenamiento del conocimiento, sino también con la capacidad de transferir los acontecimientos de la memoria a corto plazo a la memoria a largo plazo, que se encuentra representada en distintas regiones del sistema nervioso. Además en otro de sus libros Kandel (2011) indica que la memoria a corto plazo provoca cambios funcionales en el cerebro y no necesita la síntesis de proteínas, mientras que la memoria a largo plazo produce transformaciones estructurales y alteraciones en los genes.

Kandel diferencia entre memoria explícita e implícita, la memoria explícita o consciente sirve para aprender acerca del mundo que nos rodea: es decir sobre cosas, personas o lugares que generan un proceso cognitivo; mientras que la memoria implícita es inconsciente y se produce a partir de un estímulo externo.

La memoria explícita se genera directamente en la corteza cerebral con una señal (dopamina) que provoca atención selectiva, la cual activa el hipocampo y permite el almacenamiento de la memoria a largo plazo. La memoria implícita también puede activar el almacenamiento de memoria a largo plazo pero con una señal de serotonina. La memoria explícita se guarda en el lóbulo temporal y la memoria implícita en el cerebelo y la amígdala.

La memoria implícita se adapta más al tema de nuestra investigación porque según el análisis que hace Kandel es una memoria automática, que no necesita de ninguna evocación cognitiva para su generación. Además está inmersa en las habilidades perceptivas y motoras, y se acrecienta con la repetición o el entrenamiento de las habilidades. Otro dato interesante es que la memoria implícita no se expresa a través de las palabras, lo que definitivamente la sitúa dentro del mismo contexto donde se ubica la percepción de la proporción.

La percepción como habilidad visual y el dibujo como habilidad manual tampoco necesitan del lenguaje y de la explicación de Kandel se puede deducir que ambas son destrezas que se pueden aprender entrenando repetidamente, ya

que la memoria implícita también se puede acumular a largo plazo, aunque no se pueda explicar con palabras.

3.ii.4.b. Cantidad de elementos que se recuerdan

Gombrich (1987) también se refiere a la memoria como un conjunto de impresiones que permanecen disponibles por un corto tiempo, y él le llama a esos instantes “presente aparente”. Las investigaciones en psicología han demostrado que la cantidad de elementos que se pueden recordar es limitada y solo dura unos segundos; posteriormente estas impresiones se disipan y se sustituyen por otras que renacen y que pueden ser muy variadas: objetos, sílabas, números, o cualquier artículo de interés. El proceso de retención es permanente e inevitable en muchos momentos de la vida, así como se necesita para parafrasear una canción, también se vuelve imprescindible para comprender el lenguaje con el que se comunican las personas. En su famoso ensayo denominado *The Magical Number Seven plus and minus two*, Miller (1956) plantea la hipótesis de que siete es el mayor número de conceptos que se pueden almacenar en la memoria de una sola vez. Gombrich también afirma esta teoría, porque según sus investigaciones, la memoria inmediata sólo puede retener un número reducido de elementos que no se correlacionan, y este número oscila entre 5 y 7 elementos. No obstante, para que se tenga la posibilidad de recordar un número mayor, es necesario utilizar algún tipo de codificación que permita la correlación entre los elementos que se desea memorizar (Gombrich, Hochberg y Black, 2007).

3.ii.4.c. Nivelación y agudización

Arnheim (1998) menciona que la mente en el proceso de memorización, exagera los diferentes rasgos del objeto; es así como la información que se almacena no es del todo correcta o exacta. Los objetos se pueden recordar más grandes, más feos, más pequeños o más dolorosos de lo que en realidad son; pero el efecto

final no cambia porque la situación sobrevive de manera simplificada. La nivelación y la agudización son dos tendencias que están presentes tanto en la percepción, como en la memoria. La primera tiende a nivelar las diferencias, simplificando la forma, buscando la simetría o la repetición, y eliminando la oblicuidad y los detalles que causan ruido. Por su parte la agudización tiene un aporte más individualista pues en vez de concentrarse en las propiedades del objeto, trata de interpretarlo agudizando las diferencias y acentuando la oblicuidad. A pesar de que estas tendencias son incompatibles entre sí, ambas buscan que la estructura perceptual se mantenga bien definida y por extraño que parezca pueden aparecer juntas en un mismo dibujo. No importa si el concepto visual se simplifica o si se exagera, pues en ambos casos la imagen se puede identificar más claramente, tanto a nivel perceptual como en la memoria.

Arnold Houbraken (1660-1719), que fue el crítico de Rembrandt, atribuía el éxito del maestro a la increíble memoria visual que tenía el artista, pues, según parece, Rembrandt lograba almacenar las expresiones de las emociones que observaba a su alrededor y luego era capaz de reproducirlas de forma idéntica en sus obras (Gombrich, 1998).

3.ii.4.d. Reconocimiento

Para Gombrich (1987) existe una diferencia importante entre recuerdo y reconocimiento, el primero es una impresión almacenada dentro de la memoria que algunas veces se vuelve tan familiar, que permite la acción del segundo. A pesar de que el reconocimiento se realiza de forma inconsciente y automática, resulta ser una tarea compleja, porque los estímulos que se reciben nunca son idénticos a los que se recibieron con anterioridad. Cada cambio de ubicación, iluminación o distancia producen una imagen diferente, pero al existir familiaridad, ésta no se ve afectada por dichos cambios. No obstante cuando se trata de rostros humanos, cada variable cuenta desproporcionadamente y el reconocimiento se puede volver demasiado difícil.

Para Gombrich es de gran relevancia que el cerebro humano tenga la posibilidad de conservar tanta información y que ésta a su vez le permita en momentos de crisis reconocer lo que es familiar de lo que no lo es. Por lo que el reconocimiento resulta ser un recurso de vital importancia no solo para la especie humana sino también para los animales. Este autor comenta que para recordar el cerebro acostumbra codificar, y en un nivel superior la codificación se realiza en símbolos. Por eso cuando se llega a este grado de abstracción, la información se puede recuperar con mucha mayor facilidad.

Para el dibujo, Gombrich sugiere que se utilicen métodos simples de codificación, pues para recordar hay que clasificar y al dibujo le viene bien un esquema. Para él muchos estilos de la historia del arte se pudieron popularizar gracias a las imágenes esquemáticas que funcionaban como códigos, facilitando el proceso de memorización. Algunas de estas fórmulas eran primero probadas por los maestros y luego memorizadas por los alumnos.

4. INSTRUMENTO DE MEDICIÓN

4.I. TESTS ESTANDARIZADOS

Cuando se trata de evaluar la percepción aparecen otros procesos cognitivos como la atención y la memoria que difícilmente se pueden separar de la primera. La atención enfoca la observación del individuo hacia un estímulo determinado, e inhibe de forma consciente o inconsciente el interés hacia otros actores que sirven de distractores de la acción que se realiza. La memoria a su vez participa desde que se capta la imagen inicial hasta que se hace el reconocimiento posterior. Pero al final, tanto la percepción como la memoria requieren necesariamente de una atención focalizada.

Existen pruebas que buscan evaluar percepción, reconocimiento visual, atención selectiva, discriminación, memoria visual, coordinación viso motora, capacidad visuo-constructiva, así como la habilidad para el planeamiento y la organización de estímulos visuales y relaciones espaciales. Los resultados que se obtienen de estas pruebas permiten a los terapeutas desarrollar estrategias para sobreponerse a las deficiencias encontradas, o en casos más serios, referir al paciente a otros profesionales.

A pesar de que existen especialistas encargados de aplicar e interpretar los resultados de estas pruebas, los principios neurobiológicos y anatómicos que dan sustento a las investigaciones provienen de campos y equipos multidisciplinarios que incluyen médicos, neurólogos y físicos, entre otros. A este amplio campo de investigación se le conoce como neuropsicología, la cual según Stringer (1996) va más allá que la psicometría porque a través de los tests se pueden identificar los síntomas que caracterizan una deficiencia, y posteriormente tratar de localizar el lugar donde se encuentra ubicada la lesión que provoca dichos síntomas.

La neuropsicología está en constante expansión y cada día son más los científicos que se interesan en este campo, por eso en este apartado se citan aquellos tests que involucran alguna medición relacionada con la percepción visual, la percepción espacial, la coordinación viso-motriz o la memoria visual; muchos otros se están dejando de lado por no aportar información relevante al tema que nos ocupa.

Vale la pena mencionar que estos tests han sido diseñados para detectar principalmente problemas neuropsicológicos y de aprendizaje, identificando aquellas habilidades que se encuentran dañadas o disminuidas, pero ninguno de ellos se involucra estrictamente con el tema de la percepción de la proporción, y por esta razón, no ha sido posible comparar o equiparar los resultados del TPP con alguno de ellos.

4.i.1. Tests de percepción visual

Como se comentó anteriormente la percepción visual incluye necesariamente la discriminación a nivel perceptivo, ya que se está separando una figura de un contexto dado. Por tal razón, para una prueba de percepción visual es indispensable que la atención se mantenga de forma sostenida durante la realización de la misma. Si la prueba resulta demasiado larga y cansada en el tiempo, se puede perder la concentración y el rendimiento de la persona no estaría representando fielmente sus capacidades.

Para esta investigación resulta de mucho provecho conocer los procesos neuropsicológicos que involucran atención, percepción y memoria; ya que son conceptos que están presentes en el objetivo general de esta tesis (test de percepción de la proporción). No obstante la percepción es un tema mucho más amplio que comprende aspectos mucho más específicos como la discriminación de la figura y su fondo, la percepción de la forma constante, y la percepción de las posiciones y las relaciones espaciales. Todas estas capacidades son evaluadas en algunos tests que se presentan a continuación, pero aún así, en ninguno de ellos se ha tratado o investigado la percepción de la proporción. Tal vez esto se deba a que la carencia de esta capacidad, al menos en apariencia, no perjudica la calidad de vida del sujeto.

Para ser más exactos, la *discriminación de fondo-figura* es la que hace posible diferenciar signos tan pequeños como las letras, y si se carece de esta habilidad sería neurológicamente imposible aprender a leer. La *percepción de la forma constante* hace posible el reconocimiento de formas que fueron vistas con anterioridad, independientemente de su tamaño, color, posición o integración. La *percepción de la orientación espacial*, que está ligada a la inteligencia espacial, capacita a la persona para entender la posición de los objetos con respecto a su propio cuerpo. Y finalmente la *percepción de las relaciones espaciales* es la que hace posible la coordinación total de las operaciones anteriores.

Aún tratándose de un nivel perceptivo muy complejo y altamente especializado, el procedimiento del test que se propone desarrollar en esta tesis no difiere en mucho de los que se presentan en la Tabla 03; en ellos el aspecto visual es el que unifica y prevalece en todas las pruebas, a diferencia de otras que evalúan la parte racional o cognitiva del cerebro. Los tests que se exponen a continuación también son un modelo a seguir porque muestran una referencia práctica sobre el tiempo, la cantidad de ítems, el nivel de dificultad y la forma en que se exponen las imágenes.

Tabla 03. Test de Percepción visual

TESTS DE PERCEPCION VISUAL						
Test	siglas	autor	evalúa	cantidad ítems	duración	edades año, mes
Visual Form Discrimination. Benton	TDV-B	Arthur Benton, 1983	evalúa la capacidad para analizar las características de las formas, diferenciación figura-fondo, etc.	16 dibujos	no hay tiempo límite	
Judgement of Line Orientation Benton	JLO	Benton, Hannay y Varney, 1975	evalúa la capacidad para percibir la relación espacial entre segmentos de líneas y poder de emparejarlos	5 de prueba 30 de test	10-20 minutos	
Facial Recognition Test Benton	FRT	Benton y Van Allen, 1968	evalúa la capacidad para discriminar e identificar caras humanas no familiares	27- 54 fotografías	15-20 minutos	
Test digital de percepción visual	TDP	Rami, Serradell, Bosch, Villar, Molinuevo 2007	evalúa trastornos de percepción visual en la enfermedad de Alzheimer inicial	15 ítems 4 alternativas		
Birmingham Object Recognition Battery	BORB	Riddoch y Humphreys, 1993	evalúa el procesamiento y reconocimiento visual de objetos	14 subtests 5 percepción 9 asociación	no hay tiempo límite	
Hooper Visual Organization Test	HVOT	Hooper, 1958	evalúa la capacidad para organizar estímulos visuales y detecta problemas neurológicos	30 láminas	10-15 minutos	
Visual Object and Space Perception	VOSP	Warrington y James, 1991	1-4 subtest evalúan discriminación visuoperceptiva 5-8 subtests evalúan discriminación visuoespacial	8 subtests	20 minutos mínimo	
Test of Visual Perceptual Skills	TVPS-3	Nancy Martin 2006	evalúa discriminación visual, memoria visual, relaciones viso-espaciales, constancia de la forma	16 discos 7 subtests	30-40 minutos	4 años - 8 años, 11 meses
Test for Visual Analysis Skills	TVAS	Jerome Rosner 1999	evalúa la percepción de relaciones, necesarias para la integración de formas de letras y palabras		no hay tiempo límite	
Visual Skills Appraisal	VSA	Regina Richards y Gary Oppenheim 1984	evalúa el movimiento del ojo y la coordinación ojo-mano	6 subtest	10-15 minutos	5 años - 9 años
Test of Pictures Forms Letters Numbers Spatial Orientation	TPFLN SOSS	Morrison F. Gardner 1991	además de la percepción visual, evalúa la orientación y la secuencia de los elementos		5-10 minutos	5 años - 8 años, 11 meses
Picture Completion Test Completar figura	WAIS	Wechsler, 1955	subtest de ejecución del WAIS, evalúa la percepción rápida de los detalles visuales al completar una figura	subtest	65-80 minutos	
Lowenstein Occupational Therapy Cognitive Assessment	LOTCA	Itzkovich, Averbuch, Elazar, Katz, 1996	evalúa la percepción visual, espacial, la organización visomotora y la orientación espacial	20 subtest 4 áreas cognitivas	30-45 minutos	
Test de Ishihara		Shinobu Ishihara, 1917	evalúa la agnosia para el color Daltonismo: deficiencias del rojo-verde	38 discos	no hay tiempo límite	
Behavioural Inattention Test	BIT	Wilson, Cockburn y Halligan 1987	evalúa la negligencia visuoespacial unilateral	6 o 9 subtest	40 minutos mínimo	19 años - 83 años
Motor Free Visual Perception Test	MVPT	Colarusso y Hammill, 1972	evalúa la combinación de habilidades visuoperceptivas y detecta problemas de aprendizaje		25 minutos mínimo	
Test Betta III	BETA III	Kellogg y Norton 2007	evalúa la inteligencia no verbal, procesamineto de la información visual y razonamiento espacial	5 subtests	25-30 minutos	16 años - 89 años

4.i.1.a. Visual Form Discrimination: TDV-B

El Test de discriminación visual fue desarrollado por Benton y colaboradores en 1983, en respuesta a que algunos pacientes con daño cerebral tenían dificultades en la discriminación de formas visuales complejas. Esta prueba ayuda a detectar

daño cerebral, así como deterioro cognitivo en pacientes con lesiones en la parte posterior del hemisferio derecho. El TDV-B evalúa discriminación visual mediante la capacidad para analizar las características de las formas, la diferenciación entre la figura y el fondo, el reconocimiento de objetos a través de figuras incompletas y la síntesis de elementos sueltos en un conjunto organizado.

4.i.1.b. Judgement of Line Orientation: JLO

El test de Orientación de líneas desarrollado por Benton, Hannay y Varney en 1975 se utiliza para evaluar la capacidad de percibir la relación espacial entre segmentos de líneas y la habilidad para emparejarlos. En el JLO tanto el género como la edad son variables significativas, pues las puntuaciones de las mujeres suelen estar 2 puntos por debajo de las puntuaciones de los hombres. La edad también es un factor que suele afectar los resultados de esta prueba, sobre todo después de los 65 años y una escolaridad baja. Como dato interesante, algunas pruebas realizadas durante la aplicación de la JLO muestran un aumento del flujo sanguíneo en el hemisferio derecho del cerebro.

4.i.1.c. Facial Recognition Test: FRT

Según Peña et al. (2006), el Test de Reconocimiento facial no trata de un reconocimiento de caras famosas, sino más bien de una discriminación visual que empata rostros desconocidos. En el FRT desarrollado por Benton (1968), los resultados se pueden ver afectados por las variables escolaridad y edad, pero no existen diferencias significativas en la variable género (Benton, 1994).

4.i.1.d. Test digital de percepción visual: TDP

El TDP de Rami, Serradell, Bosch, Villar y Molinuevo publicado en Neurología (2007) se utiliza para evaluar la percepción visual, sobre todo para detectar trastornos perceptivos iniciales en la enfermedad de Alzheimer (EA) y con esa finalidad se emplean fotografías digitales. En relación al rendimiento de la prueba, la edad no ha tenido una influencia significativa, sin embargo los años de escolaridad sí influyen significativamente. La EA al igual que otras enfermedades

neurodegenerativas presentan trastornos visuo-perceptivos porque estos padecimientos afectan las áreas cerebrales encargadas del procesamiento de la información visual.

4.i.1.e. Birmingham Object Recognition Battery: BORB

La batería de reconocimiento de objetos de Birmingham fue desarrollada por Riddoch y Humphreys en 1993, para evaluar el procesamiento y reconocimiento de objetos. Está compuesta por 14 subtests, 5 de los cuales están relacionados con el nivel perceptivo que permite evaluar si los sujetos tienen el conocimiento perceptual que se requiere para reconocer y nombrar los objetos que se les presentan a la vista. Algunas personas pueden fracasar en este ejercicio porque el conocimiento almacenado no es accesible o está dañado. Los otros 9 subtests trabajan con el nivel asociativo, que relaciona la visión con el conocimiento de los objetos almacenado en el cerebro.

4.i.1.f. Hooper Visual Organization Test: HVOT

El test de organización visual de Hooper desarrollado en 1958, evalúa los procesos que son dependientes de la organización, el análisis y la síntesis visual. Según Peña et al. (2006) es una prueba que ha sido poco difundido en la práctica clínica, a pesar de que funciona para evaluar la organización visual.

4.i.1.g. Visual Object and Space Perception: VOSP

EL test VOPS de Warrington y James (1991) evalúa la percepción viso-espacial, con este instrumento se ha demostrado que pacientes con lesiones cerebrales derechas tienden a cometer más errores (27-35.1%) en el área de la percepción visuo-espacial, que los pacientes con lesiones en el hemisferio izquierdo (9.3-18.7%) (Peña, Gramunt, Gich, 2006). Los estudios de Sasanuma y Koboyashy (citados en Benton et al.,1983) en 1978, también coinciden en que las relaciones espaciales están limitadas por el hemisferio derecho del cerebro en pacientes diestros.

4.i.1.h. Test of Visual-Perceptual Skills (non-motor): TVPS-3

El Test de habilidades viso-perceptivas (no motoras) de Martin (2006) evalúa las habilidades viso-perceptivas del sujeto en siete áreas: discriminación visual, memoria visual, relaciones viso-espaciales, constancia de la forma, memoria visual secuencial, discriminación figura-fondo y cierre visual. El TVPS-3 se puede aplicar individualmente o en grupos pequeños y tiene un formato ideal para niños con deficiencias en el habla, la motora, la audición y otras funciones de carácter neurológico o cognitivas. Provee un diagnóstico final que hace la diferencia entre las capacidades perceptivas y las habilidades motoras y al tratarse de la tercera edición de la TVPS-R y TVPS-UL cubre el rango de edad que todavía no se había contemplado en las versiones anteriores.

4.i.1.i. Test for Visual Analysis Skills: TVAS

El Test de habilidades de análisis visual desarrollado por Rosner (1999) evalúa las habilidades visuales rápidamente, mediante la copia de patrones geométricos simples y sencillos. La importancia del TVAS es que evalúa la capacidad de percibir relaciones que son necesarias para la integración de formas, letras y palabras.

4.i.1.j. Visual Skills Appraisal: VSA

La Evaluación de las habilidades visuales es una prueba desarrollada por Richards y Oppenheim (1984) con la intención de ayudar a personas que no son especialistas (maestros y educadores), a identificar deficiencias visuales que pueden estar afectando el rendimiento escolar. El VSA consta de 6 subtests que evalúan diversos aspectos de la visión como la exploración, la alineación y localización del ojo, además de la coordinación ojo-mano.

4.i.1.k. Test of Pictures/ Forms / Letters / Numbers Spatial

Orientation & Sequencing Skills

El TPFLNSOSS o prueba de fotos, formas, letras, números, orientación espacial y habilidades de secuenciación fue diseñado por M. Gardner y publicado por Psychological and Educational Publications en 1991; para ser usado por un grupo multidisciplinario de profesionales tales como optometristas, psicólogos, pedagogos, etc. con el fin de evaluar la capacidad que tiene la persona para percibir formas, letras y números en la dirección correcta. En el caso de las “palabras”, la percepción visual incluye no solo la orientación sino que también la secuencia de las letras. Es una prueba fácil de administrar y se puede aplicar individual o grupalmente, en 5-10 minutos.

A pesar de que la TPFLNSOSS evalúa la orientación del lenguaje a través de las letras, no evalúa la comprensión del mismo y por esa razón se ha considerado dentro de este apartado; además vale la pena destacar que contiene interesantes estímulos visuales para los niños.

4.i.1.l. Picture Completion Test: WAIS

El Picture Completion Test es uno de los cinco subtest del índice de razonamiento perceptual (PRI) del Wechsler Adult Intelligence Scale, -WAIS- (Wechsler, 1955), que evalúa la percepción rápida de los detalles visuales a través de completar una figura.

4.i.1.m. Loewenstein Occupational Therapy Cognitive Assessment

La batería LOTCA II fue desarrollada por Katz, Itzkovich, Averbuch y Elazar en 1996, para hacer una valoración inicial de las capacidades cognitivas de los pacientes con lesión cerebral y determinar si se requiere una terapia ocupacional o se realiza una evaluación adicional. El LOTCA II se compone de 20 subpruebas en 4 áreas que evalúan percepción viso-espacial, organización visomotora, orientación espacial, además de las habilidades cognitivas básicas.

4.i.1.n. Test de Ishihara

Este test fue desarrollado por Ishihara en 1917 y desde entonces es una prueba que se utiliza para detectar el *daltonismo* (deficiencias del rojo-verde) y que consiste en la visualización de una serie de cartas circulares con puntos de colores. Estos puntos se ordenan formando números que solo son visibles para una persona con visión normal. Por lo que resultan muy difíciles o imposibles de ver para personas con *protanopia*, ya que estos sujetos no perciben el color rojo o con *deuteranopia*, pues en este caso no discriminan entre el verde y el rojo.

4.i.1.ñ. Behavioural Inattention Test: BIT

La prueba desarrollada por Wilson, Cockburn y Halligan en 1987, evalúa la falta de atención del comportamiento, que se canaliza por las capacidades relacionadas con la negligencia visual. El BIT tiene dos versiones paralelas, que se componen de 6 subtest convencionales y 9 subtest de comportamiento. Es un test corto, fácil de entender y de interpretar.

4.i.1.o. Motor Free Visual Perception Test: MVPT

El test de percepción visual libre de movimiento, diseñado por Colarusso y Hammill (1972), proporciona una medida rápida, fiable y válida de la capacidad viso-perceptiva sin incurrir en ninguna actividad de carácter motriz. La prueba es utilizada por diferentes profesionales (educadores, psicólogos, terapeutas ocupacionales, optometristas, etc.) para detectar personas con problemas de aprendizaje, ya sea en la parte motora como en la cognitiva.

4.i.1.p. Test BETA III

La prueba no verbal de inteligencia de Kellogg y Norton (2007) es un instrumento para la evaluación de la inteligencia no verbal de los individuos, lo que constituye uno de los retos más grandes de esta época. Esta prueba incluye la velocidad y el procesamiento de la información visual, el razonamiento espacial y no verbal, así como aspectos de la inteligencia fluida. Consta de cinco subtests

que contemplan claves, figuras incompletas, pares iguales y pares desiguales, objetos equivocados y matrices. Se aplica individual o grupalmente en un tiempo aproximado de 25 a 30 minutos.

4.i.2. Tests viso-motores

Cuando se habla de un test viso-motor se incluye a la parte visual una habilidad que hasta el momento no ha sido comentada y que se relaciona con la función motora dirigida por el sistema nervioso. Un test de psicomotricidad puede determinar el desarrollo motor que tiene una persona según su edad cronológica, y debido a eso generalmente se realiza en niños para probar su avance o retraso psicomotriz.

Este es un tema de particular interés porque el test de percepción de la proporción que se desarrolla en esta tesis doctoral tendrá una aplicación posterior y directa en el campo del dibujo y por lo tanto es conveniente conocer desde ya los pormenores del proceso neuromotor que comprende la coordinación visomotora.

La coordinación del nervio visual y el motor (ojo-mano) constituye la capacidad de captar la realidad y de reproducirla fielmente; más específicamente la grafo-motricidad es un proceso que aparte de la coordinación visomotora implica direccionalidad, legibilidad y ubicación espacial. Desde el punto de vista grafo-motor se habla de maduración perceptivo-motriz. Según Wallon (1976), el psicólogo infantil, esta maduración no se logra en el mismo momento para todos los niños, porque el proceso de maduración perceptivo-motriz es individual para cada uno de ellos.

Tabla 04. Tests viso-motores

TESTS VISO-MOTORES						
Test	siglas	autor	evalúa	cantidad ítems	duración	edades año, mes
Test de Frostig	DTVP-2	Marianne Frostig, 1988	evalúa la madurez perceptiva en niños que presentan problemas de aprendizaje.	5 subtests	4-7 años	4 - 7 años
Bender Visual-Motor Gestalt		Laureta Bender 1938	evalúa percepción visual y la coordinación visomotora	9 figuras geométricas	5-10 minutos	hasta 10 años
Bender-Koppitz		Bender y Koppitz 1955	evalúa el nivel de madurez del niño en la percepción viso-motriz y puede detectar posibles disfunciones		5-10 minutos	
Beery-Buktenica Visual-Motor Integration	VMI	Keith Beery, Norman Buktenica 1967	evalúa la capacidad para copiar formas geométricas que se correlacionan con sus logros académicos	24 figuras geométricas	10-15 minutos	2 - 100 años
Test of Visual Motor Skills, 3th ed.	TVMS-3	Nancy Martin	evalúa las habilidades viso-motoras y detecta otras características que pueden afectar el rendimiento	39 diseños geométricos	20-30 minutos	3 - 90 años
Full Range Test of Visual Motor Integration	FRTVMI	Hammil, Pearson, Voress, Reynolds	evalúa los problemas de habilidad visual y motriz			
Test of Visual Motor Skills	TVMS-R	Morrison E. Gardner 1995	evalúa capacidades viso-motoras específicas, permite mayor discriminación en las áreas problemáticas	15 cuadernillos	18-25 minutos	

4.i.2.a. Test de Frostig

El test de la doctora Frostig (1988) es uno de los trabajos más completos y que está sumamente relacionado con el estudio que nos ocupa. Frostig estableció una serie de pautas a nivel psicopedagógico basadas en las leyes de la *Gestalt*, con la intención de detectar dificultades de aprendizaje y retrasos en la madurez perceptiva de los niños, de ahí que la prueba mide tanto percepción visual, como coordinación viso-motora y consta de las siguientes cinco sub-pruebas: coordinación viso-motor (ojo-mano), discriminación figura-fondo, percepción de la forma constante, percepción de la posición en el espacio y percepción de las relaciones espaciales. Los campos de trabajo y exploración establecidos por Frostig siguen siendo un modelo a seguir por muchos investigadores y en la actualidad existe una versión mejorada (DTVP-2) que incluye tres sub-pruebas más: copia, cierre visual y velocidad viso-motora.

Trabajos como los de Torres (1984)¹ y Balleto (1987)² prueban que la percepción visual evaluada a través de la prueba de Frostig está estrechamente relacionada con el rendimiento académico, ya que en su investigación se logró determinar una correlación directa entre los puntajes deficientes en el test y el bajo rendimiento académico de los alumnos.

Así mismo la profesora Matalinares³ (1998) realiza un estudio comparativo de la percepción visual en niños preescolares de tres zonas diferentes: urbana, urbano-marginal y rural. Ella analiza la percepción visual en cuatro áreas específicas: coordinación viso-motora, discriminación figura-fondo, constancia de forma y posición en el espacio.

Además del test de Frostig, Matalinares aplica dos instrumentos más: las *Figuras geométricas de Gessel* (1986) y la *Prueba gráfica de organización perceptiva de Santucci* (1960) basada en el Test de Bender. Al procesar los resultados, la profesora encuentra que en general los niños procedentes de la zona urbana alcanzan puntajes significativamente superiores en percepción visual que sus análogos de las zonas urbano-marginales y rural; pero que éstos a su vez, no difieren entre sí. Matalinares (1998) concluye que la estimulación temprana en el desarrollo de la percepción visual, tiene mayor importancia que las leyes biológicas, y que los niños que se desarrollan en zonas urbanas tienen mejores oportunidades de educación que sus análogos de zonas urbano-marginales o rurales.

4.i.2.b. Bender Visual Motor Gestalt

El Test gestáltico viso-motor desarrollado por Bender en 1938, es uno de los tests psicológicos más utilizados en la práctica clínica y psicológica. Este test valora la percepción visual y la coordinación motriz por separado. Es importante considerar que cuando se percibe algo, no necesariamente significa que la persona puede copiar lo que ve, pues para ello se necesitaría una función más

¹ Universidad Ricardo Palma

² Universidad San Martín de Porres

³ Universidad Nacional Mayor de San Marcos

compleja que integre ambas actividades. La dificultad para hacer una copia puede ser el resultado de un mal funcionamiento de la percepción, de una mala coordinación motriz o inclusive de la integración de ambas.

El test de Bender inició como un test clínico para adultos que utilizaba las figuras de Wertheimer para demostrar los principios de la *Psicología Gestalt* en la percepción; pero la prueba tuvo tanta aceptación que se utilizó posteriormente en diferentes investigaciones que permitieron desarrollar más el test y ampliar sus posibilidades.

4.i.2.c. Bender Koppitz

Koppitz (1974) hizo el mayor aporte en relación al método y al sistema de calificación del Test de Bender, al desarrollar una escala de maduración neuro-motriz, y desde ese entonces la prueba es conocida como Test Bender-Koppitz. Además del nivel de percepción viso-motriz, la nueva versión evalúa el posible deterioro neurológico y el ajuste emocional del niño, todo en un mismo protocolo de evaluación.

El test es bastante sencillo, rápido y fácil de aplicar incluso con grupos de diferentes culturas, lengua o nivel de escolaridad (Figura 36). Se ha estandarizado en niños de 10 años como máximo, porque después de esa edad la prueba solo podría obtener puntuaciones significativas con personas que tienen una marcada inmadurez en la percepción viso-motriz o una edad mental inferior a los 10 años.

Como dato interesante, los resultados del test señalan que la mayoría de niños que obtienen puntuaciones deficientes no tienen dificultades ni en percepción visual, ni en la coordinación motriz, sino más bien en la integración de ambos, porque esa función requiere de un nivel de integración más elevado que se obtiene con la edad y que aun los niños normales por debajo de los 9 años no han alcanzado.

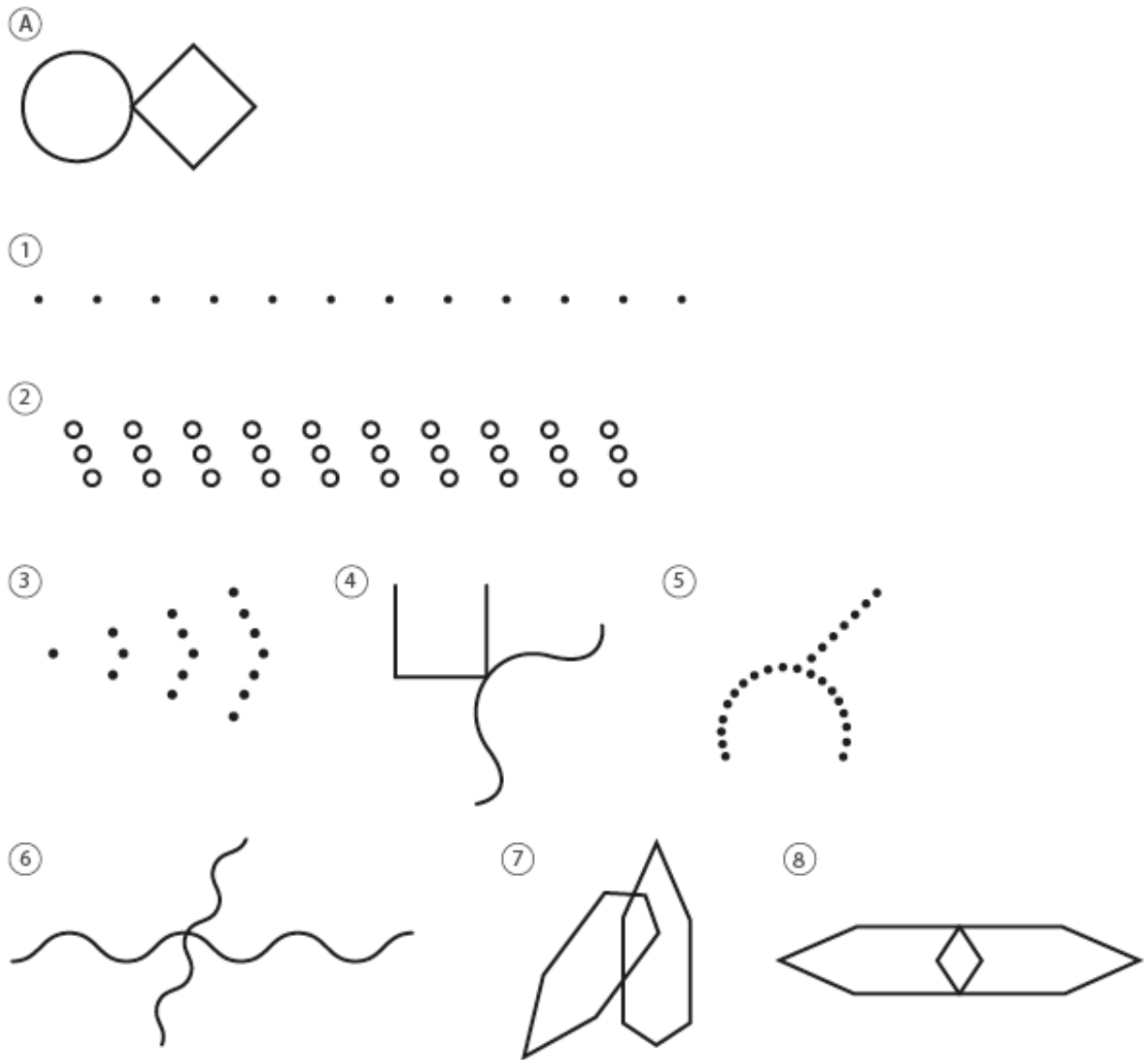


Figura 36. Figuras del Test Bender –Koppitz

4.i.2.d. Visual Motor Integration: VMI

El *Test de desarrollo de la integración visomotriz*, es conocido también como Test Beery-Buktenica (1967). La VMI incluye dos pruebas suplementarias (percepción visual y coordinación motriz) lo que permite evaluar la integración viso-motriz, identificando las debilidades o las fortalezas de los encuestados y previniendo los problemas de aprendizaje y conducta que puedan surgir posteriormente. Los resultados del Test indican que las capacidades de los niños para copiar formas geométricas se correlacionan de manera significativa con sus logros académicos,

y por eso la VMI es un instrumento que permite identificar de manera temprana, a los niños con necesidades especiales.

4.i.2.e. Test of Visual Motor Skills: TVMS

El test de habilidades viso-motoras nivel superior (TVMS-UL) realiza una valoración detallada de las habilidades viso-motoras del sujeto, mientras que el test de habilidades viso-motoras revisado (TVMS-R) proporciona un diagnóstico más preciso de las facultades viso-motoras del sujeto y una valoración de los tipos de errores viso-motores más comunes. La prueba elaborada por Martin (3th ed., 2010) puede determinar los puntos fuertes y débiles de aspectos como el cierre visual, los ángulos, las intersecciones, los solapamientos, el tamaño, la rotación, la longitud de las líneas, la penetración por encima y por debajo y la modificación del diseño. Cuando estas pruebas se utilizan junto con otras que evalúan la percepción visual, es más fácil detectar si existe un deterioro visomotriz o solo una dificultad perceptiva.

4.i.3. Tests de memoria visual

La memoria ha sido estudiada por los neuropsicólogos y su evaluación se realiza a través del reconocimiento y el recuerdo. El reconocimiento consiste en identificar algo que se percibió con anterioridad, pero el recuerdo es un proceso que capta señales que a su vez estimulan directamente la recuperación de la información perdida.

Según Benito y Rovira (1985), los neuropsicólogos han encontrado que la deficiencia de la memoria, está frecuentemente ligada a lesiones en el cerebro. Los primeros en plantearse el problema fueron Bronner y Healy quienes en 1927 descubrieron un Test de figuras geométricas realizado años antes por Ellis. El test consistía en dibujar de memoria una imagen que fue observada previamente. Años más tarde, en 1940, Wood y Shulman organizaron el procedimiento definiendo el tiempo de exposición de los ítems y estableciendo el sistema de

evaluación a partir de reglas sencillas con ejercicios explicativos. Los estudios prosiguieron, sin embargo no se contaba con datos estadísticos que validaran la prueba y no fue hasta 1942 cuando Lord y Wood hicieron su primer diagnóstico comparando sujetos de diferente nivel intelectual.

Cuatro años más tarde, Graham y Kendall (1946) realizan un nuevo aporte desarrollando una prueba de memorización estandarizada para niños y adultos.

A partir de estas primeras iniciativas, se empieza a utilizar la memoria de dibujos, como método para discriminar entre pacientes con lesiones cerebrales y pacientes con trastornos psiquiátricos. (Benito & Rovira, 1985).

Las pruebas estandarizadas, en general, evalúan la memoria visual en función de la cantidad de información que la persona puede almacenar; sin embargo las investigaciones que se realizan sobre el desarrollo de la memoria, más bien se enfocan en las estrategias de memorización, y en los procesos para adquirir y recuperar el conocimiento (Amador, Forns, Kirchner; 2009).

Tabla 05. Test de memoria visual

TESTS DE MEMORIA VISUAL						
Test	siglas	autor	evalúa	cantidad ítems	duración	edades año, mes
Figura compleja de Rey Osterrieth	FCRO	Rey, Osterrieth, 1987	evalúa la capacidad visuoconstructiva y la memoria visual, habilidades organizativas y de planificación	1 figura compleja	10 minutos	
Test de Retención Visual de Benton	TRV-B	Benton, 1945	evalúa memoria visual y habilidades visuoconstructivas, detecta alteraciones mentales	10 dibujos	5-10 minutos	
Escala de memoria Wechsler	WMS-III	D. Wechsler 3 ed. 1997	evalúa la memoria visual de forma cuantitativa	11 subtests	1.5 horas	

4.i.3.a. Test de la Figura Compleja de Rey: FCR-M

El Test de Rey (1987) evalúa la memoria visual, la capacidad visomotora y el proceso de estructuración perceptiva del sujeto a través de dos dibujos, uno que se copia directamente de una figura dada y otro que se realiza luego de un tiempo de interferencia y sin el modelo anterior presente. En estas dos etapas se

registra en primera instancia el nivel de percepción visual inmediato que tiene el encuestado, y en la segunda, el nivel de detalle que permanece en su memoria luego de un intervalo de tiempo. El método de análisis que el individuo utiliza en la primera fase es definitivo porque es el que le permite reconstruir la imagen (Figura 37) en la segunda fase. Con los resultados de esta prueba se puede identificar si un sujeto tiene capacidad memorística insuficiente o si su bajo rendimiento es producto de una deficiencia en el nivel de la percepción visual inmediata. También es posible detectar si la alteración ocurre en ambos procesos mentales.

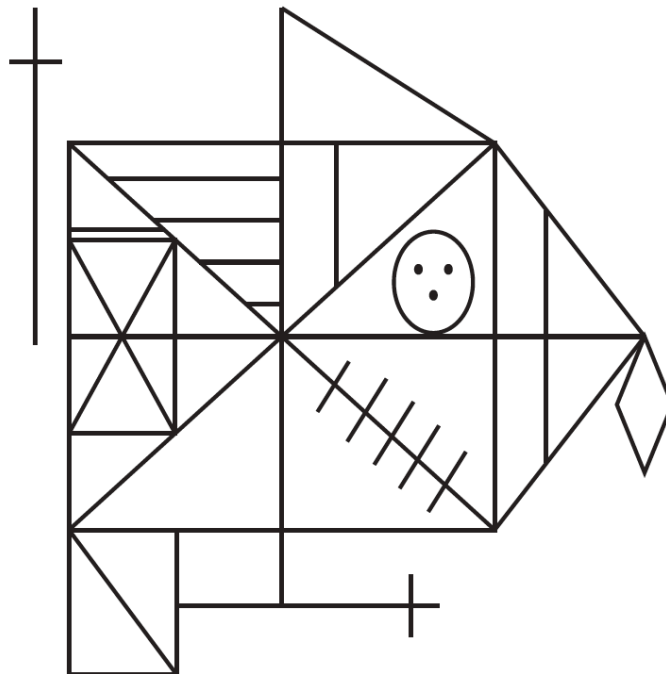


Figura 37. Figuras Compleja de Rey

4.i.3.b. Test de retención visual de Benton: TRV-B

El TRB-B fue desarrollado por Benton en 1945 para evaluar la memoria visual, así como la percepción y las habilidades viso-constructivas. La intención de Benton era ayudar en el diagnóstico de personas con daño cerebral. El test utiliza una serie de dibujos geométricos basados, al igual que el Test de Bender, en los principios de la psicología Gestalt. El procedimiento consiste en que la persona

primero observe, luego recuerde y finalmente dibuje, la imagen que se le expuso al inicio, y la evaluación se realiza en función del tipo de error que comete.

Este Test es bastante sensible a la pérdida de memoria a corto plazo, pero también permite discriminar entre pacientes con lesiones cerebrales y pacientes con trastornos psiquiátricos. Independientemente detecta anomalías en el procesamiento viso-espacial (Benito y Rovira, 1985).



Capítulo 2

Metodología
Estudio empírico

1. DELIMITACIÓN DEL PROBLEMA

En miras de conocer las razones psicológicas y fisiológicas que permiten a una persona desarrollar o no la habilidad del dibujo, se logra detectar una habilidad que lejos de ser manual, está intrínsecamente relacionada con la percepción visual y el hemisferio derecho del cerebro. Esta habilidad es básica e imprescindible en todos los campos del diseño (gráfico, arquitectónico e industrial), por lo que su valoración y desarrollo resulta muy importante para este campo.

Como se mencionó anteriormente, varios teóricos de reconocido prestigio como Arnheim (1984), Gardner (2005), Hernández (2008), Edwards (1985), Hoffman (2000), Gibson (1974) y Gombrich (1987) vinculan de una u otra forma la percepción visual con el dibujo, y la información recabada de estos autores constituye el fundamento para el tema de esta investigación: *Percepción de la proporción visual*.

El concepto de *Proporción visual* proviene de uno mucho más amplio que es el de la *Percepción visual*, el cual ha evolucionado a un nivel superior donde se maneja información no solo de los objetos, sino además de los acontecimientos del mundo exterior. Por eso Arnheim reemplaza este nombre por el de *pensamiento visual* (Pág. 58) y más recientemente Gardner amplía el concepto hasta denominarlo *inteligencia visual* (Pág. 59). Para Gardner las personas que desarrollan la *inteligencia visual-espacial* logran sobresalir en el uso de formas, colores, figuras y relaciones entre objetos o entre partes de objetos (proporción); destacándose especialmente en el dibujo, la pintura y el diseño. A las características anteriores, el mismo autor añade la orientación en el espacio.

Los estudios de Kaplan y Warring (Pág. 87) efectuados a nivel fisiológico hacen un aporte más específico al tema que nos ocupa, pues demuestran que un dibujo puede sufrir cambios en su estructura, como consecuencia de lesiones en el cerebro y su respectiva ubicación en el mismo. Recordemos que este descubrimiento fundamenta la Teoría de Gardner, quien considera que un buen dibujo necesita de los dos hemisferios, el derecho para el contorno global y el izquierdo para los detalles. No obstante el tema de la *proporción* está más relacionado con las capacidades del hemisferio derecho, porque trata de la relación entre partes, en la cual necesariamente existe una estructura jerárquica que ordena el conjunto de piezas y por lo tanto está estrictamente ligada al contorno global y no a los detalles.

En este sentido vale la pena mencionar a Arnheim (Pág. 58), quien afirma que la fisonomía estructural se capta antes de que se puedan registrar los detalles individuales en el cerebro, pues la visión va de lo general a lo particular.

Para los psicólogos de la Gestalt las fuerzas de la visión hacen que la percepción se incline hacia lo más sencillo (Pág. 66), enfocando la vista hacia la simetría, el equilibrio y la simplicidad geométrica. A esta teoría Hoffman agrega que a pesar de la infinita ambigüedad de las imágenes, existen unas *reglas innatas* que permiten a todas las personas tener un consenso acerca de lo que ven (Pág. 70).

En relación a la memoria y al dibujo, Gombrich sugiere que se utilicen métodos simples de codificación, pues para recordar hay que clasificar y al dibujo le viene bien un esquema (Pág. 104). También Houbraken, el crítico de Rembrandt, atribuye el éxito del maestro a la increíble memoria visual que le permitía reproducir fielmente las expresiones que había observado en otros momentos (Pág. 103).

Para concluir es importante recalcar que la mayoría de los estudiosos del arte afirman que para aprender a dibujar, primero hay que aprender a ver; pues el problema del dibujo no está relacionado con la capacidad manual, sino con la perceptual. Edwards asegura que para dibujar bien hay que hacerlo con el hemisferio derecho del cerebro (Pág. 90) y el método que ella desarrolló consiste precisamente en lograr una conexión directa con el hemisferio derecho. Esta parte del cerebro aprecia y diferencia los ángulos, las curvas, las longitudes de línea, las relaciones y proporciones entre las formas; mientras que el hemisferio izquierdo es muy concreto y cuando dibuja lo hace principalmente con formas simbólicas que utiliza de memoria.

Retomando la importancia de la *proporción* en el dibujo y en el diseño hay que recalcar que no se trata de un concepto nuevo, pues según comenta Hernández (Pág. 28), la *proporción* es un tema de interés desde el siglo I a.C., época en la que Vitruvio se refería a la correlación en las medidas de los elementos y entre esos elementos y el todo. Aunque en ese momento Vitruvio le puso el nombre de *simetría*, Hernández menciona que el concepto expuesto por el famoso arquitecto romano tiene más correspondencia con la definición actual de *proporción* que con la de *simetría* y añade que Vitruvio es el primero que manifiesta explícitamente una metodología de diseño basada en sistemas proporcionales, en donde las proporciones definen las dimensiones del objeto desde el inicio del proceso proyectual. Arnheim también hace hincapié en que la civilización griega supo sacarle provecho a la percepción de la proporción visual para diseñar gran parte de su arquitectura y eso sin dejar de lado la parte cognitiva del pensamiento (Pág. 60).

Siguiendo el hilo conductor y relacionándolo con la experiencia docente que tiene la investigadora de esta tesis en la enseñanza del dibujo, se pueden retomar algunos aspectos relevantes que demuestran empíricamente la relación entre la *proporción*, el dibujo y los hemisferios cerebrales.

1. Uso indiscriminado del formato de dibujo: los estudiantes comúnmente empiezan por los detalles y casi nunca le prestan atención a los límites de la hoja, por lo que al final el dibujo no les cabe en la lámina. En otras ocasiones terminan haciendo ajustes forzados en la proporción de la figura para no salirse de la hoja, lo que repercute en un dibujo mal proporcionado y por ende poco reconocible. Como conclusión, el esquema que utiliza el hemisferio izquierdo del cerebro (según Kaplan y Warring) al menos en los primeros trazos del dibujo es perjudicial para lograr un resultado satisfactorio.
2. Competencias que participan en el dibujo: cuando la profesora confronta el dibujo con el objeto real, los estudiantes aceptan las críticas sobre los errores cometidos, sin embargo no encuentran una buena justificación por haber dibujado algo que no se parece a la realidad. Los mismos estudiantes pueden llegar a superar los problemas relacionados con el trazo y la técnica, pero les toma muchísimo más tiempo ser capaces de dominar unas proporciones adecuadas. Como conclusión, la competencia manual (trazo) y la cognitiva (técnica) resultan más fáciles de aprender que la competencia perceptual (proporción).
3. El lenguaje como un inhibidor en el proceso de dibujo: cuando se canta, se mantiene una conversación o simplemente se presta atención a lo que otros hablan; se hace una conexión directa con el hemisferio izquierdo. Diferentes investigaciones del cerebro humano han demostrado que existe una clara correspondencia entre el lenguaje y el hemisferio izquierdo y según la experiencia y constante observación de la investigadora, esta práctica es inversamente proporcional a la calidad del dibujo.

4. La música de fondo facilita el proceso de dibujo: cuando se dibuja con música de fondo, preferiblemente armónica y en un lenguaje desconocido, se obtiene fácilmente la conexión con el hemisferio derecho, a través de un ambiente relajado y apto para observar con tranquilidad los aspectos que realmente son importantes para un dibujo, y entre ellos uno de los más difíciles de percibir: la *proporción*.

“A mayor percepción de la proporción, mayor facilidad para el dibujo”

La hipótesis que fundamenta esta investigación considera que una persona con buena percepción visual es capaz de dibujar mejor que otra que no la tenga. Como se ha descrito ampliamente en esta tesis, la *proporción* es una característica que está inmersa en todo objeto por lo que la percepción visual de esta característica es indispensable para la reproducción tridimensional (escultura, maqueta) o representación bidimensional (dibujo) del mismo.

Por los efectos que se producen en el diseño o en el dibujo es que normalmente se advierte la presencia de esta habilidad; ya que las personas con mayor sensibilidad hacia la proporción dibujan cuidadosamente los detalles que para otras personas pasarían desapercibidos. Ese tipo de concentración o destreza parece innata en algunas personas, pero otras la han adquirido a través del aprendizaje. Aun así no se ha podido comprobar el grado de equivalencia que existe entre la habilidad manual y la perceptual. Será que una persona dibuja lo que ve? o lo que le parece ver? Será que percibe otra cosa? o simplemente no le presta atención a lo que ve? O se trata de un problema manual que no le permite dibujar lo que ve? Para responder a estos cuestionamientos se debería contar con un instrumento de medición que permita medir la percepción que está en la mente del observador y hasta entonces hacer la correspondencia con el dibujo.

También es importante recalcar que en un ambiente pedagógico controlado, con una estimulación visual bien direccionada, la percepción de la proporción es una habilidad que se puede desarrollar gradualmente. La experiencia docente

mencionada en párrafos anteriores recalca que existe una importante brecha perceptual entre los alumnos que inician las clases de dibujo, por esa razón es difícil mantener el mismo nivel de exigencia y aprendizaje para todos los involucrados. Con una prueba que mida el grado de percepción, sería posible segregar el estudiantado por nivel de habilidad, y previamente al curso de dibujo, iniciar un entrenamiento visual que desarrolle la sensibilidad ante la percepción de la proporción.

Para cumplir con este propósito, la investigación que nos ocupa centra su objetivo principal en el diseño y la validación del instrumento de medición que se menciona en el párrafo anterior; es así como en las páginas siguientes se plantea la estrategia desarrollada para lograr dicho objetivo.

Se debe recordar que la *proporción* tiene una relación directa con el esqueleto estructural de la figura, y por eso el test incorpora una disposición mental propia del hemisferio derecho, donde la observación se realiza de lo general a lo particular. Este procedimiento es el mismo que realizan los artistas cuando dibujan y en estas circunstancias, tanto la percepción visual como el dibujo tienen mayor probabilidad de captar fielmente la proporción. Si por el contrario, el sujeto se distrae con particularidades, entra en desventaja con la habilidad que se pretende medir, ya que estaría captando los detalles del objeto (estrategia del hemisferio izquierdo) y no la estructura misma de la proporción.

Por último es necesario recalcar que la calidad técnica que tenga el instrumento es de mucha importancia por las implicaciones prácticas pueda tener, ya sea que se utilice como examen de admisión o solo como diagnóstico.

2. OBJETIVOS

2.i. Objetivo general

Desarrollo y validación de un instrumento que pueda medir la *percepción de la proporción*.

2.ii. Objetivos específicos

- 2.ii.1. Conocer los componentes específicos de la *proporción*.
- 2.ii.2. Comprobar la funcionalidad métrica de los componentes que definen la *proporción*.
- 2.ii.3. Desarrollar una batería de ítems que midan la percepción de la *proporción*.
- 2.ii.4. Construir un test visual con los ítems diseñados en el paso anterior
- 2.ii.5. Realizar los estudios preliminares de validación de ítems

2.ii.1. Componentes específicos de la proporción

La Proporción se entiende como la relación entre diferentes partes de un objeto y a nivel visual se concibe como un estiramiento en el eje vertical, en el eje horizontal o en la diagonal. El cambio proporcional también se puede dar en relación al tamaño de las partes que componen un objeto, en donde la estructura se mantiene pero los elementos o partes que la integran pueden variar de tamaño. A pesar de que la identificación de los componentes puede resultar muy sencilla, el cambio proporcional requiere de una calibración bastante laboriosa porque la permuta no puede ser tan pequeña que se vuelva imperceptible, ni tan grande que resulte demasiado evidente.

Un aspecto que puede causar problemas en ítems con cambio proporcional es la complejidad formal de la figura, ya que el exceso de estímulos visuales puede provocar que la atención se disperse en detalles irrelevantes y se pierda el sentido del ítem que pretende medir la proporción. Como se comentó anteriormente en el apartado del *Cerebro*, existen dos modos de procesar la información: el hemisferio derecho realiza el análisis de lo general a lo particular mientras que el izquierdo lo hace de manera inversa. Por esa razón una persona lograría contestar el ítem fácilmente, mientras que la otra podría perderse en los detalles. El reto es construir ítems que no se salgan del propósito de esta tesis y que midan lo que tienen que medir. Otra particularidad que se debe tomar en cuenta es el conocimiento previo o interés que puedan tener los encuestados acerca de un tema en específico.

Luego de la caracterización de los componentes que definen la proporción, se realizan las primeras propuestas de diseño que son analizadas por un selecto grupo de profesores de la Escuela de Ingeniería en Diseño Industrial del TEC, quienes dan su aval en relación a la dimensión que se pretende medir en el Test. Entre los especialistas del tema se encuentra Franklin Hernández, experto internacional en Diseño que también imparte lecciones en la Universidad de Ciencias aplicadas (Hochschule für Gestaltung) de Schwäbisch Gmünd, Alemania. Como la retención de la imagen es fundamental para acertar la

respuesta, los expertos sugieren la utilización de figuras simples que sean fáciles de recordar. Las recomendaciones se implementan en el diseño de los ítems y se obtiene un primer grupo de dibujos planos, simples y monocromáticos.

Se concluye como objeto de estudio la relación entre el ancho y el largo de la figura, o entre el ancho y el largo de alguna de sus partes y a esta dimensión se llamará de ahora en adelante: *proporción*. Todos los ítems se trabajan con esta única dimensión o rasgo latente y por tratarse de un tema netamente visual, la propuesta se ejecuta en su totalidad a nivel gráfico. Cuando la transformación de la proporción es más sutil, el ítem es más difícil, y cuando la transformación es más evidente, el ítem es más fácil.

Dado que la investigación se realiza para la Escuela de Diseño Industrial, el tema de los ítems se orienta hacia objetos de uso cotidiano y conocidos ampliamente en el mundo occidental, sobre todo para la población universitaria que se analiza en el estudio.

Todos los ítems sin excepción están direccionados a detectar un cambio proporcional que muestre el grado de percepción de la proporción que tiene el participante. Con los lineamientos que se detallan a continuación y según siguen la recomendación de los expertos, se llega a construir el triple de los ítems que son necesarios para un test; pues la intención es que el proceso de depuración permita la eliminación de algunos de ellos sin perjudicar el instrumento de medición.

De todas las recomendaciones que hace Muñiz en su libro sobre Teoría Clásica de Tests (2003) se resaltan en la investigación solo aquellas que mejor se adaptan a un test visual:

- cada ítem evalúa solamente el tema de la proporción,
- las alternativas incorrectas no son irrelevantes,
- la ubicación de la alternativa correcta se establece al azar,
- se evitan los ítems se puedan contestar por mera lógica o sentido común,
- las alternativas incorrectas o distractores son igualmente atractivas para las

- personas que no conocen la respuesta correcta,
- todas las alternativas tienen la misma longitud,
 - todas las alternativas son muy homogéneas,
 - tanto la alternativa correcta como las incorrectas están expresadas con el mismo nivel de detalle.

2.ii.1.a. Cambio proporcional

La construcción del ítem inicia con la diferenciación proporcional de las alternativas de respuesta, y para ello se requiere hacer cambios muy refinados de una misma figura. Cada ítem se compone de una familia de 5 sub-ítems que incluyen la respuesta correcta y los distractores, es así como los sub-ítems corresponden a las alternativas de respuesta y todos juntos constituyen la familia del ítem. La Figura 38 muestra gráficamente la familia del ítem, compuesta por una sola figura con cinco variaciones de la proporción. La forma en que esa transformación se lleva a cabo, se explica en la siguiente sección.

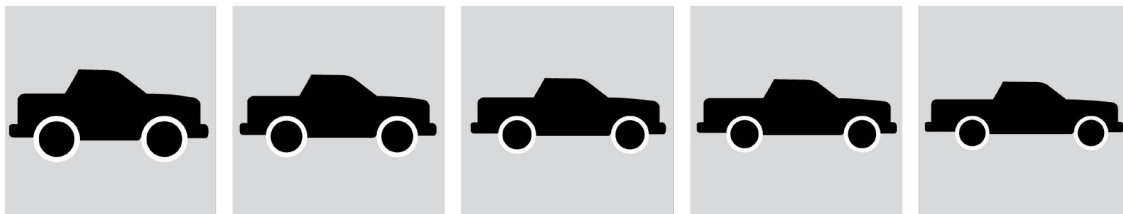


Figura 38. Familia de un ítem

2.ii.1.b. Transformación del ítem

El cambio proporcional o transformación realizada al ítem se puede entender como un estiramiento en el eje horizontal, en el eje vertical o como un cambio de tamaño en alguna de sus partes; a continuación se detallan cada uno de estos posibles casos.

Transformación horizontal (TH):

La transformación horizontal (Figura 39) estira el objeto o una parte de él en el eje horizontal, por lo que el objeto se llega a percibir más ancho o más pequeño y solo si conocemos muy bien la forma inicial podríamos concluir que está más gordito. El punto de comparación es muy importante porque solo así tenemos la referencia para el análisis posterior.



Figura 39. Transformación Horizontal

Transformación vertical (TV):

La transformación vertical (Figura 40) estira el objeto o una parte de él en el eje vertical, esto produce que se perciba más alto y más esbelto. De esta forma la relación entre el ancho y la altura del objeto cambian, y por ende la proporción del mismo. A menudo nos encontramos con este tipo de transformación en la vida real, cuando un niño (a) crece en la adolescencia y su tamaño cambia radicalmente, es claro para nosotros que la altura fue la dimensión que se vio afectada y que en general el resto permaneció sin cambios al menos aparentes.

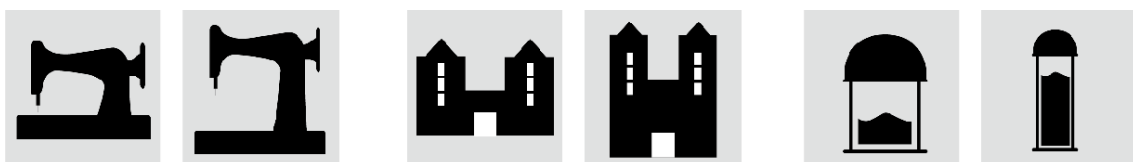


Figura 40. Transformación Vertical

Transformación Figura-fondo (TFF):

La Transformación Figura-fondo (Figura 41) se refiere también a la Transformación Negativo-positivo porque tiene que ver con la proporción entre el blanco y el negro, o entre el sólido y el vacío. Los ejemplos que se muestran a continuación son fáciles de distinguir porque se encuentran en los extremos de la banda o sea que corresponden a los subítems que se ubican al inicio y al final de cada familia.



Figura 41. Transformación Figura-fondo

2.ii.2. Funcionalidad métrica de los componentes

Cuando se construye la familia de un ítem, todos los sub-ítems están ordenados dentro de ella con un cambio proporcional ejecutado secuencialmente. Es decir que existe más similitud entre dos sub-ítems que están a la par que entre dos sub-ítems que están más alejados. De tal forma la funcionalidad métrica de los ítems depende mucho de la secuencia que exista entre los sub-ítems utilizados en las alternativas de respuesta. Es decir que un ítem se puede poner a responder en versión fácil o en versión difícil según se detalla a continuación. Si el ítem no está bien calibrado surgirán problemas de discriminación, pero no necesariamente de dificultad.

2.ii.2.a. Tipos de Secuencia

A continuación se muestra como las familias de cinco subítems se pueden ordenar de diferentes manera, este simple hecho hace posible que un ítem cambie el nivel de dificultad. Como se muestra en la Figura 38, la familia del ítem tiene una organización propia que está definida por la transformación que sufre,

de esta forma queda claro que se trata de una secuencia que responde a un cambio gradual y fundamentado en la proporción de su forma. Tanto en las muestras de estudio (TP01, TP02, TP03 y TP04) como en el Test final (TPP), los reactivos se organizan de manera continua (SC) o separada (SS).

Secuencia Continua (SC)

En la SC (Figura 42) las diferencias proporcionales son más sutiles y difíciles de percibir, porque son el resultado de una transformación paulatina, donde los cambios son más pequeños. Dentro del espectro del ítems son tres subítems que están ubicados uno a la par del otro). La secuencia continua puede aparecer en tres diferentes posibilidades como se muestra en la Figura 42.

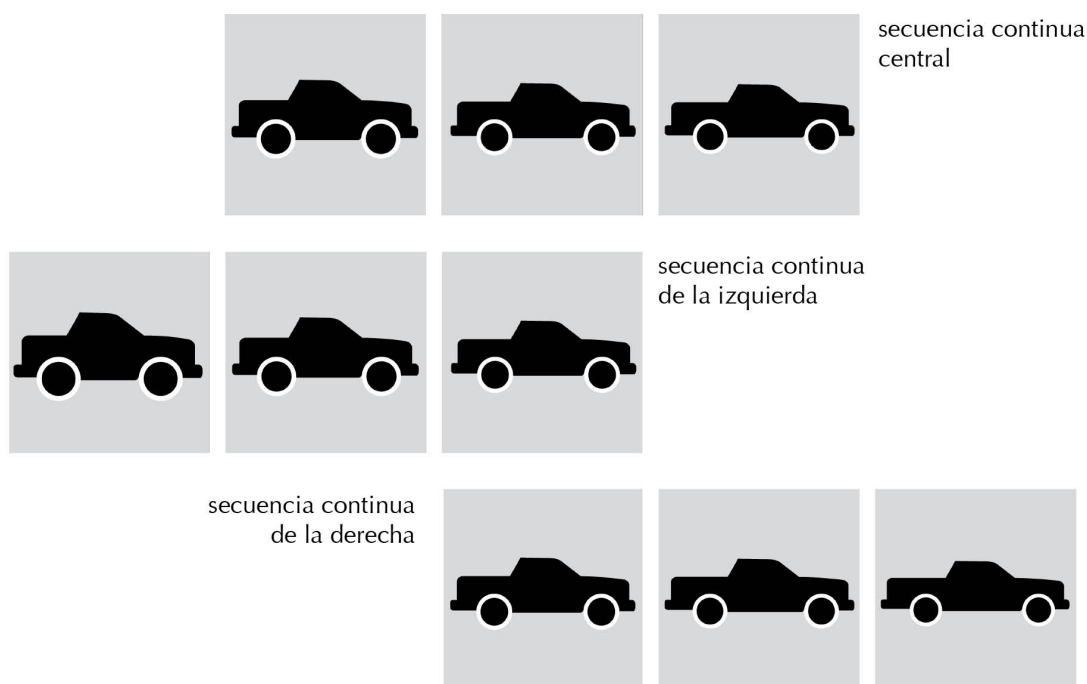


Figura 42. Ejemplo de Secuencia Continua

Vale la pena mencionar que la respuesta correcta del ítem no está definida a priori, pero entre todos los sub-ítems, el más recomendable de utilizar es el central, pues como se observa en la Figura 42, este sub-ítem puede cambiar de posición de respuesta según la distribución de la secuencia que se elija.

Secuencia Separada (SS)

En la SS (Figura 43) la diferencia entre las tres figuras es mayor, porque son el resultado de la eliminación de dos sub-ítems que formaban parte de la secuencia original pero que para facilitar la respuesta fueron eliminados de la banda. Esto permite que las diferencias proporcionales sean visualmente más evidentes, pues los cambios son más grandes (Figura 43).

Secuencia Separada

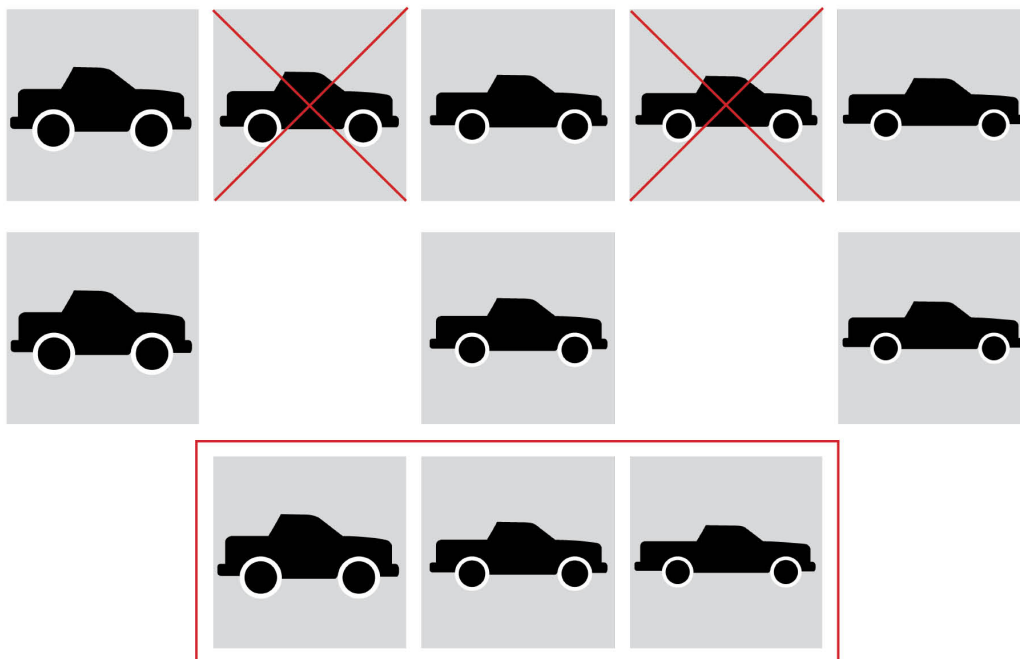


Figura 43. Ejemplo de Secuencia Separada

2.ii.3. Creación de una batería de ítems

En la construcción de un test, el objetivo general es llegar a una prueba de mínima longitud, que produzca puntuaciones con el mayor grado posible de *fiabilidad* y *validez*. Esto se lleva a cabo partiendo de un número considerable de ítems que fueron sometido al juicio de expertos y posteriormente se aplican en cuatro muestras de estudio; de esta forma los ítems son depurados y reducidos a un menor número de ellos. Con los datos obtenidos se realiza el análisis de ítems que consiste en estimar sus propiedades estadísticas, ya que estas van a influir en

la fiabilidad y la validez del test; al mejorar los ítems se espera mejorar el test. Según Muñiz (coor.,1996) para que un grupo de ítems llegue a constituir un banco de ítems, se necesita que todos midan la misma variable y que hayan sido calibrados en la misma escala, por esta razón el objetivo central del análisis de ítems es definir cuales son pertinentes y cuales no, para ello se requiere estudiar aquellas propiedades de los ítems que están directamente relacionadas con las propiedades del test, en nuestro caso específicamente con la proporción. Para Lord y Novick (1968) sería indispensable que cada ítem tenga una relación clara y precisa con este parámetro.

La literatura psicométrica actual es bastante abundante en lo que se refiere a la escritura de los ítems, pero en general todos ellos plantean una estructura previa que va desde el número de ítems necesarios hasta su respectivo formato en el test. Sin embargo, los aspectos de fondo más importantes son los que responden al rasgo latente que se desea medir, y su relación con los otros ítems de la prueba. Para Prieto y Dias (2003) un banco de ítems calibrado con el modelo de Rasch debe cumplir con determinados parámetros de dificultad y ajuste al modelo que se verán en el apartado de Teoría de Respuesta a los Ítems (Parte 3: Resultados).

De acuerdo a la estrategia planteada en los pasos anteriores se llegan a construir 106 ítems con sus respectivas familias de 5 sub-ítems, lo que suman un total de 540 imágenes. La cantidad de miembros por familia define el número de posibles respuestas que tiene el ítem; sin embargo y como se comentará más adelante, en el apartado de *Alternativas de respuesta*, solo se utilizan 3 de los 5 sub-ítems. En la Figura 44 y 45 se muestra la batería de ítems desarrollada en esta investigación, la cual puede ser ampliada en el Anexo 1 con la correspondiente familia de cada uno de ellos. Vale la pena mencionar que todos los ítems representan objetos industriales porque esta investigación se genera en la Escuela de Diseño Industrial y se pretende con ella evaluar a los estudiantes que desean entrar a esta carrera. Además de simples, los ítems son monocromáticos y bidimensionales porque solo interesa llamar la atención sobre un rasgo específico: *la proporción*.

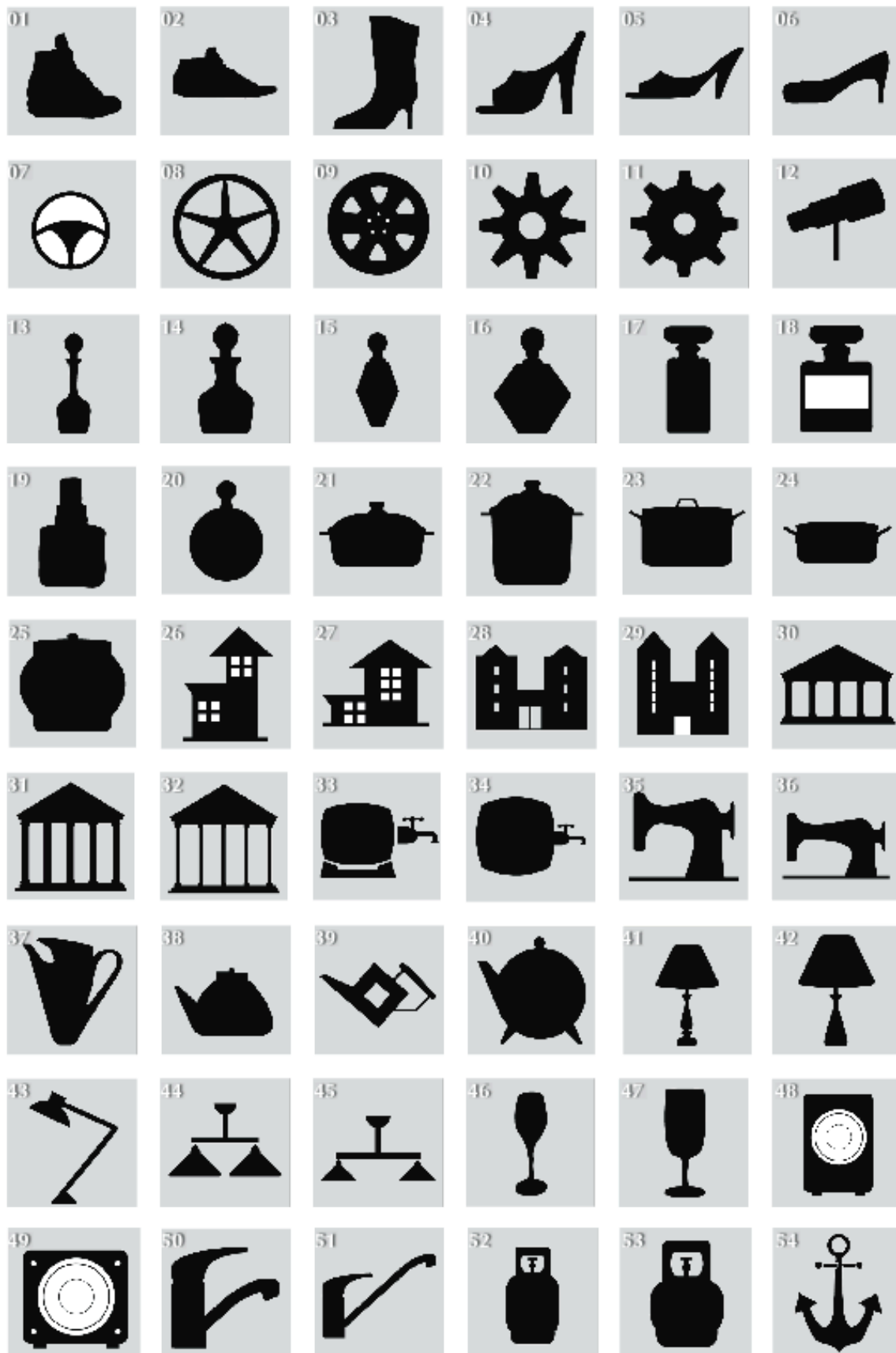


Figura 44. Banco de ítems del 1 al 54



Figura 45. Banco de ítems del 55 al 106

2.ii.3.a. Rediseño de ítems

El rediseño de ítems se realiza para simplificar la forma y dar mayor énfasis a la proporción. En algunos casos el ítem requiere de un rediseño porque no parece tener buena *discriminación*, es decir que sujetos con alto nivel en la habilidad medida (*percepción de la proporción*) tienen la misma probabilidad de acertar el ítem, que otros que no la tienen. La deducción de este análisis fue posible gracias a las muestras de estudio que se detallarán en el apartado "*Estudios preliminares de validación de ítems*".

A través de estas mismas pruebas fue posible observar que los estudiantes con mayor habilidad hicieron un gran esfuerzo por recordar los detalles de la figura, pero eso les restó tiempo para percibir la estructura general, y en consecuencia fallaron los ítems que tenían una forma más compleja.

Esta situación afecta los resultados de validación porque la atención del observador se dispersa entre más cantidad de detalles tiene que visualizar, y al final se perjudican los resultados del test porque no se mide lo que se pretende medir. Por eso, para no perder el poder discriminativo del ítem, se reduce la cantidad de información gráfica que contiene, mejorando así su calidad técnica dentro del instrumento. Este procedimiento es el mismo que se utiliza con ítems de comprensión oral, en los que se busca claridad y sencillez en el mensaje que desea transmitir.

En la Figura 46 se muestran algunos ejemplos de la transformación que tuvieron que sufrir la mayor parte de los ítems para llegar a un resultado satisfactorio. Este laborioso proceso de selección tiene como objetivo captar la atención hacia un solo parámetro: la proporción del objeto; indistintamente si con ello se pierde gran parte de la estética o de la información del producto. En todos estos reactivos se observa una disminución de la complejidad o del ruido visual que puedan tener, de esta forma se logra que la atención del observador se concentre en la *proporción* y no en los detalles, ya que cualquier distracción que afecte el objetivo del test debe ser eliminada para lograr una mayor confiabilidad.

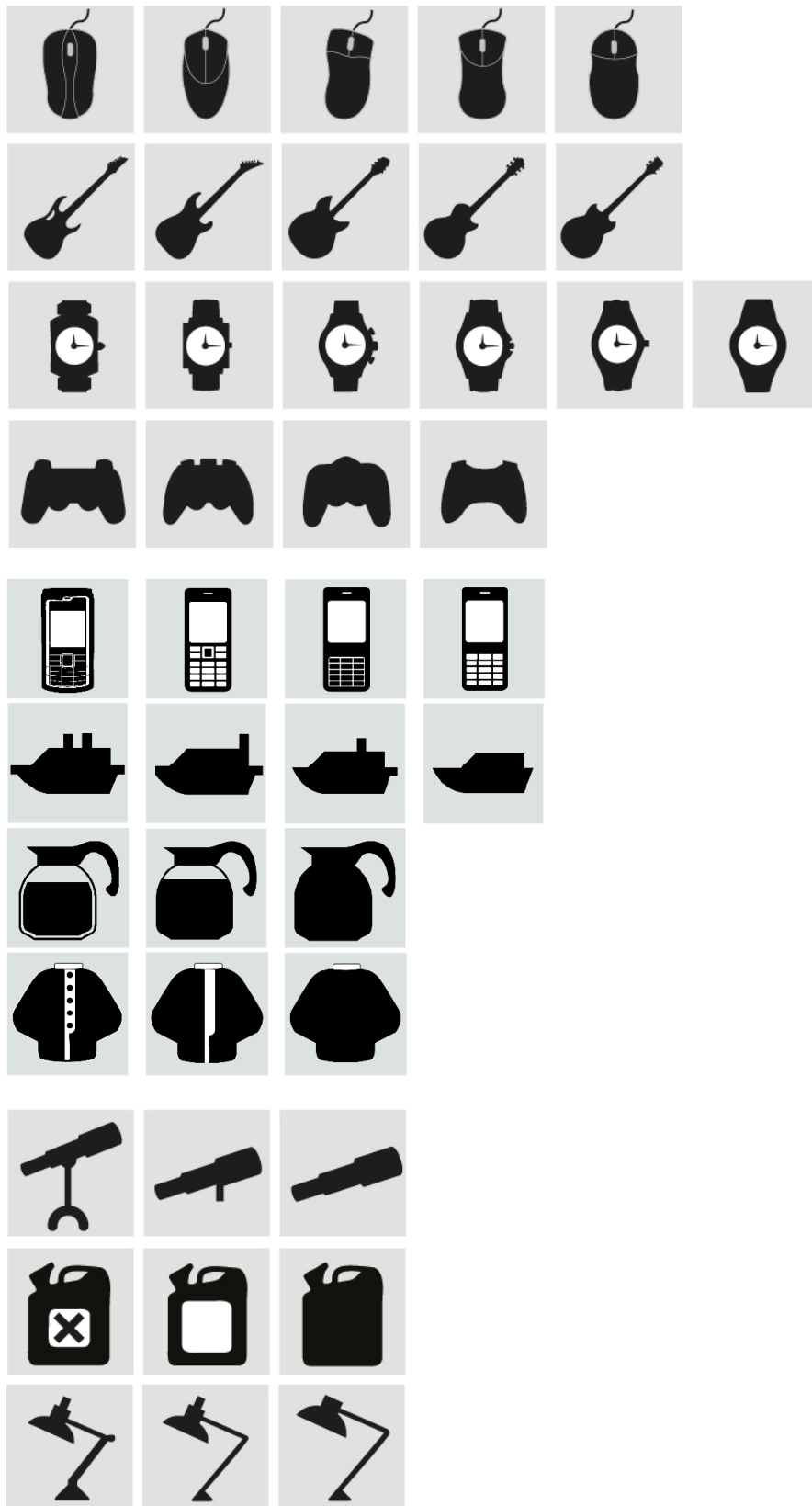


Figura 46. Rediseño de ítems

2.iii. Instrumento de medición

De acuerdo a la investigación realizada sobre tests de percepción visual y su óptima longitud, se determina que una prueba con 36 ítems aporta suficiente información para el estudio que se realiza y no resulta agotadora para los participantes. Además y por tratarse de una prueba de percepción visual, se trabaja estrictamente con imágenes, que al ser proyectadas de forma automatizada, tienen una duración de aproximadamente 9.3 minutos seguidos (incluyendo el tiempo de las instrucciones).

El Test está direccionado a grupos de estudiantes universitarios, que observan una serie de imágenes colectivamente y responden de manera individual. La pregunta se contesta marcando con X la alternativa correcta, en una hoja de respuestas que les fue entregada previamente.

En un Test de lectura, tanto los ítems como sus respectivas respuestas se pueden distribuir en columnas verticales (de arriba hacia abajo), lo que permite más alternativas de respuesta sin perjudicar la calidad del test. No obstante en un test visual, las imágenes representan objetos y como tales necesitan estar ubicados dentro de un espacio con ciertas características.

En nuestro caso, el sujeto necesita analizar la proporción de las diferentes respuestas, a través de una comparación visual entre las figuras. Esta verificación se realiza en ambos ejes (vertical y horizontal) y por eso se vuelve necesario ubicar todas las imágenes a la misma altura, o sobre un mismo plano horizontal.

Este parámetro afecta necesariamente el tamaño y la cantidad de las imágenes que se van a proyectar. Tratándose de un test visual, donde la calidad de la observación es indispensable, se opta por aumentar el tamaño de las alternativas y reducir la cantidad de las mismas para que puedan ser apreciadas a la distancia sin perder la confiabilidad del test.

Como las imágenes se proyectan desde un proyector siguiendo un patrón predeterminado, es necesario que el tiempo se trabaje minuciosa e individualmente tanto para la proyección de imágenes, como para el lapso de la

respuesta. También se incorporan algunos detalles para mantener la atención de los participantes, como el número de cada reactivo en la esquina superior derecha de la imagen y el sonido de una campanita que se utiliza para llamar la atención al inicio de cada ítem. De esta forma el participante puede orientarse fácilmente en el proceso, porque sabe exactamente cual ítem se está proyectando en determinado momento.

Las condiciones de completo silencio que se genera durante el test, permiten que el hemisferio derecho esté más dispuesto a resolver la tarea. Pues una vez iniciada la prueba computarizada, ya no hay marcha atrás, ni posibilidad de hacer ninguna pregunta adicional; lo que facilita la concentración individual en el ejercicio.

2.iii.1. Desarrollo del Test

El test evalúa la percepción de la *proporción* mediante imágenes, pero al tratarse de imágenes casi idénticas, se requiere una atención muy direccionada hacia el objetivo. En miras de obtener mejores resultados, el test utiliza el efecto de reconocimiento induciendo al sujeto a recordar lo que vio. El esqueleto estructural de la figura es lo más sencillo de recordar y constituye precisamente la síntesis de la *proporción*. Por esta razón, el instrumento desarrolla un método que conduce al sujeto a observar de lo general a lo particular. En caso de distraerse con particularidades entra en desventaja con la habilidad que se pretende medir. Con este procedimiento, el estudiante se percata rápidamente de que existe un tiempo límite para visualizar, recordar y hacer las comparaciones globales; también aprende a que no debe perder tiempo recordando detalles innecesarios. Los estudiantes que logran adaptarse a este tipo de análisis o forma de ver las cosas, están incorporando las habilidades del hemisferio derecho del cerebro para realizar esta labor, pues como se estudió ampliamente en el apartado 3.ii de "*Fisiología de la percepción*", es una peculiaridad de este hemisferio.

A su vez, el test fomenta escasamente la intervención del hemisferio izquierdo, y solo lo hace al inicio, cuando se dan las únicas instrucciones verbales de la prueba. No obstante esas instrucciones duran apenas ½ minuto y el resto del tiempo (6.3 minutos) el test se realiza en completo silencio; observando y comparando imágenes.

2.iii.1.a. Período de prueba

El proceso de construcción del test incluye un período de prueba que contempla la aplicación de cuatro muestras de estudio (TP01, TP02, TP03 y TP04) con diferentes grupos de estudiantes universitarios. En este período de verificación, se analiza no solo la parte operativa del instrumento, sino también que las propiedades de los ítems cumplan con el constructo y con el rasgo latente que se desea medir (*percepción de la proporción*), ya que de lo contrario no resultarían pertinentes para la investigación.

Las muestras de estudio son de gran ayuda, no solo para validar los ítems, sino también para mejorar los detalles operativos que le permiten al estudiante familiarizarse con el proceso. Tal es el caso del tiempo de ejecución, el color, el tamaño, la posición de las imágenes, así como la ubicación de la respuesta correcta. Todos estos aspectos se van ajustando en las diferentes pruebas hasta llegar a óptimos resultados en la prueba final.

En todos los casos, el procedimiento de la prueba se realiza con proyección de imágenes secuenciales y automatizadas desde una computadora portátil y un proyector; pero en el TP04 el test se realiza individualmente desde el ordenador.

2.iii.1.b. Alternativas de Respuesta

Primero se estudia a profundidad el número óptimo de alternativas de respuesta que deben tener los ítems. Según la literatura al respecto se pueden citar tres grandes autores: Tversky (1964) demuestra con su análisis matemático que el número más recomendable de alternativas es 3 o para ser más exactos 2.72. Tversky es seguido por Grier (1975, 1976) quien también está a favor de las tres alternativas. Finalmente es Lord (1980) el que señala que dos o tres alternativas por ítem, pueden ser tan buenas o mejores que usar cuatro o cinco; en otras palabras, se puede lograr la misma fiabilidad, con menos alternativas de respuesta. A pesar de que se plantean varias alternativas de respuesta, el formato que se utiliza es de *Respuesta correcta*, porque dentro de estas alternativas solo una es la correcta y las otras funcionan como distractores.

Este aspecto es muy relevante para el tema que nos ocupa porque solo así es posible el análisis proporcional entre las diferentes figuras; sin este plano de referencia esta comparación se vuelve casi imposible.

El tiempo es otro aspecto que juega un papel importante en el número de alternativas porque a mayor cantidad de ellas, más tiempo se requiere para recordarlas y esto podría provocar una nueva dimensión, relacionada directamente con la memoria.

2.iii.1.c. Procedimiento

Una vez iniciada la prueba no se puede hacer ninguna pausa para aclarar dudas, por lo que es muy importante que el participante entienda perfectamente las instrucciones que se dan al inicio de la prueba. A pesar de que el proceso es muy sencillo, se requiere de un tiempo prudencial para acostumbrarse al test; por eso se contempla que los primeros ítems sean los más fáciles para inducir al participante a familiarizarse con el proceso; no obstante siempre hay personas que lo logran antes o después, es decir, a su ritmo. Cada reactivo o ítem consta de 3 proyecciones individuales que acumulan 10.5 segundos por reactivo, y tratándose de 36 ítems, el Test está programado para durar 6.3 minutos (378 segundos) sin contar el tiempo destinado para las instrucciones.

El Test inicia con una breve reseña de la investigación que se realiza y del objetivo de la prueba, así como algunos datos del aplicador y su país de procedencia (Figura 47).

Seguidamente se entregan los formularios de respuesta y se solicita a los participantes que se identifiquen con los siguientes datos: género, edad, universidad, país y nivel de estudios (Figura 48). El número correspondiente a cada formulario está definido previamente por el aplicador.

Las instrucciones del test se explican gráficamente con unas imágenes muy simples que sintetizan la mecánica de la prueba (Figuras 49, 50, 51 y 52), de esta forma cualquier aclaración verbal por parte del aplicador se vuelve innecesaria, pues en esta sección el participante comprende paso a paso en qué consiste el trabajo por realizar. En las instrucciones del Test también se recomienda que cada participante tenga buena visibilidad hacia la superficie de proyección, pues de esto depende que su percepción no se vea distorsionada por factores externos. También se debe contar con lápiz o lapicero para marcar en la hoja de respuestas. A continuación se desglosan las diferentes proyecciones y algunos detalles adicionales que vale la pena mencionar:

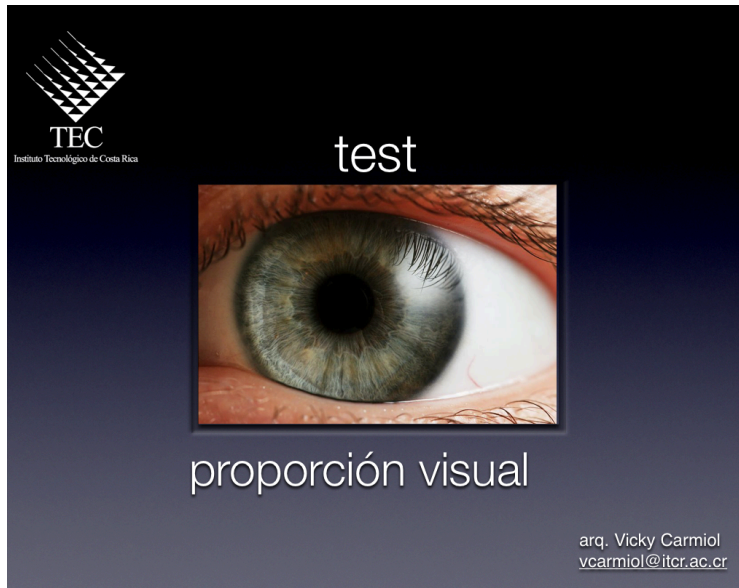


Figura 47. Introducción del Test de percepción de la proporción

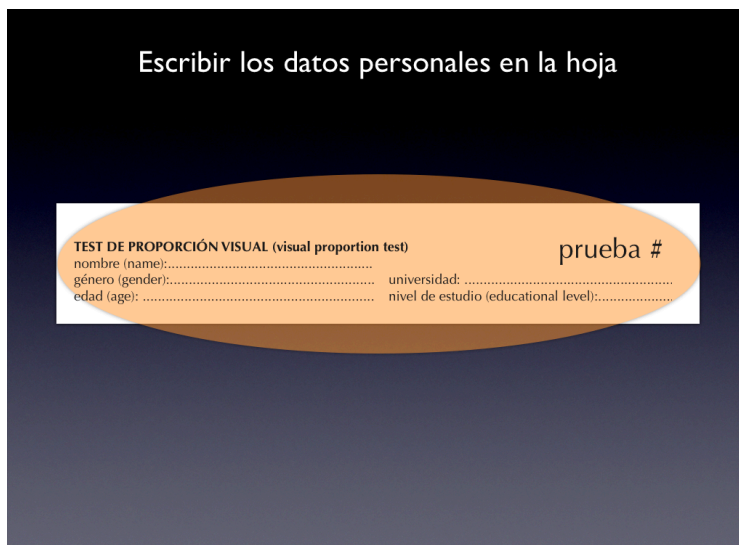


Figura 48. Datos personales

En la Figura 49 se puede observar como en el paso 1 aparece una imagen y en el paso 2 aparecen tres imágenes. Lo que se busca (Figura 50) en el paso 2, es encontrar la ubicación de la única imagen que es idéntica a la del paso 1. Vale la pena mencionar que el paso 1 y el paso 2 no se proyectan simultáneamente, por lo que el observador debe guardar la primera imagen en su memoria.

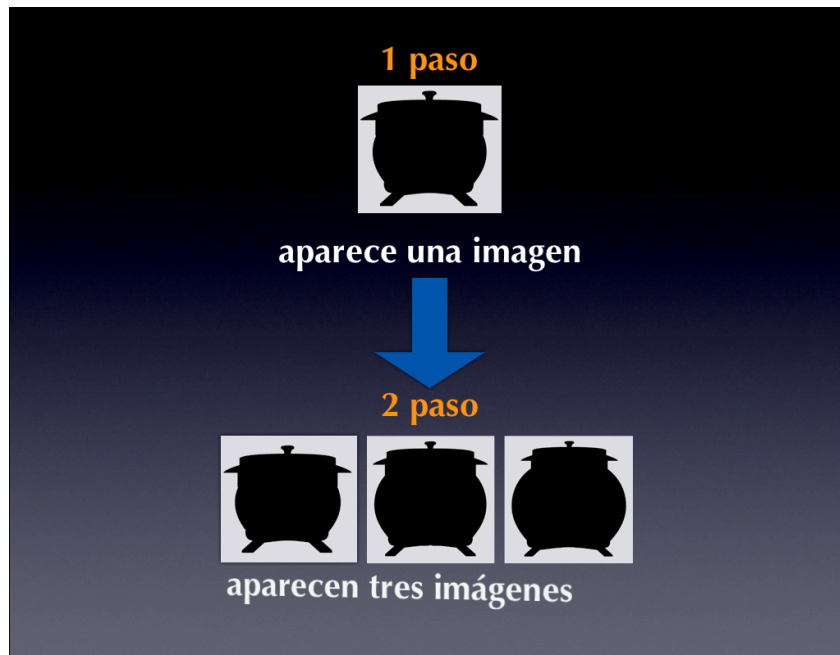


Figura 49. Instrucciones: paso 1 y paso 2

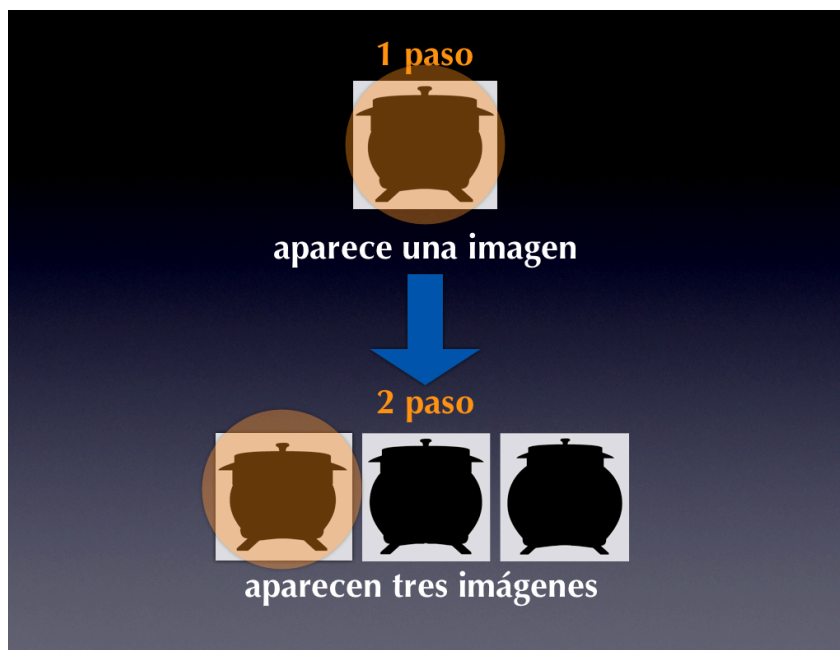


Figura 50. Instrucciones: identificar respuesta correcta

El tiempo que dura cada proyección se fue calibrando en las diferentes muestras de estudio hasta llegar a la prueba final con 4 segundos para el paso 1 y 5 segundos para el paso 2. Luego de identificar la posición de la imagen correcta, se prosigue con el paso 3 (Figura 51) donde se marca con una X la posición de la

respuesta correcta en una hoja de respuestas que contiene debidamente enumerados todos los reactivos (Figura 52). Para este último paso se contempló 1.5 segundos. Terminado el primer ítem, el proceso se repite una y otra vez, hasta completar los 36 reactivos.

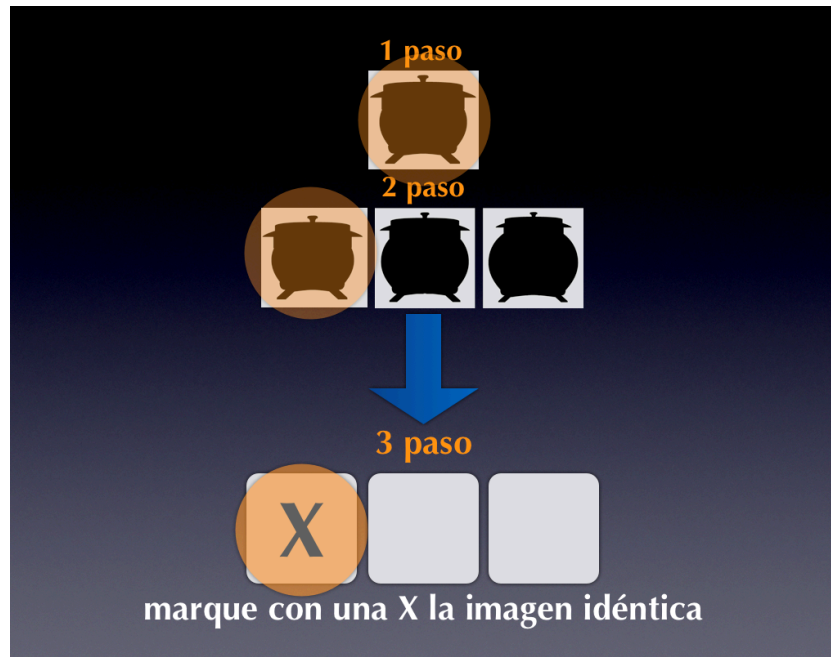


Figura 51. Instrucciones: marcar con x en ubicación correcta

responda siguiendo el orden de la numeración

TEST DE PROPORCIÓN VISUAL (visual proportion test)				prueba #			
nombre (name):		universidad:		género (gender):		nivel de estudio (educational level):	
edad (age):							
1		10	<input type="checkbox"/>	19	<input type="checkbox"/>	28	<input type="checkbox"/>
2		11	<input type="checkbox"/>	20	<input type="checkbox"/>	29	<input type="checkbox"/>
3		12	<input type="checkbox"/>	21	<input type="checkbox"/>	30	<input type="checkbox"/>
4		13	<input type="checkbox"/>	22	<input type="checkbox"/>	31	<input type="checkbox"/>
5		14	<input type="checkbox"/>	23	<input type="checkbox"/>	32	<input type="checkbox"/>
6		15	<input type="checkbox"/>	24	<input type="checkbox"/>	33	<input type="checkbox"/>
7		16	<input type="checkbox"/>	25	<input type="checkbox"/>	34	<input type="checkbox"/>
8		17	<input type="checkbox"/>	26	<input type="checkbox"/>	35	<input type="checkbox"/>
9		18	<input type="checkbox"/>	27	<input type="checkbox"/>	36	<input type="checkbox"/>

Figura 52. Hoja de respuestas

Primera proyección

La primera proyección (Figura 53) de cada ítem muestra una imagen blanca, sobre fondo negro. Cuando esta imagen entra en escena, suena una campana (desde el computador) para llamar la atención del encuestado. El ejemplo que se presenta muestra específicamente las respectivas proyecciones del ítem 32.

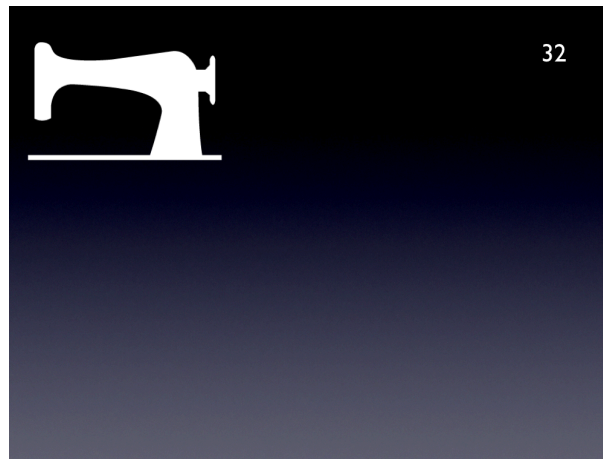


Figura 53. Primera proyección

Segunda proyección

La segunda proyección del mismo ítem muestra tres imágenes muy similares a la imagen que apareció en el paso anterior. Dos de ellas son muy parecidas y la tercera (respuesta correcta) es la única que es idéntica. Cabe destacar que se agrupaban horizontalmente y la posición y el tamaño de las imágenes se fue ajustando hasta quedar como se muestra en la Figura 54.



Figura 54. Segunda proyección

Tercera proyección

La tercera proyección (Figura 55) del mismo ítem hace un llamado al participante para que marque con X la respuesta correcta. Los tres cuadrados que aparecen en esta proyección son idénticos a los que aparecen en la hoja de respuestas y se agrupan horizontalmente como las imágenes del paso anterior. Al final de los cuadrados hay un signo de pregunta y una frase que dice *marque con una X* en el idioma que corresponde: catalán, castellano, polaco, alemán e italiano. En la esquina superior derecha de cada proyección aparece el número del reactivo que se proyecta en cada momento, para que el estudiante esté siempre ubicado con la secuencia de los ítems y su correspondiente resultado en la hoja de respuestas.



Figura 55. Tercera proyección

En las instrucciones del Test se recomienda que cada participante tenga buena visibilidad hacia la superficie de proyección, pues de esto depende que su percepción no se vea distorsionada por factores externos. También se debe contar con lápiz o lapicero para marcar en la hoja de respuestas.

2.iii.1.d. Software

El software utilizado para la proyección del Test es un programa de computación llamado *Keynote*, de ambiente *Mac*. Este programa es muy amigable para trabajar

con imágenes y su ejecutable permite que sea utilizado por cualquier usuario sin ninguna capacitación previa. Cada participante puede definir su propio tiempo y ritmo para comprender las instrucciones, pero luego de empezada la prueba el software corre automáticamente con tiempos de exposición y respuesta debidamente calibrados. La aplicación en *Keynote* también puede ser convertida fácilmente a *PowerPoint* de *Microsoft*, solo que se pierden los efectos de sonido que alertan sobre el cambio de ítem. Si el Test se realiza individualmente es mejor aplicarlo directamente del ordenador; en caso contrario, cuando se aplica grupalmente, es recomendable hacerlo con un proyector y una persona encargada. En ambos casos se recomienda completo silencio a fin de lograr mayor concentración visual, y evitar la participación del hemisferio izquierdo que se activa cuando existen estímulos verbales.

2.iii.2. Recogida de datos

Tanto en las muestras de estudio como en el TPP la recogida de los datos se realiza a través de las hojas de respuesta que entregan los estudiantes al finalizar la prueba. La Figura 52 muestra el documento utilizado para este fin, en ella se puede apreciar que los 36 ítems están distribuidos en cuatro columnas de 9 ítems cada una, todas debidamente enumeradas y con la misma disposición espacial de las alternativas de respuesta que se proyectan en el instrumento. Recordemos que el estudiante solo debe poner una X en la ubicación donde aparece la respuesta correcta. Esta posición de respuesta (PR) es comentada más adelante en el apartado 1.ii.6. de Definición de factores, donde se analiza detenidamente la importancia que tiene la PR dentro del ACP (Tablas 54 y 58, Figuras 77, 81 y 82). Al finalizar la prueba, las hojas de respuesta son recogidas y la información es tabulada en formato de Excel y luego importada a SPSS para el análisis con TCT, y a WINSTEPS para su correspondiente análisis con el modelo de Rasch. No obstante recordemos que se trata de un estudio de encuesta de tipo correlacional.



Capítulo 3

Análisis estadístico
de los resultados

“Una medida sólo puede ser considerada válida y generalizable si no depende de las condiciones específicas con las que ha sido obtenida”

Gerardo Prieto y Ana R. Delgado (2003)

El estudio psicométrico del Test de Percepción de la Proporción visual (TPP) se analiza a partir de dos grandes métodos: la Teoría Clásica de Tests (TCT) y la Teoría de Respuesta a los ítems (TRI).

Las mediciones psicológicas al igual que las de cualquier otra ciencia, buscan reducir el error de medida para que puedan ser consideradas mediciones fiables. Aunque inevitablemente cualquier tipo de medición conlleva a un cierto grado de error de medida, es indispensable hacer una estimación del mismo para garantizar la fiabilidad de la prueba. Por tal razón, el objetivo de este apartado es definir si nuestra prueba final (TPP) puede ser considerada fiable. No se trata de que esté del todo libre de error, pero sí que al utilizarla como instrumento de medición se lleguen a cometer pocos errores.

Vale la pena retomar que la puntuación en el test es considerada un reflejo del grado de dominio que tiene la persona en el constructo, lo que en nuestro caso equivale al nivel de percepción de la proporción.

Adicionalmente es importante recordar que cualquier medida que se utilice para clasificar personas debe tomarse con extremo cuidado, máxime si esta decisión va a influir en la opción académica del entrevistado.

Con este objetivo se procede metodológicamente a calcular el error de medida dentro de dos grandes enfoques: la TCT y la TRI, entre ambos la primera es la más sencilla y plausible pero implica ciertos problemas; la segunda soluciona los problemas de la primera pero técnicamente resulta más compleja. Nosotros partimos de que ambas se complementan en muchos aspectos.

1. ESTUDIO PRELIMINAR DE DEPURACIÓN

El objetivo primordial de los estudios preliminares es la validación de los ítems que serán utilizados en la Prueba Final de Percepción de la Proporción (TPP). La validación consiste en ponerlos a prueba, y esta tarea no es fácil cuando se trata de 106 reactivos; por esta razón se desarrollan cuatro muestras de estudio: Test de Percepción 01 (TP01), Test de Percepción 02 (P02), Test de Percepción 03 (TP03) y Test de Percepción 04 (TP04). Vale la pena mencionar que estas cuatro pruebas se aplican a una muestra representativa de la población meta, ya que en todos los casos se trata de estudiantes universitarios.

Se parte de que un instrumento de evaluación no puede ser demasiado largo para no agotar a los encuestados y sobre todo si tratándose de un test de percepción visual, se vuelve indispensable mantener la atención y la concentración sobre las imágenes proyectadas. Partiendo de estos requisitos, se construye un instrumento que permita probar 36 ítems en cada una de las muestras de estudio. En estas pruebas secuenciales también se logra ajustar algunos detalles operativos del instrumento de medición. De esta forma la herramienta se va ajustando

paulatinamente hasta obtener una calibración óptima en lo que se refiere a la duración de la prueba (tiempos de exposición para cada proyección), a la visualización de la información (tamaño y ubicación de las imágenes) y a la complejidad de los estímulos (dificultad y discriminación de los reactivos).

Todas las muestras de estudio se diferencian entre sí por los ítems que las componen, por el tipo de secuencia utilizada (continua o separada), por el tiempo de aplicación que se ensaya en el momento y finalmente por el grupo de encuestados que realiza las pruebas. En este apartado se exponen los parámetros de ejecución de cada una de ellas, el análisis estadístico de cada uno de los resultados y finalmente una comparación general sobre:

- Participación de ítems
- Tiempos de exposición
- Estadísticos descriptivos
- Diferencia de Medias

1.i. Parámetros de confiabilidad y validez

La confiabilidad y validez de las muestras de estudio se realiza a través de la Teoría Clásica de los Test (TCT), y por lo tanto no dependen únicamente de las características propias de cada test, sino también del tipo de sujetos utilizados para calcularla (Nunnally y Bernstein, 1995). Recordemos que también Cortada de Kohan (2004) señala que las características del examinado no se pueden separar de las características del test y cada una de ellas solo se interpreta dentro del contexto de la otra. Bajo estas condiciones, el análisis que se realiza a las muestras de estudio define la habilidad del encuestado en función del puntaje obtenido en el test.

Como el instrumento debe cumplir con los requisitos de validez y confiabilidad, los ítems se construyeron minuciosamente para que la prueba pudiera medir lo que tiene que medir, es decir la *proporción* de las imágenes. Así mismo se veló por las características de la población a la que fue dirigida la prueba y por el

contexto propio de la aplicación, y en relación a la *confiabilidad* se vigiló la precisión, consistencia y estabilidad de las repeticiones. Como lo recomienda Muñiz (2003), ambos criterios se toman en cuenta en las respectivas depuraciones de las muestras de estudio y de la prueba final.

Para determinar la fiabilidad del Test se realiza un análisis estadístico para cada una de las pruebas, buscando que el coeficiente formulado por Cronbach (1951) aumente en cada depuración. El valor del Alfa se deriva de la consistencia interna de la prueba, que a su vez proviene de la correlación que existe entre sus ítems. Por esta razón se considera importante el análisis de este coeficiente en las diferentes pruebas (Tablas 27, 43 y 44) para tratar de obtener un valor ≥ 0.7 . Pues en la medida que el Alfa de Cronbach aumenta, la fiabilidad del test mejora y se convierte en un instrumento más eficiente, con ítems más fiables y homogéneos.

En relación a la dificultad de los ítems el análisis se realiza según los lineamientos de la TCT, es decir que la dificultad está sujeta a la proporción de individuos que aciertan el ítem, a diferencia de aquellos que no lo pueden resolver. Por tal razón, su valor depende del tipo de encuestados a los que se les aplica la prueba. Así un mismo ítem puede resultar fácil si los sujetos son competentes y difícil si son incompetentes en el tema. Para unificar criterios se estudian las categorías propuestas por Garret (1968) y Yela (1980) y se opta por la más simple, es decir por la de Garret.

Tabla 06. Niveles de dificultad de los ítems y porcentajes en el test

Categorías	Percentil en el constructo	% Aproximado	Índice de Dificultad
Fáciles	0 – 25	25%	0.75 a 0.95
Medios	25 – 75	50%	0.26 a 0.74
Difíciles	75 – 100	25%	0.05 a 0.25

Garret (1968)

Categorías	Percentil en el constructo	% Aproximado	Índice de Dificultad
Muy fáciles	0 – 10	10%	0.75 a 0.95
Fáciles	10 – 30	20%	0.55 a 0.74
Normales	30 – 70	40%	0.45 a 0.54
Difíciles	70 – 90	20%	0.25 a 0.44
Muy Difíciles	90 – 100	10%	0.05 a 0.24

Yela (1980)

Como los tests buscan extraer información acerca de los sujetos, es más recomendable tener una prueba con distintos niveles de dificultad; por eso en las pruebas psicométricas se espera que la alternativa correcta sea elegida una mayor cantidad de veces y las alternativas incorrectas o distractores se equiparen entre sí. También para lograr un diagnóstico más acertado de los sujetos que aplican la prueba, se busca que cada nivel de habilidad tenga un porcentaje adecuado de ítems con ese nivel de dificultad. De ahí que un ítem extremadamente difícil es tan ineficiente como uno que todos responden, por lo que no se estarían recomendando para ningún instrumento de medición.

Por encima de la dificultad de los ítems en las muestras de estudio se analiza un parámetro más decisivo en la selección de los ítems, se trata del poder de discriminación que se relaciona directamente con diferenciar a los sujetos con puntuaciones altas de aquellos que las tienen bajas. Se considera que el índice de discriminación oscila entre -1 y +1 y aparece en las tablas de Estadísticos como la correlación elemento total corregida, es decir que, indica una correlación directa entre las puntuaciones de los sujetos en el test y sus respectivas puntuaciones en el ítem. El índice de discriminación es un indicador de la *confiabilidad* del instrumento porque está ligado al resto de las variables que constituyen el test. Así la calidad técnica del ítem depende del índice de discriminación y se considera que un ítem tiene buena calidad técnica si su discriminación es ≥ 0.30 .

En las muestras de estudio se analizan los errores aleatorios que se pueden presentar por diferentes razones: por el mismo test (ítems, formato), por el encuestado (actitud, estado de ánimo), por el aplicador (género, edad, personalidad, instrucciones incorrectas o mal expuestas), por el evaluador (errores de corrección), por las condiciones ambientales (luz, temperatura, ruido), etc. (coord. Muñiz, 1996). También el tamaño del aula o el hacinamiento entre los participantes puede influir en los resultados del test. Todos estos supuestos se analizan en las diferentes aplicaciones para entender mejor los resultados.

A continuación se desglosa cada prueba con su respectivos análisis estadístico y los resultados que aportan a la Prueba Final (TPP).

1.ii. Muestras de estudio

1.ii.1. TP01 (Test de Percepción 01)

El TP01 es la primera prueba piloto y se aplica a 49 estudiantes, 25 hombres y 24 mujeres, con edades que oscilaban entre los 18 y 27 años de edad. Los estudiantes son de dos grupos de la carrera de Diseño Industrial, entre los que se encuentran 3 alemanes de intercambio. Vale la pena mencionar que los resultados de los alemanes están muy por encima del promedio.

Todos los ítems de la TP01 son de *secuencia separada* (SS), por lo que en general resulta ser una prueba fácil. Al igual que las otras muestras de estudio la TP01 tiene 36 ítems pero su tiempo de aplicación varía de las demás: la duración por ítem es de 6 segundos, lo que concluye en una prueba de 216 segundos, o sean 3.6 minutos en total, sin contar las instrucciones. De acuerdo a los resultados pareciera ser que el grupo de encuestados es realmente muy bueno puesto que casi no hay encuestados con mal nivel, sin embargo por la desviación típica se concluye que hay poca variabilidad entre los mismos y eso deja ver que los ítems en general son fáciles.

Parámetros de ejecución

- a) Duración de la prueba: 1/3/2. Tiempos de exposición y respuesta:
 - 1 segundo para la primera proyección: imagen-respuesta,
 - 3 segundos para la segunda proyección: imagen-respuesta, más dos distractores
 - 2 segundos para la tercera proyección: marcar con x en la hoja de papel
- b) Disposición y tamaño de los estímulos en los ítems y sus distractores:
 - La imagen que se muestra en la primera proyección es de mayor tamaño que las imágenes mostradas a continuación.
 - La imagen de la primera proyección se centra en el espacio proyectual.
 - Las imágenes de la segunda proyección se ubican horizontalmente en la mitad inferior del espacio proyectual.
 - Se realiza grupalmente observando una presentación reflejada desde el proyector.

c) Complejidad de los estímulos:

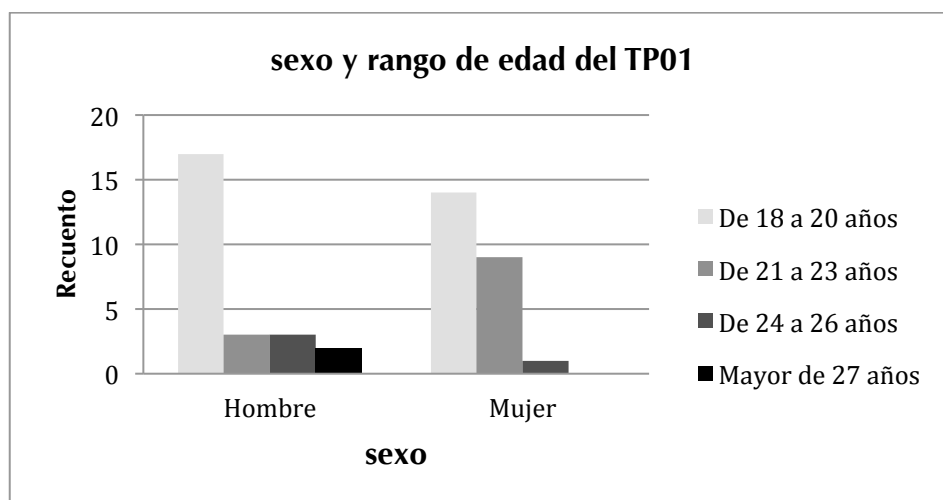
- La complejidad del ítem estriba en captar las diferencias proporcionales existentes en la figura.
- Algunas figuras tienen menos detalles que otras, lo que permite captar mejor la diferencia proporcional que existe entre la respuesta correcta y los distractores.
- Todos los ítems son de *secuencia separada* (SS), Tabla 24, lo que facilita en parte la respuesta de cada uno de ellos.
- La velocidad en el momento de la primer proyección es insuficiente para la retención de la imagen, aspecto que es fundamental para acertar la respuesta.

d) Variables implicadas: sexo, edad y nacionalidad.

Tabla 07. Contingencia: Sexo y rango de edad del TP01

		rango de edad del TP01				Total
		De 18 a 20 años	De 21 a 23 años	De 24 a 26 años	Mayor de 27 años	
sexo	Hombre	17	3	3	2	25
	Mujer	14	9	1	0	24
	Total	31	12	4	2	49

Gráfico 01. Sexo y rango de edad del TP01



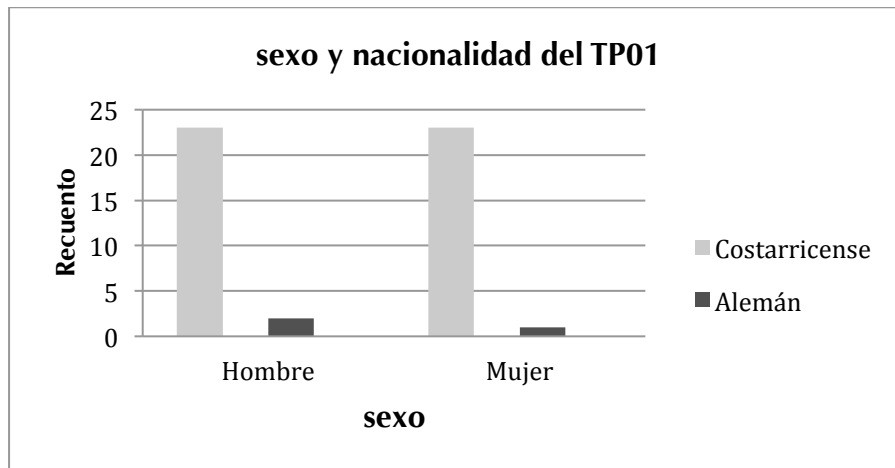
Grupo de estudio

- 46 estudiantes de la carrera de Diseño Industrial del Instituto Tecnológico de Costa Rica y 3 de la Hochschule für Gestaltung de Schbäwisch Gmünd, en total 49 estudiantes.

Tabla 08. Contingencia: Sexo y nacionalidad del TP01

		sexo y nacionalidad del TP01		Total
		Costarricense	Alemán	
sexo	Hombre	23	2	25
	Mujer	23	1	24
	Total	46	3	49

Gráfico 02. Sexo y nacionalidad del TP01



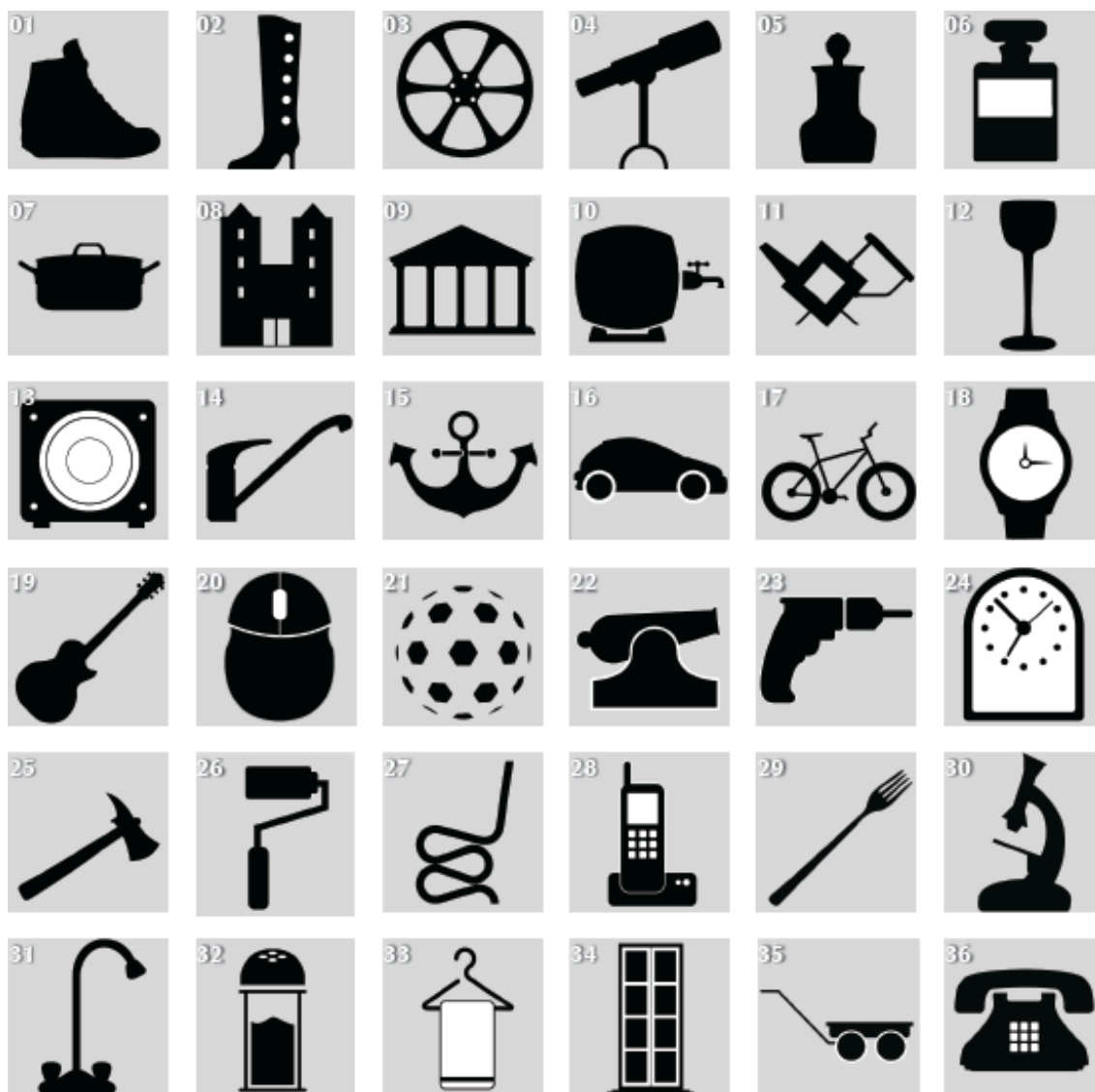


Figura 56. Reactivos del TP01

Validez y Depuración

El análisis de validez y depuración del TP01 inicia con 36 reactivos que se muestran gráficamente en la Figura 56 y aparecen de forma más detallada en la Tabla 09; en esta tabla se observa además los reactivos con su respectivo número de ítem (tomado del Banco de ítems), la posición de la respuesta correcta en el test y el nivel de dificultad obtenido. A través de la siguiente información y de otra más específica que se encuentra en las Tablas 01, 02, 03 y 04 del Anexo 3, se espera ir depurando el TP01 hasta llegar a obtener los reactivos de mejor

calidad técnica. Solo los ítems que resulten de este proceso podrán ser utilizados más adelante en la prueba final de Percepción de la proporción (TPP). Para ello se requiere hacer 4 depuraciones que se exponen a continuación, el proceso se realiza según los lineamientos de la Teoría Clásica de Tests (TCT) y de estas diferentes etapas sobreviven 14 ítems (Figura 57) que constituyen el aporte de la prueba piloto TP01 a la prueba final TPP.

Tabla 09. Reactivos TP01

Número de Reactivo	Número de ítem Banco de ítems	Posición de la respuesta correcta	Dificultad	Número de Reactivo	Número de ítem Banco de ítems	Posición de la respuesta correcta	Dificultad
R 01	Ítem # 02	3	Fácil	R 19	Ítem # 64	1	Difícil
R 02	Ítem # 03	2	Fácil	R 20	Ítem # 65	1	Normal
R 03	Ítem # 09	3	Fácil	R 21	Ítem # 70	2	Normal
R 04	Ítem # 12	3	Normal	R 22	Ítem # 72	3	Normal
R 05	Ítem # 13	3	Normal	R 23	Ítem # 73	1	Fácil
R 06	Ítem # 17	2	Fácil	R 24	Ítem # 74	2	Fácil
R 07	Ítem # 24	1	Fácil	R 25	Ítem # 75	2	Fácil
R 08	Ítem # 29	3	Normal	R 26	Ítem # 78	1	Fácil
R 09	Ítem # 31	2	Normal	R 27	Ítem # 87	1	Normal
R 10	Ítem # 34	1	Fácil	R 28	Ítem # 91	3	Normal
R 11	Ítem # 39	2	Fácil	R 29	Ítem # 92	3	Fácil
R 12	Ítem # 47	3	Fácil	R 30	Ítem # 93	2	Fácil
R 13	Ítem # 49	1	Normal	R 31	Ítem # 96	1	Fácil
R 14	Ítem # 51	2	Normal	R 32	Ítem # 99	2	Fácil
R 15	Ítem # 55	1	Normal	R 33	Ítem # 102	3	Fácil
R 16	Ítem # 59	3	Normal	R 34	Ítem # 103	1	Fácil
R 17	Ítem # 62	1	Normal	R 35	Ítem # 105	1	Fácil
R 18	Ítem # 63	3	Normal	R 36	Ítem # 106	3	Normal

El análisis del TP01 inicia detectando los ítems que resultan ser demasiado fáciles o difíciles, también aquellos que individualmente tienen baja correlación con el test y cómo serían los resultados de la prueba si alguno de estos ítems es eliminado de la muestra. En otras palabras: cómo se altera el Alfa de Cronbach si se elimina el ítem. Para ello se utiliza la información sobre Fiabilidad, Índice de dificultad, Coeficiente de Homogeneidad, y Estadísticos de la escala, que se encuentra desglosada en las Tablas 01, 02, 03 y 04 del Anexo 3.

Parte de los datos suministrados en las tablas del Anexo 3 se resume en la Tabla 09 del presente documento, en esta se puede observar como 19 de los 36 ítems

son fáciles (#1, #3, #12, #29, #33, #2, #6, #11, #24, #25, #30, #32, #7, #10, #23, #26, #31, #34, #35), solo el #19 es difícil y los otros 16 son normales o de mediana dificultad.

De la Tabla 04 (Anexo 3) de "Estadísticos total-elemento" se extrae que los siguientes ítems presentan baja correlación ítem-total corregida: R1 (-.018), R4 (.055), R5 (.157), R8 (-.188), R12 (-.038), R16 (-.065), R18 (-.052), R22 (-.246), R28 (-.001), R29 (.110), R36 (.117), R2 (.149), R6 (.141), R9 (.016), R11 (.052), R14 (.021), R21 (.013), R24 (-.001), R25 (-.053), R7 (.050), R10 (-.006), R13 (-.023), R17 (-.080), R19 (.122), R20 (-.123), R23 (.065), R26 (-.198) y R27 (.001). De la misma Tabla 04 (Anexo 3) se obtiene que los siguientes ítems mejoran el Alfa de Cronbach (0.252), si son eliminados: R1 (0.262), R8 (0.310), R12 (0.263), R16 (0.278), R18 (0.273), R22 (0.324), R28 (0.260), R9 (0.255), R14 (0.254), R21 (0.256), R24 (0.255), R25 (0.268), R10 (0.259), R13 (0.266), R17 (0.280), R20 (0.291), R26 (0.29) y R27 (0.259).

Primera Depuración TP01

Como resultado de los análisis anteriores se procede a la primera depuración del TP01, eliminando el ítem por cualquiera de los tres criterios considerados: dificultad, correlación y Alfa de Cronbach. De esta forma se eliminan los siguientes ítems por considerar que no aportan positivamente al TP01: R1, R8, R9, R10, R12, R13, R14, R16, R17, R18, R20, R21, R22, R24, R25, R26 y R28.

En total se eliminan 17 ítems y el Alfa de Cronbach sube a 0.587, es decir que mejora su fiabilidad. El TP01 en primer depuración queda con 19 ítems y con una Media de 13.79 (Tabla 07, Anexo 3). En la Tabla 06 Anexo 3 de "Estadísticos de los elementos" la mayoría de los ítems son fáciles (R3, R29, R33, R2, R6, R11, R30, R32, R7, R23, R31, R34, R35), es decir que de 19 ítems, 13 son fáciles, el R19 es difícil y solo 5 son de mediana dificultad (R4, R5, R36, R15 y R27. A su vez los ítems que presentan baja correlación ítem-total corregida (Tabla 08, Anexo 3) son: R4 (-.029), R5 (.191), R36 (.022), R11 (.167), R19 (.105), R23

(.061), R27 (-.026) y R31 (.192) y al observar que ítems mejoran el Alfa de Cronbach (0.587) si son eliminados, se obtiene los siguientes (Tabla 08, Anexo 3): R4 (0.616), R36 (0.607), R23 (0.592) y R27 (0.613).

Segunda depuración TP01

Con toda la información recabada en el paso anterior, se procede a la segunda depuración eliminando el ítem por cualquiera de los tres criterios considerados.

De esta forma se eliminan los siguientes ítems por considerar que no aportan positivamente al TP01: R4, R23, R27 y R36. En total se eliminaron 4 ítems y el Alfa de Cronbach sube a 0.674, es decir que mejora su fiabilidad. El TP01 en segunda depuración queda con 15 ítems y con una Media de 11.51 (Tabla 11 Anexo 3). En la Tabla 10 Anexo 3 de "Estadísticos de los elementos" se puede observar que la mayoría de los ítems son fáciles (R3, R29, R33, R2, R6, R11, R30, R32, R7, R31, R34, R35), puesto que de 15 ítems, 12 son fáciles, el R19 es difícil y solo 2 son de mediana dificultad (R5 y R15). A su vez el ítem que presenta baja correlación ítem-total corregida (Tabla 12 Anexo 3) es el R19 (.062) y al observar que ítems mejoran el Alfa de Cronbach (0.674) si son eliminados, se obtiene (Tabla 12 Anexo 3) que solo queda uno con esas características, el R19 (0.686).

Tercera depuración TP01

Con toda la información recabada en el paso anterior, se procede a la tercera depuración eliminando el ítem por cualquiera de los tres criterios considerados anteriormente. De esta forma se elimina el ítem R19 por considerar que no aporta positivamente al TP01. En esta Depuración se elimina 1 ítem y el Alfa de Cronbach sube a 0.686, es decir que mejora su fiabilidad. La Media de los ítems es de 11.36, según la Tabla 15 Anexo 3. En la Figura 57 se observa como el TP01 queda finalmente con los siguientes 14 reactivos: R2, R3, R5, R6, R7, R11, R15, R29, R30, R13, R32, R33, R34 y R35.

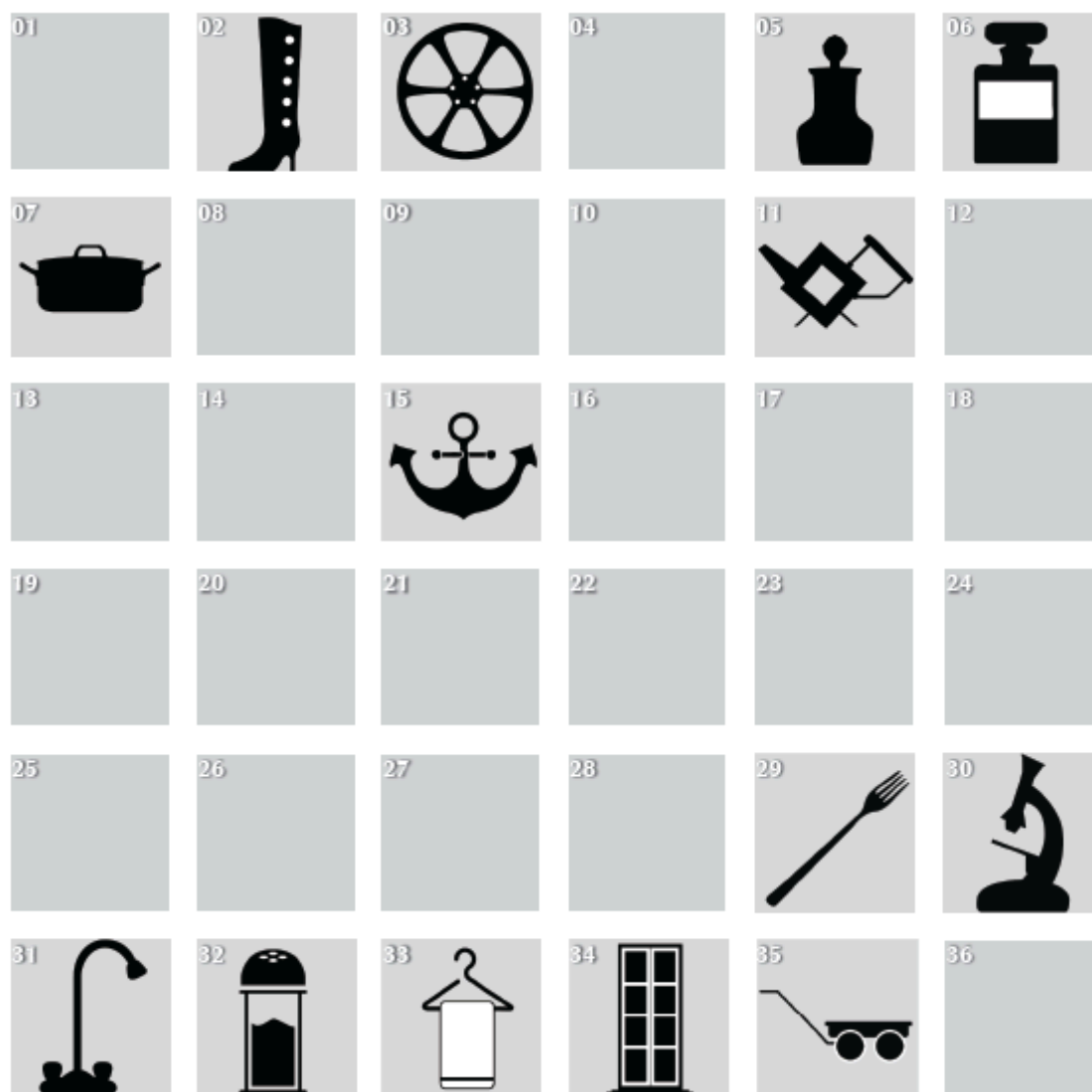


Figura 57. TP01 depurado por tercera vez

De estos 14 ítems que resultaron de la Tercera Depuración, 12 son considerados fáciles o muy fáciles (Tabla 10), solo el R5 y el R15 salieron con dificultad media. Estos datos indican que el test está midiendo con mayor precisión a las personas de bajo nivel, es decir que los errores de medición tenderán a ser mayores para personas de media y alta competencia en la variable medida. También en la Tabla 10 se observa los siguientes 8 reactivos: R3, R2, R6, R11, R30, R32, R15 y R35, salen con alta calidad técnica (discriminación > 0.30), sin embargo el *coeficiente de homogeneidad o discriminación* es en general Medio Bajo y el *Alfa de Cronbach* (0.686) está casi en el límite aceptable.

Tabla 10. Resultados TP01

número de reactivo	número de ítem	Media	Dificultad	Desviación típica	correlación elemento-total corregida	Alfa de Cronbach si se elimina el elemento
R 3	ítem 09	,8367	fácil	,37344	,315	,668
R 5	ítem 13	,5306	medio	,50423	,236	,685
R 29	ítem 92	,7755	fácil	,42157	,286	,673
R 33	ítem 102	,8163	fácil	,39123	,293	,671
R 2	ítem 03	,8571	fácil	,35355	,313	,669
R 6	ítem 17	,9388	fácil	,24223	,320	,671
R 11	ítem 39	,9184	fácil	,27664	,334	,668
R 30	ítem 93	,7551	fácil	,43448	,370	,660
R 32	ítem 99	,7959	fácil	,40721	,326	,666
R 7	ítem 24	,9388	fácil	,24223	,241	,678
R 15	ítem 55	,5510	medio	,50254	,314	,671
R 31	ítem 96	,9388	fácil	,24223	,280	,675
R 34	ítem 103	,9388	fácil	,24223	,280	,675
R 35	ítem 105	,7755	fácil	,42157	,435	,649

Resultados TP01

Prácticamente todos los ítems, excepto dos, son considerados fáciles, por lo que se presume que el grupo de encuestados es realmente bueno en percepción de la proporción, pues se trata de estudiantes de Diseño, donde no se detectan encuestados con bajo nivel en la variable medida. Esto también se nota en la desviación estándar que indica poca variabilidad entre los encuestados.

Se concluye que el TP01 es demasiado fácil y se sugiere aplicar la prueba en grupos más heterogéneos donde se pueda detectar si los ítems son realmente fáciles o es que el grupo de diseñadores es muy competente en la dimensión que se trabaja. Se propone construir un TP02 con ítems de *secuencia continua* para aumentar la dificultad de los mismos, y buscar que el porcentaje de la dificultad de los ítems se acerque a la propuesta por Garret en la Tabla 06.

También se considera conveniente trabajar en la correlación de los ítems para mejorar el *coeficiente de homogeneidad (discriminación)*.

1.ii.2. TP02 (Test de Percepción 02)

El TP02 es la segunda prueba piloto y se aplica a 58 estudiantes de dos grupos (Representación I y Representación III) y niveles (primer y tercer semestre) diferentes de la carrera de Diseño Industrial del Instituto Tecnológico de Costa Rica. Del total de encuestados 35 son mujeres y 23 hombres; 40 de los estudiantes son del primer semestre y 18 del tercer semestre, con edades 17-19 años en el primer grupo y 20-22 para el segundo. Todos son estudiantes son costarricenses y solo uno se sale de la norma con 27 años.

Todos los ítems de la TP02 son nuevos, es decir que no fueron utilizados anteriormente en la TP01 (Tabla 25), además son de *secuencia continua* (Tabla 24), los resultados demuestran que la TP02 resulta ser una prueba más difícil que la TP01, pues la mayoría de sus reactivos tiene dificultad media.

Un aspecto a considerar de la TP02 es que la correlación entre ítems no arroja resultados elevados, porque solo uno de ellos tiene buena calidad técnica, es decir mayor 0.30.

Al igual que las otras muestras de estudio la TP02 tiene 36 ítems pero su tiempo de aplicación varía de las demás: la duración por ítem es de 7 segundos, lo que concluye en una prueba de 252 segundos, o sean 4.2 minutos en total, sin contar las instrucciones.

Parámetros de ejecución

- a) Duración de la prueba: 2/3/2. Tiempos de exposición y respuesta:
- 2 segundos para la primera proyección: imagen-respuesta,
 - 3 segundos para la segunda proyección: imagen-respuesta, más dos distractores
 - 2 segundos para la tercera proyección: marcar con x en la hoja de papel

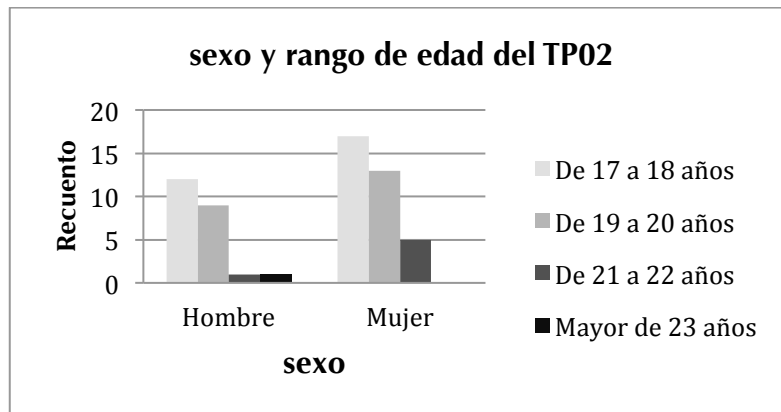
Con respecto al TP01 se amplía 1 segundo la primera proyección, para que el estudiante tenga más tiempo de observar la imagen principal.

- b) Disposición y tamaño de los estímulos en los ítems y distractores:
- La imagen de la primera proyección es de mayor tamaño que las imágenes mostradas a continuación.
 - La imagen de la primera proyección se centra en el espacio proyectual.
 - Las imágenes de la segunda proyección se ubican horizontalmente en la mitad inferior del espacio proyectual.
 - Se realiza grupalmente observando una presentación desde el proyector.
- c) Complejidad de los estímulos:
- La complejidad del ítem estriba en captar las diferencias proporcionales existentes en la figura. En algunos casos la figura tiene menos detalles, por lo que resulta más fácil captar la diferencia proporcional, o sea acertar la respuesta.
 - Todos los ítems del TP02 son de *secuencia continua* (Tabla 24), lo que aumenta la dificultad de los mismos.
 - Se reduce la velocidad de la primera proyección, para aumentar el tiempo de observación y facilitar la retención de la imagen que es fundamental para acertar la respuesta.
- d) Variables implicadas: sexo, edad y nivel de estudios:

Tabla 11. Contingencia: Sexo y rango de edad del TP02

		sexo y rango de edad del TP02				Total
		De 17 a 18 años	De 19 a 20 años	De 21 a 22 años	Mayor de 23 años	
sexo	Hombre	12	9	1	1	23
	Mujer	17	13	5	0	35
	Total	29	22	6	1	58

Gráfico 03. Sexo y rango de edad del TP02



Grupo de estudio

- 40 estudiantes del curso de Representación 1 y 18 de Representación 3 de la carrera de Diseño Industrial del Instituto Tecnológico de Costa Rica. En total 58 estudiantes costarricenses.

Tabla 12. Contingencia: Sexo y nivel educativo del TP02

		sexo		Total
		Hombre	Mujer	
nivel	Representación 1	15	25	40
	Representación 3	8	10	18
Total		23	35	58

Gráfico 04. Sexo y nivel educativo del TP02

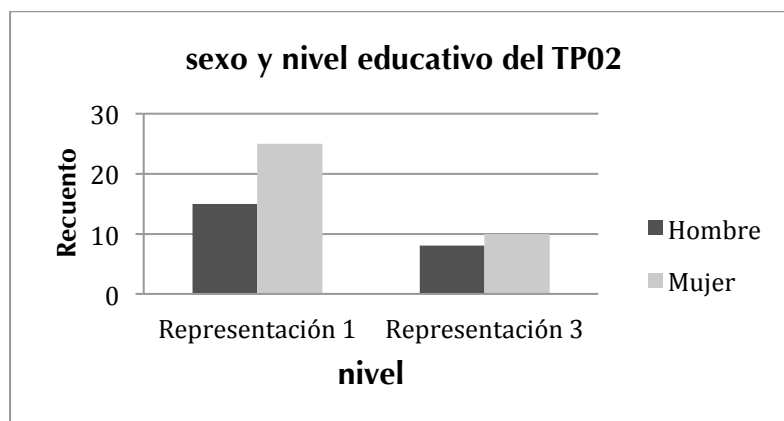




Figura 58. Reactivos del TP02

Validez y Depuración

El análisis de validez y depuración del TP02 inicia con 36 reactivos que se muestran gráficamente en la Figura 58 y aparecen de forma más detallada en la Tabla 13; en esta tabla se observa además los reactivos con su respectivo número de ítem (tomado del Banco de ítems), la posición de la respuesta correcta en el test y el nivel de dificultad obtenido.

A través de la siguiente información y de otra más específica que se encuentra en las Tablas 17, 18, 19 y 20 del Anexo 3, se espera ir depurando el TP02 hasta

llegar a obtener los reactivos de mejor calidad técnica. Solo los ítems que resulten de este proceso podrán ser utilizados más adelante en la prueba final de Percepción de la proporción (TPP). Para ello se requiere hacer 2 depuraciones que se exponen a continuación, el proceso se realiza según los lineamientos de la Teoría Clásica de Tests (TCT) y de estas diferentes etapas sobreviven 14 ítems (Figura 59) que constituyen el aporte de la prueba piloto TP02 a la prueba final TPP.

Tabla 13. Reactivos TP02

Número de Reactivo	Número de ítem Banco de ítems	Posición de la respuesta correcta	Dificultad	Número de Reactivo	Número de ítem Banco de ítems	Posición de la respuesta correcta	Dificultad
R 01	ítem # 05	1	Normal	R 19	ítem # 57	3	Normal
R 02	ítem # 06	2	Normal	R 20	ítem # 58	1	Normal
R 03	ítem # 07	3	Normal	R 21	ítem # 60	2	Normal
R 04	ítem # 08	3	Normal	R 22	ítem # 66	1	Normal
R 05	ítem # 11	2	Normal	R 23	ítem # 67	3	Normal
R 06	ítem # 15	1	Normal	R 24	ítem # 69	1	Normal
R 07	ítem # 19	2	Normal	R 25	ítem # 71	2	Normal
R 08	ítem # 20	3	Normal	R 26	ítem # 76	3	Normal
R 09	ítem # 21	1	Normal	R 27	ítem # 77	1	Normal
R 10	ítem # 25	1	Normal	R 28	ítem # 80	2	Fácil
R 11	ítem # 26	2	Normal	R 29	ítem # 84	3	Normal
R 12	ítem # 32	3	Normal	R 30	ítem # 85	2	Normal
R 13	ítem # 35	1	Normal	R 31	ítem # 89	1	Fácil
R 14	ítem # 37	2	Normal	R 32	ítem # 94	3	Normal
R 15	ítem # 38	3	Normal	R 33	ítem # 95	2	Normal
R 16	ítem # 42	1	Normal	R 34	ítem # 97	3	Normal
R 17	ítem # 43	2	Normal	R 35	ítem # 98	2	Normal
R 18	ítem # 53	3	Normal	R 36	ítem # 100	2	Normal

El análisis del TP02 inicia detectando los ítems que resultan ser demasiado fáciles o difíciles, también aquellos que individualmente tienen baja correlación con el test y cómo serían los resultados de la prueba si alguno de estos ítems es eliminado de la muestra; en otras palabras: cómo se altera el Alfa de Cronbach si se elimina el ítem. Para ello se utiliza la información sobre Fiabilidad, índice de dificultad, Coeficiente de Homogeneidad, y Estadísticos de la escala, que se encuentra desglosada en las Tablas 17, 18, 19 y 20 del Anexo 3. Parte de los datos suministrados en las tablas del Anexo 3 se resume en la Tabla 13 del presente documento, en esta se puede observar como 34 de los 36 ítems son de mediana dificultad, dos ítems son fáciles (#28 y #31) y no hay ítems difíciles.

La Tabla 20 Anexo 3 de "Estadísticos total-elemento" muestra que los siguientes ítems presentan baja correlación ítem-total corregida: R1 (.121), R9 (-.030), R10 (-.139), R13 (-.088), R16 (.068), R20 (-.056), R22 (.057), R24 (-.173), R27 (.024), R2 (.199), R5 (.139), R7 (.097), R11 (.032), R17 (.066), R21 (-.084), R25 (.143), R28 (-.006), R33 (-.023), R35 (-.124), R36 (.002), R3 (-.030), R4 (-.122), R8 (-.151), R15 (-.102), R18 (-.012), R19 (-.073), R23 (.141), R26 (.094), R29 (.069), R32 (-.045), R34 (.097). En la misma Tabla 20 Anexo 3 se observa que los siguientes ítems mejoran el Alfa de Cronbach (0.199), si son eliminados: R9 (0.212), R10 (0.238), R13 (0.227), R24 (0.246), R21 (0.224), R28 (0.203), R33 (0.210), R35 (0.232), R36 (0.203), R3 (0.212), R4 (0.231), R8 (0.242), R15 (0.230), R18 (0.207), R19 (0.222) y R32 (0.215).

Primera Depuración TP02

Como resultado de los análisis anteriores se procede a la primera depuración del TP02, eliminando el ítem por cualquiera de los tres criterios considerados: dificultad, correlación y Alfa de Cronbach. De esta forma se eliminan los siguientes ítems por considerar que no aportan positivamente al TP02: R3, R4, R8, R9, R10, R13, R15, R18, R19, R21, R24, R28, R32, R33, R35 y R36.

En total se eliminan 16 ítems y el Alfa de Cronbach sube a 0.505, es decir que mejora su fiabilidad. El TP02 en primera depuración queda con 20 ítems y con una Media de 10.37 (Tabla 23, Anexo 3).

En la Tabla 22, Anexo 3 de "Estadísticos de los elementos", se puede observar que 19 de los 20 ítems son de mediana dificultad, el R31 es un ítem fácil y no hay ítems difíciles. A su vez los ítems que presentan baja correlación ítem-total corregida (Tabla 24, Anexo 3) son: R1 (.158), R16 (.171), R20 (.013), R22 (.089), R27 (.005), R5 (.197), R7 (.149), R11 (.012), R17 (.151), R23 (.149), R26 (.024), R29 (.057) y R34 (.057), y al observar que ítems mejoran el Alfa de Cronbach (0.505) si son eliminados, se obtiene los siguientes (Tabla 24, Anexo 3): R20 (0.519), R27 (0.520), R11 (0.519), R26 (0.516), R29 (0.511) y R34 (0.510).

Segunda depuración TP02

Con toda la información recabada en el paso anterior, se procede a la segunda depuración eliminando el ítem por cualquiera de los tres criterios considerados.

Como resultado se obtiene la eliminación de los ítems que estaban causando mayores problemas en la primera Depuración del TP02, es decir el ítem: R11, R20, R26, R27, R29 y R34. En total se eliminaron 6 ítems y el Alfa de Cronbach sube a 0.566, es decir que mejora su fiabilidad.

En la Tabla 26, Anexo 3 de "Estadísticos de los elementos" se nota que prácticamente todos los ítems son de Dificultad Media, uno es fácil y no hay ítems difíciles. Según la Tabla 27, Anexo 3 el TP02 queda con 14 reactivos y una Media de 7.60. La Tabla 28, Anexo 3 muestra que aun quedan ítems con baja correlación ítem-total corregida: R1 (.175), R22 (.145), R5 (.173), R14 (.140) y R23 (.160), sin embargo el Alfa de Cronbach (0.566) no mejora si se llegara a eliminar alguno de estos.

En la Figura 59 se observa como el TP02 queda finalmente con 14 reactivos: R1, R2, R5, R6, R7, R12, R14, R16, R17, R22, R23, R25, R30 y R31.

La Tabla 14 muestra que todos los ítems del TP02, menos el R31 (fácil) son de dificultad media; lo que implica que el test está midiendo con mayor precisión a las personas de nivel medio, es decir que los errores de medición tenderán a ser mayores para personas de baja y alta competencia en la variable medida.

En la Tabla 14 también se observa que en general el Coeficiente de Homogeneidad o Discriminación resulta Medio Bajo y Bajo, solo el reactivo R17 (ítem #24) tiene una buena calidad técnica porque su discriminación > 0.30 .

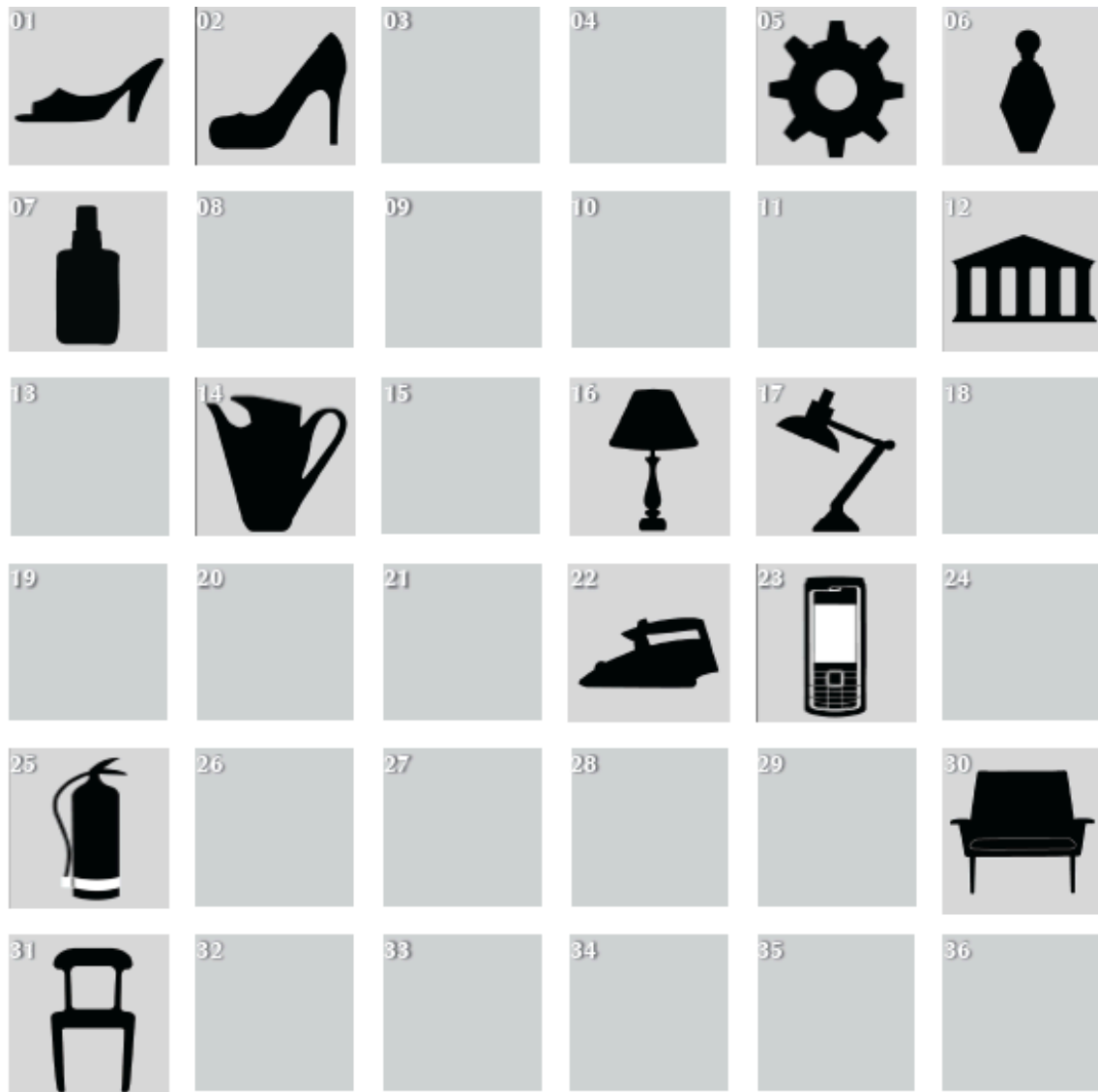


Figura 59. TP02 depurado por segunda vez

Tabla 14. Resultados TP02

número de reactivo	número de ítem	Media	Dificultad	Desviación típica	correlación elemento-total corregida	Alfa de Cronbach si se elimina el elemento
R 1	ítem 09	,3621	media	,48480	,175	,556
R 6	ítem 13	,6379	media	,48480	,288	,532
R 16	ítem 92	,5172	media	,50407	,219	,547
R 22	ítem 102	,3276	media	,47343	,145	,561
R 31	ítem 03	,8966	fácil	,30720	,256	,545
R 2	ítem 17	,6724	media	,47343	,222	,546
R 5	ítem 39	,6034	media	,49345	,173	,556
R 7	ítem 93	,5690	media	,49955	,258	,538
R 14	ítem 99	,4483	media	,50166	,140	,563
R 17	ítem 24	,5000	media	,50437	,304	,529
R 25	ítem 55	,6552	media	,47946	,223	,546
R 30	ítem 96	,6379	media	,48480	,272	,536
R 12	ítem 103	,3966	media	,49345	,221	,546
R 23	ítem 105	,3793	media	,48945	,160	,559

Resultados TP02

Desde el punto de vista de la dificultad de los ítems, los reactivos del TP02 aumentan su dificultad media respecto al TP01. También existe mayor variabilidad entre las calificaciones de los sujetos y se considera que la razón fundamental de este cambio es la *secuencia continua*, pues la diferencia entre los sub-ítems es mucho más sutil y por ende los reactivos resultan más difíciles. No obstante, y a pesar de la supuesta dificultad de los ítems, no se llegan a detectar puntuaciones de error, por lo que existe la posibilidad (al igual que en el TP01) de que este grupo de encuestados sea bastante bueno para la prueba.

En relación a la calidad técnica o discriminación del ítem, se presume que la cantidad de detalles o partes de las figuras complejas, puedan estar desviando la atención hacia otros factores, provocando que se pierda la concentración hacia el rasgo latente que se desea medir: *la proporción*. En otras palabras, el exceso de detalles hace que las partes se conviertan en formas adicionales a la figura principal, confundiendo al encuestado con más información de la necesaria para responder correctamente. Se concluye que el TP02 no arroja buenos resultados a pesar de que aumenta la dificultad con respecto al TP01, por lo que se recomienda mejorar la validez de los ítems, con una nueva prueba que aumente su discriminación. Para ello se propone el rediseño de algunos reactivos que simplifiquen su forma inicial y vuelvan más evidente la dimensión que se trabaja.

1.ii.3. TP03 (Test de Percepción 03)

El TP03 es la tercera prueba piloto y se aplica a una población más heterogénea proveniente de diferentes grupos, niveles y carreras de dos universidades, la Universidad de Costa Rica (UCR) y la Universidad Veritas. La prueba se aplica a 119 estudiantes, 56 hombres y 63 mujeres, con edades de entre 17-28 años. En general los de la UCR estudian Bellas Artes y Estudios Generales y los de la Universidad Veritas provienen de Diseño Publicitario.

El TP03 se enfrenta por primera vez a un contraste entre universidades pues es la primera vez que la prueba se aplica en otras universidades que no sea el TEC. La diversidad de la población entre aquellos que provienen de carreras relacionadas con el Diseño y los otros que son de Estudios Generales se ve reflejada en la *Varianza*, pues resulta ser mayor que en los casos anteriores.

29 de los 36 ítems del TP03 son de *secuencia continua* (Tabla 24) y todos excepto los ítems 14 y 48 (Tabla 25), fueron utilizados en alguna de las pruebas anteriores (TP01 o TP02). Esta nueva participación de ítems indica que fueron rediseñados o simplemente incorporados al TP03 con una secuencia diferente a la anterior.

Al igual que las otras muestras de estudio la TP03 tiene 36 ítems pero su tiempo de aplicación varía de las demás: la duración por ítem es de 8 segundos, lo que concluye en una prueba de 288 segundos, o sean 4.8 minutos en total, sin contar las instrucciones.

Parámetros de ejecución

- a) Duración de la prueba: 3/3/2. Tiempos de exposición y respuesta:
- 3 segundos para la primera proyección: imagen-respuesta,
 - 3 segundos para la segunda proyección: imagen-respuesta, más dos distractores
 - 2 segundos para la tercera proyección: marcar con x en la hoja de papel

Con respecto a la TP02 se amplia 1 segundo la primera proyección, con la intención de que el estudiante tenga más tiempo de observar la imagen principal.

b) Disposición y tamaño de los estímulos en los ítems y distractores:

- La imagen que se muestra en la primera proyección es de mayor tamaño que las imágenes posteriores.
- La imagen que se muestra en la primera proyección se centra en el espacio proyectual.
- Las imágenes de la segunda proyección se ubican horizontalmente en la mitad inferior del espacio proyectual.
- Se realiza grupalmente observando una presentación desde el proyector.

c) Complejidad de los estímulos:

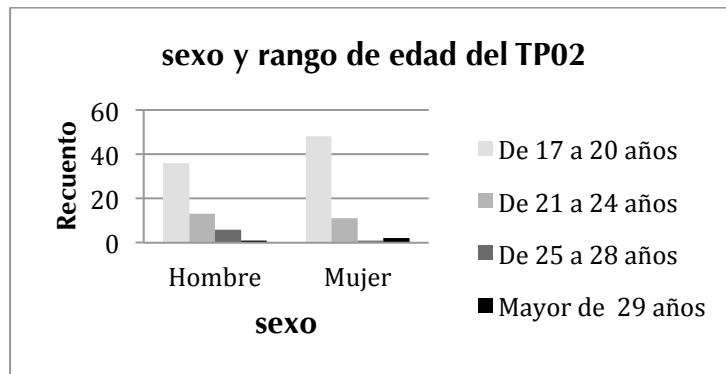
- La complejidad del ítem estriba en captar las diferencias proporcionales existentes en la figura.
- Algunas figuras tienen menos detalles que otras, lo que permite captar mejor la diferencia proporcional que existe entre la respuesta correcta y los distractores.
- 7 de los ítems del TP03 son de secuencia separada (SS) y 29 son de secuencia continua (SC), (Tabla 24).
- Se reduce la velocidad de la primera proyección, para aumentar el tiempo de observación y facilitar la retención de la imagen que es fundamental para acertar la respuesta.

d) Variables implicadas: sexo, edad y universidad:

Tabla 15. Contingencia: Sexo y rango de edad del TP03

		rango de edad				Total
		De 17 a 20 años	De 21 a 24 años	De 25 a 28 años	Mayor de 29 años	
sexo	Hombre	36	13	6	1	56
	Mujer	48	11	1	2	62
	Total	84	24	7	3	118

Gráfico 05. Sexo y rango de edad del TP03



Grupo de estudio

- 80 estudiantes de Diseño Publicitario de la Universidad Veritas y 38 de Diseño Gráfico de la Universidad de Costa Rica (UCR). En total 118 estudiantes costarricenses.

Tabla 16. Contingencia: Sexo y Universidad del TP03

		universidad		Total
		Universidad de Costa Rica	Universidad Veritas	
sexo	Hombre	20	36	56
	Mujer	18	44	62
	Total	38	80	118

Gráfico 06. Sexo y universidad del TP03

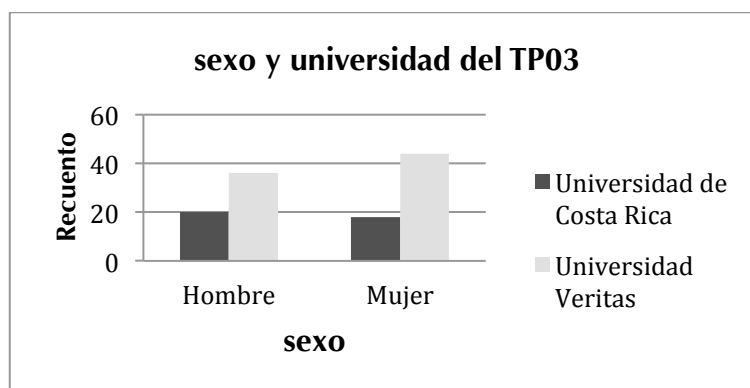




Figura 60. Reactivos del TP03

Validez y Depuración

El análisis de validez y depuración del TP03 inicia con 36 reactivos que se muestran gráficamente en la Figura 60 y aparecen de forma más detallada en la Tabla 17; en esta tabla se observa además los reactivos con su respectivo número de ítem (tomado del Banco de ítems), la posición de la respuesta correcta en el test y el nivel de dificultad obtenido. A través de la siguiente información y de otra más específica que se encuentra en las Tablas 29, 30, 31 y 32 del Anexo 3, se espera ir depurando el TP03 hasta llegar a obtener los reactivos de mejor

calidad técnica. Solo los ítems que resulten de este proceso podrán ser utilizados más adelante en la prueba final de Percepción de la proporción (TPP). Para ello se requiere hacer 3 depuraciones que se exponen a continuación, el proceso se realiza según los lineamientos de la Teoría Clásica de Tests (TCT) y de estas diferentes etapas sobreviven 18 ítems (Figura 61) que constituyen el aporte de la prueba piloto TP03 a la prueba final TPP.

Tabla 17. Reactivos TP03

Número de Reactivo	Número de ítem Banco de ítems	Posición de la respuesta correcta	Dificultad	Número de Reactivo	Número de ítem Banco de ítems	Posición de la respuesta correcta	Dificultad
R 01	ítem # 03	2	Normal	R 19	ítem # 64	1	Normal
R 02	ítem # 07	1	Normal	R 20	ítem # 65	2	Normal
R 03	ítem # 08	3	Normal	R 21	ítem # 67	3	Normal
R 04	ítem # 12	2	Difícil	R 22	ítem # 69	1	Normal
R 05	ítem # 14	3	Normal	R 23	ítem # 72	3	Difícil
R 06	ítem # 17	1	Normal	R 24	ítem # 73	3	Normal
R 07	ítem # 20	2	Normal	R 25	ítem # 74	1	Normal
R 08	ítem # 25	1	Normal	R 26	ítem # 78	2	Normal
R 09	ítem # 26	3	Normal	R 27	ítem # 80	3	Normal
R 10	ítem # 29	2	Normal	R 28	ítem # 84	2	Normal
R 11	ítem # 34	1	Normal	R 29	ítem # 91	1	Normal
R 12	ítem # 35	1	Normal	R 30	ítem # 93	3	Normal
R 13	ítem # 39	3	Fácil	R 31	ítem # 94	1	Normal
R 14	ítem # 48	2	Normal	R 32	ítem # 95	2	Normal
R 15	ítem # 51	2	Fácil	R 33	ítem # 96	3	Normal
R 16	ítem # 60	1	Normal	R 34	ítem # 98	1	Normal
R 17	ítem # 62	3	Normal	R 35	ítem # 105	3	Normal
R 18	ítem # 63	2	Normal	R 36	ítem # 106	2	Normal

El análisis del TP03 inicia detectando los ítems que resultan ser demasiado fáciles o difíciles, también aquellos que individualmente tienen baja correlación con el test y cómo serían los resultados del test si alguno de estos ítems es eliminado de la muestra; en otras palabras: cómo se altera el Alfa de Cronbach si se elimina el ítem. Para ello se utiliza la información sobre Fiabilidad, índice de dificultad, Coeficiente de Homogeneidad, y Estadísticos de la escala, que se encuentra desglosada en las Tablas 29, 30, 31 y 32 del Anexo 3. Parte de los datos suministrados en las tablas del Anexo 3 se resume en la Tabla 17 del presente documento, en esta se puede observar como 34 de los 36 ítems son de dificultad

media, dos ítems son fáciles (R15 y R13) y dos ítems (R4 y R23) son difíciles. La Tabla 32 Anexo 3 de "Estadísticos total-elemento" muestra que los siguientes ítems presentan baja correlación ítem-total corregida: R4 (-.074), R10 (.086), R14 (.053), R18 (.077), R20 (.116), R26 (.084), R28 (.086), R32 (.163), R1 (.084), R2 (-.096), R6 (-.006), R8 (.082), R11 (.114), R12 (.158), R16 (-.047), R19 (.084), R22 (.000), R25 (.051), R29 (.051), R34 (-.061), R3 (-.120), R5 (.103), R9 (.036), R17 (.119), R21 (-.011), R23 (.010), R24 (-.063), R27 (.103), R30 (-.014) y R35 (-.021).

En la misma Tabla 32 Anexo 3 se observa que los siguientes ítems mejoran el Alfa de Cronbach (0.345) si son eliminados: R4 (0.363), R2 (0.367), R6 (0.354), R16 (0.362), R22 (0.352), R34 (0.363), R3 (0.375), R9 (0.345), R21 (0.354), R23 (0.349), R24 (0.362), R30 (0.355) y R35 (0.356).

Primera Depuración TP03

Como resultado de los análisis anteriores se procede a la primera depuración del TP03, eliminando el ítem por cualquiera de los tres criterios considerados: dificultad, correlación y Alfa de Cronbach. De esta forma se eliminan los siguientes ítems por considerar que no aportan positivamente al TP03: R4, R2, R6, R16, R22, R34, R3, R9, R21, R23, R24, R30 y R35.

En total se eliminan 13 ítems y el Alfa de Cronbach sube a 0.530, es decir que mejora su fiabilidad. El TP03 en primera depuración queda con 23 ítems y con una Media de 12.42 (Tabla 34 Anexo 3).

En la Tabla 35 Anexo 3 de "Estadísticos de los elementos", se puede observar que la mayoría de los ítems tienen una dificultad media, solo el R4 es difícil y el R13 y el R15 son fáciles. A su vez los ítems que presentan baja correlación ítem-total corregida (Tabla 35 Anexo 3) son: R10 (.137), R14 (.099), R18 (.089), R20 (.153), R26 (.147), R28 (.133), R1 (.120), R8 (.076), R11 (.145), R12 (.154), R19 (.071), R25 (.115), R29 (.088), R5 (.072), R17 (.149), R27 (.060), y al observar que ítems mejoran el Alfa de Cronbach (0.530) si son eliminados, se obtiene los siguientes (Tabla 35 Anexo 3): R8 (0.530), R19 (0.532), R5 (0.532), R27 (0.533).

Segunda Depuración TP03

Con toda la información recabada en el paso anterior, se procede a la primera depuración eliminando el ítem por cualquiera de los tres criterios considerados.

Como resultado se obtiene la eliminación de los ítems que estaban causando mayores problemas, es decir el ítem: R5, R8, R19 y R27.

En total se eliminan 4 ítems y el Alfa de Cronbach sube a 0.542, es decir que mejora su fiabilidad. El TP03 en segunda depuración queda con 19 ítems y con una Media de 10.30 (Tabla 38, Anexo 3). En la Tabla 37 Anexo 3 de "Estadísticos de los elementos" se puede observar que la mayoría de los ítems tienen una dificultad media, solo el R15 y el R13 son fáciles y no hay ítems difíciles

A su vez los ítems que presentan baja correlación ítem-total corregida (Tabla 39, Anexo 3) son: R10 (.156), R14 (.115), R18 (.112), R20 (.148), R26 (.144), R28 (.154), R1 (.120), R11 (.139), R12 (.133), R25 (.153), R29 (.061), R17 (.126) y al observar que ítems mejoran el Alfa de Cronbach (0.542) si son eliminados, se obtiene que solo queda uno con esas características (Tabla 39 Anexo 3): R29 (0.549).

Tercera depuración TP03

Con toda la información recabada en el paso anterior, se procede a la primera depuración eliminando el ítem por cualquiera de los tres criterios considerados.

Como resultado se obtiene la eliminación del ítem que estaba causando mayores problemas, es decir el ítem: R29. En total se elimina 1 ítem y el Alfa de Cronbach sube a 0.549, es decir que mejora su fiabilidad.

En la Tabla 41 Anexo 3 de "Estadísticos de los elementos" se puede observar que prácticamente todos los ítems son de dificultad media, solo dos (R15 y R13) son fáciles y no hay ninguno difícil. La Tabla 42 Anexo 3 señala una Media de 9.73 y la Tabla 43 Anexo 3 muestra que aun quedan bastantes ítems con baja correlación ítem-total corregida: R10 (.156), R14 (.115), R18 (.112), R20 (.148),

R26 (.144), R28 (.154), R1 (.120), R11 (.139), R12 (.133), R25 (.153), R17 (.126). Pero en esa misma Tabla se observa que ningún ítem mejorará el Alfa de Cronbach (0.549) si se elimina.

En la Figura 61 se observa como el TP03 queda finalmente con 18 reactivos: R10, R14, R18, R20, R26, R28, R1, R11, R12, R25 y R17.

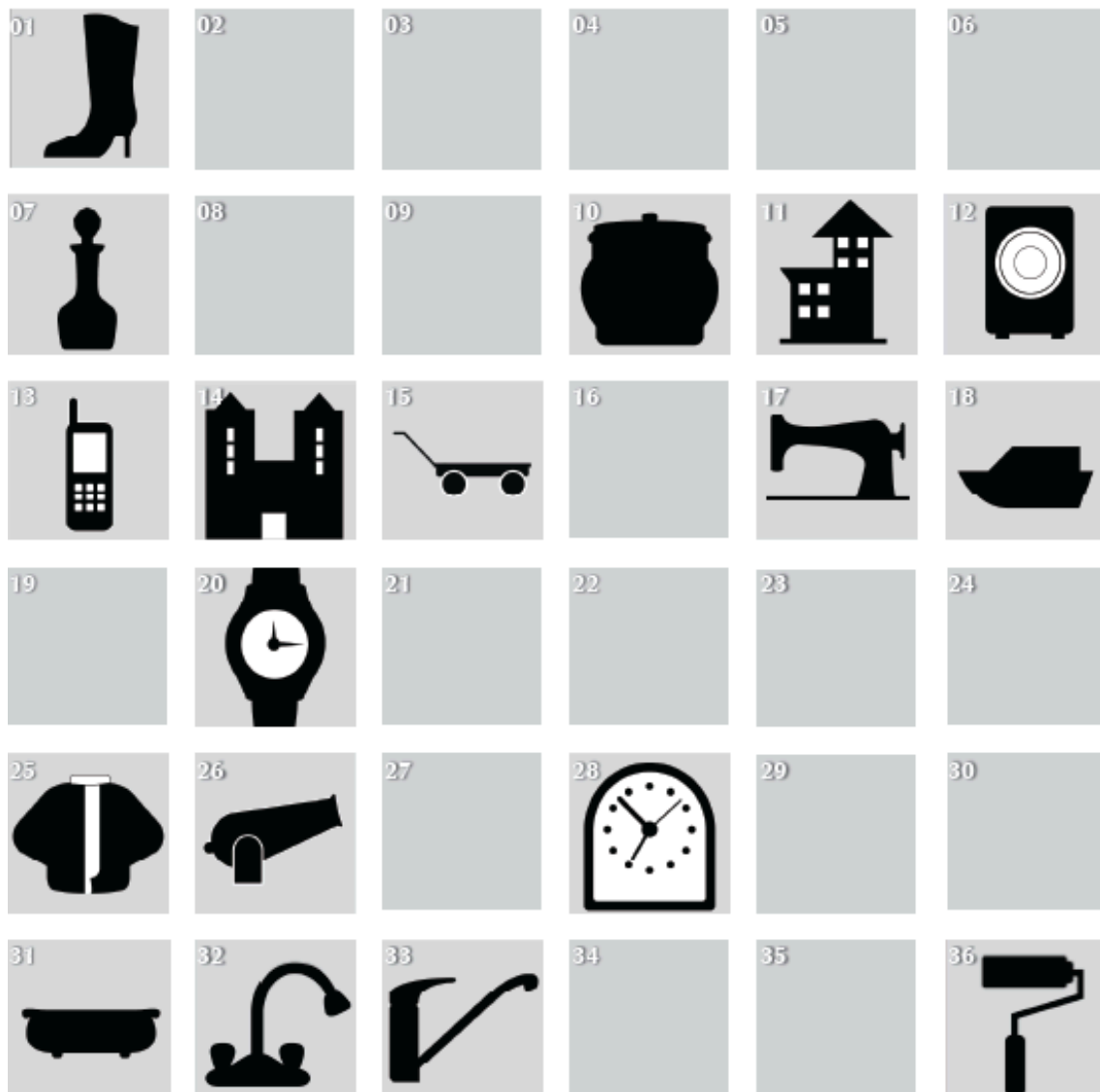


Figura 61. TP03 depurado por tercera vez

El TP03 utiliza 29 ítems que fueron rediseñados por haber tenido problemas de *Discriminación* en las pruebas anteriores (TP01 y TP02), como es el caso de los siguientes reactivos: 20, 25, 26, 29, 34, 35, 39, 51, 60, 62, 63, 64, 65, 67, 69, 72, 73, 74, 78, 80, 84, 91, 93, 94, 95, 96, 98, 105 y 106.

La Tabla 18 muestra como la mayoría de los ítems del TP03 son de dificultad media, lo que implica que el test está midiendo con mayor precisión a las personas de nivel medio, es decir que los errores de medición tenderán a ser mayores para personas de baja y alta competencia en la variable medida.

La misma Tabla también muestra que la discriminación de los ítems está bastante baja a pesar del trabajo que se realizó con el rediseño. Los únicos reactivos que resultan con alta calidad técnica son el R15 (ítem 51 = fácil) y el R33 (ítem 96 = dificultad media) pues tienen una discriminación > 0.30 . De tal forma se recomienda la elaboración de una cuarta prueba, que trate de solucionar los problemas de discriminación y dificultad.

Tabla 18. Resultados TP03

número de reactivo	número de ítem	Media	Dificultad	Desviación típica	correlación elemento-total corregida	Alfa de Cronbach si se elimina el elemento
R 7	ítem 20	,7395	media	,44077	,227	,528
R 10	ítem 29	,5630	media	,49811	,146	,542
R 14	ítem 48	,5126	media	,50195	,120	,546
R 15	ítem 51	,7731	fácil	,42059	,406	,500
R 18	ítem 63	,3866	media	,48902	,109	,548
R 20	ítem 65	,7143	media	,45366	,151	,540
R 26	ítem 78	,4286	media	,49696	,134	,544
R 28	ítem 84	,5966	media	,49265	,165	,538
R 32	ítem 95	,5966	media	,49265	,248	,523
R 36	ítem 106	,6975	media	,46129	,262	,521
R 1	ítem 03	,4286	media	,49696	,128	,545
R 11	ítem 34	,3445	media	,47723	,150	,541
R 12	ítem 35	,4874	media	,50195	,134	,544
R 25	ítem 74	,3782	media	,48698	,153	,540
R 31	ítem 94	,3782	media	,48698	,211	,530
R 13	ítem 39	,7731	fácil	,42059	,208	,531
R 17	ítem 62	,4118	media	,49423	,109	,548
R 33	ítem 96	,5294	media	,50124	,314	,510

Resultados TP03

Los resultados del TP03 no son satisfactorios porque a pesar de que se rediseñaron 29 ítems provenientes de pruebas anteriores, solo se obtienen dos reactivos con alta calidad técnica, es decir con discriminación > 0.30 .

Con el rediseño implementado se esperaba una mejoría evidente en el comportamiento de los ítems, ya que se consideraba que la complejidad de las figuras iba en detrimento de su discriminación en el test; sin embargo el rediseño que implicó básicamente la simplificación del ítem no obtuvo los frutos esperados.

1.ii.4. TP04 (Test de Percepción 04)

El TP04 es la cuarta prueba piloto y se aplica a una población más pequeña pero también más heterogénea que las anteriores en lo que se refiere a carrera y edad de los participantes. Se trata de un grupo de 18 estudiantes de postgrado, 13 hombres y 5 mujeres con edades entre 23-55 años. Todos becados por el programa E2nhance de Erasmus Mundus, radicados en Barcelona y provenientes de Colombia, Costa Rica, Panamá y Perú, A pesar de que esta prueba se aplica a una población muy pequeña, se obtiene mucha retroalimentación por parte de los encuestados, ya que se trata de una participación voluntaria con personas de un nivel de compromiso bastante alto. También esta prueba es muy importante para el estudio porque se trabaja de forma personalizada, con cada sujeto observando y respondiendo individualmente frente al ordenador y no como en los casos anteriores, observando imágenes proyectadas en una pantalla. A diferencia de las otras muestras de estudio, la TP04 se aplica en un ambiente controlado, que permite vigilar las interrupciones, lograr una mayor concentración y proveer las condiciones óptimas de visibilidad. El TP04 tiene 30 ítems de *secuencia continua* (Tabla 24) y 9 ítems nuevos (Tabla 25). Su tiempo de aplicación varía de las demás pruebas porque su duración por ítem es de 9.5 segundos, con un total de 342 segundos, es decir 5.7 minutos sin contar las instrucciones.

Parámetros de ejecución

- a) Duración de la prueba: 4/4/1.5. Tiempos de exposición y respuesta:
- 4 segundos para la primer proyección: imagen-respuesta,
 - 4 segundos para la segunda proyección: imagen-respuesta, más dos distractores
 - 1.5 segundos para la tercera proyección: marcar con x en la hoja de papel
- Con respecto al TP03 se aumenta 1 segundo en la primera proyección, 1 segundo en la segunda proyección y se reduce 1/2 segundo en el tiempo de marcar con x o poner la respuesta.

b) Disposición y tamaño de los estímulos en los ítems y distractores:

- La imagen que se muestra en la primera proyección es de mayor tamaño que las imágenes mostradas a continuación.
- La imagen de la primera proyección se centra en el espacio proyectual.
- Las imágenes de la segunda proyección se ubican horizontalmente en la mitad inferior del espacio proyectual.

Una diferencia del TP04 con respecto a los anteriores (TP01, TP02 y TP03) es que se realiza individualmente, observando las diapositivas directamente del ordenador

c) Complejidad de los estímulos:

- La complejidad del ítem estriba en captar las diferencias proporcionales existentes en la figura.
- Algunas figuras tienen menos detalles que otras, lo que permite captar mejor la diferencia proporcional que existe entre la respuesta correcta y los distractores.
- Como se observa en la Tabla 25, solo 9 de los 36 ítems del TP04 son nuevos, los demás son rediseños de los ítems utilizados en las muestras de estudio anteriores (TP01, TP02 o TP03).
- Se reduce la velocidad de la primera y segunda proyección, para aumentar el tiempo de observación y facilitar la retención de la imagen que es fundamental para acertar la respuesta.
- Se reduce el tiempo de marcar con x o tiempo de respuesta, por considerarse un trámite que no requiere cuestionamiento adicional.

d) Variables implicadas: género, edad, país y área de estudios.

Tabla 19. Contingencia: Sexo y rango de edad del TP04

		rango de edad				Total
		De 23 a 28 años	De 29 a 34 años	De 35 a 40 años	Mayor de 41 años	
sexo	Hombre	4	1	4	4	13
	Mujer	3	1	0	1	5
	Total	7	2	4	5	18

Gráfico 07. Sexo y rango de edad del TP04

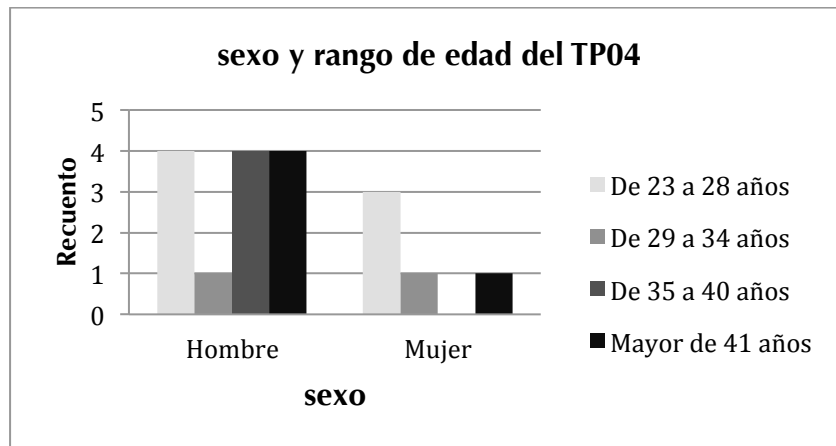
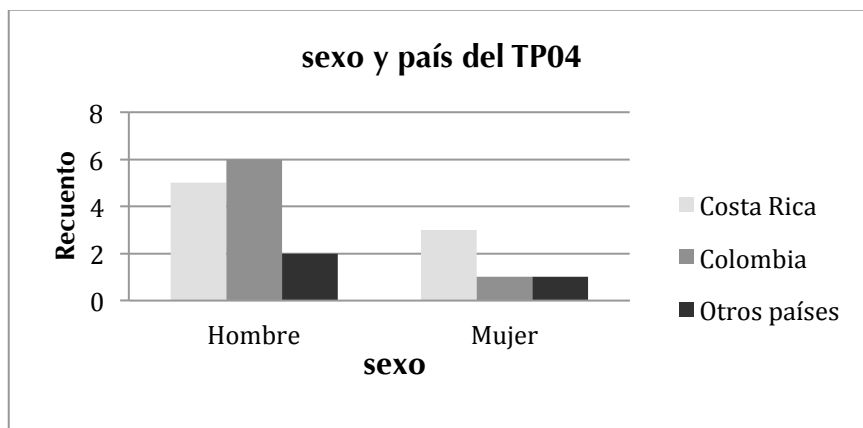


Tabla 20. Contingencia: Sexo y país del TP04

		país			Total
		Costa Rica	Colombia	Otros países	
sexo	Hombre	5	6	2	13
	Mujer	3	1	1	5
	Total	8	7	3	18

Gráfico 08. Sexo y país del TP04



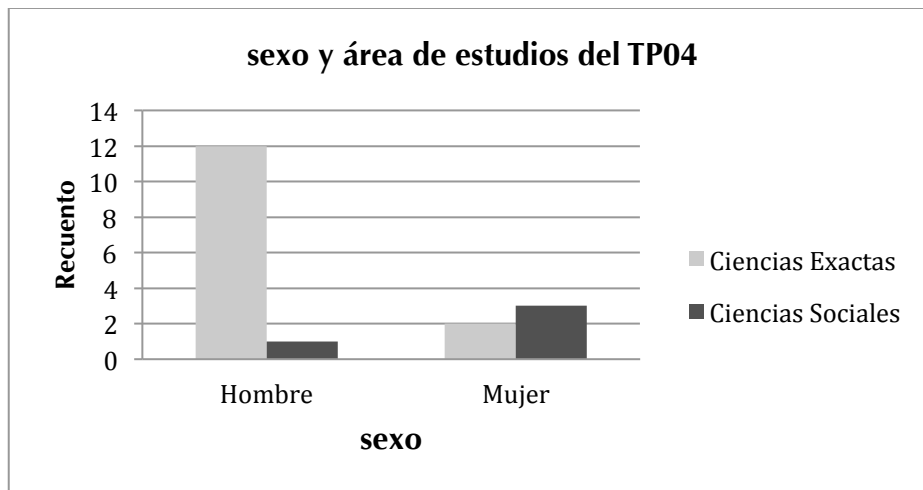
Grupo de estudio

- 18 estudiantes de postgrado (maestría y doctorado), becados por el programa *E2nhance de Erasmus Mundus* y radicados en Barcelona. Es un grupo muy heterogéneo, tanto por la edad, como por el área de estudios y el lugar de procedencia.

Tabla 21. Contingencia: Sexo y rango de edad del TP04

		área de estudios		Total
		Ciencias Exactas	Ciencias Sociales	
sexo	Hombre	12	1	13
	Mujer	2	3	5
	Total	14	4	18

Gráfico 09. Sexo y área de estudios del TP04



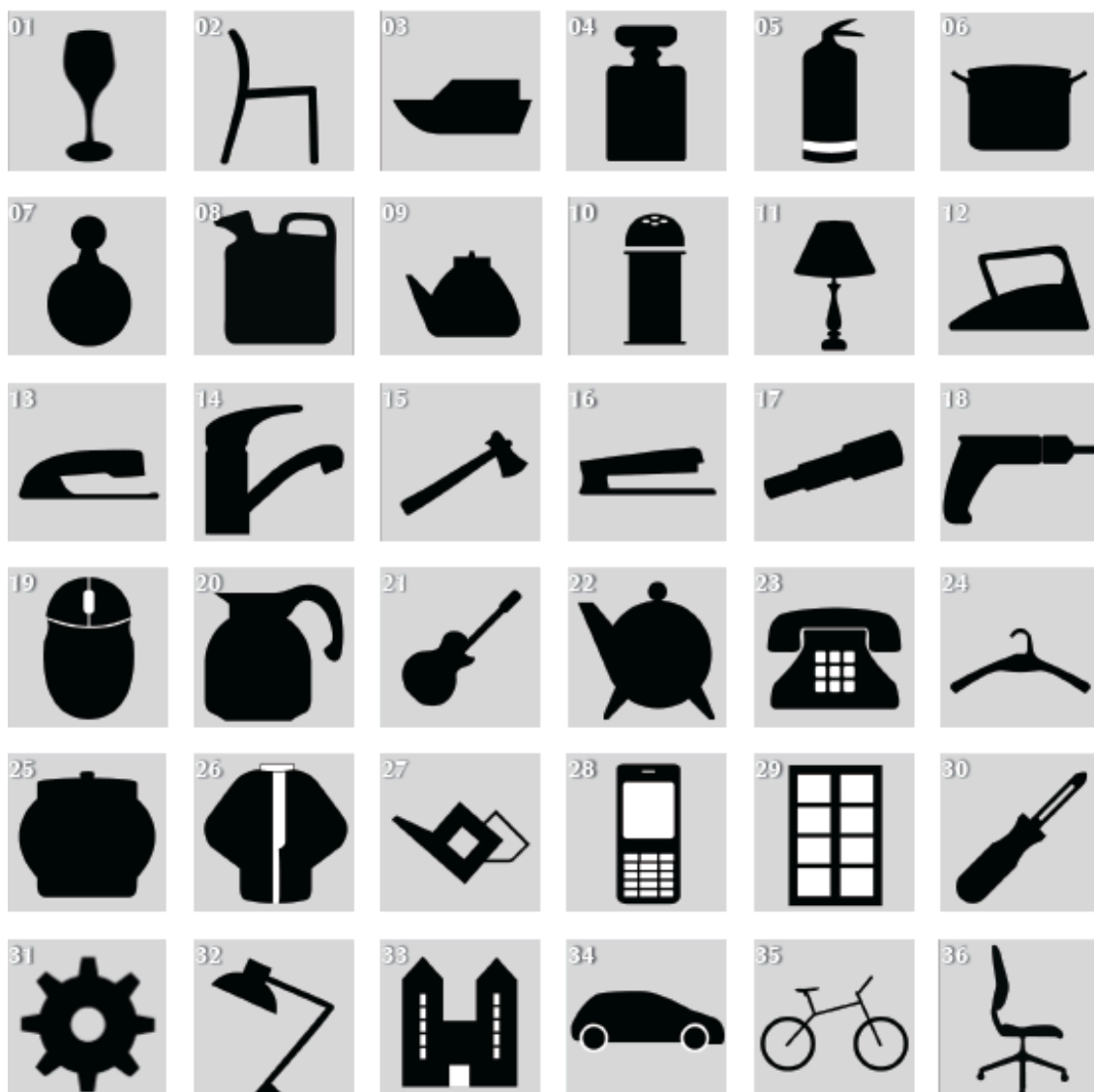


Figura 62. Reactivos del TP04

Validez y Depuración

El análisis de validez y depuración del TP04 inicia con 36 reactivos que se muestran gráficamente en la Figura 62 y aparecen de forma más detallada en la Tabla 22; en esta tabla se observa además los reactivos con su respectivo número de ítem (tomado del Banco de ítems), la posición de la respuesta correcta en el test y el nivel de dificultad obtenido.

A través de la siguiente información y de otra más específica que se encuentra en las Tablas 45, 46, 47 y 48 del Anexo 3, se espera ir depurando el TP04 hasta

llegar a obtener los reactivos de mejor calidad técnica. Solo los ítems que resulten de este proceso podrán ser utilizados más adelante en la prueba final de Percepción de la proporción (TPP). Para ello se requiere hacer 4 depuraciones que se exponen a continuación, el proceso se realiza según los lineamientos de la Teoría Clásica de Tests (TCT) y de estas diferentes etapas sobreviven 15 ítems (Figura 63) que constituyen el aporte de la prueba piloto TP01 a la prueba final TPP.

Tabla 22. Reactivos TP04

Número de Reactivo	Número de ítem Banco de ítems	Posición de la respuesta correcta	Dificultad	Número de Reactivo	Número de ítem Banco de ítems	Posición de la respuesta correcta	Dificultad
R 01	Item # 10	3	Normal	R 19	Item # 61	2	Normal
R 02	Item # 12	1	Normal	R 20	Item # 64	1	Normal
R 03	Item # 17	2	Normal	R 21	Item # 65	2	Fácil
R 04	Item # 20	3	Normal	R 22	Item # 66	3	Normal
R 05	Item # 24	1	Normal	R 23	Item # 67	2	Normal
R 06	Item # 25	3	Normal	R 24	Item # 69	1	Normal
R 07	Item # 29	2	Normal	R 25	Item # 71	2	Normal
R 08	Item # 38	1	Normal	R 26	Item # 73	3	Fácil
R 09	Item # 39	2	Normal	R 27	Item # 75	2	Normal
R 10	Item # 40	3	Normal	R 28	Item # 76	1	Normal
R 11	Item # 42	2	Normal	R 29	Item # 77	3	Normal
R 12	Item # 43	1	Difícil	R 30	Item # 79	1	Normal
R 13	Item # 46	3	Normal	R 31	Item # 83	2	Normal
R 14	Item # 50	2	Normal	R 32	Item # 98	1	Normal
R 15	Item # 56	1	Difícil	R 33	Item # 99	3	Normal
R 16	Item # 57	2	Normal	R 34	Item # 100	2	Fácil
R 17	Item # 59	3	Normal	R 35	Item # 104	3	Normal
R 18	Item # 60	1	Normal	R 36	Item # 106	2	Fácil

El análisis del TP04 inicia detectando los ítems que resultan ser demasiado fáciles o difíciles, también aquellos que individualmente tienen baja correlación con el test y cómo serían los resultados de la prueba si alguno de estos ítems es eliminado de la muestra; en otras palabras: cómo se altera el Alfa de Cronbach si se elimina el ítem.

Para ello se utiliza la información sobre Fiabilidad, índice de dificultad, Coeficiente de Homogeneidad, y Estadísticos de la escala, que se encuentra desglosada en las Tablas 45, 46, 47 y 48 del Anexo 3.

Parte de los datos suministrados en las tablas del Anexo 3 se resume en la Tabla 22 del presente documento, en esta se puede observar que la mayoría de los

ítems tienen una dificultad media, solo el R12 y R15 son difíciles y el R21, R26 , R34 y R36 son fáciles.

La Tabla 48 Anexo 3 de "Estadísticos total-elemento" muestra que los siguientes ítems presentan baja correlación ítem-total corregida: R1 (-.152), R4 (.040), R6 (-.342), R10 (.155), R13 (-.368), R17 (-.112), R26 (.178), R29 (-.236), R33 (-.109), R35 (-.072), R2 (.190), R5 (.041), R12 (-.170), R24 (.075), R30 (.079), R3 (-.125), R25 (.159), R27 (.041), R34 (-.181) y R36 (.116).

En la misma Tabla 48 Anexo 3 se observa que los siguientes ítems mejoran el Alfa de Cronbach (0.535) si son eliminados: R1 (.562), R4 (.539), R6 (.582), R13 (.585), R17 (.557), R29 (.571), R33 (.557), R35 (.552), R5 (.539), R12 (.555), R24 (.535), R3 (.557), R27 (.538) y R34 (.559).

Primera Depuración TP04

Como resultado de los análisis anteriores se procede a la primera depuración del TP04, eliminando el ítem por cualquiera de los tres criterios considerados: dificultad, correlación y Alfa de Cronbach. De esta forma se eliminan los siguientes ítems por considerar que no aportan positivamente al TP04: R1, R3, R4, R5, R6, R12, R13, R17, R24, R27, R29, R33, R34 y R35.

En total se eliminan 14 ítems y el Alfa de Cronbach sube a 0.789, es decir que mejora su fiabilidad. El TP04 en primer depuración queda con 22 ítems y con una Media de 12.00 (Tabla 51 Anexo 3).

En la Tabla 52 Anexo 3 de "Estadísticos de los elementos", se puede observar que la mayoría de los ítems tienen una dificultad media, solo el R15 es difícil y el R21, R26 y R36 son fáciles.

A su vez los ítems que presentan baja correlación ítem-total corregida (Tabla 53 Anexo 3) son: R22 (.069), R26 (.050), R30 (.138) y R25 (.138) y al observar que ítems mejoran el Alfa de Cronbach (0.530) si son eliminados, se obtiene los siguientes (Tabla 52 Anexo 3): R22 (.796), R26 (.793), R30 (.792) y R25 (.792).

Segunda depuración TP04

Con toda la información recabada en el paso anterior, se procede a la primera depuración eliminando el ítem por cualquiera de los tres criterios considerados.

Como resultado se obtiene la eliminación de los ítems que estaban causando mayores problemas, es decir el ítem: R14, R22, R25, R26 y R30

En total se eliminan 5 ítems y el Alfa de Cronbach sube a 0.810, es decir que mejoró su fiabilidad. El TP04 en segunda depuración queda con 18 ítems y con una Media de 9.83 (Tabla 55 Anexo 3).

En la Tabla 54 Anexo 3 de "Estadísticos de los elementos" se puede observar que la mayoría de los ítems tienen una dificultad media, solo el R15 es difícil y el R21 y R36 son fáciles. A su vez los ítems que presentan baja correlación ítem-total corregida (Tabla 54 Anexo 3) son: R14 (.175) y R20 (.203). Al observar que ítems mejoran el Alfa de Cronbach (0.810) si son eliminados, se obtiene que solo quedan dos con esas características: R14 (.815) y R20 (.813)

Tercera depuración TP04

Con toda la información recabada en el paso anterior, se procede a la tercera depuración eliminando el ítem por cualquiera de los tres criterios considerados.

Como resultado se obtiene la eliminación de los ítems que están causando mayores problemas, es decir el ítem R14 y el R20.

En total se eliminan 2 ítems y el Alfa de Cronbach sube a 0.819, es decir que mejora su fiabilidad. El TP04 en tercera depuración queda con 16 ítems y con una Media de 8.72 (Tabla 59 Anexo).

En la Tabla 58 Anexo de "Estadísticos de los elementos" se puede observar que prácticamente todos los ítems son de Dificultad Media, solo dos (R21 y R36) son fáciles y el R15 es difícil. La Tabla 60 muestra que no quedan ítems con baja correlación ítem-total corregida, pero si queda un ítem que mejora el Alfa de Cronbach si es eliminado, se trata del R2 (.821).

Cuarta depuración TP04

Con toda la información recabada en el paso anterior, se procede a la cuarta depuración eliminando el ítem por cualquiera de los tres criterios considerados.

Como resultado se obtiene la eliminación del ítem R2 que es el único que está causando problemas en el TP04.

En total se elimina 1 ítem y el Alfa de Cronbach sube a 0.821, es decir que mejora su fiabilidad. En la Tabla 62 Anexo 3 de "Estadísticos de los elementos" se puede observar que prácticamente todos los ítems siguen siendo de dificultad media, solo dos (R21 y R36) son fáciles y el R15 es difícil.

La Tabla 63 Anexo 3 señala una Media de 8.16 y la Tabla 64 Anexo 3 muestra que no quedan ítems con baja correlación ítem-total corregida y no hay ítems que mejoren el Alfa de Cronbach si son eliminados.

En la Figura 63 se observa como el TP04 queda finalmente con 15 ítems en cuarta depuración.

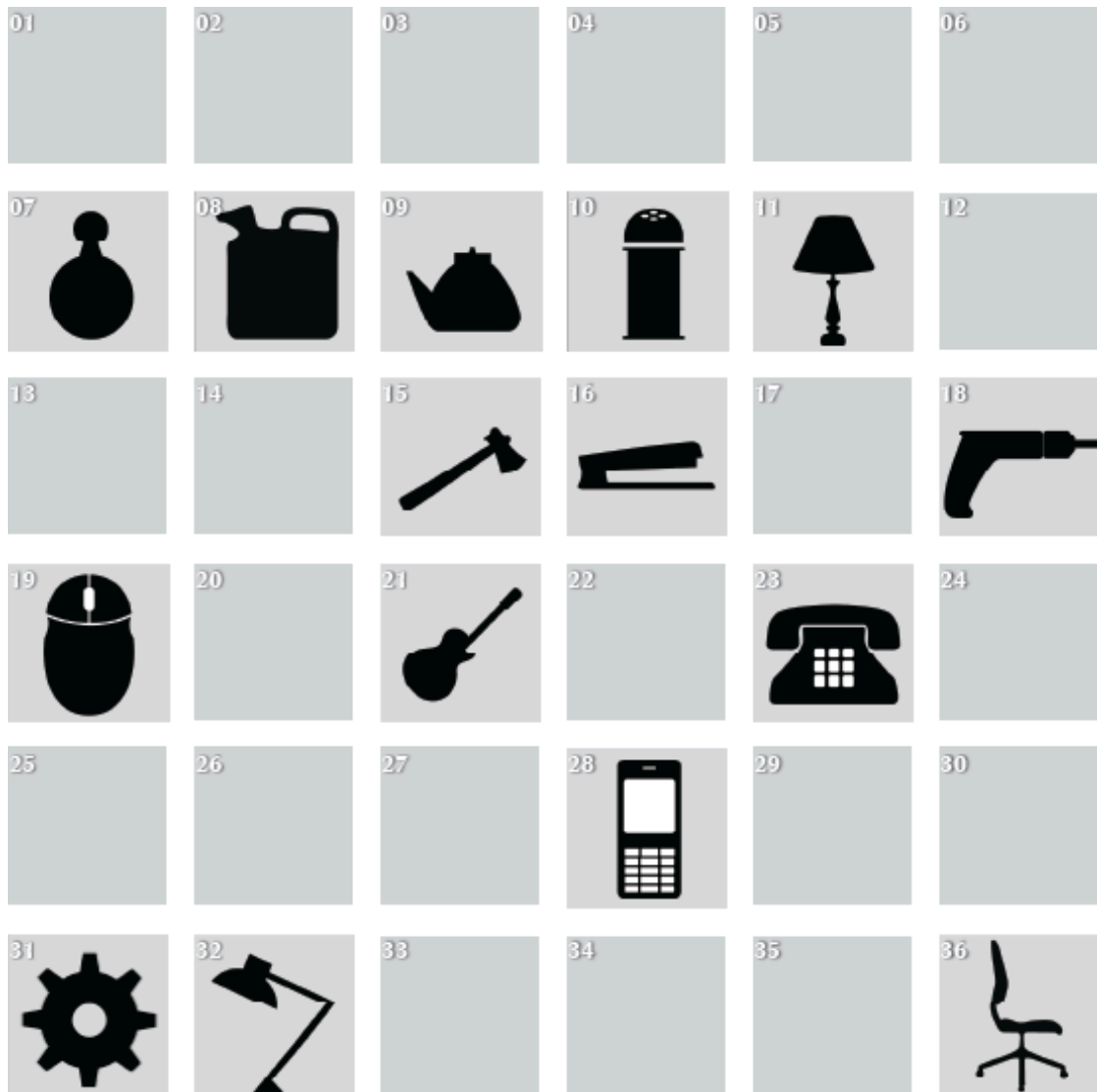


Figura 63. TP04 depurado por cuarta vez

La Tabla 23 muestra como la mayoría de los ítems que resultan de la cuarta depuración son de dificultad media, lo que implica que el test está midiendo con mayor precisión a las personas de nivel medio, es decir que los errores de medición tenderán a ser mayores para personas de baja y alta competencia en la variable medida. La Tabla 23 muestra como 13 de los 15 reactivos finales tienen alta calidad técnica (discriminación > 0.30), estos reactivos son los siguientes: R10, R8, R18, R28, R32, R7, R9, R16, R19, R23, R31, R36 y R11, que equivalen a los ítems: #40, #38, #60, #76, #98, #29, #39, #57, #61, #67, #83, #106 y #42 del Banco de ítems.

Tabla 23. Resultados TP04

número de reactivo	número de ítem	Media	Dificultad	Desviación típica	correlación elemento-total corregida	Alfa de Cronbach si se elimina el elemento
R 10	ítem 40	,4444	media	,51131	,326	,818
R 8	ítem 38	,3889	media	,50163	,518	,804
R 15	ítem 56	,1111	difícil	,32338	,289	,818
R18	ítem 60	,7222	media	,46089	,361	,815
R 28	ítem 76	,5000	media	,51450	,486	,807
R 32	ítem 98	,6667	media	,48507	,664	,794
R 7	ítem 29	,6111	media	,50163	,530	,803
R 9	ítem 39	,4444	media	,51131	,427	,811
R 16	ítem 57	,5556	media	,51131	,485	,807
R 19	ítem 61	,6667	media	,48507	,300	,819
R 21	ítem 65	,7778	fácil	,42779	,284	,819
R 23	ítem 67	,7222	media	,46089	,667	,795
R 31	ítem 83	,5000	media	,51450	,383	,814
R 36	ítem 106	,7778	fácil	,42779	,322	,817
R 11	ítem 42	,2778	media	,46089	,486	,807

Resultados TP04

Esta prueba tiene los mejores resultados de las muestras de estudio al sacar 13 de los 15 reactivos finales con alta calidad técnica (discriminación > 0.30).

El Alfa de Cronbach también es el más alto (0.821) lo que garantiza una buena confiabilidad. No obstante la muestra de participantes es más pequeña (18 personas) que la cantidad de reactivos que sujetos, lo que repercute en algunos análisis.

Sin embargo el TP04 resulta ser muy productivo a nivel de usabilidad del test, porque a través de la retroalimentación que surge, se pueden ajustar mejor los tiempos de proyección, así como el tamaño y la ubicación de las imágenes que serán utilizadas posteriormente en el Test Final (TPP).

Vale la pena recordar que esta prueba fue la única que se hace individualmente y frente al computador, además los encuestados deciden participar en ella por decisión propia y no impuesta en los otros casos por el profesor.

A partir de los resultados del TP04 y de las pruebas anteriores se recomienda iniciar la validación de los ítems con una población lo más heterogénea posible.

1.iii. Comparación de muestras de estudio

La comparación de las muestras de estudio se realiza con la intención de conocer y mejorar todos los parámetros que puedan afectar la prueba final TPP; los dos primeros temas tienen que ver con la ejecución del test y los segundos con la información estadística que sirve de sustento para analizar la fiabilidad del instrumento:

1. Participación de ítems
2. Tiempos de exposición de las imágenes
3. Estadísticos descriptivos
4. Diferencia de Medias

Este apartado contiene un resumen general de todas las muestras de estudio (TP01, TP02, TP03 y TP04) las cuales se aplican a grupos pequeños de estudiantes, principalmente en Costa Rica. Por esta razón se considera más prudente analizar los resultados a través de la Teoría Clásica de Tests (TCT) y no de la Teoría de Respuesta a los ítems (TRI).

1.iii.1. Participación de ítems

El objetivo de las muestras de estudio es seleccionar los mejores ítems para que puedan ser utilizados en la prueba final de percepción de la proporción (TPP). En cada una de ellas se lleva un control de la participación de los ítems y un análisis de su comportamiento dentro del test. Algunos de los ítems que llegan al TPP pasan antes por un proceso de filtrado, que consiste básicamente en dos opciones: un cambio de *secuencia* para reducir o aumentar el nivel de dificultad o una simplificación de la forma para lograr un mayor poder de discriminación. En la Tabla 24 se muestra la secuencia que tuvo cada ítem en las diferentes pruebas, al final de éstas se obtienen 23 ítems con alta calidad técnica, o sea con una *discriminación* > 0.30 ; se trata de los siguientes: 03, 09, 17, 24, 29, 38, 39, 40, 42, 51, 55, 57, 60, 61, 67, 76, 83, 93, 96, 98, 99, 105 y 106.

En la Tabla 25 se observa que algunos ítems participaron en varias ocasiones,

mientras que otros no tomaron parte en el estudio (al menos por ahora), esto se debe a que un ítem no obtiene una buena calidad técnica de primera entrada y por lo tanto se requieren hacer algunos ajustes antes de que se logre dicho objetivo; es decir que el ítem correlacione positivamente con los demás reactivos y con el instrumento. Es importante notar que en general, los ítems que pasan a formar parte del TPP son reactivos que no solo han sido probados con anterioridad, si no que han obtenido la mejor calidad técnica en las muestras de estudio, estos se identifican con (*) en la Tabla 24.

Tabla 24. Participación de los ítems en las diferentes pruebas

número de ítem	TP01	TP02	TP03	TP04	TPP	número de ítem	TP01	TP02	TP03	TP04	TPP	número de ítem	TP01	TP02	TP03	TP04	TPP	
1						36						71						
2	SS					37		SC			SC	72		SC		SC		
3	SS		SC		SC	*	38		SC		SC	*	73	SS		SC	SC	SS
4						39	SS		SC	SC		*	74	SS		SC		SC
5		SC			SC	40				SC	SS	*	75	SS			SC	
6		SC			SC	41							76		SC		SC	SS
7		SC	SC			42		SC		SC	SC	*	77		SC		SS	
8		SC	SS			43		SC		SC	SC		78	SS		SC		SC
9	SS				SS	*	44						79				SS	
10				SC	SC	45							80		SC	SC		SC
11		SC				46							81					
12	SS		SC	SC		47	SS				SC		82					
13	SS					48			SC		SC		83				SC	
14			SS		SS	49	SS						84		SC	SC		
15		SC			SC	50				SS	SS		85		SC			SS
16						51	SS		SS			*	86					
17	SS		SC	SC		*	52						87	SS				
18						53		SC			SC		88					
19		SC			SC	54							89		SC			
20		SC	SC	SS		55	SS				SS	*	90					
21		SC				56				SC			91	SS		SS		
22						57		SC		SC		*	92	SS				SS
23						58		SC			SC		93	SS		SC		SS
24	SS			SC	SC	*	59	SS		SC			94		SC	SC		
25		SC	SC	SC		60		SC	SC	SC		*	95		SC	SC		
26		SC	SC		SC	61				SC		*	96	SS		SC		SC
27						62	SS		SC		SS		97		SC			
28						63	SS		SC				98		SC	SC	SC	
29	SS		SS	SC	SS	*	64	SS		SC	SC		99	SS			SC	SC
30						65	SS		SC	SC			100		SC		SC	
31	SS					66		SC		SC			101					
32		SC			SC	67		SC	SC	SC	SC	*	102	SS				SS
33						68							103	SS				
34	SS		SC			69		SC	SS	SS			104			SC	SC	
35		SC	SC			70	SS						105	SS		SS		SS
													106	SS		SC	SS	*

En la Tabla 25 a diferencia de la Tabla 24 aparecen los ítems con su respectivo número de reactivo, dentro de cada una de las pruebas donde participaron.

Vale la pena recordar que el # de ítem corresponde al # de ítem dentro del banco de ítems y no dentro de cada prueba, a este último se le llama # de reactivo. Por esta razón en la Tabla 25 pueden aparecer varios # de reactivo para un mismo # de ítem; por ejemplo el ítem #67 se presenta en la prueba TP02 como R23, en la TP03 como reactivo R21, en la TP04 como R23 y en la TPP como R28. Esta información permite cotejar más directamente los resultados obtenidos de las diferentes pruebas, donde se trabaja con el número de reactivo y no con el número de ítem.

Tabla 25. Ítems y reactivos en las diferentes pruebas

número de ítem	# reactivo TP01	# reactivo TP02	# reactivo TP03	# reactivo TP04	# reactivo TP05	número de ítem	# reactivo TP01	# reactivo TP02	# reactivo TP03	# reactivo TP04	# reactivo TP05	número de ítem	# reactivo TP01	# reactivo TP02	# reactivo TP03	# reactivo TP04	# reactivo TP05
1						36						IT 71					
2	1					37		14			21	72	22		23		
3	2		1		25	38		15		8		73	23		24	26	29
4						39	11		13	9		74	24		25		14
5		1			22	40				10	36	75	25				27
6		2			7	41						76		26		28	33
7		3	2			42		16		11	16	77		27		29	
8		4	3			43		17		12	32	78	26		26		8
9	3				2	44						79				30	
10				1	12	45						80		28	27		35
11		5				46				13		81					
12	4		4	2		47	12					82					
13	5					48			14		18	83				31	
14			5		3	49	13					84		29	28		
15		6			20	50				14	31	85		30			11
16						51	14		15			86					
17	6		6	3		52						87	27				
18						53		18			17	88					
19		7			19	54						89		31			
20		8	7	4		55	15				10	90					
21		9				56				15		91	28		29		
22						57		19		16		92	29				6
23						58		20			15	93	30		30		4
24	7			5	1	59	16			17		94		32	31		
25		10	8	6		60		21	16	18		95		33	32		
26		11	9		27	61				19		96	31		33		13
27						62	17		17		34	97		34			
28						63	18		18			98		35	34	32	
29	8		10	7	30	64	19		19	20		99	32			33	24
30						65	20		20	21		100		36		34	
31	9					66		22		22		101					
32		12			26	67		23	21	23	28	102	33				5
33						68						103	34				
34	10		11			69		24	22	24		104				35	23
35		13	12			70	21					105	35		35		9
												106	36		36	36	

1.iii.2. Tiempos de exposición

En la Tabla 26 aparecen los tiempos de exposición de las dispositivas que se proyectan en las diferentes muestras de estudio hasta la prueba final (TPP). Estos tiempos corresponden a un solo ítem, por lo que el proceso se repite 36 veces consecutivas durante todo el Test. La imagen pregunta, la imagen respuesta, así como el tiempo que se destina para marcar con "x", fueron descritas ampliamente en el apartado 2.ii.4. "Desarrollo de un Test Visual". Como se observa en la Tabla 26, el tiempo aumenta 4 veces en la *imagen pregunta*, casi se duplica en la *imagen respuesta* y se reduce en el tiempo de marcar con "x". Lo acontecido con las Figuras 53, 54 y 55 se resume brevemente en la Figura 64, donde se advierte que en la Figura 55 no se proyecta ninguna imagen, ni tampoco se hace ninguna comparación visual, por lo que el tiempo de marcar con "x" se reduce a 1.5 segundos.

Tabla 26. Tiempo de exposición de las imágenes en las diferentes pruebas

Test	tiempos de exposición por diapositiva (segundos)			Duración del ítem segundos	Duración del test	
	imagen pregunta	imagen respuesta	marcar con X		segundos	minutos
TP01	1	3	2	6	216	3.6
TP02	2	3	2	7	252	4.2
TP03	3	3	2	8	288	4.8
TP04	4	4	1,5	9.5	342	5.7
TPP	4	5	1,5	10.5	378	6.3

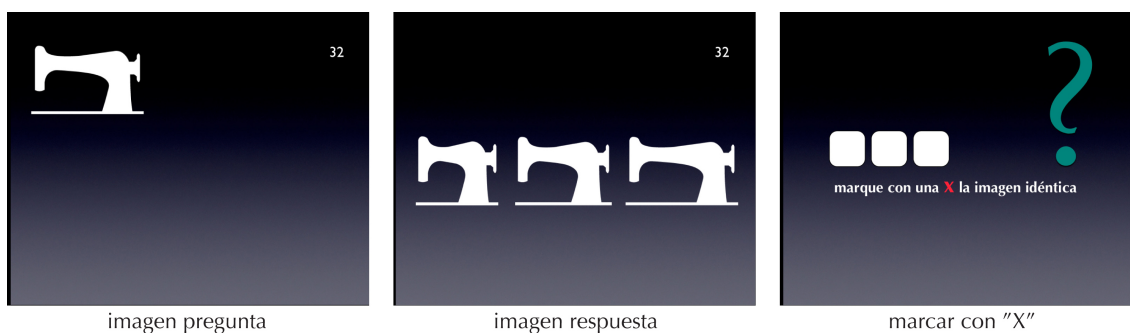


Figura 64. Tiempos de exposición

1.iii.3. Estadísticos descriptivos

Es importante conocer a los sujetos que aplican la prueba, detectar la existencia de grupos, determinar en cuales factores sobresalen y en cuales tienen problemas. A continuación se puede comprobar que la interpretación que se da para la totalidad de los sujetos, no siempre es la misma que se da para los grupos individuales. Recordemos que los índices de confiabilidad en la Teoría Clásica de Tests son el *Alfa de Cronbach* y el índice de discriminación, y como se observa en la Tabla 27, la *fiabilidad* de los tests piloto fue mejorando en cada uno de ellos y en sus respectivas depuraciones; hasta llegar al TP04, donde se obtuvieron los resultados más satisfactorios con 13 de los 15 reactivos con alta calidad técnica y un *Alfa de Cronbach* de 0.821.

La *varianza* y la *desviación típica* también fueron creciendo en las diferentes muestras de estudio, lo que denota la participación de grupos más heterogéneos.

En la misma Tabla 27 se puede apreciar que el TP01 es el más fácil de todos, con una media inicial de 25.16, y a partir del TP02 existe un predominio de ítems con *dificultad media*, lo que implica que el TP02, TP03 y TP04 están midiendo con mayor precisión a las personas de nivel medio y los errores de medida se incrementan en las personas de baja y alta competencia. No obstante en ninguna de las pruebas existe una buena representación de ítems difíciles. La cantidad de reactivos que quedan en promedio después de las depuraciones es de 14 a 18 ítems por test; lo que en principio significa que cualquiera de los tests se podría reducir a la mitad y seguir siendo válido.

Al analizar la *fiabilidad* de los datos en la Tabla 27 es importante observar también la *variabilidad* de la muestra, pues como lo señala Muñiz (2003), entre más *variabilidad* haya en el grupo de encuestados, más alto es el coeficiente de *fiabilidad* y así lo demuestra el TP04, que con la mayor *varianza* tiene también la mayor *fiabilidad*.

Tabla 27. Estadísticos descriptivos de las muestras de estudio

	Descriptivos de los Tests Piloto										
	cantidad de elementos	Fiabilidad Alfa de Cronbach	Indice de Dificultad Media	Varianza	Desviación Típica	Dificultad de los ítems			Estadísticos de resumen Media de los elementos		
						Fácil	Media	Difícil	Mínimo	Máximo	Rango
TP01	36	0,252	25,163	8,431	2,904	19	16	1	0,143	0,939	0,796
primera depuración	19	0,587	13,796	6,499	2,549	13	5	1	0,143	0,939	0,796
segunda depuración	15	0,674	11,510	5,588	2,364	12	2	1	0,143	0,939	0,796
tercera depuración	14	0,686	11,367	5,362	2,316	12	2	0	0,531	0,939	0,408
cuarta depuración											
TP02	36	0,199	17,914	10,361	3,219	2	34	0	0,276	0,897	0,621
primera depuración	20	0,505	10,379	9,011	3,002	1	19	0	0,328	0,897	0,569
segunda depuración	14	0,566	7,603	6,770	2,602	1	13	0	0,328	0,897	0,569
tercera depuración											
cuarta depuración											
TP03	36	0,345	17,664	12,31	3,509	2	32	2	0,210	0,773	0,563
primera depuración	23	0,530	12,420	10,771	3,282	2	21	0	0,345	0,773	0,429
segunda depuración	19	0,542	10,303	9,009	3,002	2	17	0	0,345	0,773	0,429
tercera depuración	18	0,549	9,740	8,584	2,930	2	16	0	0,345	0,773	0,429
cuarta depuración											
TP04	36	0,535	19,389	17,31	4,161	4	30	2	0,111	0,889	0,778
primera depuración	22	0,789	12,000	20,118	4,485	2	19	1	0,111	0,889	0,778
segunda depuración	18	0,810	9,833	17,794	4,218	2	15	1	0,111	0,778	0,667
tercera depuración	16	0,819	8,722	15,742	3,968	2	13	1	0,111	0,778	0,667
cuarta depuración											

1.iii.4. Diferencia de medias

En la Tabla 28 se muestra el análisis de *medias* que se realizó entre los diferentes grupos de sujetos, por ejemplo en el TP01 se hicieron comparaciones por nacionalidad y por género; en el TP02 por nivel de estudios y por género; en el TP03 por universidad, carrera y género, y en el TP04 por país, área de estudios y género. Los análisis se realizan pese a que las pruebas no están aun validadas y solo a manera de retroalimentación. Como se observa en la misma Tabla 28, la *prueba de Levene* confirma el supuesto de *homogeneidad de varianzas*, en casi todos los casos. O sea que las varianzas son iguales para todos los grupos relacionados, menos en el caso de TP01/Género en donde la *prueba de Levene* sale significativa ($0.006 < 0.05$). Para comprobar si realmente existen diferencias significativas entre las *medias* de género, se procede a efectuar la prueba robusta de igualdad de *medias* de *Welch*, obteniendo un resultado no significativo de

0.484 (> 0.05), es decir que las varianzas son iguales, por lo que no hay diferencias entre las *medias* analizadas. También se observa que solo en uno de los casos TP02/Nivel de estudios, hay diferencias significativas entre las medias ($0.001 < 0.05$), para todos los demás no existen diferencias. Aunque las diferencias obtenidas en la Tabla 28 no son significativas, se puede concluir que:

1. En todos los casos los hombres salen mejor que las mujeres.
2. Los alemanes del TP01 obtienen valores más elevados que los costarricenses, además de presentar una desviación típica muy pequeña, lo que implica un grupo muy selecto y homogéneo.
3. El nivel de estudios en diseño resulta ser una diferencia importante en el TP02, pues los estudiantes de III semestre puntúan más alto que los del I semestre.
4. Los estudiantes de diseño (TP03) tienen valores más altos que los de estudios generales.
5. Los estudiantes de postgrado de ciencias sociales (TP04) presentan puntuaciones más elevadas que los de ciencias exactas.

Tabla 28. Diferencia de medias para grupos independientes

		Anova de un factor en las Pruebas piloto (TP01, TP02, TP03 y TP04)								
		Descriptivos					Homogeneidad de varianzas			
			Media	Desviación Típica	Mínimo	Máximo	Estadístico de Levene	Anova	Welch	
TP01 piloto	País	Costa Rica	11.3	2.36	4	14	0.256	0.462		
		Alemania	12.33	1.15	11	13				
	Género	Hombre	11.6	1.65	7	14	*0.006	0.479	0.484	
		Mujer	11.12	2.86	4	14				
TP02 piloto	Nivel	I Semestre	6.87	2.52	2	12	0.329	0.001		
		III Semestre	9.22	2.01	6	14				
	Género	Hombre	8	2.76	2	14	0.601	0.351		
		Mujer	7.34	2.49	2	12				
TP03 piloto	Universidad	UCR	10.07	2.64	5	17	0.281	0.494		
		Veritas	9.7	2.87	2	16				
	Carrera	Diseño	10.01	2.91	2	17	0.127	0.148		
		Generales	9.08	2.2	5	12				
	Género	Hombre	10.12	2.89	2	17				
		Mujer	9.4	2.96	0	14				
TP04 piloto	País	Costa Rica	8.28	3.72	1	12	0.998	0.938		
		Colombia	8.85	3.28	5	14				
		Otros	9	3.6	6	13				
	Área de Estudios	Ciencias Exactas	8.23	3.32	1	13	0.96	0.367		
		Ciencias Sociales	10	3.36	6	14				
	Género	Hombre	9.08	3.65	1	14	0.444	0.418		
		Mujer	7.6	2.3	6	11				

1.iv. Muestra de Participantes

El grupo de estudio que se utilizó en las diferentes pruebas fue siempre de nivel universitario, en primera instancia participaron estudiantes del TEC y en la medida que se fueron mejorando los ítems la muestra se amplió a estudiantes de otras universidades.

En cada una de las muestras de estudio se recopilaron las sugerencias que dieron los mismos encuestados, lo que permitió el mejoramiento del Test a partir de los detalles operativos tales como visibilidad y tiempos de exposición.

La muestra de participantes en las tres primeras pruebas (TP01, TP02 y TP03) se direccionó a estudiantes de Diseño para ajustar el nivel de exigencia o dificultad de los ítems. Debido a que para ellos los ítems resultaron de fácil a mediana dificultad, se extrapoló que para estudiantes de otras carreras los ítems iban a resultar más difíciles.

Los resultados más adelante indican que la experticia para una muestra de estudiantes universitarios es muy similar, indistintamente del género, de la edad o si provienen de diferentes áreas de estudio, universidades o países.

Tabla 29. Muestra de participantes en las diferentes pruebas

Muestra de Participantes					
	Hombre	Mujer	Edad	Área de estudios	Universidad
TP01	25	24	18-27 años	Diseño Industrial	TEC y HG
TP02	23	35	17-23 años	Diseño Industrial	TEC
TP03	56	62	17-29 años	Diseño Publicitario y Diseño Gráfico	Veritas y UCR
TP04	13	5	23-41 años	Muy variado	Postgrado en UAB
TPP	681	643	17-32 años	Ingenierías, Arquitectura, Diseño Industrial y Diseño en comunicación visual	UAB, UPV, PO, HG, UP, UCR

La composición del grupo de participantes que se utilizó en las muestras de estudio así como en el TPP no fue manipulada sino que representa fielmente la población real de estudiantes que se congregan en los centros de educación superior. Los participantes no se escogieron aleatoriamente sino que formaban parte de grupos existentes matriculados en la universidad y aunque podrían considerarse una muestra accidental, son el resultado de la selección previamente hecha por dichos centros de estudio.

2. ESTUDIO DEL TEST DEFINITIVO

2.i. Ejecución de la Prueba Final

Partiendo de que la percepción de la proporción visual es una de las competencias más difíciles de dominar dentro del proceso de dibujo, se diseña el *Test de Percepción de la Proporción* (TPP) para medir el grado de esta habilidad que tienen los estudiantes universitarios.

El fundamento que genera esta investigación es que "*a mayor percepción visual, mejores resultados en el dibujo*", sin embargo este precepto es solo hipotético y fundamentalmente exploratorio, dado que no se conoce ningún estudio similar que lo confirme. Por ahora solo se pretende desarrollar un instrumento para medir la habilidad visual que permite percibir la proporción; pues mientras no se cuente con un instrumento válido y confiable, no se pueden equiparar las habilidades perceptuales con las manuales.

Como estrategia del test, los ítems inducen al sujeto a recordar en primera instancia la estructura proporcional de la figura, y aquellos estudiantes que se

familiarizan más rápidamente con esta metodología, logran obtener mejores resultados. Esta praxis es la misma que se utiliza en el proceso de dibujo, cuando se inicia con la estructura y se continua con los detalles. Como se comentó en el apartado del “*Dibujo y el hemisferio derecho*”, esta es una técnica innata que proviene del hemisferio derecho, pues va de lo general a lo particular, y gracias a ella no solo se captura mejor la *proporción*, sino que el dibujo resulta más fácilmente reconocible (Pág. 89).

La investigación inicia con el diseño de 106 ítems, continua con la elaboración del instrumento de medición, luego con la validación de los ítems en las pruebas experimentales y por último se realiza una prueba final estandarizada (TPP) que se aplica en el año 2010 a 1353 estudiantes, en cinco países y seis universidades diferentes. Recordemos que esta prueba pretende medir la habilidad que tienen las personas para captar la proporción de los objetos y se realiza de manera consecutiva en las siguientes universidades:

1. España: Universidad Autónoma de Barcelona (UAB) y Universidad Politécnica de Valencia (UPV).
2. Polonia: Universidad Politécnica de Opole (Politechnika Opolska, PO).
3. Alemania: Universidad de Ciencias aplicadas de Schwäbisch Gmünd (Hochschule für Gestaltung Schwäbisch Gmünd, HG).
4. Italia: Universidad de Pavia (Università degli studi di Pavia, UP).
5. Costa Rica: Universidad de Costa Rica (UCR).

El estudio de campo (aplicación del test) se efectúa bajo el auspicio del Programa E2nhance (Educational Exchange Network for Higher Academia gap Narrowing between Central / South America and Europe) de Erasmus Mundus y se lleva a cabo durante los meses de setiembre y octubre del 2010.

Todo el trabajo preliminar a la aplicación del TPP se realiza principalmente en Costa Rica, donde la investigadora de esta tesis funge como profesora en la

carrera de Diseño Industrial del Instituto Tecnológico de Costa Rica.

El TPP es netamente visual y por esta razón las instrucciones se dan de manera gráfica, no obstante en cada país se refuerza con una explicación verbal que consiste en pequeñas frases que reafirman el mensaje suministrado por las ilustraciones.

Tanto los ítems, como las instrucciones y el instrumento fueron probados previamente con grupos de estudiantes que colaboraron con el estudio. Expertos en comunicación visual también revisaron el trabajo realizado antes de ser probado.

En cuanto a la aplicación de la prueba en las diferentes universidades, ésta se realiza a través del convenio que se tiene con el Programa E2nhance, luego la colaboración se da directamente con los Directores de Escuela, quienes instan a sus profesores a cooperar con el Estudio y estos a su vez provocan que los estudiantes participen en el TPP. Al tratarse de una prueba anónima, es decir, sin ninguna repercusión para el alumnado, se produce una situación destensa, aunque con un ambiente de reto que los estudiantes parecen disfrutar.

Los datos recabados por la TPP se analizan posteriormente con la teoría Clásica de Test (TCT) y la Teoría de Respuesta a los ítems (TRI).

Al igual que en las muestras de estudio, la TPP consta de 36 ítems pero su tiempo de aplicación varía de las anteriores. La duración por ítem es de 10.5 segundos, con un total de 378 segundos por test, es decir 6.3 minutos sin contar las instrucciones. Con las instrucciones el TPP dura aproximadamente 9 minutos y medio.

2.i.1. Parámetros de ejecución

2.i.1.a. Duración de la prueba

2/3/2. Tiempos de exposición y respuesta:

1. 4 segundos para la primera proyección: imagen-respuesta,
2. 5 segundos para la segunda proyección: imagen-respuesta, más dos distractores
3. 1.5 segundos para la tercera proyección: marcar con x en la hoja de papel
4. Con respecto al TP04, se mantuvo el tiempo en la primera proyección, se aumentó un segundo en la segunda proyección y se mantuvo el tiempo de marcar con X o poner la respuesta.

2.i.1.b. Disposición y tamaño de los estímulos

1. La imagen que se muestra en la primera proyección es del mismo tamaño que las imágenes mostradas a continuación.
2. La imagen de la primera proyección se ubica en el margen izquierdo de la mitad superior del espacio proyectual.
3. Las imágenes de la segunda proyección se ubican horizontalmente en la mitad inferior del espacio proyectual.
4. Se realiza grupalmente observando una presentación desde el proyector.

Observaciones:

1. La diferencia del TPP con respecto a los anteriores (TP01, TP02, TP03, TP04) es el tamaño y la ubicación de la imagen de la primera proyección. En los tests piloto la imagen está centrada y es mayor que las proyectadas en la segunda diapositiva, mientras que en el TPP es del mismo tamaño y se ubica en el margen izquierdo.
2. La razón de este importante cambio se fundamenta en que la diferencia de tamaño puede estar causando confusión para acertar la respuesta correcta, porque la imagen centrada tiende a ser atraída por la respuesta del medio. Además y por estar la muestra dentro de un contexto occidental, se

considera apropiado que la lectura visual se efectúe desde el costado izquierdo; no obstante este campo es muy amplio y debería investigarse de manera independiente a esta tesis, con tecnologías de punta como el *Eye Tracking (Tobii)*.

2.i.1.c. Complejidad de los estímulos

1. La complejidad del ítem estriba en captar las diferencias proporcionales existentes en la figura. En algunos casos la figura tiene menos detalles, por lo que resulta más fácil captar la diferencia proporcional, o sea acertar la respuesta.
2. Todos los reactivos del TPP son ítems probados con anterioridad en los tests piloto, lo que conlleva cierto grado de seguridad en su aplicación.
3. Los reactivos del TPP se muestran en la Figura 65.
4. Se baja la velocidad en el momento de la segunda proyección, para aumentar el tiempo de observación y análisis de las tres imágenes.

2.i.1.d. Variables implicadas: sexo, edad, universidad y país.

Tabla 30. Contingencia: Sexo y Rango de Edad del TPP

		rango de edad				Total
		De 17 a 21 años	De 22 a 26 años	De 27 a 31 años	Mayores de 32 años	
sexo	Hombre	392	241	22	26	681
	Mujer	422	200	12	9	643
	Total	814	441	34	35	1324

29 casos perdidos por el sistema (2.1%)

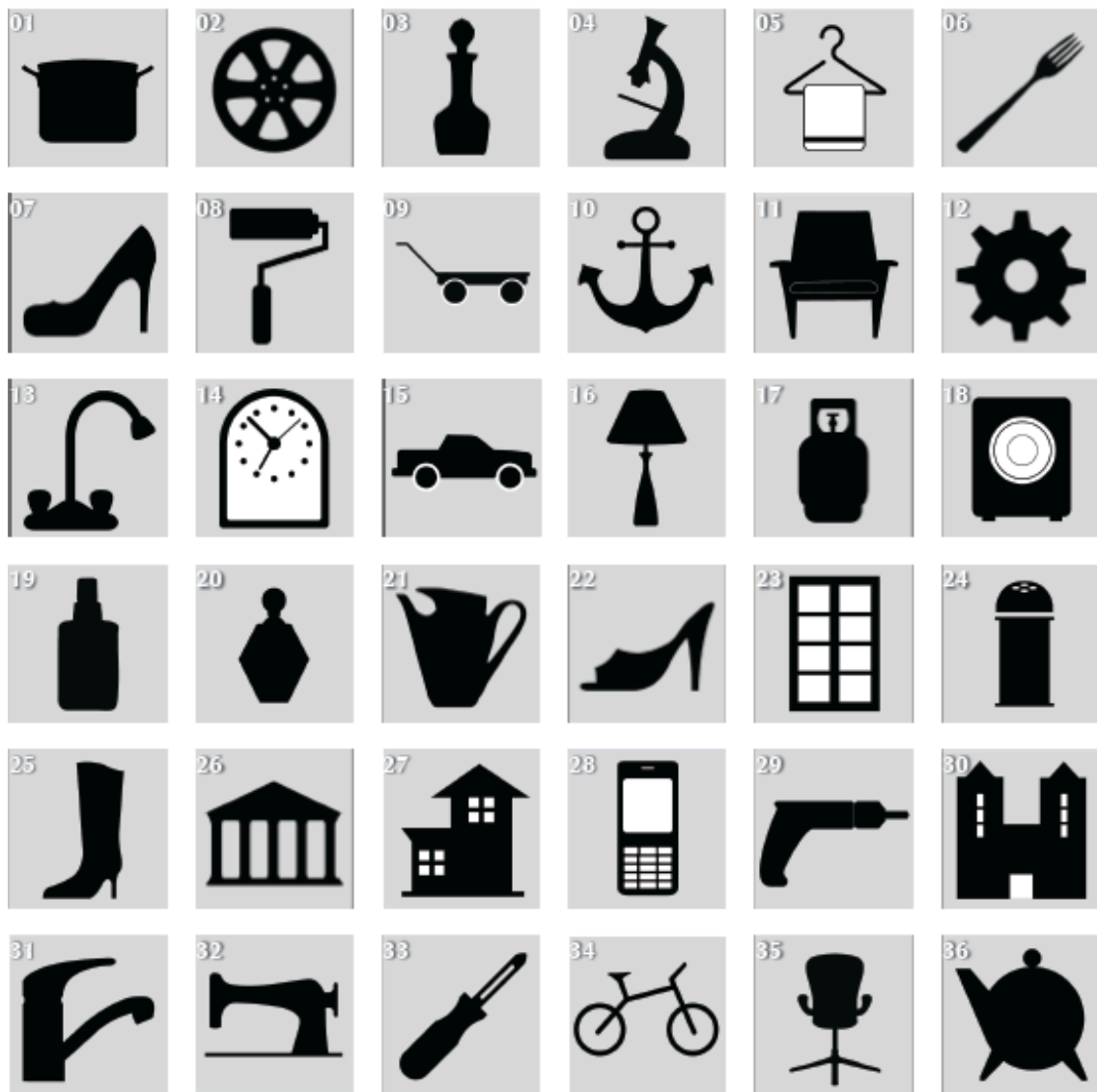


Figura 65. Reactivos del TPP

Gráfico 10. Sexo y rango de edad del TPP

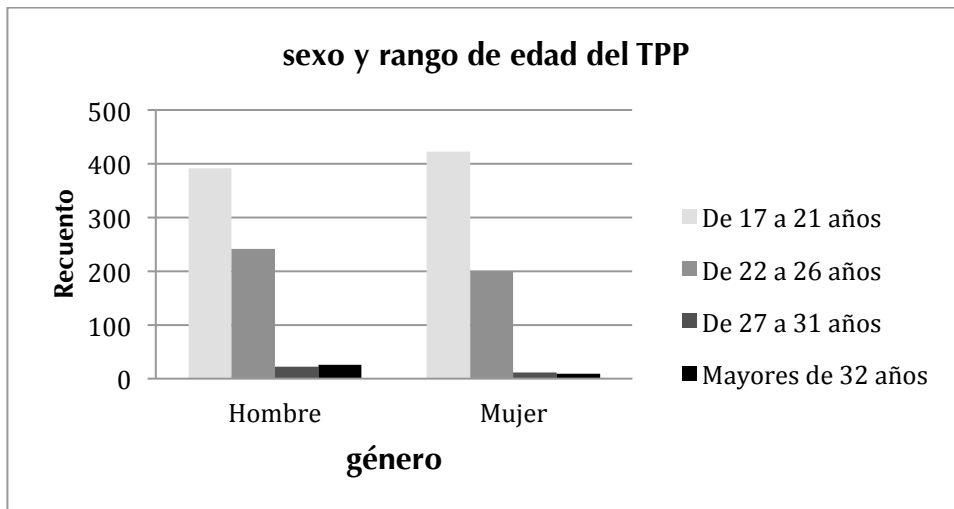
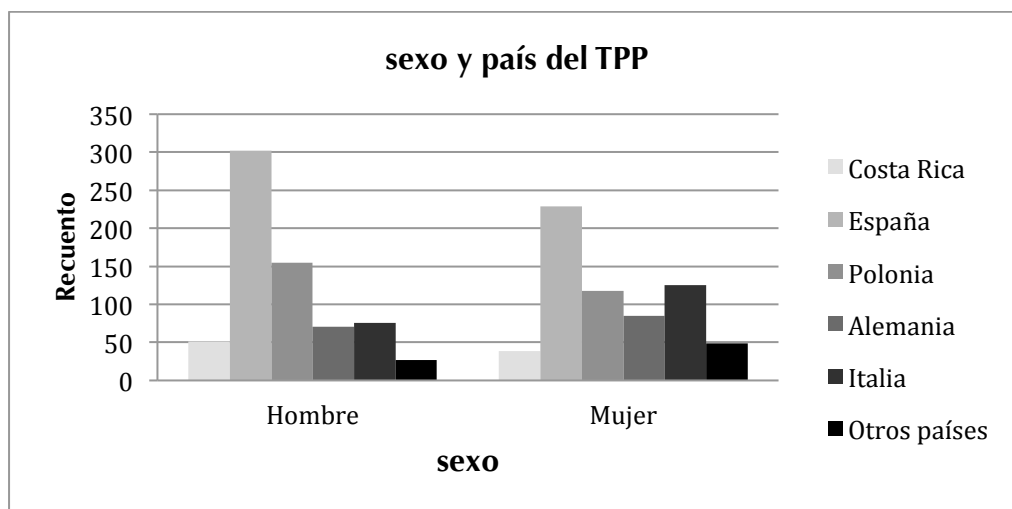


Tabla 31. Contingencia: Sexo y país del TPP

		país						Total
		Costa Rica	España	Polonia	Alemania	Italia	Otros países	
sexo	Hombre	51	302	155	71	76	27	682
	Mujer	39	229	118	85	125	49	645
Total		90	531	273	156	201	76	1327

26 casos perdidos por el sistema (1.9%)

Gráfico 11. Sexo y país del TPP



2.i.1.e. Grupo de estudio

La TPP se realiza a 1353 estudiantes de diferentes universidades, países y áreas de estudio. El área de estudios difiere según la Universidad:

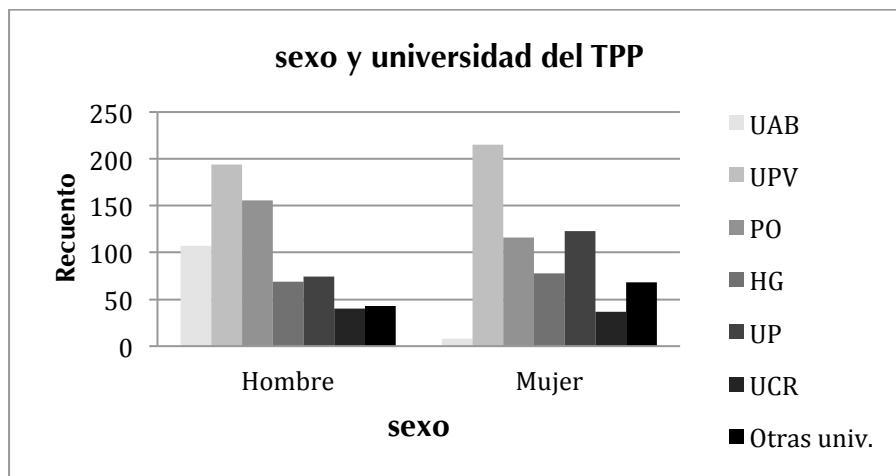
- UAB: Ingeniería Eléctrica y en Telecomunicaciones
- UPV: Arquitectura y Diseño industrial
- PO: Arquitectura e ingeniería civil
- HG: Diseño y comunicación visual
- UP: Arquitectura
- UCR: Arquitectura
- Otras universidades: corresponde al grupo de estudiantes que procede de diferentes partes del mundo pero que radican en Barcelona temporalmente para aprender catalán. Es el grupo más heterogéneo porque tiene mucha variabilidad en lo que se refiere a edad, idioma, nivel educativo y área de estudios.

Tabla 32. Contingencia: Sexo y Universidad del TPP

		universidad							Total
		UAB	UPV	PO	HG	UP	UCR	Otras univ.	
sexo	Hombre	107	194	156	69	74	40	43	683
	Mujer	8	215	116	78	123	37	68	645
Total		115	409	272	147	197	77	111	1328

25 casos perdidos por el sistema (1.8%)

Gráfico 12. Sexo y universidad del TPP



2.i.1.f. Pruebas de Normalidad

En este apartado se trata de contrastar si las muestras de estudiantes que participan en el TPP proceden de una misma población, por lo que se realizan contrastes no paramétricos al análisis de varianza, utilizando variables al menos en una escala ordinal. Para una muestra se escoge la Prueba de *Kolmogorov-Smirnov* porque ésta se adapta mejor a las variables cuantitativas.

En nuestro caso se utiliza el *puntaje total* como la variable que corresponde a la sumatoria de las respuestas correctas obtenidas por cada participante. Como los ítems del TPP fueron desarrollados para evaluar la *percepción de la proporción*, se deduce que los resultados obtenidos en la variable *puntaje total* indican el grado de dominio que tiene la persona en esta habilidad. Los datos se interpretan en función de la cantidad de ítems que componen el test, en donde la Media que se expone en la Tabla 33 (24.58) indica que de 36 ítems se contestaron positivamente 24.58, obteniendo una calificación media de 68.30 por participante. Más adelante, los estudios realizados con el modelo de Rasch señalan que de 1.353 sujetos la Media está en 924.1 (Tabla 61) y para los 36 ítems se mantiene en 24.6 (Tabla 62).

La Tabla 33 también muestra el estadístico de contraste de K-S ($Z=2.96$) y su nivel crítico (Significación asintótica bilateral=0.000). Puesto que $Sig < 0,05$, se rechaza la hipótesis de normalidad y se concluye que las puntuaciones de la variable *puntaje total* no se ajustan a una distribución normal.

Tabla 33. Prueba de Kolmogorov-Smirnov para puntaje total

		Puntaje Total
N		1353
Parámetros normales	Media	24,5891
	Desviación típica	3,47279
Diferencias más extremas	Absoluta	0,080
	Positiva	0,049
	Negativa	-0,080
Z de Kolmogorov-Smirnov		2,960
Sig. asintót. (bilateral)		0,000

Para contratar la hipótesis de que dos muestras proceden de la misma población se pueden utilizar la Prueba de *Kolmogorov-Smirnov* y la Prueba *U de Mann Whitney*, la primera compara funciones de distribución y la segunda compara promedios poblacionales. Nuevamente se escoge la *K-S* porque es sensible a cualquier tipo de diferencia entre las dos distribuciones.

La Prueba *K-S* de Normalidad se aplica con la variable *puntaje total* y la variable *género*. En la Tabla 34 se observa el estadístico de contraste de *K-S* ($Z=1.096$) y su nivel crítico (Significación asintótica bilateral=0.181). Puesto que $Sig>0.05$, se acepta la hipótesis de igualdad de distribuciones y se concluye que los dos grupos comparados no tienen diferencias significativas.

Tabla 34. Prueba de Kolmogorov-Smirnov para puntaje total y género

Estadísticos de contraste		
Diferencias más extremas	Absoluta	0,06
	Positiva	0,06
	Negativa	-0,025
Z de Kolmogorov-Smirnov		1,096
Sig. asintót. (bilateral)		0,181

La Prueba *Kruskal Wallis* permite contrastar si *k* muestras independientes proceden de una misma población. El único supuesto que se necesita es que las distribuciones sean continuas y que hayan sido medidas por lo menos en una escala ordinal. No se necesita establecer supuestos tan exigentes como los estadísticos *F* de normalidad y homocedasticidad por lo que se procede a comparar con el *puntaje total* con las variables *edad* y *universidad*.

El primer contraste (*edad* y el *puntaje total*) se realiza en la Tabla 35, donde aparece el tamaño de cada grupo y los rangos promedio resultantes de las puntuaciones.

La Prueba Kruskal Wallis muestra los grados de libertad ($gl=3$) y el nivel crítico (Sig. Asintót.=0.763). Puesto que el nivel crítico $Sig>0.05$, se acepta la hipótesis de igualdad de promedios poblacionales y se concluye que las poblaciones comparadas no difieren en el *puntaje total*.

Tabla 35. Prueba Kruskal-Wallis para comparar puntaje total y rangos de edad

	Puntaje Total
Chi-cuadrado	1,16
gl	3
Sig. asintót.	0,763

Variable de agrupación: Edad

La Prueba Kruskal Wallis se utiliza como alternativa al Anova de un factor, para comparar la muestra de las diferentes universidades y determinar si proceden o no de la misma población. En otras palabras se trata de averiguar si las poblaciones son idénticas o alguna de ellas presenta promedios mayores que la otra. En la Tabla 36 aparecen los grados de libertad ($gl=6$) y el nivel crítico (Sig. Asintót.=0.007). Puesto que el nivel crítico $Sig<0.05$, se rechaza la hipótesis de igualdad de promedios poblacionales y se concluye que poblaciones comparadas difieren en puntaje total.

Tabla 36. Prueba Kruskal-Wallis para comparar puntaje total y universidades

	Puntaje Total
Chi-cuadrado	17,645
gl	6
Sig. asintót.	0,007

b Variable de agrupación: Universidad

La misma tabla muestra que el grupo de la UAB es el que mejor rendimiento tiene, porque el rango medio es de 740.07 y el grupo de *otras universidades* (multicultural) es el que tiene peor rendimiento, con un rango medio de 591.65

2.ii. Análisis con la Teoría Clásica de Test

El modelo lineal clásico de Spearman sobresale ante otros, por su sencillez matemática y contenido psicológico, también porque sus asunciones son muy generales y fáciles de aplicar. Sus trabajos a inicios del siglo pasado tenían como objetivo encontrar un modelo estadístico que diera un adecuado fundamento a las puntuaciones de los tests y además permitiera estimar los errores de medición asociados con el proceso. No obstante, este mismo modelo conlleva la paradoja de que un ítem es fácil o difícil según la capacidad de los examinados, y esta capacidad a su vez depende de que los ítems del test sean fáciles o difíciles.

En la Teoría Clásica, el grado de dificultad de los ítems obedece al grupo de encuestados, por lo tanto la medición de las variables no es independiente del instrumento utilizado, y éste tampoco es invariante con respecto a los sujetos.

En nuestro caso, las muestras de estudio se realizaron en su mayor parte con estudiantes de diseño que obtuvieron muy buenos resultados en la habilidad perceptual; esto dio motivo para que la prueba final (TPP) se aplicara a una población más diversificada, con estudiantes universitarios de diferentes especialidades y culturas.

2.ii.1. Validez y depuración

El análisis de validez y depuración del TPP inicia con 36 reactivos que se muestran gráficamente en la Figura 65 y aparecen de forma más detallada en la Tabla 37; en esta tabla se observa además los reactivos con su respectivo número de ítem (tomado del Banco de ítems), la posición de la respuesta correcta en el test y el nivel de dificultad obtenido.

A través de la siguiente información y de otra más específica que se encuentra en las Tablas 65, 66, 67 y 68 del Anexo 3, se espera ir depurando el TPP hasta llegar a obtener los reactivos de mejor calidad técnica. Solo los ítems que resulten de este proceso podrán ser utilizados en una prueba estandarizada de Percepción de

la proporción. Para ello se requiere hacer una depuración que se expone a continuación, el proceso se realiza según los lineamientos de la Teoría Clásica de Tests (TCT) y de estas diferentes etapas sobreviven 31 ítems (Figura 66) que constituyen el aporte de la TPP a esta investigación.

Tabla 37. Reactivos del TPP

Número de Reactivo	Número de ítem Banco de ítems	Posición de la respuesta correcta	Dificultad	Número de Reactivo	Número de ítem Banco de ítems	Posición de la respuesta correcta	Dificultad
R 01	ítem # 24	3	Fácil	R 19	ítem # 19	2	Normal
R 02	ítem # 09	3	Fácil	R 20	ítem # 15	3	Normal
R 03	ítem # 14	1	Fácil	R 21	ítem # 37	2	Normal
R 04	ítem # 93	2	Fácil	R 22	ítem # 05	1	Normal
R 05	ítem # 102	2	Fácil	R 23	ítem # 104	3	Normal
R 06	ítem # 92	3	Normal	R 24	ítem # 99	1	Fácil
R 07	ítem # 06	1	Normal	R 25	ítem # 03	2	Normal
R 08	ítem # 78	2	Fácil	R 26	ítem # 32	2	Normal
R 09	ítem # 105	1	Normal	R 27	ítem # 26	1	Normal
R 10	ítem # 55	3	Fácil	R 28	ítem # 67	3	Normal
R 11	ítem # 85	1	Fácil	R 29	ítem # 73	1	Fácil
R 12	ítem # 10	2	Normal	R 30	ítem # 29	3	Fácil
R 13	ítem # 96	3	Normal	R 31	ítem # 50	2	Fácil
R 14	ítem # 74	2	Normal	R 32	ítem # 43	3	Normal
R 15	ítem # 58	1	Normal	R 33	ítem # 76	1	Fácil
R 16	ítem # 42	3	Normal	R 34	ítem # 62	2	Fácil
R 17	ítem # 53	1	Normal	R 35	ítem # 80	2	Normal
R 18	ítem # 48	2	Normal	R 36	ítem # 40	3	Normal

El análisis del TPP inicia detectando los ítems que resultan ser demasiado fáciles o difíciles, también aquellos que individualmente tienen baja correlación con el test y cómo serían los resultados de la prueba si alguno de estos ítems es eliminado de la muestra; en otras palabras: cómo se altera el Alfa de Cronbach si se elimina el ítem.

Para ello se utiliza la información sobre Fiabilidad, índice de dificultad, Coeficiente de Homogeneidad, y Estadísticos de la escala, que se encuentra desglosada en las Tablas 65, 66, 67 y 68 del Anexo 3.

Parte de los datos suministrados en las tablas del Anexo 3 se resumen en la Tabla 37 de "Reactivos del TPP", en la Tabla 38 de "Estadísticos de fiabilidad" y en la Tabla 39 de "Estadísticos de escala".

Tabla 38. Estadísticos de fiabilidad (TPP)

Alfa de Cronbach	Alfa de Cronbach basada en los elementos tipificados	N de elementos
.463	.489	36

Tabla 39. Estadísticos de escala (TPP)

Media	Varianza	Desviación típica	N de elementos
24.5841	12.071	3.47433	36

En la Tabla 37 se puede observar que 22 de los 36 ítems son de mediana dificultad, 14 ítems son fáciles y finalmente, no hay ítems difíciles. La Tabla 68 Anexo 3 de "Estadísticos total-elemento" muestra que casi todos los ítems presentan baja correlación ítem-total corregida. 34 de los 36 ítems tienen correlaciones < 0.20 , por lo que en un proceso normal habría que eliminarlos. Solo el ítem R24 y el R33 están por encima del 0.20. En la misma Tabla 68 Anexo 3 se observa que los siguientes ítems mejoran el Alfa de Cronbach de la Tabla 38 (0.463) si son eliminados: R9 (0.465), R12 (0.465), R16 (0.469), R18 (0.473) y R21 (0.466).

2.ii.1.a. Depuración del TPP

Como resultado de los análisis anteriores se procede a la primera depuración del TPP, eliminando el ítem por cualquiera de los tres criterios considerados: dificultad, Homogeneidad y Alfa de Cronbach. De esta forma se eliminan los siguientes ítems por considerar que no aportan positivamente al TPP: R9, R12, R16, R18 y R21.

En total se eliminan 5 ítems y el Alfa de Cronbach sube a 0.487 (Tabla 40), es decir que mejora su fiabilidad. El TPP en primera depuración queda con 31 ítems y con una Media de 21.66 (Tabla 41).

En las Tablas 69, 70, 71 y 72 Anexo 3 de "Estadísticos de fiabilidad", "Estadísticos de los elementos", "Estadísticos de escala" y "Estadísticos total-elemento" se puede revisar más a fondo toda la información correspondiente a estos análisis.

Tabla 40. Estadísticos de fiabilidad (TPP. Dep.01)

Alfa de Cronbach	Alfa de Cronbach basada en los elementos tipificados	N de elementos
0.487	0.509	31

Tabla 41. Estadísticos de la escala (TPP. Dep.01)

Media	Varianza	Desviación típica	N de elementos
21.6681	10.502	3.24069	31



Figura 66. TPP depurado por primera vez

La Tabla 42 al igual que la Figura 66 muestra los 31 reactivos que quedan después de la depuración del TPP: R1, R2, R3, R4, R5, R6, R7, R8, R10, R11, R13, R14, R15, R17, R19, R20, R22, R23, R24, R25, R26, R27, R28, R29, R30, R31, R32, R33, R34, R35 y R36. También de esta Tabla se pueden extraer datos acerca de la dificultad, la discriminación y la desviación estándar de los ítems. Así mismo se da en ella la identificación de cada reactivo en el banco general de ítems, pues recordemos que el número (#) de reactivo se utiliza solo dentro del test, mientras que fuera de él y en relación a otros tests se utiliza el correspondiente número (#) de ítem.

Tabla 42. Resultados TPP

número de reactivo	número de ítem	Media	Dificultad	Desviación típica	correlación elemento-total corregida	Alfa de Cronbach si se elimina el elemento
R 1	ítem 24	0,7837	fácil	0,41187	0,126	0,478
R 2	ítem 09	0,9244	fácil	0,26438	0,107	0,481
R 3	ítem 14	0,8341	fácil	0,37215	0,129	0,478
R 4	ítem 93	0,8748	fácil	0,33105	0,083	0,484
R 5 *	ítem 102	0,9822	fácil	0,13219	0,123	0,483
R 6 ***	ítem 92	0,6407	media	0,47996	0,072	0,487
R 7	ítem 06	0,5400	media	0,49858	0,194	0,466
R 8	ítem 78	0,8593	fácil	0,34788	0,135	0,478
R 10 ***	ítem 55	0,8763	fácil	0,32937	0,051	0,487
R 11 *	ítem 85	0,9444	fácil	0,22915	0,108	0,482
R 13	ítem 10	0,4407	media	0,49666	0,088	0,485
R 14	ítem 96	0,6178	media	0,48611	0,103	0,482
R 15	ítem 74	0,6237	media	0,48464	0,097	0,483
R 17 **	ítem 53	0,3963	media	0,48931	0,110	0,481
R 19	ítem 19	0,7141	media	0,45202	0,085	0,484
R 20	ítem 15	0,4111	media	0,49222	0,155	0,473
R 22	ítem 05	0,5400	media	0,49858	0,193	0,467
R 23	ítem 104	0,5067	media	0,50014	0,142	0,475
R 24	ítem 99	0,8267	fácil	0,37868	0,200	0,469
R 25	ítem 03	0,6074	media	0,48851	0,093	0,484
R 26	ítem 32	0,6970	media	0,45971	0,107	0,481
R 27	ítem 26	0,6956	media	0,46034	0,128	0,478
R 28	ítem 67	0,5215	media	0,49972	0,090	0,484
R 29	ítem 73	0,8504	fácil	0,35684	0,174	0,473
R 30	ítem 29	0,8126	fácil	0,39038	0,178	0,471
R 31	ítem 50	0,8126	fácil	0,39038	0,086	0,484
R 32 **	ítem 43	0,3600	media	0,48018	0,115	0,480
R 33	ítem 76	0,8430	fácil	0,36397	0,230	0,465
R 34	ítem 62	0,9356	fácil	0,24563	0,178	0,476
R 35 ***	ítem 80	0,6696	media	0,47052	0,074	0,486
R 36	ítem 40	0,5259	media	0,49951	0,091	0,484

Para analizar la dificultad de los reactivos se recurre a la tercera columna donde se observa que el R32 es el ítem más difícil con una *Media* de 0.3600 (Figura 67) seguido del R17 (Figura 68) con una *Media* de 0.3963.



Figura 67. Reactivo 32 (ítem más difícil)



Figura 68. Reactivo 17 (segundo ítem más difícil)

El reactivo más fácil es el R5 (Figura 69) con la *Media* (0.9822) más alta, seguido del reactivo R11 (Figura 70) con una *Media* de 0.22915. Es interesante observar que el R5 aparte de ser el ítem más fácil es también el ítem con menor variabilidad ya que su *desviación estándar* (0.13219) es la más baja.



Figura 69. Reactivo 05 (ítem más fácil)



Figura 70. Reactivo 11 (segundo ítem más fácil)

De los 31 reactivos, 17 son de dificultad media (54.83 %), los 14 restantes (45.16 %) son fáciles y no hay ítems difíciles. Este porcentaje implica que la prueba está midiendo con mayor precisión a las personas de nivel medio y un poco menos a las de nivel bajo, pero los errores de medición serían mayores para personas con alta competencia en la variable medida, por no existir ítems difíciles.

En la columna #6 de la misma Tabla 42 se muestra que la correlación entre ítems es bastante baja, ya que solo el reactivo R24 (ítem 99) y el reactivo R33 (ítem 76) están por encima del 0.20, sin embargo no existe ningún reactivo que se pueda

decir que tiene alta calidad técnica, porque ninguno de ellos alcanza una discriminación > 0.30 (correlación elemento-total corregida).

De acuerdo a la construcción teórica de los ítems, se esperaría que las correlaciones sean moderadas o altas positivas, pero en general todos los ítems presentan baja correlación, el que discrimina menos es el R10 (0.051), (Figura 71), seguido del R6 (0.072), (Figura 72) y el R35 (0.074), (Figura 73). No obstante, vale la pena destacar que tampoco existen ítems con correlación negativa, lo que significa, que aunque vagamente, los ítems correlacionan entre sí.



Figura 71. Reactivo 10 (ítem con correlación más baja)



Figura 72. Reactivo 06 (ítem con penúltima correlación más baja)

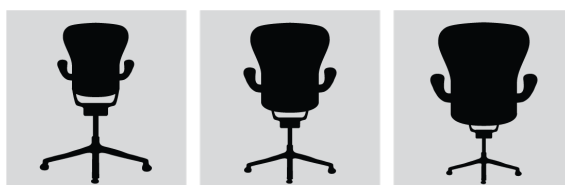


Figura 73. Reactivo 35 (ítem con antepenúltima correlación más baja)

La última columna señala que el Alfa de Cronbach (0.487) no va a mejorar aunque se elimine algún ítem, por esta razón no amerita hacer una segunda depuración del TPP.

2.ii.2. Confrontación del TPP con las muestras de estudio

Si se comparan los resultados del TPP con los de las muestras de estudio (Tabla 43), se observa que el TPP tiene el Alfa de Cronbach (0.487) más bajo de todos los tests. También es visible que solo se llega a una depuración y que por lo tanto la cantidad de ítems sigue siendo muy elevada, pese a que la correlación entre ellos no es la esperada. Se nota además que el índice de dificultad media es el más alto después del TP01, no obstante sigue siendo un test en general fácil. Como aspecto positivo, el TPP tiene la varianza y la desviación típica más alta después del TP04, lo que reafirma que la población entrevistada es bastante heterogénea. Es necesario recordar que los sujetos del TP04 son estudiantes de posgrado, de diferentes países de Latinoamérica, residentes en Barcelona, con edades y áreas de estudio muy variadas y que por razones obvias resultó ser el de mayor varianza de todas las muestras de estudio. Sin embargo, analizando en retrospectiva una prueba de 18 personas versus una de 1.358, se puede afirmar que el TPP corresponde a una muestra mucho más representativa.

Tabla 43. Comparación de estadísticos con las muestras de estudio

	Estadísticos descriptivos de todos los Tests										
	cantidad de elementos	Fiabilidad Alfa de Cronbach	Índice de Dificultad Media	Varianza	Desviación Típica	Dificultad de los ítems			Estadísticos de resumen Media de los elementos		
						Fácil	Media	Difícil	Mínimo	Máximo	Rango
TP01	14	0,686	11,367	5,362	2,316	12	2	0	0,531	0,939	0,408
TP02	14	0,566	7,603	6,770	2,602	1	13	0	0,328	0,897	0,569
TP03	18	0,549	9,740	8,584	2,930	2	16	0	0,345	0,773	0,429
TP04	16	0,819	8,722	15,742	3,968	2	13	1	0,111	0,778	0,667
TPP	31	0,487	21,668	10,502	3,241	14	17	0	0,360	0,982	0,622

A raíz de la baja confiabilidad obtenida con la TCT (Tabla 42) se realiza un estudio más profundo, en el que se investiga cada universidad de manera independiente (Tabla 44). Se trata de observar si hay diferencias y analizar si estas pueden estar relacionadas con aspectos culturales del estudiantado o con atributos espaciales de las instalaciones que comprenden el tamaño de las aulas,

la iluminación, la distancia entre el alumno y la proyección visual, así como algunos obstáculos físicos que pueden interrumpir la buena realización del test. El hacinamiento en algunos grupos, así como la posición del estudiante (no perpendicular) con respecto a la proyección puede también influenciar los resultados.

La Tabla 44 presenta de manera independiente, el análisis que se realiza para cada universidad y muestra que el grupo de ítems que se puede eliminar para mejorar el Alfa de Cronbach varía dependiendo de la universidad, por lo que surgen diversos caminos para la depuración del test. En el grupo de estudiantes de la UAB hay 7 ítems con baja calidad técnica que se podrían eliminar, mientras que en la HG la cantidad alcanza los 19 ítems. Así mismo, el Alfa de Cronbach es diferente para todos los grupos y aunque no varía mucho, sí mejora con respecto a la muestra general (0.487). A diferencia de lo esperado, el grupo multicultural de estudiantes que estudia catalán en Barcelona obtiene la segunda confiabilidad más alta en el test (0.613). El índice de fiabilidad (Alfa de Cronbach) para las diferentes universidades en orden descendente es el siguiente: UCR (0.646), multicultural (0.613), UPV (0.569), UAB (0.567), HG (0.558), UP (0.547) y PO (0.503).

Tabla 44. Resumen de estadísticos descriptivos por universidad

RESUMEN DESCRIPTIVOS POR UNIVERSIDAD							
Universidad	cantidad estudiantes	cantidad ítems	Alfa Cronbach	ítems que se eliminan	Media	Varianza	Desviación típica
multicultural	115	36	0,458	1, 4, 9, 13, 14, 15, 17, 18, 31, 32, 34,	23,72	12,79	3,57
multicultural	115	25	0,573	12, 19, 21,	17,04	10,79	3,28
multicultural	115	22	0,603	26	15,07	9,82	3,13
multicultural	115	21	0,606	24	14,39	9,36	3,05
multicultural	115	20	0,608	30,	13,56	9,02	3,00
	115	19	0,613		12,75	8,71	2,95
UAB inicio	124	35	0,372	3, 4, 6, 9, 14, 18, 20, 21, 25, 26, 27, 35	24,24	10,08	3,17
UAB. dep.1	124	23	0,520	10, 11, 16, 23, 33	16,04	7,91	2,81
UAB. dep.2	124	18	0,555	1, 8,	12,46	6,88	2,62
UAB. dep.3	124	16	0,567		10,83	6,36	2,52
UPV	408	36	0,513	12, 13, 16, 18, 36	24,83	13,12	3,62
UPV. dep.1	409	31	0,565	10, 21,	22,31	12,00	3,46
UPV. Dep.2	410	29	0,569		20,70	11,42	3,37
PO	275	36	0,430	2, 6, 9, 10, 11, 19, 21, 26, 35	24,49	11,04	3,32
PO. dep.1	276	27	0,484	14, 16, 27, 28	17,61	9,29	3,04
PO. dep.2	276	23	0,499	15,	15,56	7,7	2,77
PO. dep.3	276	22	0,503		14,98	7,27	2,69
HG	151	36	0,387	2, 4, 5, 9, 12, 13, 18, 27, 28, 35	24,35	10,8	3,28
HG. dep.1	151	26	0,494	6, 16, 22, 25, 32,	17,41	9,35	3,05
HG. dep.2	151	21	0,548	19, 21, 36	15,09	7,78	2,78
HG. dep.3	151	18	0,553	11,	13,11	6,45	2,54
HG. dep.4	151	17	0,558		12,17	6,36	2,52
UP	198	36	0,472	9, 10, 16, 18, 21, 23, 28, 31, 32	24,73	12,05	3,47
UP. dep.1	198	27	0,533	6, 15,	19,59	9,58	3,09
UP. dep.2	198	25	0,536	13, 17,	18,26	8,68	2,94
UP. dep.3	198	23	0,537	11, 14,	17,39	7,68	2,77
UP. dep.4	198	21	0,545	12,	15,83	7,19	2,68
UP. dep.5	198	20	0,547		15,03	6,87	2,62
UCR	78	36	0,473	5, 6, 8, 11, 16, 18, 19, 25, 27, 28, 30, 31,	23,91	12,91	3,59
UCR. Dep.1	78	24	0,613	1, 4, 9, 26,	15,73	11,65	3,41
UCR. Dep.2	78	20	0,644	12,	12,87	10,37	3,22
UCR. Dep.3	78	19	0,646		12,16	9,82	3,13
muestra completa		36	0,463	9, 12, 16, 18, 21	24,58	12,07	3,47
TP05. Dep.1		31	0,487		21,66	10,5	3,24

En la Tabla 45 se confrontan qué ítems causan mayores desajustes en los diferentes grupos y se obtiene que el R9, R16, R18 y R21 aparecen con mal comportamiento en 6 de las 7 universidades; esta misma información aparece gráficamente en la Figura 74.



Figura 74. Reactivos que se comportan mal en 6 de las 7 universidades

El siguiente grupo de ítems que causa problemas en 5 de las 7 universidades está compuesto por el R6, R11 y R12 (Figura 75).



Figura 75. Reactivos que se comportan mal en 5 de las 7 universidades

En el grupo consecutivo están el R4, R10, R13, R14, R19, R26, R27 y R28, es decir que estos ítems están causando problemas en 4 de las 7 universidades y por ello deberían eliminarse del análisis. El grupo que se comporta mal en 3 de las 7 universidades está compuesto por el R1, R15, R25, R31, R32 y R35. Otros ítems como el R2, R5, R8, R17, R23, R30 y R36 solo tienen dos participaciones negativas y finalmente solo tienen una participación negativa en los grupos universitarios el R3, R20, R22, R24, R33 y R34.

Estos ítems se analizan cuidadosamente y se comparan con la información suministrada por la Teoría de Respuesta a los ítems (TRI) en la Tabla 60.

Es importante recalcar que tanto el R7 como el R29 son los únicos ítems que obtienen buenos resultados en todas las pruebas y que no tienen posibilidad de ser eliminados en ninguna de ellas (Figura 76).



Figura 76. Reactivos que salen bien en las 7 universidades

Tabla 45. Ítems con mal comportamiento dentro de las universidades

REACTIVOS DEL TPVP QUE SE ELIMINAN POR GRUPO UNIVERSITARIO													
número de reactivo	universidades							cantidad eliminados	Frecuencia				
	multi cultural	UAB	UPV	PO	HG	UP	UCR						
R 01								3					
R 02								2					
R 03								1					
R 04								4					
R 05								2					
R 06								5					
R 07								0					
R 08								2					
R 09								6					
R 10								4					
R 11								5					
R 12								5					
R 13								4					
R 14								4					
R 15								3					
R 16								6					
R 17								2					
R 18								6					
R 19								4					
R 20								1					
R 21								6					
R 22								1					
R 23								2					
R 24								1					
R 25								3					
R 26								4					
R 27								4					
R 28								4					
R 29								0					
R 30								2					
R 31								3					
R 32								3					
R 33								1					
R 34								1					
R 35								3					
R 36								2					
ítems eliminados	17	19	7	14	19	16	17						

En la Tabla 46 aparece la *diferencia de medias* que existe entre los diferentes grupos de sujetos del TPP. El análisis se realiza pese a que el Test no está aun validado y solo a manera de ejercicio práctico y de retroalimentación. Se generan comparaciones por país, universidad y género. En casi todos los casos la prueba de Levene confirma el supuesto de homogeneidad de varianzas, o sea que las varianzas son iguales para todos los grupos relacionados, menos en el caso de género en donde la prueba da significativa ($0.037 < 0.05$). Para comprobar si realmente existen diferencias significativas entre las medias de género, se procede a efectuar la prueba robusta de igualdad de medias de Welch, obteniendo un resultado no significativo de 0.314 (> 0.05), es decir que las varianzas son iguales, por lo que asumimos que no hay diferencias entre las *medias* analizadas.

Tabla 46. Diferencia de medias para los grupos del TPP

Anova de un factor en TP05: Prueba Final									
		Descriptivos					Homogeneidad de varianzas		
		Media	Desviación Típica	Mínimo	Máximo	Estadístico de Levene	Anova	Welch	
TP05 Final	País	Costa Rica	23.69	3.6	17	33	0.521	0	
		España	25.01	3.44	11	33			
		Polonia	24.51	3.3	12	33			
		Alemania	24.31	3.32	15	32			
		Italia	24.72	3.47	12	32			
		Colombia	23.2	3.6	16	29			
		Otros países	23.15	3.96	12	30			
	Universidad	UAB	25.24	3.17	17	33	0.592	0.006	
		UPV	24.84	3.61	11	32			
		Opolska	24.49	3.31	12	33			
		Hochschule	24.35	3.28	15	32			
		U. Pavia	24.73	3.47	12	32			
		UCR	23.91	3.59	17	33			
	Género	Otras univ.	23.72	3.57	12	30	*0.037	0.315	0.314
		Hombre	24.52	3.56	11	33			
		Mujer	24.71	3.33	14	33			

2.ii.3. Resumen de la TCT

El estudio psicométrico de la prueba final se realiza en primera instancia con la Teoría Clásica de Tests (TCT), 36 ítems y 1358 sujetos de siete universidades diferentes. El primer análisis del TPP arroja un coeficiente de fiabilidad = 0.463 (Tabla 38), una *varianza* = 12.07, una *media* = 24.58 y una *desviación estándar* = 3.47 (Tabla 39). Luego de una primera depuración, la muestra se reduce a 31 ítems y el *Alfa de Cronbach* sube a 0.487 (Tabla 40), la *media* pasa a 21.66, la *varianza* a 10.50 y la *desviación estándar* a 3.24 (Tabla 41). Seguidamente se analiza la dificultad de los ítems, así como la correlación entre los mismos y la discriminación más alta resulta ser 0.23 (Tabla 42).

Como los datos no resultan muy alentadores para la muestra total, se realiza un análisis individual para cada muestra independiente de cada grupo universitario. La confiabilidad del TPP mejora en todos los casos (Tabla 44), con un *Alfa de Cronbach* superior al grupo general de la siguiente forma: Universidad de Costa Rica (UCR = 0.646), multicultural (0.613), Universidad Politécnica de Valencia (UPV = 0.569), Universidad Autónoma de Barcelona (UAB = 0.567), Hochschule für Gestaltung (HG = 0.558), Universidad de Pavia (UP = 0.547) y Politechnika Opolska (PO = 0.503). La cantidad de reactivos que permanecen después de la última depuración refleja un promedio de 20 ítems por universidad. Así mismo, la discriminación de los ítems en los diferentes grupos mejora individualmente a excepción de la PO (0.218). La máxima discriminación para cada universidad es la siguiente: UCR = 0.456, multicultural = 0.375, UPV = 0.321, UAB = 0.335, HG = 0.267, UP = 0.320.

2.ii.4. Resultados de la TCT

Los resultados del TPP mediante el análisis de la TCT señala que el *Alfa de Cronbach* (0.487) resulta bajo para la muestra total y mejora si los estudios se realizan individualmente para cada universidad (Tabla 44). Se debe recordar que este coeficiente es el que determina la fiabilidad del instrumento y la consistencia interna del mismo, mediante la correlación entre sus elementos.

Fuera de lo esperado, el grupo multicultural obtiene el segundo *Alfa de Cronbach* más alto, a pesar de la diversidad idiomática de sus integrantes y de que las instrucciones fueron dadas en un idioma extranjero (catalán) para ellos. El grupo multicultural aparece en el estudio como *Otros países/universidades* (Tablas 31 y 32) pues sus estudiantes provienen de diferentes partes del mundo. La aplicación del TPP en esta población se realiza en la UAB pero en unas condiciones bastante diferentes al resto, primero porque los grupos son muy pequeños y segundo por el tamaño de las aulas, que son de aproximadamente 24 m². Por esta razón, la distancia de proyección máxima para las imágenes no supera los 4 metros. En el resto de las universidades los grupos fueron mucho más numerosos y las aulas decididamente más amplias. Este factor pudo haber influido en los resultados del TPP, ya que las condiciones permitieron un mayor control sobre la visibilidad, la concentración y el silencio a la hora de ejecutar la prueba.

En el grupo de la UCR que alcanza la fiabilidad más alta del instrumento (*Alfa de Cronbach* = 0.646, se puede comentar que estaban muy interesados en formar parte de esta investigación, sobre todo porque fueron los últimos encuestados y sabían que más de 1.000 personas ya habían sido evaluadas con este instrumento. Esa condición pudo haberlos motivado a ejecutar la prueba con mayor interés, pero también cabe la posibilidad de que el aspecto cultural haya tenido su influencia, pues la UCR es la única de las siete muestras que se realiza fuera del territorio europeo.

En relación a los resultados de la TPP (Tabla 44), se advierte que la *media* (20.70) de la UPV es muy superior al resto, a pesar de que la *varianza* también es mayor.

Tanto la UCR (12.16), como la HG (12.17) y el grupo multicultural (12.75) obtienen resultados similares, mientras que la UAB tiene la *media* (10.83) más baja de todos los grupos, aunque la diferencia no resulta tan amplia con respecto al grupo intermedio. Vale la pena señalar que el grupo de la UAB está compuesto por estudiantes de ingeniería (ing. eléctrica y en telecomunicaciones) y no por estudiantes de arquitectura o diseño, los cuales estarían más entrenados en lo que respecta a la percepción visual de los objetos.

El análisis que se realiza individualmente a cada universidad también permite detectar que los ítems que perjudican el TPP a nivel general (Tablas 44 y 45) también lo hacen en cada muestra independiente.

2.iii. Análisis Factorial

El *Análisis Factorial* (AF) es la técnica de análisis multivariable que más comúnmente se utiliza en las ciencias sociales y en nuestro caso se aplica básicamente para determinar la unidimensionalidad de las variables, que será requisito indispensable para el estudio del TPP bajo el modelo de Rasch.

El AF tiene como objetivo principal reducir un conjunto de variables interrelacionadas, en un grupo de factores independientes, que contienen la síntesis de la información inicial pero en un número menor de elementos. En la realidad es muy difícil que exista unidimensional perfecta, donde un solo factor explica el 100 % de la varianza; sin embargo se busca que el primer factor explique la mayor cantidad de varianza posible.

Para Bisquerra (1989) los factores no son simples variables, sino dimensiones que conforman un conjunto determinado de variables que son explicadas linealmente por los factores obtenidos. Él mismo argumenta que el resultado es más simple que los datos que lo producen y de ahí proviene el éxito de esta técnica.

Según Joan Pere Ferrando (1996), en un test psicométrico es más apropiado aplicar un AF que un *Análisis de Componentes Principales* (ACP) porque considera que los reactivos de esta clase de instrumentos tienen medidas imperfectas. Sin embargo en nuestro caso se utilizó un ACP, para dar una aproximación más simple en términos de computación, y porque la selección también está fundamentada en lo que afirman Velicer y Jackson (1990) acerca de que los resultados pueden ser casi idénticos cuando la cantidad de reactivos es elevada.

El ACP estudia la correlación entre las variables para disponer de una estructura simplificada que se entiende como la reducción de los datos, y finalmente estas dimensiones son interpretadas para poder contar con una fuente que explique de manera sencilla los datos iniciales.

Para poder cumplir con esa condición, las variables deben estar altamente interrelacionadas, porque se analizan simultáneamente vinculando cada una de ellas con las demás. Si la relación entre ellas resulta ser baja, el AF no sería apropiado.

2.iii.1. Matriz de correlaciones

Bisquerra (1989) considera que la *Matriz de correlación* se puede describir como una matriz de aproximaciones o similitudes, pues entre más altos sean los coeficientes de correlación, mayor es la relación entre sus variables. Los resultados del TPP muestran (Tabla 47) que el *Determinante* (**0.386**) de la Matriz es bajo, lo que según Montoya (2007) indica que existen variables con correlaciones altas y por lo tanto sí es aconsejable continuar con el ACP.

Tabla 47. Matriz de correlaciones y prueba de esfericidad de Bartlett

Matriz de correlaciones

a Determinante = **,386**

KMO y prueba de Bartlett

Medida de adecuación muestral de Kaiser-Meyer-Olkin.		,631
Prueba de esfericidad de Bartlett	Chi-cuadrado aproximado	1,274,903
	gl	465
	Sig.	,000

2.iii.2. Test de Esfericidad de Bartlett

El *Test de esfericidad de Bartlett* (Tabla 47) se utiliza para probar la Hipótesis Nula de que las variables no están correlacionadas entre sí; como Sig (0.000) es menor que 0.05, se rechaza la Hipótesis Nula y se continua con el AF. Para continuar con el análisis también se busca que la Medida de Adecuación

Muestral propuesta por Kaiser, Meyer y Olkin (KMO) tome los valores recomendados en la Tabla 48. Recordemos que valores altos en el *Test de Bartlett* equivalen a un *Determinante* bajo, lo que representa que existen variables con correlaciones altas. La Tabla 48 muestra los límites que debe cumplir KMO para aceptar o rechazar el ACP.

Luego de este análisis introductorio, se contrasta formalmente la existencia de correlación entre las variables del TPP, pues el KMO (**0.631**) de la Tabla 47 señala que es aceptable continuar con el ACP.

Tabla 48. Medida de adecuación de la muestra (MSA)

Medida de adecuación de la muestra para cada variable (MSA)		
KMO > 0.7	correlación alta	AF conveniente
KMO < 0.6	correlación media	AF aceptable
KMO < 0.5	correlación baja	AF inaceptable

2.iii.2.a. Medida de Adecuación Muestral (MSA) para cada variable

Cuando el KMO resulta bajo es posible que existan algunas variables que son las responsables, por esa razón se trata de localizar la MSA para cada una de las variable y determinar si es factible eliminarlas para mejorar el análisis. La decisión de eliminarlas o no, dependerá de la importancia teórica que tenga cada variable dentro del TPP.

Para encontrar la MSA de dichas variables se recurre a la diagonal de *la Matriz de correlación anti-imagen* y ahí se revisan los valores para cada una de ellas. Según Montoya (2007) los valores están dados entre 0 y 1 y entre más altos resulten, más aconsejable es la implementación del AF.

Vale la pena mencionar que en el ACP se trabaja solo con 31 de los 36 reactivos que componen el TPP, ya que los cinco ítems restantes (R9, R12, R16, R18 y R21)

fueron eliminados desde la primera depuración realizada con la TCT (Figura 66 y Tablas 69-72, Anexo 3).

La MSA de cada variable extraída de la *Matriz de correlación anti-imagen* arroja los siguientes valores: (R1)=0.637, (R2)=0.609, (R3)=0.642, (R4)=0.614, (R5)=0.611, (R6)=0.561, (R7)=0.662, (R8)=0.654, (R10)=0.562, (R11)=0.610, (R13)=0.560, (R14)=0.603, (R15)=0.627, (R17)=0.606, (R19)=0.622, (R20)=0.644, (R22)=0.624, (R23)=0.629, (R24)=0.712, (R25)=0.620, (R26)=0.608, (R27)=0.649, (R28)=0.581, (R29)=0.663, (R30)=0.654, (R31)=0.576, (R32)=0.569, (R33)=0.686, (R34)=0.669, (R35)=0.579 y (R36)=0.633.

De estos datos resulta fácil identificar que el R13 (0.560) tiene el valor más bajo y R24 (0.712) el más alto, pero la muestra en general mantiene valores intermedios. No se puede decir que el ACP se ve afectado por algún ítem en específico, ya que no existe una marcada diferencia entre ellos. A pesar de que la teoría permite en estos casos continuar con el AF, surge un acontecimiento adicional agregado por la misma Matriz; se trata de un número muy elevado de coeficientes cero, que según la práctica no es una referencia aconsejable para el AF. No obstante se continua con el análisis y se procede a realizar el ACP, de dónde se obtiene en primera instancia la Tabla 49 de *Comunalidades*.

2.iii.3. Comunalidades

Las *Comunalidades* son el porcentaje de varianza de cada reactivo explicada por los factores, y se entiende por *comunalidades altas*, aquellas que son mayores de 0.6. Sin embargo en nuestro caso solo hay dos reactivos (R1 y R31) con extracción > 0.6 , y todos los demás quedan por debajo de las expectativas. Entre ellos el R24 es la variable que está peor valorada por el modelo, ya que su *Comunalidad* es de solo 0.349. También se debe recordar que las *Comunalidades* elevadas son un indicador de que los ítems tienen poco error, o por el contrario, cuando son bajas, hay señal de que los reactivos pueden tener error.

Tabla 49. Comunalidades

reactivo	Inicial	Extracción	reactivo	Inicial	Extracción
R 01	1,000	,608	R 22	1,000	,568
R 02	1,000	,555	R 23	1,000	,399
R 03	1,000	,451	R 24	1,000	,349
R 04	1,000	,525	R 25	1,000	,422
R 05	1,000	,535	R 26	1,000	,548
R 06	1,000	,499	R 27	1,000	,432
R 07	1,000	,444	R 28	1,000	,512
R 08	1,000	,503	R 29	1,000	,474
R 10	1,000	,480	R 30	1,000	,384
R 11	1,000	,516	R 31	1,000	,623
R 13	1,000	,473	R 32	1,000	,485
R 14	1,000	,426	R 33	1,000	,435
R 15	1,000	,553	R 34	1,000	,358
R 17	1,000	,504	R 35	1,000	,585
R 19	1,000	,463	R 36	1,000	,402
R 20	1,000	,472			

Método de extracción: Análisis de Componentes principales.

2.iii.4. Varianza total explicada

Al utilizar el método de ACP para extraer los factores que surgen de la *Matriz de correlación*, se obtiene el primer factor que explica la mayor cantidad de la varianza, luego esta varianza se le resta a la matriz inicial y se extrae el segundo factor, y así sucesivamente este procedimiento se repite hasta que queda la menor cantidad de varianza por explicar. En la Tabla 50 aparece el conjunto de factores obtenidos de este proceso, los primeros son los que explican el mayor porcentaje de la variabilidad y los restantes contribuyen solo un poco. Siguiendo la regla de Kaiser se determina el número de factores que se van a conservar, es decir aquellos que son mayores a la unidad.

La Tabla 50 muestra la *Varianza total explicada* tanto con el método de rotación Oblimin, como con el de Varimax; ambos métodos arrojan los mismos resultados. En esta tabla se observa que la varianza del primer factor solo llega a 6.727, la del segundo a 4.998 y la del tercero a 4.213; todos representan valores muy bajos pues para ciencias sociales se espera que los factores expliquen entre el 60-65%

de la varianza total. No obstante para la TCT y desde la perspectiva del modelo de Spearman, una escala es unidimensional si un solo factor común explica toda la varianza verdadera o común del ítem, pero no necesariamente toda la varianza total. Entiéndase que la varianza total incluye la varianza común 48 de *Comunalidades*, el porcentaje de error, en nuestro caso, puede ser muy alto. De esta forma, se podría asumir que la escala es unidimensional desde el enfoque de la TCT, porque aun cuando la proporción de la varianza total explicada por el primer factor es muy pequeña, puede estar explicando en su totalidad la varianza común. En lo relacionado al método de extracción, es importante aclarar que el ACP utilizado no realiza ninguna distinción entre la parte común y la parte residual de la variable; ya que es un caso particular de AF donde los factores explican la varianza total de cada una de las variables, sin especificar el error.

Tabla 50. Varianza total explicada por rotación Varimax y Oblimin

Componente	Autovalores iniciales			Sumas de las saturaciones al cuadrado de la extracción			Suma de las saturaciones al cuadrado de la rotación		
	Total	% de la varianza	% acumulado	Total	% de la varianza	% acumulado	Total	% de la varianza	% acumulado
1	2,085	6,727	6,727	2,085	6,727	6,727	1,409	4,546	4,546
2	1,549	4,998	11,725	1,549	4,998	11,725	1,363	4,396	8,943
3	1,306	4,213	15,938	1,306	4,213	15,938	1,343	4,331	13,274
4	1,227	3,958	19,895	1,227	3,958	19,895	1,308	4,219	17,492
5	1,18	3,807	23,703	1,18	3,807	23,703	1,241	4,005	21,497
6	1,168	3,767	27,47	1,168	3,767	27,47	1,222	3,941	25,439
7	1,151	3,713	31,183	1,151	3,713	31,183	1,217	3,926	29,364
8	1,106	3,568	34,751	1,106	3,568	34,751	1,199	3,867	33,231
9	1,092	3,523	38,274	1,092	3,523	38,274	1,199	3,867	37,098
10	1,053	3,398	41,672	1,053	3,398	41,672	1,197	3,86	40,958
11	1,043	3,364	45,036	1,043	3,364	45,036	1,177	3,797	44,755
12	1,021	3,294	48,33	1,021	3,294	48,33	1,108	3,575	48,33
13	0,989	3,189	51,52						
14	0,975	3,144	54,664						
15	0,964	3,11	57,773						
16	0,951	3,067	60,84						
17	0,923	2,976	63,816						
18	0,908	2,93	66,747						
19	0,888	2,866	69,613						
20	0,886	2,859	72,471						
21	0,863	2,784	75,255						
22	0,836	2,695	77,95						
23	0,831	2,682	80,632						

2.iii.5. Rotación

Como la extracción inicial del AF no es fácil de comprender, se utiliza el método de la rotación para facilitar la interpretación de los resultados obtenidos. La rotación factorial gira los ejes de coordenadas que representan a los factores, y aunque no cambia las *comunalidades*, si se alteran la matriz factorial y la varianza explicada por cada factor. En nuestro caso se utilizan dos sistemas de rotación de factores para observar minuciosamente las diferencias. La rotación ortogonal (Varimax) se utiliza normalmente para factores independientes y el de rotación oblicua (Oblimin) para factores correlacionados (Salvia, s.f.).

Según Montoya (2007) la rotación ortogonal mantiene la independencia entre los factores rotados, pues la matriz de cargas factoriales (matriz de componentes) representa la contribución única de cada variable al factor y la matriz de estructura factorial (matriz de componentes rotados) muestra las correlaciones entre los factores y las variables originales. Montoya señala que si las correlaciones entre factores son muy pequeñas es más recomendable utilizar un método más robusto como el *Varimax*. Para Montoya, este método realiza una aproximación de las cargas altas a 1 o -1 y de las cargas bajas a 0; obteniendo nuevos valores y reduciendo la ambigüedad de la matriz no rotada.

Para una rotación oblicua, el método *Oblimin* es el que permite el mayor grado de oblicuidad, pero otra opción es el *Promax* que también da casi los mismos resultados. Con este análisis salen la matriz de configuración, la matriz de estructura y la matriz de correlaciones entre factores.

Como resultado de ambas rotaciones se puede observar que la Tabla 49 de *Comunalidades*, así como la Tabla 50 de *Varianza Total explicada*, muestran los mismos resultados por rotación ortogonal *Varimax*, como por rotación oblicua *Oblimin*. Sin embargo no sucede lo mismo con los factores que resultan de las cargas factoriales, pues aunque en ambas rotaciones se obtienen 12 componentes con autovalores mayores que 1, estos no son idénticos.

Las cargas factoriales están definidas por las correlaciones que registran las variables en determinado factor y por lo tanto muestran en qué medida influyen sobre este. Se esperaría que cada variable cargue en un solo factor, sin embargo existen casos en los que una misma variable carga en varios factores a la vez, por esta razón solo se van a considerar las cargas más altas, es decir, las que más se acercan a 1.0. A partir de este ordenamiento, las cargas ± 0.30 son consideradas bajas, las ± 0.40 son importantes y las ± 0.50 se califican como significativas. En esa misma secuencia una carga de 0.30 explica el 10 % de la varianza del factor y una de 0.50 explica el 25 %. De la rotación con Varimax se obtiene que existen 17 ítems con cargas significativas, 9 con cargas importantes, 14 con cargas mínimas y 17 que se deberían excluir del análisis porque son < 0.25 . De la rotación con Oblimin se concluye que 19 ítems tienen cargas significativas, 6 cargas importantes, 12 cargas mínimas y 22 se deberían excluir del análisis porque son < 0.25 . En resumen es evidente que hay suficientes correlaciones mayores que 0.30 que justifican la aplicación del AF, por lo que se procede a resumir la información en las Tablas 51 y 52, donde se muestra la mayor carga factorial que tiene cada variable con su respectivo factor.

Nótese que la agrupación de los reactivos con respecto a los factores no es la misma en ambas rotaciones, lo que provoca un análisis adicional que será comentado más adelante.

Tabla 51. Resumen de la Matriz de componentes rotados con método Varimax

MATRIZ DE COMPONENTES ROTADOS Método varimax con Kaiser												
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
R 01									,677			
R 02								,724				
R 03			,474									
R 04			,472									
R 05			,624									
R 06										,596		
R 07		,636										
R 08								,606				
R 10						,466						
R 11				,597								
R 13										,620		
R 14					,498							
R 15												,685
R 17	,563											
R 19									,550			
R 20	,582											
R 22		,719										
R 23					,468							
R 24	,463											
R 25					,499							
R 26								,399				
R 27								,377				
R 28									,479			
R 29				,636								
R 30								,339				
R 31											,761	
R 32						,626						
R 33			,481									
R 34				,305								
R 35								,696				
R 36												,311

Para determinar la importancia que tiene la variable al interpretar el factor, se busca el valor absoluto de cada carga y se ordena de mayor a menor, pues entre mayor sea la carga, más determinante será para el factor. Es así como surge la Tabla 53, dónde además se comparan los factores que resultan de las respectivas rotaciones y seguidamente en la Tabla 54 se hace esta misma comparación pero a nivel gráfico.

El resultado de la rotación con ambos métodos (Varimax y Oblimin) indica que solo cuatro factores mantienen los mismos reactivos, Factor 2= Factor 2, Factor 8= Factor 10, Factor 9= Factor 11 y Factor 10= Factor 5, en el caso de este último factor, se observa que el R25 carga negativamente, por lo que se elimina en la comparación utilizada.

Tabla 52. Resumen de la Matriz de configuración con método Oblimin

MATRIZ DE CONFIGURACIÓN Método Oblimin con Kaiser												
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
R 01											,717	
R 02										,696		
R 03	,623											
R 04				,710								
R 05									-398			
R 06					,658							
R 07		-627										
R 08										,654		
R 10						-404						
R 11								-635				
R 13					,506							
R 14						,634						
R 15												,474
R 17									,430			
R 19											,554	
R 20							,636					
R 22		-756										
R 23							,517					
R 24	,354											
R 25					-386							
R 26												-662
R 27				-343								
R 28											,431	
R 29								-640				
R 30			,409									
R 31			,757									
R 32							,372					
R 33	,516											
R 34								-277				
R 35									-734			
R 36							,455					

Tabla 53. Comparación del ACP entre Varimax y Oblimin

ROTACION VARIMAX					ROTACION OBLIMIN			
factor 1	R 20	R 17	R 24		factor 1	R 03	R 33	R 24
factor 2	R 22	R 07			factor 2	R 22	R 07	
factor 3	R 05	R 33	R 03	R 04	factor 3	R 31	R 30	
factor 4	R 29	R 11	R 34		factor 4	R 04	R 27	
factor 5	R 25	R 14	R 23		factor 5	R 06	R 13	R 25
factor 6	R 32	R 10			factor 6	R 14	R 10	
factor 7	R 35	R 30	R 26	R 27	factor 7	R 20	R 23	R 32
factor 8	R 02	R 08			factor 8	R 11	R 29	R 34
factor 9	R 01	R 19	R 28		factor 9	R 35	R 17	R 05
factor 10	R 13	R 06			factor 10	R 02	R 08	
factor 11	R 31				factor 11	R 01	R 19	R 28
factor 12	R 15	R 36			factor 12	R 26	R 15	

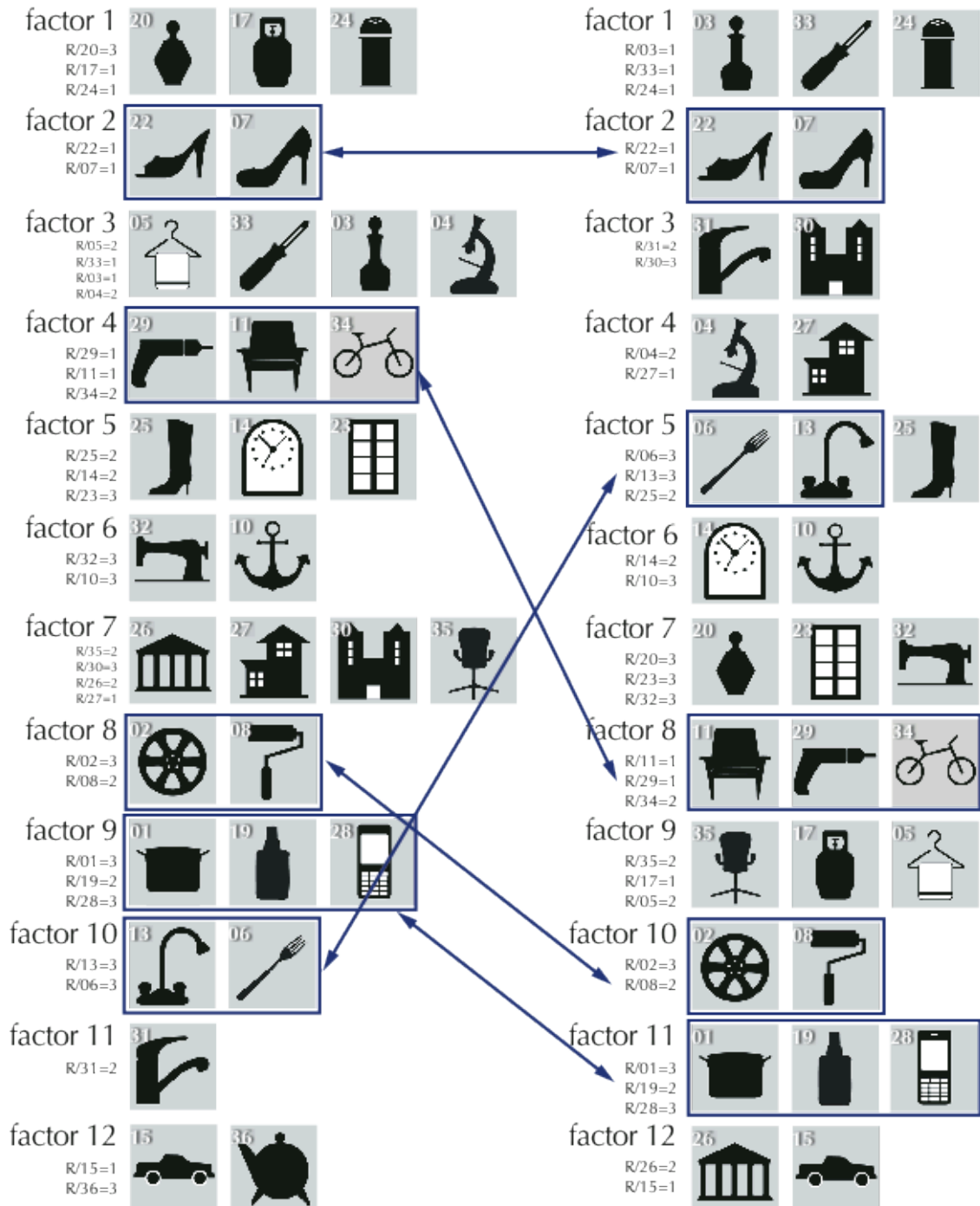
Para comprender mejor de dónde proceden las similitudes entre los reactivos que conforman el factor, se procede a realizar el mismo análisis pero a nivel gráfico en la Tabla 54. Observando las figuras no se puede hacer una deducción satisfactoria e inequívoca de cómo se han organizado los factores y cual ha sido el criterio de los dos métodos (Varimax y Oblimin) para agrupar las variables.

Cada método de rotación simplifica la información a su manera, pero en ninguno de los dos casos existe a simple vista una relación de forma, género o tema que justifique la asociación. De los 12 factores que resultaron de cada rotación solo hay 5 asociaciones similares y entre ellas solo hay un factor que tiene una relación de forma, tema y género, se trata del F2/2 (número de factor en Varimax / número de factor en Oblimin). De los otros cuatro factores restantes (F4/8, F8/10, F9/11, F10/5) no se puede dar un criterio exacto.

No obstante vale la pena rescatar que la posición de respuesta correcta (pr) que aparece al lado del reactivo se repite en varios factores y aun tratándose de una coincidencia, es importante desde ya hacer la referencia.

Tabla 54. Comparación gráfica del ACP entre Varimax y Oblimin

De 31 ítems salen 12 factores



2.iii.6. Definición de factores

McDaniel et al. (1999) señala que la designación de factores a menudo se realiza subjetivamente y tratando de conciliar la imaginación con el entendimiento de las variables. En nuestro caso se proponen los siguientes tres niveles de jerarquía para entender mejor el comportamiento de los factores:

1. El primer nivel se ve a simple vista, es decir:
 - a. La forma: orgánica o geométrica; positiva o negativa, figura-fondo;
 - b. El tema: arquitectura, utensilios, mobiliario, vehículos, recipientes;
 - c. El género: utilidad o atracción del objeto para un género específico
2. El segundo nivel se relaciona con propiedades del reactivo que no son evidentes para el participante, pero que están claras para el investigador de esta tesis; son atributos claramente definidos en la conformación de los ítems:
 - a. La transformación: horizontal, vertical o figura fondo
 - b. La secuencia: continua o separada
3. El tercer nivel o jerarquía corresponde a una condición muy particular del ítems dentro del test y que al no tener ninguna caracterización previa, fue muy difícil deducirla y se logró solo después de un profundo análisis, se trata de:
 - a. La posición de la respuesta correcta (pr)
 - b. La dificultad del ítem (d)

La exploración de todos estos atributos se realiza no solo con el TPP, sino con todas las muestras de estudio; además de ello se interpreta un ACP al inicio, con todos los reactivos del test y otro al final, con la última depuración del test. En total se interpretan 10 Tablas de figuras que se muestran en el Anexo 4. Como resultado de esta comparación, se llega a la conclusión de que los atributos más evidentes son en general los que menos influyen en la composición de un determinado factor. Hay correspondencias entre ítems que permanecen durante las diferentes pruebas, pero en general no se puede establecer un patrón que garantice esa correspondencia.

A pesar de que la forma, el tema o el género parecerían tener mucha importancia en la selección de los ítems, los datos muestran que las variables no se agrupan en ninguno de estos grandes apartados y por tanto no se crea dependencia entre ellos y los factores resultantes del ACP. Del estudio se puede extraer que solo uno de los doce factores se define en función de la forma (Figura 77). No obstante queda la incógnita de que este factor también tiene la misma posición de respuesta para ambos reactivos. Vale la pena mencionar que los reactivos R22 y R07 también aparecen como parte de un mismo factor en el ACP del TP02 a pesar de que en esa prueba tienen diferente posición de respuesta (Anexo 4).



Figura 77. Variables con forma similar (Varimax y Oblimin)

La forma de la figura también se analiza desde una perspectiva más sutil en la cual se incluye la dirección (horizontal, vertical, oblicua) que tienen algunos de sus elementos (Figura 78). Como se observa en ambos factores, la dirección oblicua está presente en todas las figuras, a pesar de que también la horizontalidad o la verticalidad están presentes.



Figura 78. Variables con eje oblicuo (Oblimin)

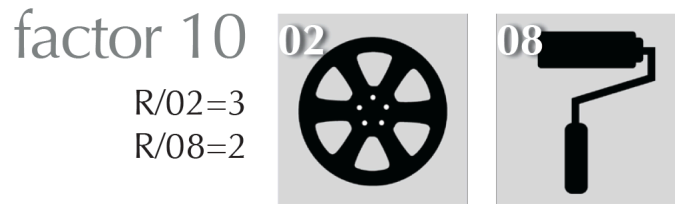


Figura 79. Variables con eje oblicuo (Oblimin)

En la Figura 80 se observa una aparente correspondencia en el *tema* de las variables que componen el Factor 7.



Figura 80. Variables con el mismo tema (Varimax)

En relación a la segunda jerarquía, no existe evidencia de alguna conexión entre los reactivos que fueron construidos a través de un estiramiento en el eje horizontal o vertical, y tampoco si son producto de una secuencia continua o separada.

Con respecto a la última jerarquía, que es a simple vista la menos evidente y que pudo haber pasado desapercibida, resulta ser la que más influye en la composición del o los factores, pues como se puede observar en las Tablas de Figuras 54 y 58, sí existe un fuerte vínculo en lo que se refiere al ordenamiento de los ítems en un mismo factor cuando la dificultad es igual y en segundo grado cuando la posición de la respuesta correcta es la misma. Esta situación puede deberse a diferentes escenarios: uno en el cual las personas que contestan determinados ítems, también se agrupan en determinados rangos de habilidad. Otro en el que las personas tienden a observar un sector específico de la pantalla (posición de la respuesta) provocando un patrón repetitivo dentro del TPP. No

obstante para conocer a ciencia cierta la respuesta habría que realizar una investigación más profunda. En las Figuras 81 y 82 se observan factores que agrupan variables sin ninguna relación aparente, pero que según la tercera jerarquía contienen reactivos con la misma posición de respuesta correcta.



Figura 81. Variables posición de respuesta idéntica (Varimax)

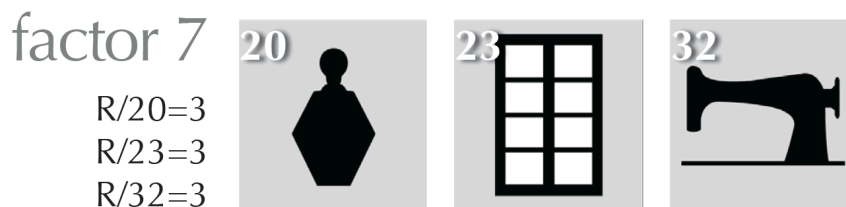
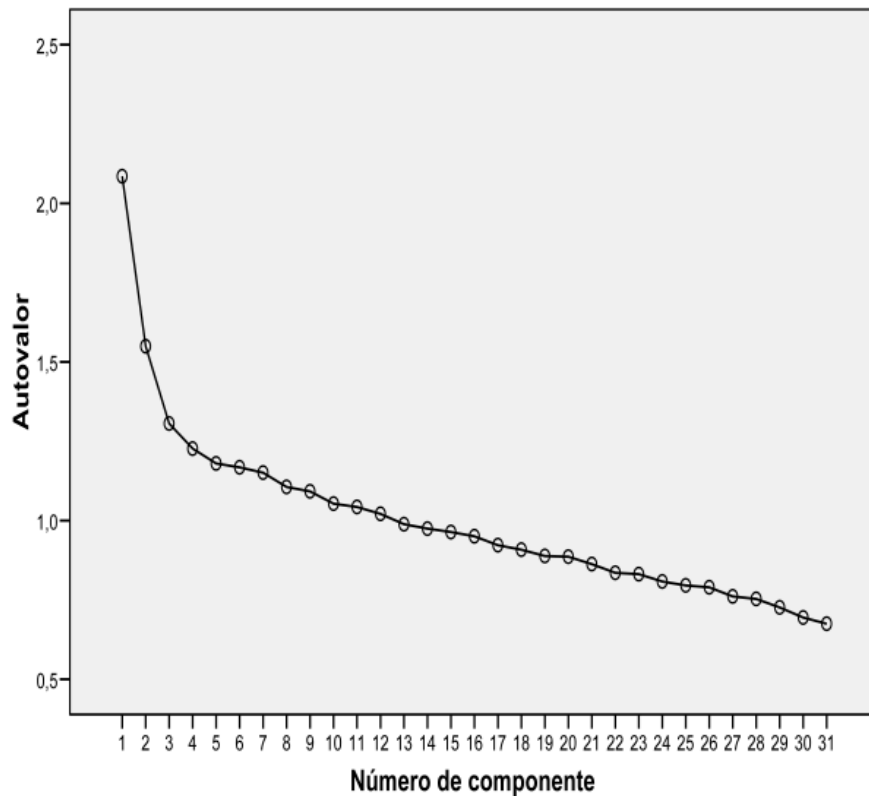


Figura 82. Variables posición de respuesta idéntica (Oblimin)

2.iii.7. Gráfico de sedimentación

Otro tipo de observación que se realiza en el ACP proviene del gráfico de sedimentación que se muestra en la Gráfico 13, en ambos métodos de rotación (*Varimax* y *Oblimin*) los gráficos suministrados resultan idénticos, con un punto de inflexión o ruptura después del tercer factor. El gráfico de sedimentación es la representación gráfica de los autovalores y a partir de él se puede decidir el número de factores que se van a utilizar en el estudio. A pesar de que la figura muestra 12 factores con autovalores > 1.0 , se decide continuar el estudio solo con dos o tres factores, pues son los que se mantienen antes del punto de inflexión; a partir de ahí, la curva cambia fuertemente tomando una dirección casi paralela al eje X.

Gráfico 13. Sedimentación con Varimax y Oblimin



Para entender mejor los resultados del ACP se realiza un estudio independiente con cada grupo universitario, cuyos resultados se muestran en la Tabla 55. Los datos obtenidos indican que el *Determinante* de la Matriz de correlaciones en orden descendente es el siguiente para cada universidad: UPV (0.145), PO (0.079), UP (0.027), HG (0.016), UAB (0.008), multicultural (0.005) y UCR (0.000). Recordemos que según Montoya (2007) el *Determinante* bajo indica que existen variables con correlaciones altas, pero con un *Determinante* cercano a 0.000, como en la mayoría de los casos; no se aconseja seguir con el ACP. La *Medida de Adecuación muestral* (KMO) también resulta inferior en todos los casos y siguiendo las indicaciones de la Tabla 48 se puede decir que solo la UPV y la PO tienen un KMO aceptable porque es > 0.50 , y para el resto de universidades el ACP es inaceptable. Continuando con un estudio del ACP, se nota que el número de *comunalidades* > 0.60 varía entre universidades. Recordemos que la *comunalidad* alta indica que los datos tienen menos error; de

lo que se concluye que la UCR (30 *comunalidades* > 0.60) es el grupo que tiene menos error y la UPV (5 *comunalidades* > 0.60) es la que tiene más error. En relación a la varianza del primer factor se obtiene la siguiente lista en orden descendente: UCR (9.026%), multicultural (8.494%), UPV (7.955%), UAB (7.916%), UP (7.692%), HG (7.436%) y PO (6.896%). Vale la pena mencionar que para el estudio de la UAB se tuvo que eliminar el R5, ya que todos los sujetos lo contestaron correctamente y por consiguiente no se obtiene ninguna variabilidad para dicho reactivo.

Tabla 55. ACP segregado por universidad

ANÁLISIS DE COMPONENTES PRINCIPALES SEGREGADO POR UNIVERSIDAD						
Universidad	Determinante	KMO	Bartlett	número de comunalidades 13 factores	número de comunalidades 2 factores	% de varianza primer factor
multicultural	0.005	0.485	0.004	26 > 0.60	0 > 0.60	8.494
UAB *	0.008	0.459	0.001	24 > 0.60	0 > 0.60	7.916
UPV	0.145	0.595	0.000	5 > 0.60	0 > 0.60	7.955
PO	0.079	0.521	0.000	21 > 0.60	0 > 0.60	6.896
HG	0.016	0.472	0.001	21 > 0.60	0 > 0.60	7.436
UP	0.027	0.484	0.000	18 > 0.60	0 > 0.60	7.692
UCR	0.000	0.436	0.050	30 > 0.60	0 > 0.60	9.026
prueba completa	0.386	0.631	0.000	2 > 0.60	0 > 0.60	6.727

* no contiene el R5

A partir del Gráfico 13 de Sedimentación y de la Tabla 50 de *Varianza total explicada*, se procede a reducir la cantidad de factores a solo dos. En el análisis de *comunalidades* (Tabla 56) se observa que ninguna de ellas > 0.60, en general más bajas que las encontradas anteriormente en la Tabla 49. Como el ACP no ha tenido el comportamiento esperado en esta investigación, se realiza un extracto de la Matriz de componentes con los métodos de rotación: *Promax*, *Oblimin* y *Varimax* (Tabla 57) para observar a cabalidad la manera en que estos diferentes métodos clasifican las variables.

Tabla 56. Comunalidades con 2 factores. Métodos Varimax, Oblimin y Promax

Comunalidades con 2 factores con Varimax, Oblimin y Promax								
reactivo	Inicial	Extracción	reactivo	Inicial	Extracción	reactivo	Inicial	Extracción
R 01	1.000	,087	R 13	1.000	,020	R 26	1.000	,048
R 02	1.000	,106	R 14	1.000	,073	R 27	1.000	,120
R 03	1.000	,110	R 15	1.000	,136	R 28	1.000	,083
R 04	1.000	,041	R 17	1.000	,156	R 29	1.000	,164
R 05	1.000	,091	R 19	1.000	,183	R 30	1.000	,153
R 06	1.000	,049	R 20	1.000	,178	R 31	1.000	,071
R 07	1.000	,291	R 22	1.000	,242	R 32	1.000	,092
R 08	1.000	,121	R 23	1.000	,145	R 33	1.000	,225
R 10	1.000	,025	R 24	1.000	,159	R 34	1.000	,165
R 11	1.000	,099	R 25	1.000	,037	R 35	1.000	,104
						R 36	1.000	,060

Método de extracción: Análisis de Componentes principales.

Tabla 57. Distribución de cargas según los Métodos: Promax , Oblimin y Varimax

ANÁLISIS FACTORIAL TPPV						
número reactivo	PROMAX 2 factores		OBLIMIN 2 factores		VARIMAX 2 factores	
	FACTOR 1	FACTOR 2	FACTOR 1	FACTOR 2	FACTOR 1	FACTOR 2
R 1	0,282		0,283		0,285	
R 2	0,330		0,327		0,324	
R 3		0,248		-0,251		0,264
R 5	0,288		0,289		0,291	
R 6	0,222		0,219		0,216	
R 7		0,545		-0,542		0,539
R 8	0,337		0,337		0,339	
R 11	0,319		0,317		0,314	
R 14		0,272		-0,271		0,270
R 15		0,371		-0,367		0,361
R 17		0,401		-0,398		0,394
R 19	0,403		0,396		0,385	
R 20		0,425		-0,423		0,422
R 22		0,493		-0,491		0,491
R 23		0,385		-0,383		0,381
R 24		0,319		-0,322	0,217	0,335
R 27	0,350		0,348		0,346	
R 28	0,287		0,284		0,279	
R 29	0,389		0,390		0,393	
R 30	0,394		0,393		0,391	
R 31	0,270		0,268		0,265	
R 32		0,308		-0,306		0,303
R 33	0,330		0,338		0,350	
R 34	0,375		0,377		0,381	
R 35	0,317		0,313		0,307	
R 36		0,248		-0,247		0,246

La Tabla 57 muestra como los tres métodos de rotación (*Promax*, *Oblimin* y *Varimax*) agrupan las variables en los mismos factores, aunque con pequeñas diferencias en las cargas factoriales. Esta información permite hacer una síntesis gráfica que se muestra en la Tabla 58, donde se observan las similitudes o correlaciones existentes entre las variables de ambos factores.

Según la *Definición de factores* de la Pág. 257, no se detecta ninguna de las dos primeras jerarquías que fueron comentadas en ese apartado, pero sí se advierten algunas señales de que la tercera jerarquía, relacionada con la *posición de respuesta* (PR.) y la *dificultad* (D.) del ítem, sí influye en la factorización del TPP. Recordemos que el nivel de dificultad de los ítems se puede extraer de la Tabla 42 (TCT) y del Gráfico 14 (TRI). De la información obtenida en la Tabla 42 se puede deducir que en el Factor 1 hay 10 de 15 ítems fáciles (66.66%) y en el Factor 2 hay 9 de 11 ítems con dificultad media (81.81%). Los resultados obtenidos del Gráfico 14 arrojan una información similar, pues en el Factor 1 hay 14 de 22 ítems fáciles (63.63%) y en el Factor 2 hay 9 de 14 ítems con dificultad media (64.28%).

Además de la dificultad de los ítems, en la Tabla 58 también se detalla la posición de la respuesta correcta: en el Factor 1 se acumulan los ítems con posición de respuesta: PR = 2 e inversamente en el Factor 2 predominan los ítems con PR = 1; mientras que los ítems con PR = 3 se reparten de manera muy equilibrada en ambos factores.

Según la misma tabla, el Factor 1 tiene: 6 ítems con PR=2, 5 ítems con PR=3 y 4 ítems con PR=1, y el Factor 2 tiene 6 ítems con PR=1, 4 ítems con PR=3 y 1 ítem con PR=2. La PR es una relación que también se puede notar en la Tabla 54, específicamente en los factores #2, #6, #10 de *Varimax* y en los factores #1, #2 y #7 de *Oblimin*, además de otros en menor escala (#1, #5 y #9 de *Varimax* y #5, #8, #9 y #11 de *Oblimin*).

Tabla 58. Distribución gráfica de las cargas factoriales con 2 factores. Métodos Promax

factor 1		factor 2	
01	 R01 • R=3 • D=F	03	 R03 • R=1 • D=F
02	 R02 • R=3 • D=F	07	 R07 • R=1 • D=M
05	 R05 • R=2 • D=F	14	 R14 • R=2 • D=M
06	 R06 • R=3 • D=M	15	 R15 • R=1 • D=M
08	 R08 • R=2 • D=F	17	 R17 • R=1 • D=M
11	 R11 • R=1 • D=F	20	 R20 • R=3 • D=M
19	 R19 • R=2 • D=M	22	 R22 • R=1 • D=M
27	 R27 • R=1 • D=M	23	 R23 • R=3 • D=M
28	 R28 • R=3 • D=M	24	 R24 • R=1 • D=F
29	 R29 • R=1 • D=F	32	 R32 • R=3 • D=M
30	 R30 • R=3 • D=F	36	 R36 • R=3 • D=M
31	 R31 • R=2 • D=F		
33	 R33 • R=1 • D=F		
34	 R34 • R=2 • D=F		
35	 R35 • R=2 • D=M		

2.iii.8. Resumen del Análisis de Componentes Principales

El Análisis Factorial es de gran relevancia para esta investigación porque a través de él se comprueba la unidimensionalidad de las variables, que es un requisito indispensable para el análisis con la Teoría de Respuesta a los ítems. El ACP se realiza con los 31 reactivos que permanecieron después de la depuración general con TCT. Los indicadores de los datos iniciales muestran que se puede continuar con el ACP porque el *Determinante* de la Matriz de correlaciones (0.386), la Medida de Adecuación Muestral (KMO = 0.631) y la significación de la prueba de Bartlett (Sig = 0.000) presentan valores aceptables.

Para profundizar en el análisis lógico que utilizan los métodos de rotación, el ACP se realiza tanto por rotación ortogonal (*Varimax*) como por rotación oblicua (*Oblimin*); arrojando resultados casi idénticos en *comunalidades* y en *varianza explicada*. No obstante la información obtenida de las *comunalidades* advierte error en los reactivos y la *varianza explicada* por el primer factor resulta bastante baja (6.727 %).

Es importante recalcar que la agrupación de los reactivos en cada factor difiere según el método de rotación, y a pesar de que en ambos casos se extraen 13 factores, solo cinco de ellos son equivalentes y los demás se conforman de manera desigual.

Fundamentados en el gráfico de sedimentación y en la teoría que sustenta la construcción de los ítems, se busca reducir la cantidad de factores y por lo tanto se realiza un ACP confirmatorio. La búsqueda se establece con 3 métodos diferentes (*Varimax*, *Oblimin*, *Promax*) y definiendo a priori solo 2 factores. Finalmente los resultados que se obtienen son indiferentes al método utilizado, los ítems cargan en factores idénticos, así mismo las *comunalidades* y la *varianza* son idénticas. Sin embargo y de acuerdo a la definición de los factores (Pág. 257) no se encuentra ninguna relación observable (forma, tema o género), tampoco ningún atributo técnico (transformación o secuencia) y solo se observa una

condición particular que relaciona entre sí a los reactivos del factor, se trata del *nivel de dificultad* del ítem seguido por la *posición de respuesta* del mismo.

Como último recurso, para ahondar en el análisis y entender mejor los resultados del ACP se realiza un estudio individual para cada grupo universitario. Se parte de que las variables se comportan diferente, dependiendo de la muestra de sujetos. De tal forma no se puede definir un prototipo de persona para la muestra global, ni tampoco estandarizar las características del mismo.

Los indicadores (*Determinante*, *KMO* y *prueba de Bartlett*) del ACP para cada muestra independiente no consiguen mejorar los resultados del grupo completo, ya que el *Determinante* se acerca a cero en casi todos los casos, el *KMO* se vuelve inaceptable para 5 de los 7 grupos. Por último, el indicador de la *prueba de Bartlett* muestra que en todos los grupos el *Sig.* es significativo.

2.iii.9. Resultados del ACP

No fue posible reconocer la lógica utilizada por ninguno de los métodos de rotación en la conformación de los factores, pero si se encontró una aparente relación entre las variables de un mismo factor que se ajusta al *nivel de dificultad* de las mismas y que encaja con el testimonio de Pere Joan Ferrando (1996). Ferrando asegura que cuando se analizan factorialmente un conjunto de datos binarios, se pueden obtener factores que responden a la dificultad de los ítems y como este factor no tiene contenido, se le conoce como factor de dificultad. Muñiz (1997) también menciona este problema, que se presenta comúnmente al realizar un AF a un grupo de ítems dicotómicos, en donde los factores que surgen están estrechamente ligados a la dificultad de los ítems.

Para McDonald y Alhawat (1974) la razón teórica de que esto suceda es porque la relación entre la variable latente y la probabilidad de acertar el ítem no es lineal, como lo considera a priori el AF, sino más bien curvilínea.

2.iv. Análisis con la Teoría de respuesta a los ítems

La TRI es en la actualidad, la teoría psicométrica más explorada por psicólogos e investigadores de diferentes ramas, ya que ofrece una metodología basada en las probabilidades para solventar el problema de la medición. Según menciona López Pina (1995), la TRI personifica un grupo de modelos que definen una correspondencia no lineal entre el rasgo psicológico y la habilidad, y como resultado surge una función logística que permite calcular la probabilidad de acierto para determinado individuo.

En nuestro caso, por tratarse de una prueba estandarizada y a gran escala, se considera conveniente analizar el TPP desde la perspectiva de la TRI, específicamente desde el enfoque de Rasch. El proceso inicia con la comprobación de independencia local y unidimensionalidad como requisitos indispensables para trabajar con este modelo de análisis estadístico.

Para que haya *unidimensionalidad* es necesario que todos los ítems destinados a medir el rasgo latente tengan una sola dimensión, y para comprobar si existe unidimensional en los ítems del TPP se utilizó el AF que fue descrito en el apartado anterior. A pesar de que este análisis indica la existencia de varios factores, se considera que pudieron existir algunas variables de índole perceptivo que pudieron influir en los encuestados y por ende afectar el AF. Por esta razón se considera oportuno mencionar que la unidimensionalidad de las variables está garantizada por la construcción de los ítems que se realizó bajo estrictas especificaciones técnicas que se describen en el apartado 2.ii.1. de *Componentes específicos de la proporción* (Pág. 131). Este riguroso proceso asegura la validez de constructo y de contenido para todos los reactivos.

La *independencia local*, que también es un requisito de la TRI, está fuertemente ligada a la *unidimensionalidad*, pero se refiere específicamente a la independencia de los ítems, para que ninguno de ellos requiera del conocimiento previo del otro. El TPP fue construido con las recomendaciones de Muñiz (1997) y por eso sus respuestas no están encadenadas.

En el siguiente apartado se trata de evacuar apropiadamente aquellos interrogantes que la TCT no pudo responder, y aceptando la sugerencia de Lord (1980) de que la TRI no contradice las asunciones de la TCT, sino más bien las complementa.

2.iv.1. Ajuste al modelo

El modelo de Rasch postula que un reactivo eficiente solo debe ser contestado correctamente por aquellos examinados que tienen la habilidad requerida por la dificultad del ítem, y a la inversa un ítem eficiente no debe ser contestado correctamente por aquellos estudiantes que no poseen la suficiente habilidad para responderlo. Para lograr su objetivo, el modelo determina primero las dificultades de los ítems y las habilidades de los encuestados, luego establece la correspondencia probabilística entre ambas variables y finalmente identifica con toda precisión los reactivos que se comportan de manera distinta a las expectativas pronosticadas. En definitiva el modelo identifica como anomalías aquellos ítems que fueron contestados correctamente por alumnos que no poseen la habilidad necesaria, o los ítems que no fueron contestados por personas que si poseen la habilidad para contestarlos.

Una prueba con buena calidad técnica tendrá necesariamente un buen ajuste entre los datos (ítems y sujetos) y el modelo matemático; si los datos no difieren entre sí, el ajuste será perfecto, y en la medida que aparecen diferencias, el ajuste será menor. Pero siempre los resultados obtenidos empíricamente se comparan con los valores pronosticados por el modelo.

A parte de los criterios técnicos de tolerancia que define el modelo de Rasch, González (2008) considera que existen límites para determinar las anomalías de cada reactivo o sujeto. El programa computacional Winsteps desarrollado por Linacre (2006) aplica el procedimiento UCON iteradamente para obtener los parámetros de los ítems y los sujetos, y posteriormente encuentra los errores

típicos y los estadísticos de ajuste (Fit). Finalmente los resultados se expresan en escala *logit* indistintamente para las personas como para los ítems.

Para calcular el ajuste al modelo, Prieto y Delgado (2003) consideran más aconsejable utilizar el estadístico Infit, pues este estadístico corresponde a la media de los residuos cuadráticos ponderados con su varianza.

El estadístico de ajuste interno (Infit) se expresa en medias cuadráticas de residuales (MNSQ) y en residuales estandarizados (ZSTD), y es sensible a patrones de respuesta irregulares, que están cerca del nivel de habilidad media de los encuestados, mientras que el estadístico Outfit captura anomalías en patrones de respuesta lejanos al nivel de habilidad.

González (2008) señala que los residuales estandarizados (ZSTD) corresponden a las anomalías que se presentan en cada reactivo o sujeto; ellos tienen una distribución normal cuando la media = 0.00 y la varianza = 1.00. Para González los ZSTD no se comportan de acuerdo a las expectativas del modelo, cuando exceden el rango aceptable (± 2.00). Esto puede deberse a que algunos sujetos responden correctamente ítems que están por encima de sus capacidades, o por el contrario, responden incorrectamente otros que están por debajo de ellas. Es decir que pueden contestar correctamente ítems más difíciles y dejan de contestar otros que se consideran fáciles.

Según Karabatsos (2000a) existen otras causas que pueden provocar la falta de ajuste, entre ellas está la multidimensionalidad, las respuesta al azar, el sesgo de los ítems, la falta de motivación o los errores que puedan surgir al transcribir los resultados del test.

Para simplificar el análisis y detectar el desajuste, González (2008) propone la Tabla 59. Con esta tabla es fácil detectar los individuos o ítems que no tienen buen comportamiento dentro del modelo, porque superan por exceso o por defecto los estadísticos Infit MNSQ.

Tabla 59. Estadísticos de ajuste

AJUSTE	INFIT		OUTFIT	
	MNSQ	ZSTD	MNSQ	ZSTD
máximo	1,30	2,00	1,30	2,00
perfecto	1,00	0,00	1,00	0,00
mínimo	0,80	-2,00	0,80	-2,00

Manuel Jorge González Montesinos

Smith, Schumaker y Bush (1998) proponen un cambio en el límite aceptable dependiendo de la cantidad de individuos que tiene la muestra (Tabla 60).

Tabla 60. Estadísticos de ajuste según el grupo de encuestados

cantidad de personas o casos	INFIT		
	mínimo	perfecto	máximo
500	.0.80	1	1.3
de 500 a 1000	.0.80	1	1.2
más de 1.000	.0.80	1	1.1

Smith, Schumaker y Bush, 1998

Vale la pena mencionar que las ventajas del modelo de Rasch sólo pueden ser obtenidas si los datos empíricos se ajustan al modelo, de esta forma la probabilidad de acertar un ítem solo va a depender de la dificultad de este y del nivel de habilidad de la persona. Para examinar la calidad de la TPP, se revisan los estadísticos de ajuste individual de los 36 ítems y de los 1353 estudiantes que fueron encuestados (Tabla 61), de donde se puede extraer un alto grado de coincidencia entre el patrón de las respuestas observadas y la expectativa del modelo. Algunos de los participantes más aplicaron la prueba pero fueron descartados por el sistema; debido a anomalías en sus respuestas, ya sea porque contestaron todos los ítems correctamente o porque no contestaron ninguno.

Los resultados de la columna Infit MNSQ muestran que cuatro reactivos (R32, R17, R14 y R26) tienen un ajuste perfecto (1.00) y el resto de ellos mantiene un

ajuste muy bueno, siendo el más alto 1.06 y el más bajo 0.94. El Outfit MNSQ tiene cinco reactivos con ajuste perfecto (R32, R14, R15, R27 y R31) y el resto con ajuste razonable, siendo el más alto 1.07 y el más bajo 0.82. Con la revisión del Infit MNSQ y el Outfit MNSQ se consigue determinar que no existe ningún ítem que se salga de las expectativas del modelo. En la última y penúltima fila de la misma tabla aparecen la media y la desviación estándar de las diferentes columnas donde se aprecia que la media del Infit MNSQ es perfecta (1.00) y la media del Outfit MNSQ es casi perfecta (0.98).

En relación al estadístico estandarizado (ZSTD) se observa que cuatro reactivos (R18, R7, R22 y R33) sobrepasan los límites del modelo ($+2 < ZSTD < -2$), sin embargo y de acuerdo a la recomendación de Wright (citado en Linacre, 2006), no se toma ninguna decisión al respecto por cuanto no existe correspondencia de un $MNSQ > 1.50$.

De la Tabla 61 también se puede extraer la información acerca de la dificultad de los reactivos, es evidente que el R16 es el ítem con menos respuestas correctas ya que de 1353 alumnos encuestados, solo lo han acertado correctamente 416, en otras palabras es el reactivo más difícil de todos y su medida en lógitos es de 1.88. La dificultad media en lógitos (0.00) se ubica entre los reactivos R9 y R12, que fueron contestados por 966 y 999 personas. Se debe recordar que el modelo de Rasch toma como punto medio de la escala la dificultad de los ítems y no la habilidad media de los encuestados. Por su parte el R5, cuya medida en lógitos es -3.15, es el ítem que ha sido contestado correctamente por la mayoría de las personas evaluadas en el estudio (1329), de ahí que se le considere el ítem más fácil, ya que solo 24 personas no lo contestaron. Se concluye que la habilidad de la mayoría de los encuestados excede la dificultad de la mayoría de los ítems. En relación al Exact Obs% y Match Exp%, porcentaje de respuestas correctas, se puede concluir que 19 reactivos (52.77%) tienen un porcentaje ligeramente por debajo de las expectativas del modelo, 8 (22.22%) tienen un porcentaje mayor y 9 reactivos (25%) cumplen a cabalidad con el porcentaje pronosticado por el modelo.

Tabla 61. Estadísticos de ajuste de 36 ítems y 1353 personas

Input: 1355 Person 36 Item				Reported: 1353 person 36 item				2 Cats Winsteps 3.72.3					
Person: Real Sep.: .88 Rel.: .44				Item: Real Sep.: 14.20 Rel.: 1.00									
Item Statistics: Measure Order													
Entry Number	Total Score	Total Count	Measure	Model S.E	Infit		Outfit		PT-Measure		Exact Match		Item
					MNSQ	ZSTD	MNSQ	ZSTD	CORR.	EXP.	OBS%	EXP%	
30	416	1353	1.88	.06	1.05	2.0	1.06	1.8	.15	.24	68.4	70.0	R16
35	488	1353	1.63	.06	1.00	.0	1.00	.1	.25	.25	65.4	65.9	R32
6	536	1353	1.47	.06	1.00	.3	1.01	.6	.24	.25	63.2	63.6	R17
31	556	1353	1.40	.06	.97	-1.6	.97	-1.3	.30	.25	65.0	62.8	R20
29	597	1353	1.27	.06	1.01	.8	1.02	1.3	.23	.26	61.0	61.6	R13
17	661	1353	1.06	.06	1.06	4.3	1.07	4.4	.15	.26	55.0	60.4	R18
32	685	1353	.99	.06	.99	-.5	.99	-.5	.27	.26	59.9	60.4	R23
33	706	1353	.92	.06	1.01	.7	1.01	.9	.24	.26	60.2	60.4	R28
36	710	1353	.91	.06	1.02	1.2	1.02	1.2	.23	.26	58.2	60.4	R36
2	731	1353	.84	.06	.97	-2.4	.97	-2.1	.32	.26	65.0	60.8	R7
7	732	1353	.84	.06	.96	-3.0	.95	-2.9	.33	.26	63.5	60.8	R22
20	823	1353	.54	.06	1.01	.6	1.01	.5	.23	.26	64.4	63.7	R25
16	837	1353	.50	.06	1.00	.2	1.00	.0	.25	.25	63.6	64.4	R14
5	843	1353	.48	.06	1.01	.4	1.00	.1	.24	.25	63.5	64.6	R15
27	868	1353	.39	.06	1.02	1.1	1.02	.7	.21	.25	63.6	65.9	R6
24	907	1353	.26	.06	1.01	.6	1.02	.8	.22	.25	67.6	68.1	R35
3	920	1353	.21	.06	1.03	1.4	1.06	1.9	.18	.24	68.1	68.9	R9
9	941	1353	.13	.06	.99	-.2	1.00	.2	.25	.24	70.7	70.3	R27
21	942	1353	.13	.06	1.00	.1	.99	-.5	.24	.24	70.1	70.3	R26
19	953	1353	.09	.06	1.04	1.5	1.05	1.7	.17	.24	69.8	71.1	R21
18	966	1353	.04	.06	1.02	.7	1.03	.8	.20	.24	71.5	71.9	R19
15	999	1353	-.09	.06	1.03	1.0	1.04	1.0	.17	.24	72.9	74.2	R12
25	1061	1353	-.36	.07	.99	-.1	.99	-.1	.23	.23	78.6	78.5	R1
22	1100	1353	-.55	.07	1.01	.1	1.00	.1	.20	.22	81.4	81.4	R31
34	1100	1353	-.55	.07	.97	-.8	.91	-1.6	.28	.21	81.2	81.4	R30
8	1119	1353	-.65	.07	.95	-1.0	.91	-1.6	.30	.21	82.8	82.7	R24
1	1128	1353	-.69	.07	.99	-.1	.99	-.2	.21	.20	83.4	83.4	R3
11	1140	1353	-.77	.08	.94	-1.2	.87	-2.1	.31	.20	84.7	84.3	R33
10	1151	1353	-.83	.08	.97	-.6	.93	-1.1	.25	.19	85.0	85.1	R29
14	1163	1353	-.90	.08	.98	-.4	.95	-.7	.23	.19	86.0	86.0	R8
12	1183	1353	-1.04	.08	1.01	.2	.99	-.1	.17	.18	87.5	87.5	R4
28	1184	1353	-1.06	.08	1.01	.2	1.05	.7	.14	.18	87.6	87.6	R10
26	1251	1353	-1.62	.10	.99	-.1	.94	-.6	.18	.15	92.5	92.5	R2
23	1266	1353	-1.80	.11	.96	-.4	.83	-1.5	.23	.14	93.6	93.6	R34
4	1277	1353	-1.94	.12	.99	-.1	.92	-.6	.16	.13	94.4	94.4	R11
13	1329	1353	-3.15	.21	.98	.0	.82	-.7	.15	.07	98.2	98.2	R5
Mean	924.1	.00	.07	1.00	.1	.98			73.5	73.8			
S.D	243.5	.4	1.10	.03	1.2	.06			11.7	11.5			

2.iv.1.a. Error de medida y función de Información

El error se relaciona con la precisión de medida que pueden tener los ítems, y específicamente se obtiene de la diferencia entre las puntuaciones empíricas y las verdaderas ($e = \chi - \nu$). El error cuadrático medio (Real RMSE) es un indicador del error total explicado por el modelo, y su importancia estriba en que expone el peor caso de confiabilidad, al reportar el límite inferior. Por su parte la raíz del error cuadrático (Model RMSE) es el error que el modelo no explica y revela el mejor caso de confiabilidad; exponiendo el límite superior de los casos observados en la muestra.

En la TRI el error típico de medida no es el mismo para todos los individuos, pues más bien varía dependiendo de su nivel en la variable medida. El error se representa en lógitos y la precisión de su medida depende de la cercanía que tenga con el cero; por eso el test no es igual de preciso para todos los niveles.

En el TPP hay mayor cantidad de ítems fáciles, por lo que se obtiene mayor precisión en el grupo de sujetos de bajo nivel y no será tan preciso en el nivel medio o en el superior. En caso contrario, si los ítems fueran difíciles, la medición sería más precisa en el grupo de alto nivel.

El error típico de medida se relaciona inversamente proporcional con la Función de Información (FI) que es el indicador de la precisión del test. Entre menor sea el error, mayor es la FI y más información se puede obtener de las estimaciones del test. La FI también permite reducir la cantidad de ítems sin necesidad de perder la información valiosa del test, pues ayuda a descartar solo aquellos ítems que no aportan nada relevante (Muñiz, 1997).

2.iv.1.b. Resumen de los alumnos

La Tabla 62 muestra información detallada sobre las personas que realizaron el TPP, por ejemplo la media del puntaje bruto "Total score" de respuestas correctas observadas por alumno es 24.6, con una desviación estándar "S.D." = 3.5, en donde el puntaje máximo detectado fue de 33 y el mínimo de 11 respuestas correctas. En la columna "Count" aparecen 36 ítems como la cantidad de reactivos que participaron en el estudio. En la columna "Measure" aparece en lógitos la habilidad media estimada de los encuestados, siendo el promedio = 1.01, la S.D. = 0.55, la habilidad máxima = 2.82 y la mínima = -0.99. En la columna "Infit MNSQ" aparece que la media es perfecta (1.00) y la S.D. = 0.15; en la columna "Outfit MNSQ" la media es casi perfecta (0.98) y la S.D. = 0.34.

En cuanto al coeficiente de correlación de Pearson (Personal raw score to measure correlation) = 0.99, se puede decir que casi no existen valores faltantes, porque está muy cerca de 1.00 (González, 2008). Con respecto a los encuestados, la fiabilidad expuesta por el Alfa de Cronbach es bastante baja (0.46), por lo que se realiza un estudio más exhaustivo para detectar las personas que presentan desajustes considerables con respecto a las expectativas del modelo. De esta forma se contabilizan 139 personas con el estadístico Infit MNSQ ≥ 1.20 , y 5 personas con Infit MNSQ ≤ 0.70 (10.64%) quedando para un siguiente estudio 1209 personas, con Infit MNSQ de aceptable a bueno. Posteriormente se hace un ajuste más afinado de personas reduciendo el límite superior a ≥ 1.10 . Ambos resultados se muestran más adelante en la Tabla 63, con 1209 y 1019 respectivamente. En los Gráficos 20 y 21 se realiza una depuración del TPP no solo con personas sino también con ítems para observar el ajuste al modelo.

Tabla 62. Resumen de los estadísticos de Fiabilidad de los sujetos

Summary of 1353 Measured Person								
	Total Score	Count	Measure	Model Error	Infit		Outfit	
					MNSQ	ZSTD	MNSQ	ZSTD
Mean	24.6	36.0	1.01	.40	1.00	.0	.98	.0
S.D	3.5	.1	.55	.03	.15	.9	.34	.8
Max	33.0	36.0	2.82	.62	1.78	4.5	4.86	4.9
Min.	11.0	34.0	-.99	.37	.59	-3.3	.46	-2.1
Real RMSE	.42	True SD	.37	Separation	.88	Person Reliability	.44	
Model RMSE	.42	True SD	.38	Separation	.94	Person Reliability	.47	
S.E of Person Mean = .02								
Lacking Responses: 2 Persons								
Personal raw score-to-measure correlation = .99								
Cronback Alpaha (KR-20) Person raw score "Test" reliability = .46								

2.iv.1.c. Resumen de los ítems

Como se observó en la Tabla 61 y ahora en la Tabla 63, la confiabilidad (Reliability) de los ítems es perfecta (1.00), los otros datos de esta tabla muestran que la media de aciertos para el TPP es de 924.1, lo que reafirma que el Test es bastante fácil para la mayoría de los encuestados; seguidamente se observa que la S.D. es bastante grande = 243.5. El puntaje máximo obtenido por los sujetos es de 1329 respuestas correctas y el mínimo de 416. En la columna "Count" aparece la cantidad de sujetos que se analizaron en el estudio (1353). En la columna "Measure" aparece en lógitos la media de los ítems que según el modelo de Rasch siempre es 0.00; en esa misma columna también se indica la dificultad máxima (1.88) y mínima (-3.15) estimada de los reactivos, y la respectiva S.D. = 1.10. En la columna "Infit MNSQ" aparece que la media es perfecta (1.00) y en la columna "Outfit MNSQ" se muestra una media casi perfecta (0.98).

En lo que respecta a los residuales estandarizados (Infit ZSTD) la media (=0.1) está cercana a cero como se recomienda y la S.D. (=1.2) se advierte un poco más alta de lo establecido (=1.0). No obstante si hay datos que superan el límite permitido por el modelo (+2 < ZSTD < -2), ya que la máxima es de 4.3 y la mínima de -3.0.

Del coeficiente de correlación de Pearson (*Item Raw Score to Measure Correlation*) = -0.96 , se puede decir que casi no existen valores faltantes, porque está muy cerca de -1.00 (González, 2008).

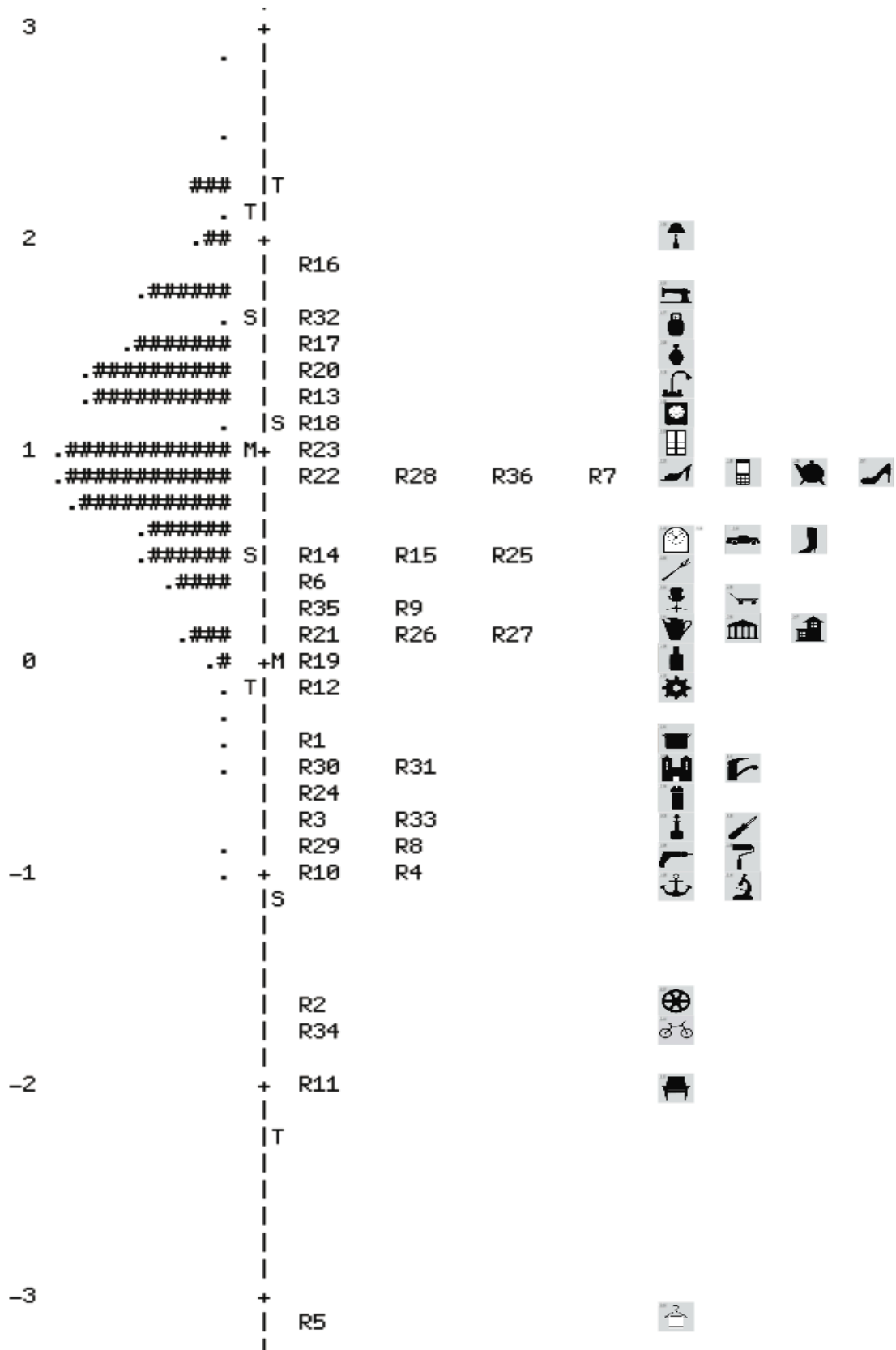
Tabla 63. Resumen de los estadísticos de Fiabilidad de los ítems

Summary of 36 Measured Item								
	Total Score	Count	Measure	Model Error	Infit		Outfit	
					MNSQ	ZSTD	MNSQ	ZSTD
Mean	924.1	1352.8	.00	.07	1.00	.1	.98	.0
S.D	243.5	.4	1.10	.03	.03	1.2	.06	1.4
Max	1329.0	1353.0	1.88	.21	1.06	4.3	1.07	4.4
Min.	416.0	1351.0	-3.15	.06	.94	-3.0	.82	-2.9
Real RMSE	.08	True SD	1.10	Separation	14.20	Item	Person Reliability	1.00
Model RMSE	.08	True SD	1.10	Separation	14.25	Item	Person Reliability	1.00
S.E of Person Mean = .								
UMEAN = .0000 USCALE = 1.0000								
Item raw score-to-measure correlation = -.96								
48702 DATA POINTS. LOG-LIKELIHOOD CHI-SQUARE: 50500.14 with 47314 d.f. P = .0000								
Global Root-Mean-Square Residual (excluding extreme scores): .4171								

2.iv.1.d. Mapa de Wright

El modelo de Rasch permite hacer una *medición conjunta* con sujetos y variables que se calcula en lógitos y se expresa en un espacio común como es el Mapa de Wright (Gráfico 14). Esta particularidad permite una correspondencia entre las personas y los ítems que facilita la comprensión del análisis, proporcionando información acerca de los ítems que la persona tiene o no probabilidad de acertar correctamente. En el Gráfico 14 se observan de izquierda a derecha: la escala en lógitos, donde el 0 es la dificultad media. Luego aparece la distribución de las personas, la línea divisoria, los ítems numerados y finalmente esos mismos ítems en imágenes.

Gráfico 14. Mapa de Wright (36 ítems y 1353 personas)



La información que se extrae del Gráfico 14 tiene que ver con la habilidad de los encuestados y la dificultad de los ítems. Como se observa, la población estudiantil se distribuye con una forma aproximadamente normal y una concentración a la altura de 1 lógito. Esto significa que el rendimiento de la muestra es elevado, pues la mayor parte de los alumnos tiene puntuaciones superiores a "0" que es la dificultad promedio de los ítems.

Por su parte los ítems se distribuyen más desordenadamente y con un prolongado descenso hasta -2 lógitos, como se observa en el Gráfico 14, la mayoría de ellos está por debajo de la personas en la escala de lógitos. Esto significa que los ítems son demasiado fáciles para los participantes porque la mayoría de personas están respondiendo correctamente los ítems. También significa que los ítems no están contribuyendo a la discriminación de las personas con niveles altos en la habilidad que se pretende medir.

Para mayor comprensión del Gráfico 14: el signo de numeral (#) en la parte izquierda simboliza 13 sujetos en el estudio y el (.) representa entre 1-12 personas; de este dato se deduce que aproximadamente 87 sujetos tienen habilidades por encima del ítem más difícil o sea del R16. También se observa que 15 reactivos están situados por debajo de la dificultad media (=0) y solo 20 reactivos la sobrepasan, sin embargo ninguno de ellos llega a 2.00 lógitos; es decir que ningún ítem llega a ser realmente difícil. Vale la pena mencionar que cuando los ítems se solapan, significa teóricamente que estiman el mismo nivel del constructo, y del Mapa se puede observar que se tienen muchos ítems donde casi no hay personas (entre 0 y -2 lógitos) y pocos ítems donde hay muchas personas (entre 1 y 2 lógitos).

2.iv.2. Curva característica de los ítems (CCI)

Para Cortada de Kohan (2004) la CCI es la relación entre el nivel de habilidad (θ) de los encuestados y la probabilidad $P(\theta)$ de responder correctamente el ítem, esto significa que los estudiantes que tienen un nivel más alto en la variable medida, tienen más probabilidad de acertar la respuesta. Esta función logística es muy similar a la función normal acumulada y se representa como una curva en forma de S. La gráfica de la CCI muestra en el eje de las ordenadas, valores de 0 a 1 para la *probabilidad* $P(\theta)$ y en el eje de las abscisas aparece la *habilidad* (θ) representada en escala de -2 a +2.

Muñiz (1997) aconseja tener muy presente que la CCI es una característica individual y propia para cada ítem. Cada CCI está compuesta de tres parámetros diferentes, el primero es el índice de discriminación que se conoce como “a” y su valor corresponde a la tangente de la pendiente de la CCI en su punto máximo; por lo que entre más alta es la pendiente de la CCI, mayor será la discriminación del ítem.

El segundo parámetro es “b” que corresponde al índice de dificultad y se expresa como θ , su valor está definido por el punto de mayor pendiente de la CCI. Un ítem es más difícil que otro si su CCI se encuentra más a la derecha en el eje de las abscisas. El último parámetro es “c” que indica la probabilidad que se tiene de acertar el ítem al azar y se expresa como $P(\theta)$.

Según Muñiz (coor: 1989) cuando un ítem tiene tres alternativas, de las cuales solo una es la correcta, como es el caso del TPP; la probabilidad de acertar la respuesta al azar es de 0.33. Por tal razón Muñiz plantea que aplicar el modelo de Rasch a test de elección múltiple contradice a priori las exigencias del modelo, donde tanto la probabilidad “c” como el índice de discriminación “a” deben ser igual a cero. También Traub (1983) se refiere al caso indicando que es inadmisibles asegurar que no existen aciertos al azar o que todos los ítems discriminan igual, ya que esa asunción estaría en contra del sentido común y de 80 años comprobación experimental. No obstante en el mismo documento y

luego de hacer una comprobación exhaustiva, Muñiz concluye que las estimaciones del modelo de Rasch son razonablemente robustas cuando existen aciertos al azar $\neq 0$ y profundamente robustas con índices de discriminación variables (coor: Muñiz, 1989), por lo que resulta factible seguir usando el modelo de Rasch con ítems de elección múltiple.

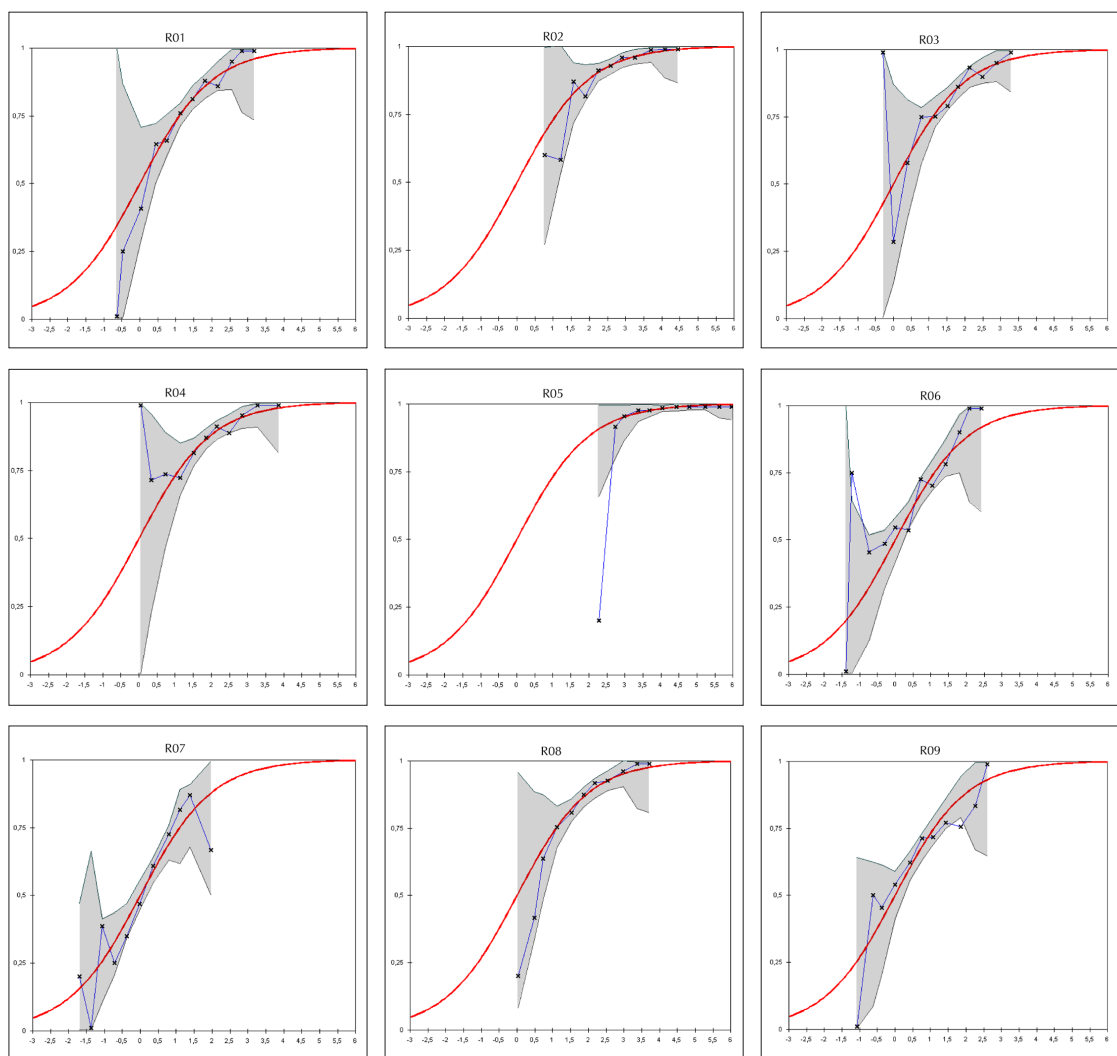
Para González (2008) los únicos parámetros que se consideran en el Modelo de Rasch son la dificultad del ítem y la habilidad del sujeto, pues la teoría matemática que lo respalda sostiene que estos parámetros son suficientes para explicar y predecir el comportamiento de los encuestados. Por eso el enfoque que se realiza a continuación se direcciona solamente hacia esos parámetros.

En los gráficos 15, 16, 17 y 18 se muestran las CCI de todos los ítems del TPP; en ellas aparece la habilidad del encuestado versus la dificultad del ítem, también aparece una curva central de color rojo que representa la expectativa del modelo de Rasch; en nuestro caso esta curva es la misma para todos los reactivos, por tratarse de ítems dicotómicos. La línea azul es empírica y está construida a partir de las frecuencias observadas a lo largo de la variable. El sector de color gris representa la banda de confianza del 95 %. Esta banda está definida por un límite superior y un límite inferior, cuya distancia de la línea roja (modelo) está determinada por el número de observaciones en cada uno de los intervalos, también se puede decir que se encuentra a 1.96 por encima de los errores del modelo estándar, es decir de la línea roja. De estos gráficos 15, 16, 17 y 18 se puede concluir que la mayoría de los ítems presentan un buen ajuste al modelo y otros, muy pocos, tienen un pequeño desajuste que se describe a continuación.

En el Gráfico 15 aparecen las CCI de los primeros 9 reactivos del TPP, en ellas se puede observar que el R1, R2, R3, R4, R7 y R8 presentan un buen ajuste con el modelo, porque las puntuaciones de las personas se encuentran dentro de la banda de confianza del 95% pronosticada por el modelo (zona de color gris). Los ítems restantes, es decir el R5, R6 y R9 tienen una puntuación fuera de ese sector, por lo que no son tan buenos como los anteriores. Otro detalle adicional que se

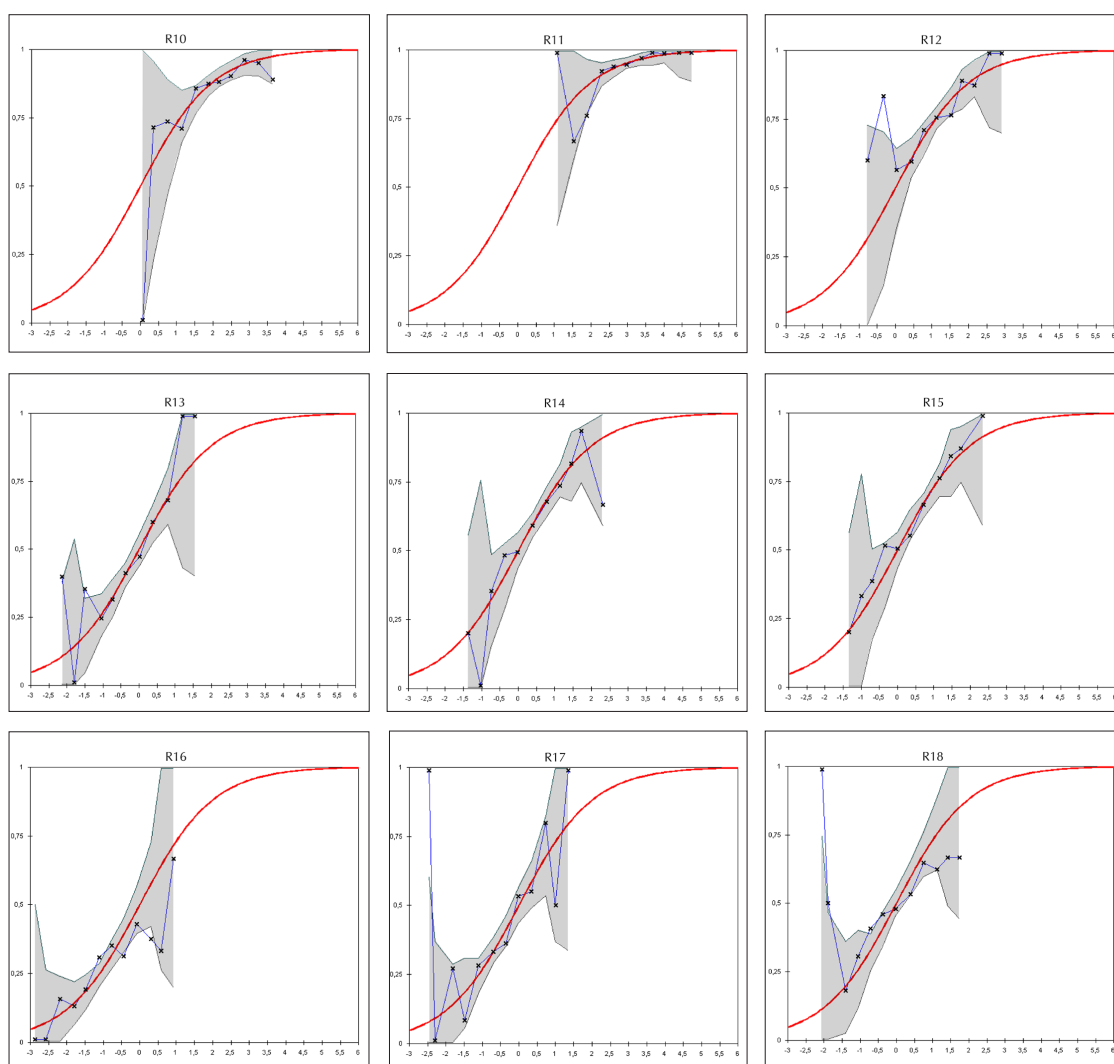
extrae del G15 es el momento donde inicia la curva de probabilidad del R2 (+0.75) y el R5 (+2.25); en ambos casos la curva inicia muy tarde, o sea, muy a la derecha en el eje de las abscisas, lo que indica que los ítems son demasiado fáciles, siendo el R5 el más fácil de la muestra. Se debe recordar que los ítems solo pueden discriminar a los sujetos que se encuentran en el mismo nivel de habilidad, por lo que un ítem demasiado fácil, que todos aciertan, se vuelve irrelevante para el estudio.

Gráfico 15. Curva característica de los reactivos R1-R9



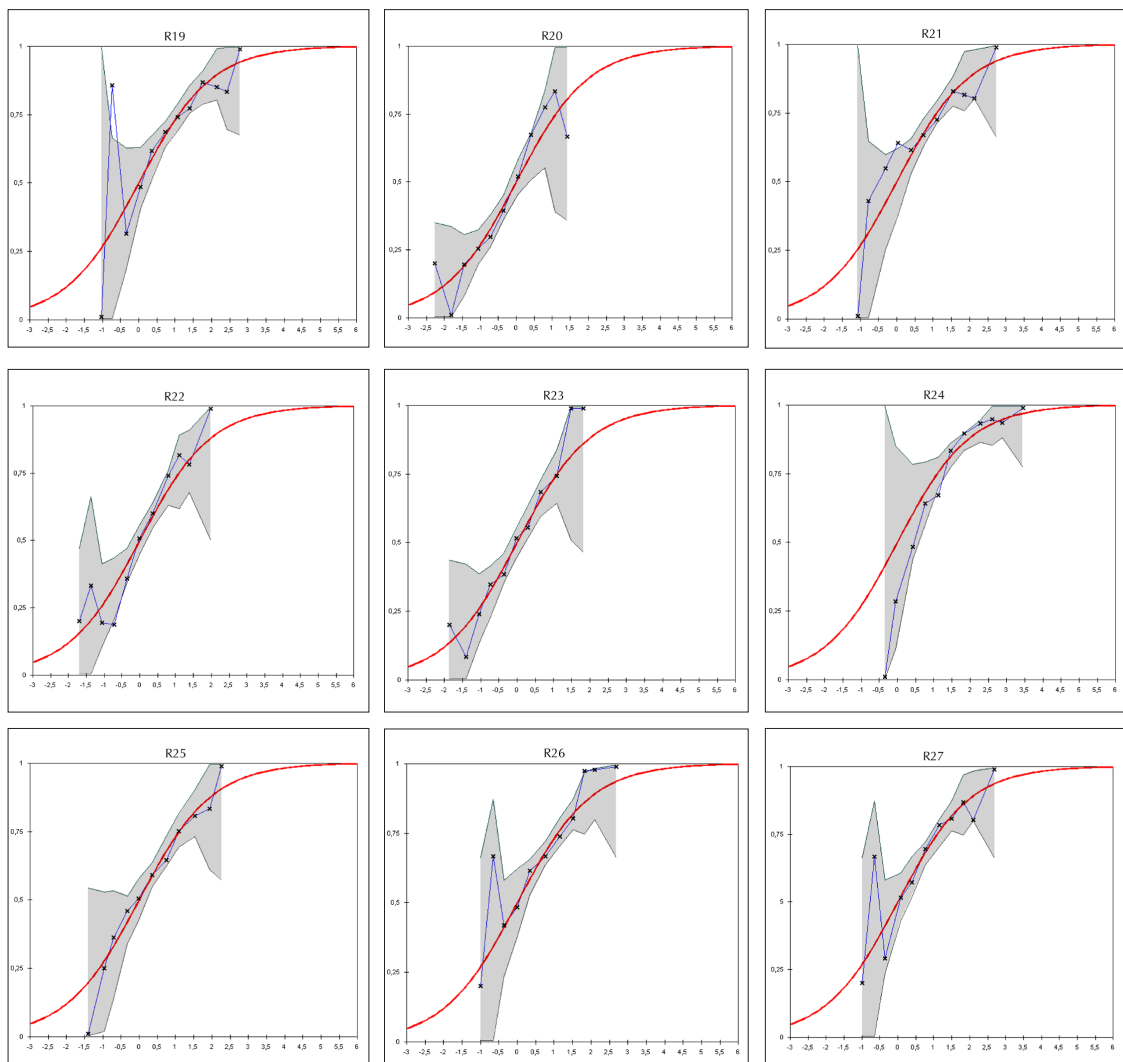
En el Gráfico 16 se puede advertir que los reactivos R10, R11, R14, R15 se comportan dentro de las expectativas del modelo, porque todas sus puntuaciones se encuentran dentro de la banda de confianza del 95%, mientras que el R12, R13 y R17 tienen una puntuación fuera de los límites permitidos y el caso más problemático lo presentan el R16 y R18, ya que tienen tres puntuaciones fuera de la zona gris. Este análisis gráfico muestra una relación directa con los resultados de la TCT, que en su momento recomendó la eliminación de estos mismos ítems. Vale la pena mencionar que la curva de probabilidad del R11 (+1.25) es la que inicia más tarde, definiéndolo como el ítem más fácil de este grupo de reactivos.

Gráfico 16. Curva característica de los reactivos R10-R18



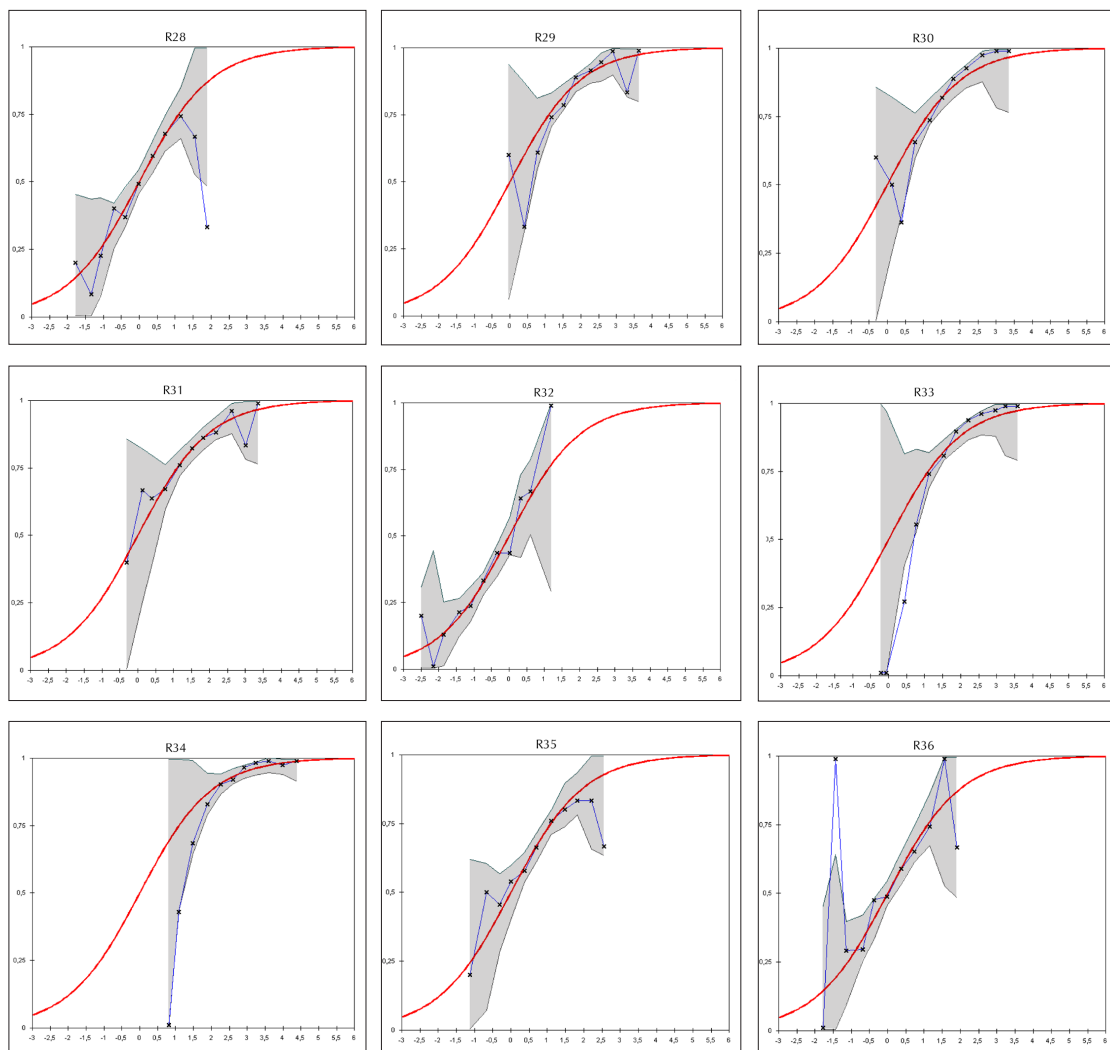
En el Gráfico 17 se puede advertir que los reactivos R20, R23, R25, R26 y R27 se comportan dentro de las expectativas del modelo, porque todas sus puntuaciones se encuentran dentro de la banda de confianza del 95%, mientras que el R19, R21, R22 y R24 tienen una puntuación fuera de la zona gris. Otro detalle es que todos los reactivos inician la curva de probabilidad a la izquierda de 0.00 lógitos (eje de las abscisas) de habilidad (θ) media y el R24 es el último que inicia su recorrido ascendente (-0.25), dato que lo identifica como el ítem más fácil de este grupo de reactivos.

Gráfico 17. Curva característica de los reactivos R19-R27



En el Gráfico 18 se puede advertir que los reactivos R29, R31, R34 y R35 se comportan dentro de las expectativas del modelo, porque todas sus puntuaciones se encuentran dentro de la banda de confianza del 95%, mientras que el R28, R30, R33 y R36 tienen una puntuación fuera de la zona gris. Otro detalle es que solo el R34 inicia su recorrido ascendente (+0.75) a la derecha de 0.00 lógitos (eje de las abscisas) de habilidad (θ) media, dato que lo identifica como el ítem más fácil de este grupo de reactivos.

Gráfico 18. Curva característica de los reactivos R28-R36



Para concluir el análisis gráfico con las CCI se sugiere revisar los ítems que tienen una puntuación fuera de la banda de confianza del 95% (R5, R6, R9, R12, R13, R17, R19, R21, R22, R24, R28, R30, R33, R36), y eliminar aquellos que tienen tres puntuaciones fuera de esta zona, es decir el R16 y R18.

2.iv.3. Comparación de resultados

Luego de realizar una revisión general de los resultados con el modelo de Rasch se decide continuar con un análisis más pormenorizado de los ítems y las personas que aplicaron el TPP. La investigación se fundamenta en los resultados de la Tabla 62 y la información del Anexo 5 que detalla el análisis estadístico con el modelo de Rasch. Inicialmente se reportan 1353 personas, de las cuales se eliminan aquellas con $\text{Infit} \geq 1.20$ y ≤ 0.70 , es decir 144 sujetos (10.64%). De esta forma se obtiene una población de 1209 personas con la totalidad de los ítems, porque ninguno de ellos presenta desajuste. Los resultados comparativos de este análisis se aportan en la Tabla 64.

Posteriormente se realiza un nuevo estudio tomando en consideración las especificaciones de Smith, Schumaker y Bush (Tabla 60), los cuales aconsejan un Infit no mayor a 1.10 para muestras de más de 1.000 sujetos. Así es como el grupo de personas eliminadas se amplía a 334 casos, es decir un 24.68% del total de participantes, por lo que permanecen en el estudio 1019 personas y la totalidad de los ítems (36). En ambos casos el porcentaje indica que la muestra de personas con desajuste es bastante bajo y por ende, positivo para el estudio.

Adicionalmente se realizan dos análisis más, uno con 31 ítems, es decir, eliminando los reactivos que fueron descartados con la TCT en el análisis anterior (R9, R12, R16, R18 y R21) y otro con los 17 ítems que adiciona al análisis anterior la eliminación de todos los ítems que están por debajo de las habilidades de los encuestados y que fácilmente se observan en el Gráfico 14.

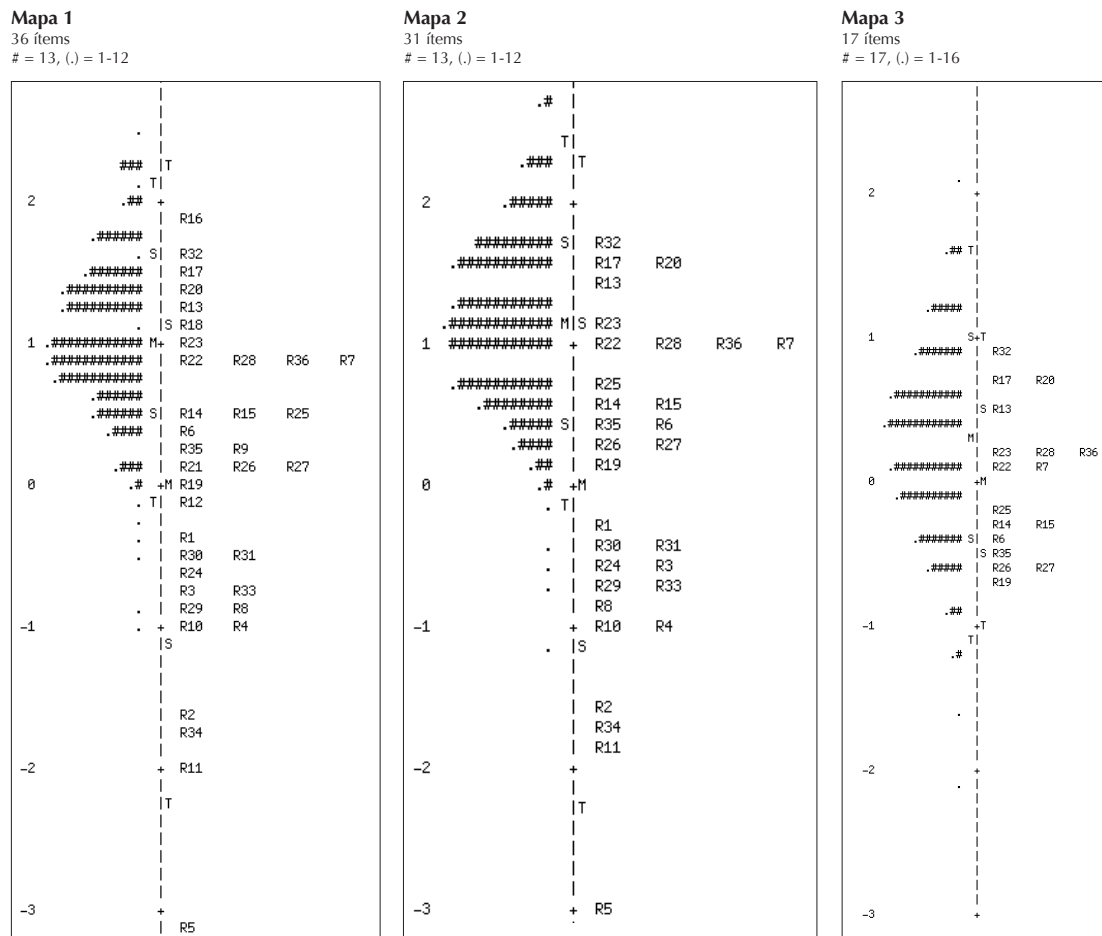
En ambos casos los análisis se realizan con el grupo inicial de personas (1353) y luego con 1019 sujetos, es decir eliminando aquellas personas que presentan

algún desajuste con el modelo de Rasch. Los resultados se muestran detalladamente en la Tabla 64, de dónde se extrae que la mayor confiabilidad de los ítems (1.0) se obtiene con la muestra completa de 1.353 personas y 36 ítems. Como se observa también en dicha tabla, la eliminación de ítems fáciles no aumenta la confiabilidad de los mismos, pero en el caso de las personas, el *Alfa de Cronbach* si mejora levemente (0.49) con la eliminación de los cinco ítems que propuso la TCT (R9, R12, R16, R18 y R21).

Tabla 64. Análisis comparativo

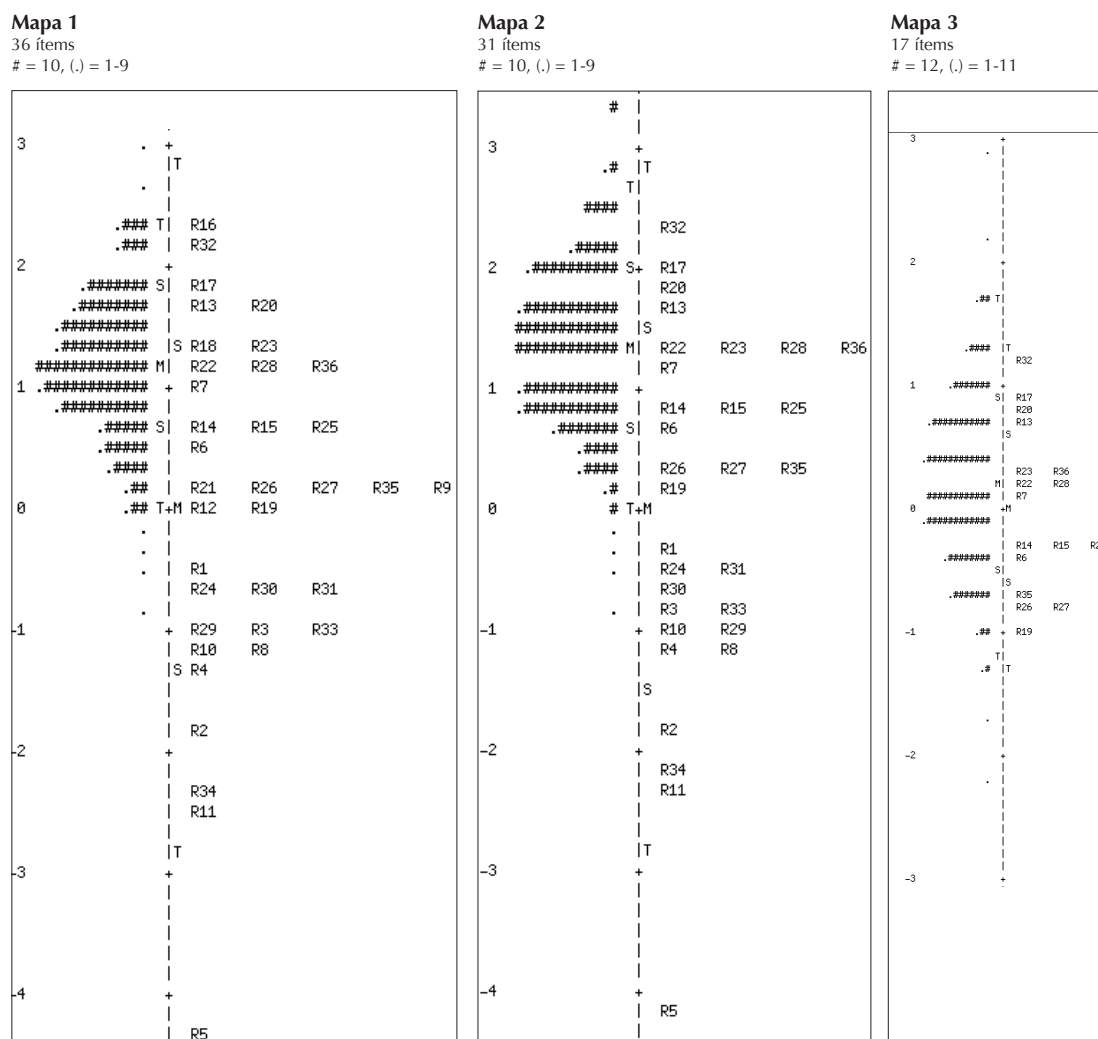
RESUMEN DE ESTADISTICOS DEL TPP CON EL MÉTODO DE RASCH													
cantidad de ítems	Reliability	cantidad personas	Alfa Cronbach	Measure		Total / Raw score		Model Error		Infit MNSQ		Infit MNSQ	
				Max.	Min.	Media	S.D.	Media	S.D.	Media	S.D.	Max	Min
RESUMEN DE LOS ÍTEMS													
36	1.00	1353		1.88	(-) 3.15	924.1	243.5	0.07	0.03	1.00	0.03	1.06	0.94
36	0.99	* 1209		2.13	(-) 3.58	831.9	233.9	0.08	0.04	1.00	0.03	1.05	0.94
36	0.99	** 1019		2.37	(-) 4.31	703.6	212.6	0.10	0.07	1.00	0.03	1.06	0.94
31	0.99	1353		1.76	(-) 3.07	945.8	240.0	0.07	0.03	1.00	0.03	1.03	0.94
31	0.99	** 1019		2.29	(-) 4.20	722.1	208.9	0.10	0.07	1.00	0.03	1.05	0.94
17	0.99	1353		0.90	(-) 0.73	756.9	146.2	0.06	0.00	1.00	0.03	1.04	0.95
17	0.99	** 1019		1.21	(-) 0.98	559.9	138.4	0.07	0.00	1.00	0.03	1.06	0.93
RESUMEN DE LAS PERSONAS													
36		1353	0.46	2.82	(-) 0.99	24.6	3.5	0.40	0.03	1.00	0.15	1.78	0.59
36		* 1209	0.47	2.91	(-) 0.86	24.8	3.4	0.41	0.03	1.00	0.14	1.37	0.57
36		** 1019	0.47	3.03	(-) 0.88	24.9	3.3	0.42	0.03	1.00	0.13	1.44	0.55
31		1353	0.49	3.13	(-) 1.09	21.7	3.2	0.45	0.05	1.00	0.17	1.93	0.57
31		** 1019	0.49	3.36	(-) 0.77	22.0	3.1	0.47	0.05	1.00	0.15	1.44	0.54
17		1353	0.35	2.88	(-) 2.10	9.5	2.4	0.53	0.05	1.00	0.13	1.41	0.69
17		** 1019	0.38	2.95	(-) 2.16	9.3	2.5	0.54	0.05	1.00	0.15	1.60	0.64
* se eliminan las personas que tienen Infit MNSQ >1.20 o <0.70													
** se eliminan las personas que tienen Infit MNSQ >1.10 o <0.70													

Gráfico 19. Resumen de Mapas con 1353 personas



En el Gráfico 19 se aprecian 3 mapas del TPP, el Mapa 1 muestra la posición de los 36 ítems y las 1353 personas que aplicaron el test. En el Mapa 2 aparece la misma población con 31 ítems, los 5 ítems faltantes se eliminan por recomendación de la TCT. El Mapa 3 tiene solo 17 ítems, los 14 restantes fueron eliminados del estudio porque están por debajo del nivel de las habilidades de los encuestados (demasiado fáciles). En los dos primeros mapas se observa que la mayoría de las personas se ubican a la altura de 1.00 lógitos, mientras que una buena cantidad de ítems queda por debajo de 0.00 lógitos. En el Mapa 3 la relación de personas versus ítems es más pareja, pues se ubican en el mismo nivel del constructor, es decir entre 1.75 y -1.25 lógitos. En general la curva normal definida por la población es más clara y evidente que la definida por los reactivos, que se agrupan más desordenadamente.

Gráfico 20. Resumen de Mapas con 1019 personas



En el Gráfico 20 se muestran 3 mapas del TPP con las mismas especificaciones del paso anterior pero con una población (1019 personas) que ajusta mejor con el modelo de Rasch ($\text{Infit} \geq 1.10$ y ≤ 0.70). En el Mapa 1: las personas se concentran en el nivel 1.00 mientras que los reactivos en el nivel 0.00 lógitos. En el Mapa 2: los reactivos y las personas se concentran equitativamente entre 2-1 lógitos, aunque en ambos mapas hay 14 ítems que están muy por debajo de las habilidades de los encuestados. El Mapa 3 resulta mejor en el Gráfico 19 que en el Gráfico 20 porque la dificultad de los ítems se distribuye en el mismo nivel que la habilidad de las personas. No obstante, en todos los casos se requiere concentrar los reactivos en los niveles donde hay más número de personas y no que se dispersen de uno en uno donde no se necesitan.

2.iv.4. Resumen de la TRI

Por tratarse de una prueba estandarizada y a gran escala se considera conveniente analizar el TPP desde la perspectiva de la TRI y específicamente desde el enfoque de Rasch. A pesar de que los resultados del ACP no fueron óptimos, la fundamentación teórica utilizada para la construcción de los ítems certifica el principio de unidimensionalidad e independencia local para los reactivos. Con el modelo de Rasch se espera encontrar una mayor precisión en la estimación de la variable latente (*proporción*) para cada uno de los diferentes niveles de habilidad de los encuestados. El análisis se hace con la muestra total de 1.353 estudiantes, luego se realiza una depuración eliminando aquellas personas con $\text{Infit} \geq 1.20$ y ≤ 0.70 (1.209 personas), y finalmente se obtiene un grupo que no supera el $\text{Infit} \geq 1.10$ (1.019 personas), como lo recomiendan Smith, Schumaker y Bush (1998) para muestras de más de 1.000 sujetos.

Para el análisis de los ítems se estudia la Tabla 61, donde se extrae que la mayoría de ellos presenta un buen ajuste con el modelo; solo 4 reactivos (R18, R7, R22 y R33) sobrepasan los límites de los residuales estandarizados ($+2 < \text{ZSTD} < -2$), sin embargo y de acuerdo a la recomendación de Wright (citado en Linacre, 2006), no se toma ninguna decisión al respecto por cuanto no existe correspondencia de un $\text{MNSQ} > 1.50$.

La investigación individual de los ítems se realiza en las CCI, de donde se obtiene que la mayoría de ellos son fáciles y no superan la dificultad media; hay 16 que presentan algún desajuste en las puntuaciones de la banda de confianza del 95% y solo 2 de ellos presentan problemas más serios. Esta información sumada a los resultados de la TCT indican que se pueden eliminar 5 ítems para analizar el comportamiento del TPP sin ellos. Es así como se considera la realización de un segundo análisis con 31 ítems y un tercer estudio eliminando todos los reactivos que se encuentran por debajo de las habilidades de los encuestados; en este último caso el TPP queda con solo 17 reactivos. Los datos recabados en los tres análisis indican que el test se ajusta bien al modelo de Rasch, aunque 14 de los

36 reactivos son tan fáciles que no están discriminando, ni aportando ninguna información valiosa para el estudio.

De los análisis que se realizan para mejorar la confiabilidad de las personas se obtiene que el *Alfa de Cronbach* solo mejora un poco (de 0.46 a 0.47) si la muestra total se reduce a 1.209 o 1.019 personas (Tabla 64). Si se eliminan los cinco reactivos propuestos por la TCT el *Alfa* sube un poco más (0.49); pero con la desventaja de que la confiabilidad de los ítems baja de 1.00 a 0.99.

2.iv.5. Resultados de la TRI

Los análisis de confiabilidad que se pueden consultar en el Anexo 5 indican que solo el 24.68 % de las personas que aplicaron el TPP tiene algún desajuste con el modelo ($1.10 \leq \text{Infit MNSQ} \leq 0.70$); desde ese punto de vista, los resultados pueden ser considerados bastante buenos. En relación a los ítems la información muestra (Tabla 61) que todos ellos tienen un ajuste muy bueno, y en algunos casos perfecto. No obstante en las CCI se observa que 14 ítems requieren de una revisión individual porque tienen una puntuación fuera de la banda de confianza del 95% y dos más tendrían que ser eliminados del estudio (R16 y R18) porque su curva de probabilidad no se ajusta a la pronosticada por el modelo.

Tanto en la Tabla 61, como en la información recabada del Mapa de Wright (Gráfico 14) y de las CCI (Gráficos 15, 16, 17 y 18) se observa que 14 de los 36 ítems son muy fáciles para el nivel de habilidad de los encuestados. Adicionalmente a los ítems fáciles, también se cuenta con reactivos de mediana dificultad, pero prácticamente no existen ítems difíciles. A pesar de que los reactivos fáciles no están aportando información relevante para el estudio, la posible eliminación de ellos no mejora los resultados del TPP (Tabla 64). El estudio tampoco mejora si se eliminan las personas que tienen algún desajuste con el modelo, y por eso se considera dejar la muestra tal y como está, con la totalidad de los ítems (36) y la muestra completa (1353) de personas.

Del análisis realizado se propone revisar detenidamente los ítems que salen demasiado fáciles en el Mapa de Wright y que por orden de dificultad son los siguientes: R5, R11, R34, R2, R10, R4, R29, R8, R3, R33, R24, R30, R31, R1 y R12 (Figura 83).

Como el ajuste de los ítems es en general bueno, es posible que no sea necesario eliminar los ítems, sino solo hacer un rediseño de los mismos. Para aquellos que son muy fáciles (Figura 83) es probable que su dificultad aumente al cambiar la secuencia separada por secuencia continua. En la mencionada figura se observa que la diferencia entre las alternativas de respuesta es bastante evidente, debido al peso corporal de las figuras. Es muy posible que la proporción del color blanco sobre el fondo oscuro esté facilitando la respuesta, por el indudable contraste que ejerce.



Figura 83. Ítems muy fáciles según el Mapa de Wright

Los resultados de las CCI también permiten revisar los ítems que tuvieron 3 puntuaciones fuera de la banda de confianza del 95% (R16 y R18), y posteriormente aquellos que tuvieron una puntuación fuera de esa zona (R5, R6, R9, R12, R13, R17, R19, R21, R22, R24, R28, R30, R33 y R36). Es probable que en ambos casos (Figura 84 y 85) el ajuste mejore simplificando la forma o reduciendo el nivel de detalle de los ítems.

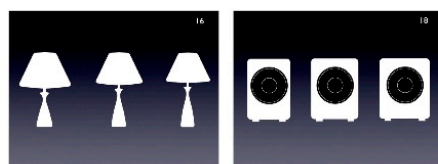


Figura 84. Ítems con tres puntuaciones fuera de la banda de confianza



Figura 85. Ítems con una puntuación fuera de la banda de confianza



Capítulo 4

Conclusiones finales

1. CONCLUSIONES

1.i. Como se comentó en la Pág.126, el concepto de *proporción* que se estudia en esta investigación proviene de otro mucho más amplio conocido como *percepción visual*. No obstante y de acuerdo a un análisis sobre el potencial de esta capacidad, Arnheim reemplaza este nombre al de *pensamiento visual* (Pág. 58) y más recientemente Gardner amplía el concepto hasta denominarlo *inteligencia visual* (Pág. 59). Arnheim señala que el ser humano capta la fisonomía estructural (*proporción*) de cualquier objeto antes de que el cerebro pueda registrar los detalles individuales ya que la visión va de lo general a lo particular (Pág. 56). Por otro lado Edwards asegura que el hemisferio izquierdo es tan dominante que siempre toma la batuta, pues aunque no sea apto para realizar la tarea, no acostumbra dejarla en manos del hemisferio derecho (Pág. 88). Recordemos que Edwards obtiene resultados sorprendentes en el aprendizaje del dibujo, cuando logra desactivar el hemisferio izquierdo. Partiendo de que en realidad existe una capacidad perceptual subyugada por una dominancia cognitiva, se podría concluir que aunque no lo parezca, somos capaces de visualizar más de lo que pensamos y por esa razón los comentarios de los estudiantes que aplicaron la prueba fue más negativa de lo que en realidad pudieron demostrar los datos. En promedio la sumatoria de los ítems correctos (puntaje total) fue bastante alta, de ahí que el TPP fue considerado un test relativamente fácil. La percepción que tuvieron los estudiantes hacia su propio desempeño probablemente estuvo influenciada por un razonamiento analítico, proveniente del hemisferio izquierdo, que no se sintió cómodo dejando la tarea en manos de un conocimiento analógico e intuitivo, propio del hemisferio derecho. El poco tiempo destinado para contestar cada ítem no le permitió al hemisferio izquierdo efectuar un análisis racional del problema, evitando oportunamente una respuesta errada. Por lo anterior podemos suponer que la estrategia utilizada por el TPP le permite al hemisferio derecho librarse de la

hegemonía del hemisferio izquierdo, logrando mejores resultados de los que este último sería capaz de obtener individualmente.

1.ii. La investigación de Hubel y Wiesel (Pág. 91) es de gran importancia para el tema que nos ocupa pues su hallazgo demuestra que las neuronas pueden transportar información visual más sofisticada de la que imaginamos; por lo tanto sería posible que sin darnos cuenta a nivel racional, el sistema visual no solo reconoce un objeto a través de los bordes de este, sino que lo distingue de otro, cuya apariencia es casi idéntica pero con una sutil diferencia proporcional. Haciendo una deducción de lo que aseguran Mecacci (Pág. 81-82), Hubel, Wiesel y Carter (Pág. 91) se puede extrapolar que la percepción visual y específicamente la percepción de la proporción puede verse afectada por conexiones neuronales que no fueron estimuladas o desarrolladas en el momento oportuno; no obstante el grupo de estudiantes universitarios que aplicó el TPP no parece tener alguna deficiencia en ese sentido.

1.iii. Los análisis de confiabilidad del TPP indican que solo un bajo porcentaje de personas (24.68 %) que aplicaron el TPP tiene algún desajuste con el modelo, desde ese punto de vista, los resultados pueden ser considerados bastante buenos. En relación a los ítems, la información muestra que todos ellos tienen un ajuste muy bueno, y en algunos casos perfecto. No obstante los datos recabados en el mismo análisis señalan que 14 de los 36 ítems son muy fáciles para el nivel de habilidad de los encuestados, por lo que este grupo de reactivos no está aportando información relevante para el estudio. A pesar de que existen ítems de mediana dificultad, no se cuenta con reactivos difíciles y debido a esto no se logra obtener información acerca de los sujetos con mayores habilidades perceptuales. Se puede concluir que las expectativas de la investigación, con respecto a la dificultad de los ítems, estaban por debajo de las habilidades reales de los encuestados. Al respecto es importante recordar que en la construcción de los ítems se utilizan dos tipos de secuencia (Pág.

137-138) que pueden ser utilizadas para ajustar la dificultad de los reactivos. Un ítem con *secuencia continua* siempre será más difícil de visualizar que el mismo ítem con *secuencia separada*. Partiendo de esta hipótesis se concluye que cambiar de *secuencia separada* a *secuencia continua* puede ser beneficioso para el comportamiento general del test.

1.iv. Como instrumento de evaluación, el TPP deja abierta una línea de investigación que posiblemente tiene mucho futuro no solo para la enseñanza del dibujo y del diseño, sino también para otros campos como la inteligencia visual, que a su vez estudia la percepción espacial, la retención visual y la memoria. Otra línea de investigación futura que sería interesante realizar es el estudio controlando las diferencias entre diversas muestras extraídas según criterios específicos de selección, como por ejemplo el país, la titulación a la que pertenecen o los años de formación en el dibujo y el diseño.

1.v. La validación intercultural de tests ha venido creciendo en las últimas décadas, debido a que los psicólogos necesitan deducir las leyes generales de la conducta humana y para ello requieren de comparaciones entre diferentes culturas (Prieto y Dias, 2003). De ahí que el TPP constituye un aporte relevante para los estudios que se realizan en esta área de investigación, porque ha sido aplicado en seis universidades, cinco países y cuatro diferentes idiomas. También es importante recalcar que las instrucciones del TPP se dan en solo cuatro pasos que se explican en una animación digital, de ahí que se vuelve innecesaria una aclaración verbal por parte del que aplica la prueba. No obstante para afianzar el procedimiento se incluye una frase aclaratoria (con no más de siete palabras en cada una de las diapositivas) en el idioma correspondiente: castellano, catalán, polaco, alemán e italiano (Pág. 150-151). El TPP en general resulta ser bastante comprensible para toda la población, es sencillo, rápido y aparentemente ameno para el grupo de universitarios entrevistados. No presenta diferencias significativas a pesar de que se aplicó en

grupos culturales diversos. Por lo que se concluye que el TPP no solo es de fácil estandarización sino que se puede validar interculturalmente.

1.vi. A pesar de que el TPP incluye una tarea de memorización de estímulos visuales (dibujos) al igual que lo hacen otras baterías de tests, existe una marcada diferencia no solo en el nivel visual perceptivo requerido, sino además en el objetivo mismo de la prueba. El TPP pretende detectar la existencia de una habilidad visual y no la de una deficiencia. Por esa razón no se ha encontrado ningún instrumento con el cual se pueda realizar una validación externa, pues no es un tema de interés dentro del contexto de la neuropsicología actual.

1.vii. La estrategia que utiliza el TPP para evaluar la capacidad de percibir la proporción es similar a la que requiere el estudiante para aprender a dibujar. Ambos procesos inician con una fase de observación del objeto que demanda una atención selectiva (Pág. 98) hacia la proporción, la cual según Arnheim (Pág. 27) es considerada el esqueleto estructural que define la forma del objeto. En la segunda fase de ambos procesos se necesita recordar lo que se vio, para lo cual el cerebro utiliza la memoria implícita (Pág. 99), la cual aumenta con la repetición y el entrenamiento, lo que podría considerarse una vía de aprendizaje común tanto para la percepción de la proporción como para el dibujo. La última fase es la única que cambia en ambos procesos, pues además de la correspondencia que se debe hacer entre lo que se recuerda y lo que se ve, el dibujo adiciona la parte manual.

Recordemos que los mecanismos celulares que habilitan la percepción de la forma, se consolidan en un canal de procesamiento visual que transporta la información acerca del contraste y los contornos del objeto (Pág. 55). Por eso vale la pena mencionar que son precisamente estos aspectos los que están fielmente representados en los ítems del TPP, ya que al tratarse de formas

blancas sobre fondo negro acrecientan el contraste y dejan percibir mejor el contorno del objeto.

Las investigaciones en neurociencia (Pág. 84), así como los estudios de cerebro dividido (Pág. 86) dejan clara evidencia de que el hemisferio derecho es muy superior al izquierdo, en cuanto a la capacidad espacial y visual-perceptiva que maneja. Tomando en consideración lo explicado se puede interpretar que el TPP funciona como un instrumento para aumentar la percepción de la proporción que tienen los estudiantes de diseño. También a través de la batería de ítems generada en esta investigación, se pueden desarrollar nuevos sistemas pedagógicos que ayuden a fortalecer las destrezas perceptuales del hemisferio derecho del cerebro.

2. RECOMENDACIONES

2.i. Se recomienda aumentar el nivel de dificultad de los ítems que salieron con buen ajuste en el TPP, para ello solo se necesita cambiar la *secuencia separada* por *secuencia continua* o disminuir las diferencias formales entre las alternativas de respuesta. En este mismo contexto se sugiere calibrar el test con 25 % de ítems difíciles, 25 % de ítems fáciles y 50 % de ítems con dificultad media. Además se propone hacer esta valoración en función de la percepción visual de los 1.353 encuestados que ya fueron testeados en esta investigación. En este mismo apartado se recomienda revisar los reactivos R16, R18, R7, R22 y R33 para encontrar la razón por la cual tuvieron un mal ajuste en el estadístico estandarizado ZSTD.

2.ii. Sabemos que la percepción va más allá de la observación y que la experiencia o el interés del observador puede tener mayor influencia en lo que percibe que el propio estímulo físico (Pág. 20). Por eso es importante que el

encuestado tenga las condiciones necesarias para lograr la mayor concentración posible. Recordemos que el lenguaje conecta con el hemisferio izquierdo y esto puede perjudicar los resultados del test. Por eso se recomienda aplicar la prueba única y exclusivamente de forma individual y con el apoyo de un ordenador personal. También con respecto a la aplicación de la prueba se retoma lo que Gardner comenta (Pág. 89) acerca del sistema auditivo, específicamente del oído izquierdo que colabora conjuntamente con el hemisferio derecho, procesando mejor los estímulos musicales y otros sonidos no lingüísticos. Por tal razón se recomienda utilizar música instrumental de fondo a la hora de aplicar la prueba. Se espera que esta práctica estimule la actividad cerebral del hemisferio derecho, obteniendo así mejores resultados en el desarrollo del TPP.

2.iii. Para Arnheim el sentido de la vista es el órgano más eficaz de la cognición humana y Gesell afirma que seis meses antes del nacimiento, ya los ojos del feto se mueven desordenadamente e independientemente. Caso contrario sucede con las manos que permanecen casi cerradas las ocho primeras semanas de vida (Pág. 90). Todo esto nos lleva a pensar en lo interesante que sería conocer la técnica que emplea la vista para extraer la información visual del ítem. ¿Qué tipo de triangulación utiliza para reconocer la primera estructura y cómo posteriormente la compara con las siguientes alternativas de respuesta? Este tipo de análisis es actualmente posible en la Escuela de Diseño industrial del TEC gracias al Eye Tracking (Tobii) que se acaba de adquirir, por lo que se recomienda desarrollar unas pruebas de laboratorio donde se pueda investigar el recorrido visual que hacen las personas cuando responden el TPP.

2.iv. Según los estudios realizados por O'Keefe (Pág. 84) los hombres y las mujeres activan diferentes zonas del cerebro cuando perciben el espacio, los hombres construyen la representación en la zona izquierda del hipocampo mientras que las mujeres lo hacen en el parietal derecho y en la corteza

prefrontal derecha. De igual manera sería muy interesante poder descubrir que partes del sistema cerebral se activan con ítems que estimulan la percepción de la proporción y si el género también define el lugar donde se almacena este tipo de información visual.

2.v. Se recomienda desarrollar una herramienta digital que permita la aplicación y evaluación del TPP a través de la web, obteniendo los resultados inmediatamente después de ejecutada la prueba. Sumado a ello sería conveniente contar con un apartado de juegos educativos que utilicen la misma batería de ítems y que a través de ellos se pueda generar un sistema de entrenamiento que fortalezca las destrezas del hemisferio derecho y a su vez incremente la percepción visual de los participantes. Esta aula virtual podría ser parte de un entrenamiento previo, al cual los estudiantes pre-universitarios pudieran acceder antes de ser aceptados como estudiantes regulares de la carrera de diseño. Sería conveniente además contar con una prueba antes del entrenamiento y otra posterior que permitan detectar el grado de avance entre una y otra. Para continuar con la misma línea de investigación sería conveniente seguir con la elaboración y validación de ítems que permitan a futuro la construcción de un test adaptativo informatizado (TAI).

2.vi. Debido a que el ACP no se comportó en esta investigación como es lo normal en tests de procesamiento verbal, sería conveniente ampliar la investigación y comparar resultados del TPP con otros instrumentos o ítems que evalúen de manera independiente la percepción visual, la memoria visual, la discriminación figura-fondo y el reconocimiento de objetos. Esto con la intención de discriminar si alguno de estos parámetros es más dominante dentro de la prueba y por lo tanto pudiera estar ayudando u obstaculizando el rasgo latente que se desea medir, es decir la percepción de la *proporción*. En vista de esta inquietud se recomienda un estudio a largo plazo, que pueda realizarse con investigaciones conjuntas entre desarrolladores de tests. En

miras de contrastar el TPP con otros tests y valorar su relación individual en los tópicos antes mencionados. Percepción visual: LOTCA II, Test de Frostig, Bender Visual Motor Gestalt, VMI, FCR-M y TRV-B. Memoria visual: TVPS-3, FCR-M y TRV-B. Discriminación figura-fondo: TDV-B, TVPS-3 y Test de Frostig. Reconocimiento de objetos: TDV-B y BORB; todos citados entre las Pág. 108-121 de este mismo documento.

2.vii. En algunas pruebas de percepción visual como el FRT y el TDP (Pág. 109), los años de escolaridad influyen significativamente en los resultados de las mismas por lo que se plantea la incógnita y se propone ampliar el rango de estudio a otros niveles educativos que no sean universitarios, con el fin de verificar si los años de escolaridad pueden influenciar la percepción de la proporción.

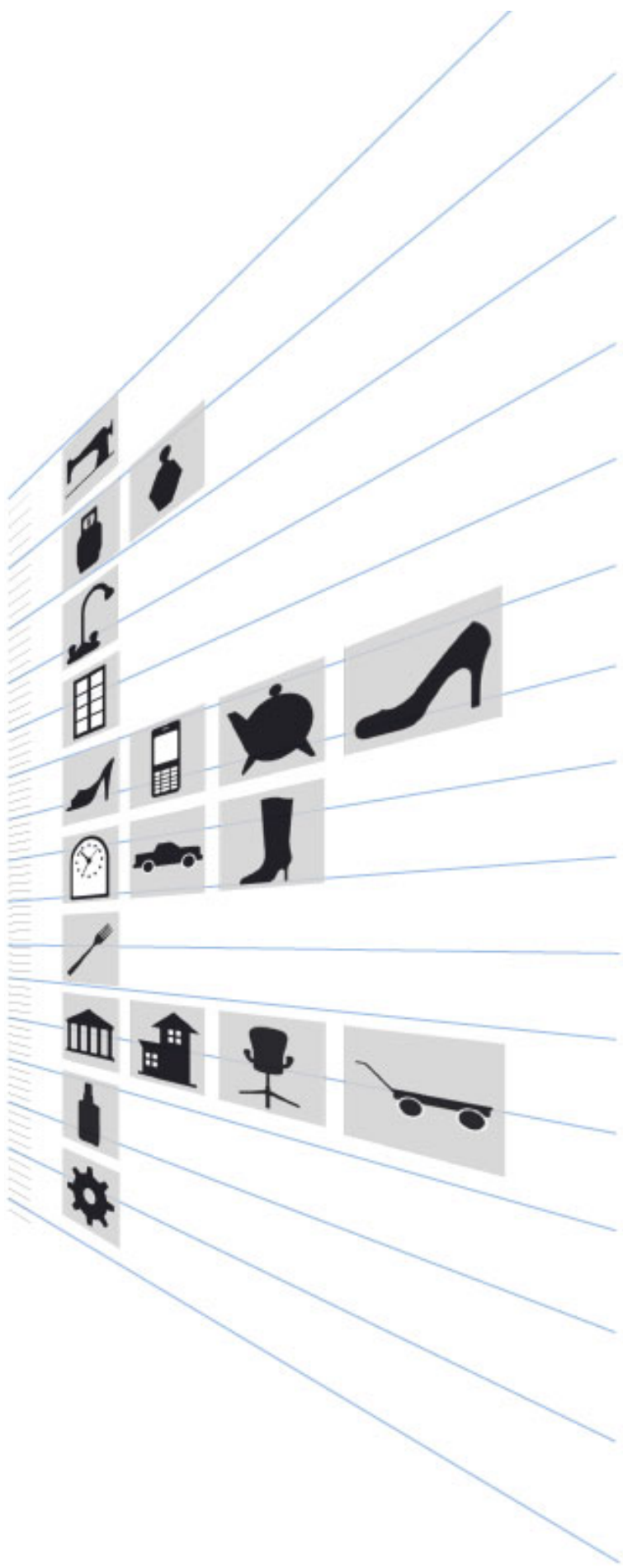
2.viii. Recordemos que algunas pruebas realizadas durante la aplicación del JLO (Pág. 109) demostraron un aumento del flujo sanguíneo en el hemisferio derecho del cerebro. Por lo que se recomienda efectuar pruebas similares con el TPP, para verificar si la hipótesis que se plantea en esta investigación tiene fundamento, y efectivamente es el hemisferio derecho el que resuelve los problemas planteados en este instrumento de medición (TPP). En este mismo contexto sería prudente investigar si los participantes zurdos llegan a tener el mismo comportamiento cerebral, porque el VOSP (Pág. 110) ha comprobado que las relaciones espaciales están limitadas al hemisferio derecho en los pacientes diestros, pero no especifica lo que sucede cuando el paciente es zurdo.

2.ix. Como se ha comentado en esta tesis el TPP no pretende hacer evaluaciones sobre daños cerebrales sino más bien trabajar a un nivel superior donde se extraigan las habilidades perceptuales más finamente entendidas. No obstante

vale la pena recordar que la enfermedad de Alzheimer (Pág. 109) al igual que otras enfermedades neurodegenerativas presentan trastornos visuo-perceptivos porque estos padecimientos afectan las áreas cerebrales encargadas del procesamiento visual. Por esta razón se recomienda prestar atención a las señales anómalas o extremas durante la aplicación del TPP, pues ellas podrían dar un indicio de este tipo de padecimientos.

2.x. Al tratarse de un test con alto contenido de imágenes de uso común, sería conveniente compartir parte del conocimiento generado en esta investigación, con la batería de reconocimientos de objetos de Birmingham (Pág. 110), todo dentro de un marco académico que puede beneficiar ambas partes.

2.xi. La corteza visual del gato tiene células especializadas que responden independientemente a estímulos verticales u horizontales, a lo que Arnheim comenta que la gravedad pudo haber tenido una influencia similar en el sistema visual humano. Por lo que sería interesante investigar si los ítems con dominancia en este tipo de direcciones (vertical y horizontal) son más fáciles de resolver por los estudiantes.



Referencias

- Amador, J., Forns, M. y Kirchner, T. (2009). *Repertorios cognoscitivos de atención, percepción y memoria*. (Facultad de Psicología, Universidad de Barcelona). Recuperado de <http://hdl.handle.net/2445/345>.
- Arnheim, R. (1984). *Arte y percepción visual. Psicología del ojo creador*. (5th ed.). Madrid, España: Alianza Editorial.
- Arnheim, R. (1998). *El pensamiento visual*. Barcelona, España: Paidós.
- Badt, K. (1968). *Einfachheit in der Malerei*. Colonia, Alemania: Kunsttheoretische Versuche.
- Balleto, L. (1987). *Un estudio comparativo entre: nivel de maduración visomotriz, percepción visual y rendimiento escolar*. Tesis, Universidad San Martín de Porres. Lima, Perú.
- Benito, J. y Rovira, E. (1985). El test de retención visual de Benton en lesionados cerebrales adultos. (Universidad Autónoma de Barcelona). *Quaderns de Psicologia*, 9 (2), 19-35
- Benton, A. (1994). Neuropsychological Assessment. *Annual Review of Psychology*, 45, 1-23. Doi: 10.1146/annurev.ps.45.020194.000245
- Benton, A., Hamsher, K., Varney N. y Spreen, O. (1983). *Contributions to neuropsychological assessment*. New York, USA: Oxford University Press
- Birnbaum, A. (1958). Further considerations of efficiency in tests of a mental ability. *Technical Report N° 17. USAF School of Aviation Medicine, Randolph Air Force Base*. Texas, USA.
- Bisquerra, R. (1989). *Métodos de investigación educativa*. Barcelona, España: P.P.U.
- Boring, E. (1948). *Foundations of Psychology*. New York, USA: Publisher: John Wiley & Sons.
- Britsch, G. (1966). *Theorie der Bildenden Kunst*. Ratingen, Alemania: Verlag Henn.
- Carter, R. (1998). *Mapping the mind*. California, USA: University of California Press.
- Ching, F. (1999). *Dibujo y proyecto*. México: Gustavo Gili.
- Cocteau, J. (1926). *Le rappel à l'ordre: 1918-1926*. Paris, Francia: Librairie Stock.
- Cortada de Kohan, N. (2004). Teoría de respuesta al ítem: supuestos básicos. Universidad de Córdoba. *Evaluar* N° 4. Recuperado de

<http://www.revistas.unc.edu.ar/index.php/revaluar/article/download/600/569>

- Costa, J. (1992). *Imagen pública: una ingeniería social. Claves de Comunicación Social*. Madrid, España: Fundesco.
- Costa, J. (1971). *La imagen y el impacto visual*. Barcelona, España: Editorial Zeus.
- Cronbach, L. (1951). Coefficient alpha and the internal structure of tests. *Psychometrika*, 16, 297-334
- Delacroix, E. (1918). *Mein Tagebuch*. Berlín, Alemania.
- Ebel, R. (1951). *Writing the test item*. En E. F. Lindquist (Ed): Educational Measurement, 1, 185-249. Washington D.C., USA: American Council on Education
- Edwards, B. (1985). *Aprender a dibujar con el lado derecho del cerebro*. Barcelona, España: Editorial Urano.
- Elosúa, P. y López, A. (1999). Funcionamiento diferencial de los ítems y sesgo en la adaptación de dos pruebas verbales. (Universidad del País Vasco). *Psicológica* 20, 23-40
- Estes, W. (1975). Some targets for mathematical psychology. *Journal of Mathematical Psychology*, 12 (3), 263-282. Recuperado de [http://dx.doi.org/10.1016/0022-2496\(75\)90025-5](http://dx.doi.org/10.1016/0022-2496(75)90025-5)
- Ferrando, P. (1996). Evaluación de la unidimensionalidad de los ítems mediante análisis factorial. *Psicothema*, 8 (2), 397-410
- Gardner, H. (2005). *Arte, mente y cerebro. Una aproximación cognitiva a la creatividad*. Barcelona, España: Editorial Paidós.
- Gesell, A. (1948). *Studies in Child Development*. New York, USA: Harper
- Gibson, J. (1974). *La Percepción del mundo visual*. Buenos Aires, Argentina: Ediciones Infinito.
- Gibson, J. (1983). *The Senses Considered as Perceptual Systems*. Michigan, USA: Greenwood Press
- Gombrich, E. (1987). *La imagen y el ojo. Nuevos estudios sobre la psicología de la representación pictórica*. Madrid, España: Alianza Editorial
- Gombrich, E. (1998). *Arte e ilusión. Estudio sobre la psicología de la representación pictórica*. Madrid, España: Debate Editorial.

- Gombrich, E., Hochberg, J. y Black, M. (2007). *Arte, percepción y realidad*. Barcelona, España: Paidós Estética.
- Gómez, J., Cabezas, L. y Bordes, J. (2001). *El manual de dibujo. Estrategias de su enseñanza en el siglo XX*. Madrid, España: Ediciones Cátedra.
- González, M. (2008). *El análisis de reactivos con el modelo de Rasch*. Manual Técnico A. (Universidad de Sonora, Instituto Nacional para la Evaluación de la Educación). México D.F., México.
- Goodman, N. (1976). *Los lenguajes del arte. Aproximación a la teoría de los símbolos*. Barcelona, España: Editorial Seix Barral.
- Greeno, J. (1980). Mathematics in psychology. En P.C. Dodwell (Ed), *New Horizons in Psychology*, 93-113. Londres: Penguin Books.
- Gulliksen, H. (1950). *Theory of Mental Tests*. Nueva York, USA: Wiley
- Hambleton, R. y Jones, R. (1993). Comparison of classical test theory and item response theory and their applications to test development. (University of Massachusetts at Amherst). *Educational Measurement: Issues and Practice*, 12 (3), 253-262.
- Hattie, J. (1985). Assessing unidimensionality of tests and ítems. *Applied Psychological Measurement*, 9 (2), 139-164
- Hernández- Castro, F. (1998). *Estética artificial. Por qué algo es bello, cómo se crea la belleza*. San José, Costa Rica: Mithoz.
- Hernández-Castro, F. (2008). *El error de Le Corbusier*. Cartago, Costa Rica: Editorial Tecnológica de Costa Rica.
- Hoffman, D. (2000). *Inteligencia visual. Cómo creamos lo que vemos*. Barcelona: Paidós.
- Hochberg, J. (1962). The psychophysics of pictorial perception. *Educational Technology research and development*, 10 (5), 22-54. doi: 10.1007/BF02765240
- Jaén, G. (2007). *Proyecto Docente y de Investigación*. Recuperado en: www.ua.es/es/investigacion/memoria/2003/B146.pdf
- Julián, F. y Albarracín, J. (2005). *Dibujo para diseñadores industriales*. Barcelona, España: Parragón.
- Kamatsu, E. A. (1999). *Perception, Imagination, Art. Thèmes et sujets*. Paris, Francia: Presses Universitaires de France.

- Kandel, E., Schwartz, J. y Jessell, T. (última reimpression 2008). *Neurociencia y conducta*. Madrid, España: Prentice Hall.
- Kandel, E. (2011). *En busca de la memoria*. El nacimiento de una nueva ciencia de la mente. (2th ed.). Buenos Aires, Argentina: Katz Editores.
- Kandinsky, W. (1996). *Punto y línea sobre el plano. Contribución al análisis de los elementos pictóricos*. Barcelona, España: Paidós.
- Kanizsa, G. (1986). *Gramática de la visión. Percepción y pensamiento*. Barcelona, España: Ediciones Paidós.
- Karabatsos, G. (2000a). *A critique of Rasch residual fit statistics*. Journal of Applied Measurement, 1, 152-176.
- Kellog, C. y Norton, N. (2007). *BETA III. Instrumento no verbal de inteligencia*. México D.F., México: TEA Ediciones.
- Koffka, K. (1973). *Principios de la Psicología de la Forma*. Buenos Aires, Argentina: Editorial Paidós.
- Levy, J. (1974). *Psychobiological Implications of Bilateral Asymmetry*. Nueva York, USA: Dimond, S. J. and Beaumont, j. G. Ediciones.
- Linacre, J. (2006). *Winsteps: Rasch Measurement Computer program*. Version 3.60, Winsteps.com, Chicago, USA.
- Londoño, F. (2002). *Interficies de las Comunidades Virtuales (Tesis doctoral, Universitat Politècnica de Catalunya)*. Recuperada de: <http://www.tesisenred.net/handle/10803/6544>
- Loomis, A. (1950). *El dibujo de Figura en todo su valor*. (5th ed., traducción castellana), Buenos Aires, Argentina: Hachette.
- López, J. (1995). Estimación de parámetros en la TRI: una evaluación de Bilog en muestras pequeñas. (Universidad de Murcia). *Psicothema*, 7(1), 173-185
- Lord, F. (1980). *Applications of Item Response Theory to Practical Testing Problems*. Hillsdale: Erlbaum Associates.
- Lord, F. y Novick, M. (1968). *Statistical theories of mental tests scores*. New York, USA: Addison-Wesley.
- Matalinares, M., Yariequé, L. (1998). Estudio comparativo de la percepción visual en niños en edad preescolar de zonas urbana, urbano-marginal y rural. *Revista de Psicología (Perú)*, III (3), 145-157. Recuperado de: http://sisbib.unmsm.edu.pe/Bvrevistas/psicologia/1998_n3_/estudio_comparativo.htm

- Mecacci, L. (1984). Looking for the social and cultural dimension of the human brain. *Internacional Journal of Psychophysiology*, 1 (4), 293-299. Recuperado de: [http://dx.doi.org/10.1016/0167-8760\(84\)90023-0](http://dx.doi.org/10.1016/0167-8760(84)90023-0)
- Montoya, O. (2007). Aplicación del análisis factorial en la investigación de mercados. (Universidad Tecnológica de Pereira). *Scientia et Technica*, 3 (35).
- Muñiz, J. (coor.). (1996). *Psicometría*. Madrid, España: Editorial Universitas, S.A.
- Muñiz, J. (2003). *Teoría Clásica de los Tests*. Madrid España: Ediciones Pirámide.
- Muñiz, J. (2007). *Introducción a la Teoría de Respuesta a los Ítems*. Madrid España: Ediciones Pirámide.
- Muñiz, J. (2010). Las teorías de los tests: Teoría clásica y Teoría de respuesta a los ítems. *Papeles del Psicólogo*, 31(1), 57-66
- Muñiz, J., Rogers. J. y Swaminathan, H. (1989). Robustez de las estimaciones del modelo de Rasch en presencia de aciertos al azar y discriminación variable de los ítems. *Anuario de Psicología*, 43(4), 81-89.
- Musatti, C. (1931). *Forma e assimilazione*. Archivo Italiano di Psicologia, 9, 61-156.
- Nunnally, J. y Bernstein, I. (1995). *Teoría Psicométrica*. México D.F., México: Mc Graw Hill.
- Osterlind, S. (1989): *Constructing Tests Items*. Boston, USA: Kluwer Academic Publishers.
- Peña-Casanova, J., Gramunt, N. & Gich J. (2006). *Test Neuropsicológicos*. España: Editorial Elsevier.
- Piaget, J., y Inhelder, B. (1967). *The child's conception of space*. Nueva York, USA: W.W. Norton
- Prieto, G. y Dias, A. (2003). *Uso del modelo de Rasch para poner en la misma escala las puntuaciones de distintos tests*. (Universidad de Salamanca, España y Universidad Estadual Paulista, Brasil). *Actualidades en Psicología*, 19 (106), 5-23.
- Prieto, G. y Delgado, A. (2003). *Análisis de un test mediante el modelo de Rasch*. *Psicothema*, 15 (1), 94-100.
- Prieto, G. y Delgado, A. (2010). Fiabilidad y validez. *Papeles del Psicólogo*, 31(1), 67-74

- Rami, L., Serradell, M., Bosch, B., Villar, A. y Molinuevo, J. (2007). Test Digital de Percepción (TDP) para la valoración de trastornos perceptivos incipientes en la enfermedad de Alzheimer inicial. *Neurología*, 22 (6), 342-347.
- Rasch, G. (1960). *Probabilistic models for some intelligence and attainment tests*. Copenhagen, Dinamarca: The Danish Institute for Educational Research.
- Rock, Irvin. (1985). *La Percepción*. Barcelona, España: Editorial Labor.
- Roid, G. y Haladyna, T. (1982). *A technology for test item writing*. Nueva York, USA: Academic Press
- Rosner, J. (1999). *Test of Visual Analysis Skills*. Miami, USA: Academic Therapy Pubns.
- Salvia, A. (s. f.) *Estrategias de diseños avanzados de investigación social. Análisis factorial*. Seminario de posgrado, Facultad de Ciencias Sociales, Universidad de Buenos Aires, Argentina.
- Shepard, R. (1978). *Visual Learning, Thinking and Communication*. Nueva York, USA: Academic Press.
- Simmons, S. (1977). *Drawing: the creative process*. New Jersey, USA: Prentice-Hall.
- Smith, R., Schumaker, R. y Bush, M. (1998). *Using item mean squares to evaluate fit to the Rasch model*. *Journal of Outcome Measurement*, 2(1), 66-78
- Solso, R. (1994). *Cognition and the Visual arts*. Massachusetts: MIT Press
- Spearman, C. (1904). The Proof and measurement of association between two things. *American Journal of Psychology*, 15, 72-101
- Spearman, C. (1907). Demonstration of formulae for true measurement of correlation. *American Journal of Psychology*, 18, 161-169
- Spearman, C. (1913). Correlations of sums and differences. *British Journal of Psychology*, 5, 417-426
- Speed, H. (1913). *The practice & science of drawing*. New York, USA: Dover Publications.
- Sperry, R. (1973). *Lateral specialization of Cerebral Function in the Surgically Separated Hemispheres*. *The Psychophysiology of Thinking*. New York, USA: Academic Press.
- Stringer, A. (1996). *A guide to adult neuropsychological diagnosis*. Philadelphia, USA: F.A. Davis Company
- Taylor, B. (1715). *New Principles of linear perspective*

- Thornike, R. (1989). *Psicometría aplicada*. México D.F., México: Limusa
- Thurstone, L. L. (1931). *The reliability and validity of tests: derivation and interpretation of fundamental formulae concerned with reliability and validity of tests and illustrative problems*. Ann Arbor, Michigan, USA: Edwards Brothers. doi: [10.1037/11418-013](https://doi.org/10.1037/11418-013)
- Thurstone, L. (1937). *Psychology as a quantitative rational science*. Science 85
- Torres, E. (1984). *La incidencia del retardo en el desarrollo visomotriz en niños de bajo rendimiento escolar*. Tesis, Universidad Ricardo Palma, Perú.
- Traub, R. (1983). *A priori considerations in choosing an item response model*. En R. Hambleton (ed): Applications of item response theory. Vancouver, Educational Research Institute of British Columbia
- Velicer, W. y Jackson, D. (1990) Component analysis versus common factor analysis: some issues in selecting an appropriate procedure. *Multivariate Behavioral Research*, 25 (1), 1-29.
- Villafañe, J. (2006). *Introducción a la teoría de la imagen*. Madrid, España: Ediciones Pirámide.
- Vinci, Leonardo da. (1985). *Tratado de pintura y el arte de dibujar*. México D.F., México: Editorial Gaceta.
- Vinci, Leonardo da. (1975). *Cuaderno de notas*. Madrid, España: Ediciones Felmar.
- Wallon, H. (1976). *La evolución psicológica del niño*. Barcelona, España: Editorial Crítica.
- Wesman, A. (1971). *Writing the test item*. En R. L. Thorndike (Ed): Educational Measurement Washington, D.C, USA: American Council on Education.
- Wertheimer, M. (1944). Gestalt theory. *Social Research*, 11 (1), 78-99.
- Wright, B., Panchapakesan, N. (1969). A procedure for sample free-item analysis. *Educational and Psychological Measurement*, 29, 23-48.
- Wright, B. y Stone, M. (1979). *Best Test Design*. Chicago, USA: Mesa Press.
- Wright, B. y Linacre, J. (1998). *WINSTEPS: a Rasch computer program*. Chicago, USA: Mesa Press.
- Yen, W. (1981). *Using simulation results to choose a latent trait model*. Applied Psychological Measurement, 5 (2), 245-262. Recuperado de <http://conservancy.umn.edu/bitstream/100381/1/v05n2p245.pdf>



Anexos

ANEXO 1. ÍTEMS

Contiene toda la información gráfica de los ítems y de los diferentes tests

1. Banco de ítems
2. Reactivos utilizados en cada prueba realizada en el estudio
3. Reactivos que quedaron después de cada depuración
4. Información detallada de cada reactivo utilizado en las pruebas
5. Análisis factorial inicial y final de cada prueba

ANEXO 2. SUJETOS

Contiene la Información de los sujetos que realizaron la prueba final TP05

1. número de identidad
2. Género
3. Edad
4. País
5. Universidad
6. Número de la respuesta para cada variable

ANEXO 3. ESTADÍSTICOS DESCRIPTIVOS CON TCT

Contiene los Estadísticos descriptivos, con sus respectivas depuraciones, de todas las muestras de estudio (TP01, TP02, TP03, TP04) y de la prueba final TP05

1. Estadísticos de fiabilidad
2. Estadísticos de los elementos
3. Estadísticos de escala
4. Estadísticos total-elemento

ANEXO 4. ANÁLISIS FACTORIAL

Contiene el ACP del TP05 con 36 ítems, con 30 ítems y con 17 ítems

1. Determinante
2. KMO y Prueba de Bartlett
3. Comunalidades
4. Varianza total explicada
5. Matriz de componentes rotados
6. Gráfico de sedimentación

ANEXO 5. ANÁLISIS ESTADÍSTICO CON EL MODELO DE RASCH

Contiene todas las tablas y gráficos de Rasch, programa Winsteps.

1. Resumen de 1350 alumnos con 36 ítems
2. Los estadísticos de los ítems
3. Los estadísticos de las personas
4. El Mapa de Wright
5. Las curvas características (CCI) de cada ítem