

## INDICE

|   |           |
|---|-----------|
| Agradecimientos   | 15        |
| Prefacio  | 17        |
| <b>1. Introducción</b>  | <b>21</b> |
| 1.1. ¿Qué es la realidad virtual?                                 | 22        |
| 1.2. Las tres <<l>> de la realidad virtual                        | 24        |
| 1.3. Curso histórico de la realidad virtual                       | 25        |
| 1.4. Hacia la comercialización                                    | 32        |
| 1.5. El contenido del libro                                       | 34        |
| <b>2. Las Herramientas de la Realidad Virtual</b>                 | <b>35</b> |
| 2.1. Sensores de posición tridimensional                          | 35        |
| 2.1.1. Sensores magnéticos 3D                                     | 37        |
| 2.1.2. Sensores tridimensionales de ultrasonidos                  | 43        |
| 2.2. <<Trackball>> (Sistemas de control con bola)                 | 46        |
| 2.3. Los guantes sensitivos                                       | 48        |
| 2.3.1. El DataGlove   | 48        |
| 2.3.2. El CyberGlove  | 54        |
| 2.3.3. El PowerGlove  | 56        |
| 2.3.4. El DHM (Dextrous Hand Master)                              | 57        |
| 2.4. Sistemas de visión estereoscópicos                           | 61        |
| 2.4.1. La visión humana estereoscópica                            | 62        |
| 2.4.2. Cascos de visualización                                    | 64        |
| 2.4.2.1. Cascos de visualización que emplean LCD                  | 67        |
| 2.4.2.2. Cascos de visualización que emplean CRT                  | 70        |
| 2.4.2.3. Los monitores binoculares omnidireccionales              | 72        |
| 2.4.3. Gafas estereoscópicas                                      | 75        |
| 2.4.4. Pantallas estereoscópicas de proyección                    | 80        |
| 2.5. Generadores de sonido tridimensionales                       | 81        |
| 2.5.1. Modelo auditivo del ser humano                             | 84        |
| 2.5.2. El convolvotron  | 86        |
| 2.5.3. El Benchtron y el Acoustetron                              | 90        |
| <b>3. Retornos Táctiles y Retorno de Fuerza</b>                   | <b>91</b> |
| 3.1. El retorno táctil difiere del retorno de esfuerzo            | 92        |
| 3.2. Requisitos de los retornos táctiles y de esfuerzos virtuales | 95        |
| 3.3. Retorno táctil   | 98        |
| 3.3.1. Retorno táctil neumático                                   | 98        |
| 3.3.2. Retorno vibro – táctil                                     | 101       |
| 3.3.3. Retorno táctil <<aumentado>>                               | 105       |
| 3.4. Retorno de esfuerzo  | 106       |
| 3.4.1. Los brazos de retorno de esfuerzo                          | 106       |
| 3.4.2. Palancas de mando  | 109       |
| 3.4.3. Palancas de mando mejoradas                                | 112       |
| 3.4.4. Sistemas maestros portátiles                               | 114       |
| 3.4.4.1. El <<Rutgers Portable Master>>                           | 114       |

|  |     |
|--|-----|
| 3.4.4.2. El <<LRP portable Master>>                                | 118 |
| 3.4.4.3. El SAFIRE y el Force ArmMaster                            | 119 |
| 3.5. Combinar retorno táctil y retorno de esfuerzo                 | 120 |
| 4. La Arquitecturas de Cálculo                                     | 125 |
| 4.1. Carga de cálculo y velocidad de refresco                      | 126 |
| 4.1.1. Rendimiento gráfico y modo de elaboración de las sombras    | 126 |
| 4.1.2. Rendimiento gráfico y complejidad de escena                 | 131 |
| 4.2. Motores de realidad virtual basados en PC                     | 136 |
| 4.2.1. El PC – 486 y los aceleradores gráficos ActionMedia         | 137 |
| 4.2.2. El PC – 486 con los aceleradores gráficos Spea <<Fire>>     | 139 |
| 4.2.3. Otros aceleradores gráficos con PC                          | 143 |
| 4.3. Arquitecturas basadas en Estaciones de Trabajo (Workstations) | 145 |
| 4.3.1. La estación de trabajo <<Virtual Holographic>>              | 145 |
| 4.3.2. La estación de tranbajo <<ProVisión 100>>                   | 146 |
| 4.4. Motores de realidad virtual altamente paralelos               | 149 |
| 4.5. Realidad virtual distribuida                                  | 154 |
| 4.5.1. Sistemas basados en superordenadores                        | 156 |
| 4.5.2. El sistema distribuido de IBM                               | 158 |
| 4.5.3. Retorno de esfuerzo distribuido                             | 161 |
| 4.5.4. Sistema con dos usuarios                                    | 164 |
| 5. Modelización  | 167 |
| 5.1. El modelo geométrico  | 168 |
| 5.1.1. La forma del objeto   | 168 |
| 5.1.2. Aspecto del objeto  | 170 |
| 5.2. Modelo cinemático   | 176 |
| 5.2.1. La posición de un objeto                                    | 176 |
| 5.2.2. Detección de colisiones                                     | 178 |
| 5.2.3. Desplazamiento, asimiento y factor de escala                | 179 |
| 5.2.4. Jerarquías de objetos                                       | 181 |
| 5.2.5. Punto de vista sobre el mundo virtual                       | 183 |
| 5.3. Modelo físico   | 186 |
| 5.3.1. Modelización del peso                                       | 186 |
| 5.3.2. Ductibilidad y deformación de superficies                   | 187 |
| 5.3.3. Rugosidad de la superficie                                  | 190 |
| 5.4. Comportamiento de un objeto                                   | 191 |
| 5.5. Segmentación del modelo                                       | 192 |
| 5.5.1. Segmentación en celdas                                      | 193 |
| 5.5.2. Nivel de segmentación de los detalles                       | 196 |
| 6. La Programación en Realidad Virtual                             | 201 |
| 6.1. El editor de realidad virtual                                 | 203 |
| 6.1.1. RenderWare  | 205 |
| 6.1.2. El editor VRT3  | 207 |
| 6.1.3. El editor <<Amaze>>   | 211 |
| 6.2. El modelizador residente                                      | 215 |
| 6.3. Secuenciación de acontecimientos                              | 218 |

|  |     |
|--|-----|
| 6.4. Simulación distribuida en tiempo real   | 221 |
| 6.4.1. Descomposición de las tareas  | 222 |
| 6.4.2. Actores   | 224 |
| 6.4.3. El elemento <<jerarquía>>   | 225 |
| 6.4.4. El espacio de datos compartido  | 225 |
| 6.5. Programación gráfica  | 228 |
| 7. Los Factores Humanos. Los Problemas de la Evaluación                                    | 231 |
| 7.1. Las dificultades de la evaluación   | 234 |
| 7.2. Enfoques de la evaluación de los sistemas de RV                                       | 235 |
| 7.2.1. El control  | 235 |
| 7.2.2. Visión y control  | 236 |
| 7.2.2.2. Percepción del relieve  | 241 |
| 7.2.2.3. Distinción de los colores   | 242 |
| 7.2.2.4. La visión <<contemplativa>>   | 243 |
| 7.2.3. Visión y mando: La visión <<activa>>  | 245 |
| 7.2.4. Visión y control / mando: la visión <<realzada>>                                    | 246 |
| 7.2.5. La audición y el control/mando  | 248 |
| 7.2.5.1. La audición pasiva  | 249 |
| 7.2.5.2. La audición activa o la generación de sonidos para el mando                       | 250 |
| 7.2.5.3. La audición realzada o la generación de sonidos dinámicos para el control / mando | 251 |
| 7.2.6. El sentido háptico y el control/ mando  | 252 |
| 7.2.6.1. De la evaluación de los guantes sensitivos  | 256 |
| 7.2.7. De la evaluación tecnológica global   | 261 |
| 7.2.7.1. Coordinación en el mando  | 263 |
| 7.2.8. Otros factores humanos con incidencia tecnológica                                   | 270 |
| 7.2.8.1. El mareo de los simuladores   | 270 |
| 7.2.8.2. La seguridad del operador   | 271 |
| 7.3. Realidad virtual y sociedad   | 271 |
| 7.3.1. El progreso técnico   | 271 |
| 7.3.1.1. Impacto en la vida profesional  | 272 |
| 7.3.1.2. Impacto en la vida privada  | 272 |
| 7.3.1.3. Impacto en la vida pública  | 274 |
| 8. Las Aplicaciones  | 277 |
| 8.1. Medicina y rehabilitación   | 278 |
| 8.1.1. Cirugía   | 279 |
| 8.1.2. Simulador de anatomía   | 279 |
| 8.1.2.1. Simuladores quirúrgicos   | 283 |
| 8.1.3. Telecirugía   | 286 |
| 8.1.4. Sistemas híbridos   | 290 |
| 8.1.5. Rehabilitación  | 291 |
| 8.1.5.1. Diagnóstico de la mano  | 293 |
| 8.1.5.2. Rehabilitación del cuerpo humano  | 295 |
| 8.1.5.3. Mejorar la calidad de vida de los discapacitados                                  | 297 |
| 8.1.6. Biotecnología   | 300 |

|   |     |
|---|-----|
| 8.2. Diversiones, artes y enseñanza   | 302 |
| 8.2.1. Las diversiones  | 303 |
| 8.2.1.1. Galerías donde se exponen sistemas de realidad virtual   | 303 |
| 8.2.1.2. Los juegos de realidad virtual en casa   | 310 |
| 8.2.2. Las artes  | 313 |
| 8.2.2.1. El <<Videoplace>>  | 313 |
| 8.2.2.2. <<Mandala>>  | 315 |
| 8.2.2.3. Los actores virtuales  | 317 |
| 8.2.2.4. El museo virtual   | 319 |
| 8.2.2.5. Música virtual   | 321 |
| 8.2.3. La enseñanza   | 323 |
| 8.3. Aplicaciones en el campo militar y aeroespacial  | 326 |
| 8.3.1. Aplicaciones militares   | 327 |
| 8.3.1.1. La red de entrenamiento <<SIMMET>>   | 327 |
| 8.3.1.2. La guerra antisubmarinos   | 330 |
| 8.3.1.3. Sistema de entrenamiento virtual del misil Stringer  | 332 |
| 8.3.2. Aplicaciones aeroespaciales  | 334 |
| 8.3.2.1. El sistema de entrenamiento con realidad virtual de la NASA                                    | 334 |
| 8.3.2.2. La ESA (European Space Agency)   | 335 |
| 8.4. Aplicaciones para los negocios   | 336 |
| 8.4.1. Las finanzas   | 336 |
| 8.4.1.1. La interfaz maxus para el comercio de mercancías   | 337 |
| 8.4.1.2. Visualización de los tipos de cambio   | 339 |
| 8.4.2. La publicidad  | 340 |
| 8.4.3. Diseño de interiores   | 342 |
| 8.5. Robótica y producción asistida por ordenador   | 343 |
| 8.5.1. Robótica   | 344 |
| 8.5.2. Robot y realidad virtual   | 347 |
| 8.5.2.1. Ayuda en el diseño de robots   | 347 |
| 8.5.2.2. Ayuda a la consideración de entornos mal conocidos en el funcionamiento autónomo de los robots | 348 |
| 8.5.2.3. Ayuda al aprendizaje y a la programación autónoma de los robots                                | 348 |
| 8.5.2.4. Ayuda a la teleoperación   | 351 |
| 8.5.3. Producción asistida por ordenador  | 355 |
| 9. El Porvenir de la Realidad Virtual   | 359 |
| 9.1. Simulaciones dentro de grandes volúmenes   | 359 |
| 9.2. Nuevos sistemas de visualización   | 361 |
| 9.3. Nuevos sistemas de representación háptica  | 363 |
| 9.4. Interfaces biológicos  | 365 |
| 9.5. Guantes imagen   | 367 |
| 9.6. Control vocal  | 367 |
| 9.7. Ordenadores portátiles   | 369 |
| 9.8. Programación y modelización  | 369 |

|  |     |
|--|-----|
| 9.9. Conclusión                                    | 370 |
| Bibliografía                                       | 371 |
| Índice de figuras                                  | 387 |
| Índice de tablas                                   | 397 |
| Índice de empresas y laboratorios de investigación | 399 |
| Índice analítico                                   | 405 |