

UNIVERSIDAD LAICA ELOY ALFARO DE MANABÍ

FACULTAD DE CIENCIAS DE LA VIDA Y TECNOLOGÍAS



TEMA:

**“DESARROLLO DE PROTOTIPO DE SOFTWARE INTERACTIVO
FISIOKINESICO CON SENSOR DE MOVIMIENTO MICROSOFT KINECT”**

**Trabajo de Titulación modalidad proyecto integrador previo a la obtención de grado de
Título de Ingeniero en Sistemas.**

PRESENTADO POR:


JOSÉ RICARDO SUÁREZ GONZÁLEZ

DIRECTOR DE TESIS:

ING. HIRaida SANTANA CEDEÑO, MG.

MANTA, ENERO DEL 2025

CERTIFICACIÓN DEL DIRECTOR DE TRABAJO DE TITULACION

 Uleam <small>UNIVERSIDAD LAICA ELOY ALFARO DE MANABÍ</small>	NOMBRE DEL DOCUMENTO: CERTIFICADO DE TUTOR(A)	CÓDIGO: PAT-01-F-010
	PROCEDIMIENTO: TITULACIÓN DE ESTUDIANTES DE GRADO	REVISIÓN: 2
		Página 1 de 1

CERTIFICACIÓN

En calidad de docente tutor(a) de la Facultad de Ciencias de la Vida y Tecnologías de la Universidad Laica "Eloy Alfaro" de Manabí, CERTIFICO:

Haber dirigido y revisado el trabajo de titulación, bajo la autoría del estudiante SUAREZ GONZALEZ JOSE RICARDO, legalmente matriculado/a en la carrera de INGENIERIA EN SISTEMAS, período académico 2-2024-2025 (2), cumpliendo el total de 400 horas, bajo la opción de titulación de PROYECTO INTEGRADOR, cuyo tema del proyecto es **"DESARROLLO DE PROTOTIPO DE SOFTWARE INTERACTIVO FISIOKINESICO CON SENSOR DE MOVIMIENTO MICROSOFT KINECT"**.

La presente investigación ha sido desarrollada en apego al cumplimiento de los requisitos académicos exigidos por el Reglamento de Régimen Académico y en concordancia con los lineamientos internos de la opción de titulación en mención, reuniendo y cumpliendo con los méritos académicos, científicos y formales, suficientes para ser sometida a la evaluación del tribunal de titulación que designe la autoridad competente.

Particular que certifico para los fines consiguientes, salvo disposición de Ley en contrario.

Manta, 23 de enero del 2025

Lo certifico:



Ing. Hiraída Santana Cedeño, Mg.

Docente Facultad de Ciencias de la Vida y Tecnologías

TRIBUNAL DE SUSTENTACIÓN

TRIBUNAL DE SUSTENTACIÓN

TRABAJO DE TITULACIÓN MODALIDAD PROYECTO INTEGRADOR, PREVIO A LA OBTENCIÓN DEL TÍTULO DE: INGENIERO EN SISTEMAS

“DESARROLLO DE PROTOTIPO DE SOFTWARE INTERACTIVO FISIOKINESICO CON SENSOR DE MOVIMIENTO MICROSOFT KINECT”

Tribunal examinador que declara APROBADO el Grado de INGENIERO EN
SISTEMAS, del señor: Suárez González José Ricardo

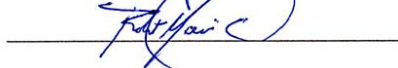
Lic. Dolores Muñoz Verduga, PhD



Ing. Edison Almeida Zambrano, Mg.



Ing. Robert Moreira Centeno, Mg.



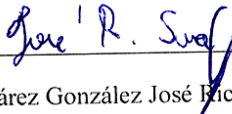
Manta, enero del 2025

DECLARACIÓN EXPRESA DE AUTORÍA

DECLARACIÓN EXPRESA DE AUTORÍA

Yo, Suárez González José Ricardo con C.I. 131154444-7; declaro que este trabajo denominado: "DESARROLLO DE PROTOTIPO DE SOFTWARE INTERACTIVO FISIOKINESICO CON SENSOR DE MOVIMIENTO MICROSOFT KINECT", es original, de mi autoría, se han citado las fuentes correspondientes y se respetaron las disposiciones legales que protegen los derechos de autor vigentes.

Lo certifico:


Suárez González José Ricardo

Dedicatoria

Dedico el presente trabajo a mis familiares por su constante preocupación y asegurarse de que nunca me falte nada.

A mis padres y hermanos, quienes me han respaldado en todo mi recorrido académico, por brindarme apoyo durante la conclusión de esta tesis, guiándome con sus sabios consejos, por los años que han pasado a mi lado, siendo una presencia constante en cada etapa de mi vida, respaldándome en mis errores y velando siempre por mi bienestar.

A mis amigos y compañeros, por su colaboración en mis responsabilidades académicas y laborales, por las risas y el apoyo moral en todos los semestres de la carrera.

A mis maestros, por impartirme valiosos conocimientos a lo largo de mi formación profesional.

Suárez González José Ricardo

Agradecimiento

Agradezco a todos mis familiares que siempre han confiado en mí. Sin su ayuda esto no hubiese sido posible.

A mis padres, les agradezco por darme la vida y ser mi constante apoyo, por orientarme y darme fuerzas en mi trayectoria universitaria.

A mis hermanos, por siempre estar en las buenas y en las malas, y sobre todo por su apoyo incondicional.

A mis amigos y compañeros, quienes han sido de gran ayuda en todo mi proceso universitario.

Mi agradecimiento a la **Universidad Eloy Alfaro de Manabí** y a la **Facultad de Ciencias de la Vida y Tecnologías** por contribuir a mi formación como profesional.

Suárez González José Ricardo

INDICE DE CONTENIDOS

CERTIFICACIÓN DEL DIRECTOR DE TRABAJO DE TITULACION.....	III
TRIBUNAL DE SUSTENTACIÓN	IV
DECLARACIÓN EXPRESA DE AUTORÍA	V
Dedicatoria.....	VI
Agradecimiento	VII
INDICE DE CONTENIDOS.....	VIII
INDICE DE ILUSTRACIONES	XV
INDICE DE TABLAS.....	XVIII
RESUMEN.....	XIX
ABSTRACT.....	XX
1. Capítulo I: Introducción	21
1.1 Introducción.....	21
1.2 Presentación del tema	22
1.2.1 Título	22
1.3 Ubicación y Contextualización de la Problemática.....	22
1.4 Planteamiento de problema.....	23
1.4.1 Problematización.....	23
1.4.2 Génesis del problema.....	23
1.4.3 Estado actual del problema.....	24
1.5 Diagrama Causa – Efecto	25
1.6 Objetivos	26
1.6.1 Objetivo General.....	26
1.6.2 Objetivos específicos	26
1.7 Justificación	27
1.8 Impactos esperados	28
1.8.1 Impacto tecnológico	28
1.8.2 Impacto social.....	28
1.8.3 Impacto ecológico	28

2. CAPÍTULO II – Marco Teórico de la Investigación	29
2.1 Antecedentes históricos	29
2.2. Antecedentes de investigaciones relacionadas al tema presentado	32
2.2.1 Aplicación para que los niños realicen actividad física con Kinect	32
2.2.2 Realidad virtual y aumentada para la mejora sensorio-motriz en Fisioterapia pediátrica: Uso de dispositivos Kinect	33
2.2.2.1 Tabla 1. Resumen de los artículos seleccionados en investigación de Realidad Aumentada con Kinect	34
2.2.3 Efectividad de añadir realidad virtual al tratamiento fisioterapéutico en pacientes con artroplastia total de cadera	35
2.2.4 Validación de dispositivos RGBD para medir terapéuticamente el equilibrio: el test de alcance funcional con Microsoft Kinect	36
2.2.5 Desarrollo de un software de análisis biomecánico a través de datos de captura de movimiento usando el sensor KINECT para rehabilitación asistida con videojuegos	37
2.3. Definiciones conceptuales (Contexto teórico)	39
2.3.1 Fisioterapia	39
2.3.2.1 Rehabilitación Física	39
2.3.1.2 Beneficios de la actividad Física	39
2.3.1.3 Ejercicios y rutinas de estiramiento con Kinect	40
2.3.1.4 Tipos de Ejercicios	40
2.3.1.4.1 Ejercicios Aeróbicos	40
2.3.1.4.2 Ejercicios Anaeróbicos	40
2.3.1.4.3 Ejercicios adecuados para Kinect	41
2.3.1.5 Rutinas de Estiramiento	42
2.3.1.5.1 Tren Superior	42
2.3.1.5.2 Tren Inferior	43
2.3.1.5.3 Rutinas de estiramiento adecuadas para Kinect	44
2.3.1.6 Exergames	45
2.3.1.7 Consecuencias sociales de la pérdida de funciones motoras	46
2.3.1.8 Impacto en la motivación durante la rehabilitación física	46
2.3.1.9 Caso de éxito en rehabilitación física utilizando Kinect	47
2.3.2 Software	47
2.3.2.2 Desarrollo de Software	47
2.3.2.3 Bases de Datos	47

2.3.2.4 Usabilidad en Sistemas Interactivos.....	47
2.3.2.5 Inteligencia Kinestésica	48
2.3.2.6 Microsoft Kinect.....	48
2.3.2.6.1 Modo de Funcionamiento de Microsoft Kinect.....	49
2.3.2.6.2 Calibración de Microsoft Kinect.....	53
2.3.2.6.3 Integración de la profundidad con el color	54
2.3.2.6.4 Precisión y resolución de la profundidad.....	54
2.3.2.7 Control del Sensor Kinect mediante un PC.....	55
2.3.2.7.1 SDK para Windows.....	55
2.3.2.8 Realidad Mixta	56
2.3.2.8.1 Skeleton Tracking de Microsoft Kinect	56
2.3.2.9 Firebase (Autenticación de Usuarios y Base de Datos).....	58
2.3.3 Definiciones del Proceso de Desarrollo de Software.....	58
2.3.3.1 Metodologías para el Desarrollo de un Software aplicando tecnología Kinect para la fisioterapia de pacientes.....	58
2.3.3.1.1 Modelo en Cascada.....	59
2.3.3.1.2 Modelo en Cascada en “V”.....	60
2.3.3.1.3 Programación Extrema.....	60
2.3.3.1.4 Metodología KANBAN	62
2.3.3.2 Selección de Metodología	63
2.4. Conclusiones relacionadas al marco teórico en referencia al tema planteado.....	64
3. CAPÍTULO III – Marco Investigativo	65
3.1 Introducción	65
3.2 Tipos de Investigación	65
3.2.1 Investigación Documental	66
3.2.2 Investigación de Campo	66
3.2.3 Investigación Aplicada	66
3.3 Métodos de Investigación	67
3.3.1 Método Deductivo	67
3.3.2 Método Inductivo	67
3.3.3 Enfoque Cualitativo	68
3.3.4 Enfoque Cuantitativo	68
3.4 Fuentes de Información de Datos	68

3.4.1	Fuentes primarias	69
3.4.2	Fuentes secundarias	69
3.5	Estrategia operacional para la recolección de datos	70
3.5.1	Población.....	70
3.5.2	Análisis de las herramientas de recolección de datos a utilizar	71
3.5.2.1	Encuestas.....	71
3.5.2.2	Entrevista	72
3.5.2.3	Observación	72
3.5.2.4	Estructura de lo(s) instrumento(s) de recolección de datos aplicados	72
3.5.3	Plan de recolección de datos.....	73
3.6	Análisis y presentación de resultados	75
3.6.1	Tabulación y análisis de los datos (según encuesta y/o resultado(s) obtenidos de la(s) entrevistas, etc.)	75
3.6.2	Presentación y descripción de los resultados obtenidos	84
3.6.3	Informe final del análisis de los datos (conclusiones para el marco investigativo) 85	
4.	CAPITULO IV - MARCO PROPOSITIVO	87
4.1.	Introducción.....	87
4.2.	Descripción de la propuesta	87
4.3.	Determinación de recursos	88
4.3.1	Humanos (Roles para el Proyecto)	88
4.3.2	Tecnológicos.....	89
4.3.3	Recursos Económicos.....	90
4.4.	Etapas de acción para el desarrollo de la propuesta (software)	93
4.4.1	Fase I: Planificación	93
4.4.1.1	Equipo de Desarrollo	94
4.4.1.2	KANBAN: Cronograma Inicial	94
4.4.1.3	Definición del Alcance.....	95
4.4.1.4	Identificación de Objetivos Específicos	96
4.4.1.5	Identificación de Recursos.....	96
4.4.1.6	Historias de Usuario Iniciales.....	97
4.4.2	Fase II: Análisis.....	98
4.4.2.1	KANBAN: Fase de Análisis.....	98

4.4.2.2	Implementación de Roles de Usuario	99
4.4.2.3	Requisitos Funcionales.....	99
4.4.2.4	Requisitos No Funcionales.....	100
4.4.2.5	Historias de Usuario detalladas	100
4.4.2.6	Casos de Uso	107
4.4.2.6.1	Caso de Uso 1: Registro de Usuario.....	107
4.4.2.6.2	Caso de Uso 2: Inicio de Sesión	108
4.4.2.6.3	Caso de Uso 3: Realizar Actividades de Fisioterapia	109
4.4.2.6.4	Caso de Uso 4: Gestión de Pacientes (Especialista)	109
4.4.2.6.5	Caso de Uso 5: Exportación de Informes en PDF.....	110
4.4.2.6.6	Caso de Uso 6: Solicitar y gestionar turnos de pacientes.....	111
4.4.2.6.7	Caso de Uso 7: Crear y visualizar hojas médicas	112
4.4.3	Fase III: Diseño	113
4.4.3.1	KANBAN: Fase de Diseño y Construcción	113
4.4.3.2	Modelo Vista-Controlador	114
4.4.3.3	Modelo del Sistema.....	115
4.4.3.3.1	Entradas	116
4.4.3.3.2	Procesos	117
4.4.3.3.3	Salidas	117
4.4.3.4	Modelo Entidad-Relación	118
4.4.3.5	Diagrama Entidad-Relación (Diseño de la Base de Datos).....	119
4.4.3.6	Arquitectura del Sistema	120
4.4.3.7	Desarrollo con Roles.....	120
4.4.3.8	Modelo de Roles de Usuario	120
4.4.4	Fase IV: Desarrollo	121
4.4.4.1	KANBAN: Fase de Desarrollo	121
4.4.4.2	Desarrollo con Kinect.....	122
4.4.4.2.1	Beneficios al usar Kinect con WPF (Windows Presentation Foundation)	123
4.4.4.3	Configuración de Herramientas	123
4.4.4.3.1	Conexión del Kinect v1.0 Xbox 360 al PC (Instalación de Hardware).....	124
4.4.4.3.2	Instalación del SDK de Kinect (Instalación de Software)	124
4.4.4.3.3	Desarrollo de la Base de Datos con Firebase (Autenticación y Base de Datos).....	126

4.4.4.3.4 Verificación de controladores/drivers del sensor Kinect.....	132
4.4.4.3.5 Instalación de paquetes de códigos del IDE Microsoft Visual Studio para el desarrollo del Proyecto	133
4.4.4.3.6 Añadir referencias del SDK de Kinect mediante el explorador de soluciones en Visual Studio	135
4.4.4.4 Aplicación.....	137
4.4.4.5 Modelos y Controles.....	137
4.4.4.6 Actividades de la Plataforma	139
4.4.4.6.1 Animaciones y Funciones de <i>KinectRegion</i>	139
4.4.4.7 Diseño del Módulo de Turnos: Interfaz de Usuario y Lógica	141
4.4.4.8 Diseño del Módulo de Hoja Médica: Visualización de Datos de Pacientes	142
4.4.4.9 Modelado Específico para Soportar Ambas Funcionalidades ...	142
4.4.4.10 Interfaz de Usuario.....	143
4.4.4.11 Inicio de Sesión y Registro de Usuarios.....	144
4.4.4.12 Recuperación de contraseña.....	146
4.4.4.13 Listado de Pacientes	148
4.4.4.14 Gestión de Turnos	149
4.4.4.15 Gestión de Hojas Médicas.....	150
4.4.4.16 Actividad 1 (Interacción básica con elementos de Kinect)	152
4.4.4.17 Actividad 2 (Estiramiento de brazos hacia el frente).....	153
4.4.4.18 Actividad 3 (Estiramiento de brazos hacia arriba).....	154
4.4.4.19 Actividad 4 (Interacción con Objetos Virtuales usando Skeletal Tracking)	155
4.4.4.20 Desarrollo de Código.....	156
4.4.4.20.1 Código para Detección del sensor al ejecutar la aplicación .	156
4.4.4.20.2 Navegación y Sonidos.....	158
4.4.4.20.3 Actividad 1: Interacción básica con elementos de Kinect (Código).....	159
4.4.4.20.4 Actividad 2: Estiramiento de brazo hacia el frente (Código)	160
4.4.4.20.5 Actividad 3: Estiramiento de brazos hacia arriba (Código)	161
4.4.4.20.6 Actividad 4: Actividad 4: Interacción con Objetos Virtuales usando Skeletal Tracking	162
4.4.4.20.7 Lógica para Asignar Turnos con Base en Disponibilidad	164
4.4.4.20.8 Código para la Carga y Actualización de Hojas Médicas	165

4.4.5	Fase V: Pruebas	166
4.4.5.1	KANBAN: Fase de Pruebas	166
5.	CAPITULO V - RESULTADOS	169
5.1	Introducción	169
5.2	Realización de Actividades de Fisioterapia con el Software	170
5.2.1	Cambios en el Software Basados en Inclusión	170
5.2.2	Progreso Proporcional a la Distancia Usuario-Sensor	170
5.2.3	Implementación de Actividades para Elevar la Motivación	170
5.2.4	Análisis e Interpretación de Resultados	171
5.2.5	Impacto del Sistema de Roles de Usuario	171
6.	CAPITULO VI – CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES	172
6.1	Conclusiones	172
6.2	Recomendaciones	173
	Bibliografía	174
	Anexo I: Preguntas de la Encuesta realizada a pacientes	178
	Anexo II: Entrevista a fisioterapeuta del área de Salud del Departamento de Bienestar Estudiantil.	180

INDICE DE ILUSTRACIONES

Ilustración 1. Médico Cirujano usando TedCas con Kinect para intervención quirúrgica interactiva.	31
Ilustración 2: Arquitectura de un Sistema conformado por el Usuario y un Software manipulado mediante el sensor Kinect.	36
Ilustración 3: Captura de Pantalla de la cámara del sensor Kinect.	37
Ilustración 4: Interfaz GUI para análisis biomecánico de captura de movimiento mediante el sensor Kinect.	38
Ilustración 5. Los ejercicios Aeróbicos se enfocan más en los movimientos que en la fuerza física que aplique el usuario.	41
Ilustración 6. Estiramientos de Tren Superior (Brazos, Manos y Cintura).	43
Ilustración 7. Estiramientos de Tren Inferior (Cadera, Rodillas, Tobillos y Pies).	44
Ilustración 8. 10 beneficios de la actividad física según ADIDAS.	45
Ilustración 9. Kinect Adventures, Exergame de Xbox 360 de Microsoft.	46
Ilustración 10: Estructura y elementos internos del sensor Kinect.	48
Ilustración 11: Sensor Kinect (Versión Xbox 360).	50
Ilustración 12: Dispositivo de alimentación USB para el sensor Kinect.	50
Ilustración 13: Patrón proyectado por el láser infrarrojo del sensor Kinect.	51
Ilustración 14: Relación entre la profundidad relativa y la disparidad medida del láser de Kinect.	51
Ilustración 15. El sensor Kinect es capaz de identificar hasta 6 personas y hacer Skeletal Tracking con 2 de estas personas.	57
Ilustración 16. Modos de detección de Kinect (De pie/ Sentado).	57
Ilustración 17: Esquema del Modelo en Cascada	59
Ilustración 18: Esquema del Modelo en Cascada en "V"	60
Ilustración 19: Prácticas de la XP reforzándose entre sí.	61
Ilustración 20: Tablero KANBAN, que proporciona visibilidad de todo el proceso del Software.	63
Ilustración 21. Gráfico pregunta 1	76
Ilustración 22. Gráfico Pregunta 2	77
Ilustración 23. Gráfico pregunta 3	78
Ilustración 24. Gráfico Pregunta 4	79
Ilustración 25. Gráfico pregunta 5	80
Ilustración 26. Gráfico pregunta 6	81
Ilustración 27. KANBAN - Tareas Fase I.	95
Ilustración 28. KANBAN - Tareas Fase II	98
Ilustración 29. Diagrama UML general de Casos de Uso del Proyecto.	111
Ilustración 30. KANBAN - Tareas Fase III.	114
Ilustración 31. Diagrama de Arquitectura Patrón modelo-vista-controlador.	115
Ilustración 32. Diagrama de Proceso de Software Interactivo con Kinect.	116
Ilustración 33. Modelo Entidad-Relación del Proyecto.	119

Ilustración 34. Diagrama Entidad-Relación (Base de Datos)	119
Ilustración 35. Arquitectura del Sistema.....	120
Ilustración 36. KANBAN - Tareas Fase IV.....	122
Ilustración 37: Kinect v1.0 Edición Xbox 360 junto al adaptador de corriente y cable USB.....	124
Ilustración 38: Captura de Pantalla del sitio web de descarga del SDK Kinect v1.7.	125
Ilustración 39: Pantalla de Instalación del SDK Kinect v1.7.....	125
Ilustración 40. Configuramos el software como una aplicación Web en Firebase. ...	126
Ilustración 41. Proveedor de acceso configurado con correo electrónico.	127
Ilustración 42. Gestor de Políticas de contraseñas en Firebase.	127
Ilustración 43. Método para el botón de Login (Conexión con la BDD)	129
Ilustración 44. Lógica para la gestión de contenido en base al rol del usuario.....	130
Ilustración 45. Creación de las colecciones y documentos en la BDD al registrar al usuario en el sistema,	131
Ilustración 46. Creación del documento (Vista desde Firebase Console)	132
Ilustración 47. Controladores del Dispositivo Kinect actualizados y listos para su funcionamiento óptimo.	133
Ilustración 48. Paquete de Código de Visual Studio que contiene WPF y C#.	133
Ilustración 49. Visual Studio nos otorga la opción de crear un Proyecto en WPF (Visual C#).....	134
Ilustración 50. Paquetes de Código de Visual Studio que contienen los servicios de Firebase.	134
Ilustración 51. Paquetes de Código de Visual Studio que contienen los servicios de PDFsharp.....	134
Ilustración 52. Paquetes de Código de Visual Studio que contienen los servicios de WpfAnimatedGif.	135
Ilustración 53. Ventana del Explorador de Soluciones en Visual Studio 2017.	135
Ilustración 54. Administrador de Referencias de Visual Studio 2017.....	136
Ilustración 55. Finalizando la configuración de Referencias del SDK Kinect en Visual Studio.	136
Ilustración 56 Principales funciones de Kinect en el control Página de la ventana principal de la Aplicación.	137
Ilustración 57. Vectores utilizados para el desplazamiento y actividades de la aplicación.	138
Ilustración 58. Cursor de Kinect al detectar la mano izquierda.	139
Ilustración 59. Cursor de Kinect presionando un objeto.....	140
Ilustración 60. Botón de Kinect en estado Normal.	140
Ilustración 61. Botón de Kinect al pasar el cursor sobre él.	140
Ilustración 62. Botón de Kinect al presionarlo.	141
Ilustración 63. FisisioKinect - Menú Principal.....	143
Ilustración 64. FisisioKinect - Menú de Actividades	143
Ilustración 65. FisisioKinect - Pantalla de Estiramientos hacia el frente. (Actividad 2)	144

Ilustración 66. FisisKinect - Pantalla de Registro de Usuarios.	145
Ilustración 67. FisisKinect - Pantalla de Login.	145
Ilustración 68. Pantalla de Recuperación de Contraseña	146
Ilustración 69. FisisKinect – Listado de Pacientes.....	149
Ilustración 70. Pantalla de Gestión de Turnos	150
Ilustración 71. Pantalla de Consulta de Hojas Médicas de Pacientes	151
Ilustración 72. Pantalla de Actividad 1.....	152
Ilustración 73. Primera actividad realizada por completo.	153
Ilustración 74. Pantalla de Actividad 2.....	153
Ilustración 75. Tras completar las actividades propuesta se nos mostrará una pantalla que nos lo notificará.....	154
Ilustración 76. Pantalla que nos indica las reglas de la actividad 3 antes de empezar.	154
Ilustración 77. Pantalla Actividad 3.....	155
Ilustración 78. Pantalla que nos indica las instrucciones de la Actividad 4.	155
Ilustración 79. Actividad de tocar objetos virtuales con las manos y pies.	156
Ilustración 80. Función de la pantalla de diseño que permite la comunicación de la aplicación con el sensor Kinect.....	156
Ilustración 81. Código de habilitación para las funciones de Kinect en la aplicación.	157
Ilustración 82. Controlador de eventos para el arranque de Kinect.....	157
Ilustración 83. Botón para Cerrar la aplicación ocupando una función de sonido. ...	158
Ilustración 84. Funciones de Navegación entre páginas alojadas en el Frame de la aplicación.	158
Ilustración 85. Lógica para iniciar Kinect al iniciar la ventana de Actividad.....	159
Ilustración 86. Se crearon cuatro elementos KinectTileButton para la actividad.....	159
Ilustración 87. Lógica para los botones de la Actividad 1.....	160
Ilustración 88. Diseño del Botón de la actividad 2.	160
Ilustración 89. Estableciendo las variables para el cronómetro y tiempo propuesto.	160
Ilustración 90. Lógica del Botón para completar la Actividad 2.	161
Ilustración 91. Lógica que determina si se cumple con el levantamiento de brazos.	161
Ilustración 92. Diseño de elementos para retroalimentación visual de la actividad 3.	162
Ilustración 93. Método que determinará la culminación de la Actividad 3.	162
Ilustración 94. Método para generar los objetivos de manera aleatoria en pantalla (Actividad 4).	163
Ilustración 95. Método para dibujar el esqueleto del usuario detectado en pantalla (Actividad 4).	163
Ilustración 96. Método para la colisión de objetivos con las manos y pies del esqueleto dibujado.	164
Ilustración 97. Una vez realizada una colisión se irán sumando puntos, la actividad finaliza al cumplir con el objetivo propuesto.....	164
Ilustración 98. KANBAN - Tareas Fase V	167

INDICE DE TABLAS

Tabla 1: Resumen de los artículos seleccionados en investigación de Realidad Aumentada con Kinect.....	34
Tabla 2. Plan de Recolección de Datos.....	74
Tabla 3. Actividades al visitar el área de Fisioterapia para recolección de datos.....	74
Tabla 4. Tabulación pregunta 1	76
Tabla 5. Tabulación pregunta 2	77
Tabla 6. Tabulación pregunta 3	78
Tabla 7. Tabulación pregunta 4	79
Tabla 8. Tabulación pregunta 5	80
Tabla 9. Tabulación pregunta 6	81
Tabla 10. Tabulación pregunta 7	82
Tabla 11. Preguntas al especialista en fisioterapia.....	83
Tabla 12: Recursos Humanos del Proyecto.	88
Tabla 13. Recursos Tecnológicos utilizados en el proyecto,	89
Tabla 14. Presupuesto de Recursos Humanos del proyecto.	90
Tabla 15. Presupuesto de Recursos tecnológicos del proyecto.....	91
Tabla 16. Presupuesto de Servicios Básicos del Proyecto.	92
Tabla 17. Presupuesto total del Proyecto.....	92
Tabla 18. Equipo de Desarrollo	94
Tabla 19. Historias de Usuario Iniciales	97
Tabla 20. Requisitos funcionales del Software.....	99
Tabla 21. Requisitos no Funcionales del Software	100
Tabla 22. Historia de Usuario: 001	100
Tabla 23. Historia de Usuario: 002	101
Tabla 24. Historia de Usuario: 003	102
Tabla 25. Historia de Usuario: 004	102
Tabla 26. Historia de Usuario: 005	103
Tabla 27. Historia de Usuario: 006.....	104
Tabla 28. Historia de Usuario: 007	104
Tabla 29. Historia de Usuario: 008	105
Tabla 30. Historia de Usuario: 009	106
Tabla 31. Historia de Usuario: 010	106
Tabla 32. Requerimientos mínimos para usar Kinect en el sistema.	123
Tabla 33. Presentación y Monitoreo de Resultados.....	167

RESUMEN

El presente trabajo de titulación tiene como objetivo desarrollar un prototipo de software interactivo que aproveche las capacidades del sensor Microsoft Kinect para asistir en terapias fisiokinésicas personalizadas. Este sistema busca mejorar la experiencia de los pacientes durante sus ejercicios de rehabilitación, ofreciendo una solución tecnológica que optimice la interacción entre el usuario y la plataforma. El desarrollo del software se llevó a cabo utilizando la metodología ágil KANBAN, lo que permitió una gestión eficiente y flexible de las etapas del proyecto. Además, se integraron herramientas como el sensor Kinect para capturar movimientos corporales y medir distancias, y plataformas de desarrollo de escritorio para implementar una interfaz interactiva que facilite la navegación. Se investigaron y analizaron ejercicios y rutinas prescritas por especialistas en fisioterapia, identificando movimientos del tren superior e inferior que el sensor puede registrar con precisión. Finalmente, el prototipo fue validado mediante una demostración funcional que confirma cómo el software complementa la realización de actividades físicas terapéuticas, ofreciendo un apoyo innovador y eficaz en el proceso de rehabilitación.

Palabras Clave: Tecnología Kinésica, fisioterapia, sensor de movimiento, actividad física, Software, Microsoft Kinect.

ABSTRACT

This degree project aims to develop an interactive software prototype that leverages the capabilities of the Microsoft Kinect sensor to assist in personalized physiokinetic therapies. This system seeks to enhance patients' experience during rehabilitation exercises, providing a technological solution that optimizes the interaction between the user and the platform. The software development was carried out using the agile **KANBAN** methodology, enabling efficient and flexible management of the project's stages. Additionally, tools such as the Kinect sensor were integrated to capture body movements and measure distances, along with desktop development platforms to implement an interactive interface that facilitates navigation. Exercises and routines prescribed by physiotherapy specialists were researched and analyzed, identifying upper and lower body movements that the sensor can accurately register. Finally, the prototype was validated through a functional demonstration that confirms how the software complements therapeutic physical activities, offering innovative and effective support in the rehabilitation process.

Keywords: Kinetic Technology, Physiotherapy, Motion Sensor, Physical Activity, Software, Microsoft Kinect.

1. Capítulo I: Introducción

1.1 Introducción

En la actualidad, es común que las personas enfrenten problemas musculoesqueléticos que requieren fisioterapia, los cuales se originan principalmente por predisposición genética, lesiones deportivas, enfermedades crónicas o degenerativas, y el desgaste natural asociado al envejecimiento.

El presente trabajo de titulación se enfoca en el desarrollo de un prototipo de software interactivo con tecnología kinésica, diseñado para complementar la rehabilitación muscular y motora en el entorno de fisioterapia. El software permitirá la ejecución y reconocimiento de movimientos corporales del usuario, contribuyendo a su rehabilitación. La investigación se llevó a cabo en el Departamento de Bienestar Estudiantil de la ULEAM, donde se recopilieron datos mediante consultas y entrevistas con especialistas en fisioterapia. El software se usará con el sensor Kinect de Microsoft, un dispositivo capaz de reconocer movimientos acordes a las instrucciones programadas.

- En el Capítulo I se expone el tema principal del estudio, lo que facilita la comprensión del propósito de este trabajo y de los objetivos que se buscan lograr. Asimismo, se incluye una justificación detallada de la investigación, junto con una descripción de los resultados previstos..
- El Capítulo II presenta una revisión de trabajos relacionados con el proyecto y los conceptos técnicos que se emplearon en todo el desarrollo del proyecto..
- El Capítulo III abarca estudios comparativos, la metodología de investigación de campo, estrategias y herramientas para la recopilación e interpretación de datos con el fin de obtener información relevante.
- El Capítulo IV se centra en describir detalladamente el desarrollo del proyecto. Se aborda cada una de las etapas necesarias, desde el diseño inicial hasta las pruebas finales.
- El Capítulo V comprende los resultados del proyecto, junto con las conclusiones y recomendaciones derivadas de la investigación.

1.2 Presentación del tema

1.2.1 Título

DESARROLLO DE PROTOTIPO DE SOFTWARE INTERACTIVO FISIOKINESICO CON SENSOR DE MOVIMIENTO MICROSOFT KINECT.

1.3 Ubicación y Contextualización de la Problemática

La pérdida de funciones motoras o físicas a largo plazo es una realidad que limita la capacidad de realizar actividades cotidianas, especialmente en sociedades donde persisten barreras significativas para la inclusión. Esta problemática puede originarse por factores como predisposición genética, lesiones deportivas, enfermedades crónicas, o el desgaste natural asociado al envejecimiento. Además, hábitos de vida poco saludables, como el sedentarismo, el estrés y la mala alimentación, pueden agravar estas condiciones.

Según la encuesta realizada por el CONADIS en septiembre de 2023, en Ecuador se registran aproximadamente 215,706 personas con discapacidad física, de las cuales 24,539 residen en la provincia de Manabí y 4,052 en la ciudad de Manta. Estos datos evidencian que, a partir de los 35 años, suelen emerger problemas relacionados con estos factores, afectando significativamente la calidad de vida.

La investigación para este proyecto se realizó en el Departamento de Bienestar Estudiantil de la ULEAM, donde se identificaron necesidades clave en el tratamiento de discapacidades físicas. Este contexto permitió analizar de cerca las problemáticas que enfrentan las personas con limitaciones motoras, diseñando estrategias tecnológicas para fomentar hábitos saludables, garantizar el acceso a servicios de rehabilitación y mejorar la experiencia de los pacientes durante su proceso de recuperación.

1.4 Planteamiento de problema

1.4.1 Problematización

La pérdida de funciones físicas y motoras se ha asociado tradicionalmente con personas de la tercera edad; no obstante, esta problemática está comenzando a manifestarse en generaciones más jóvenes. Entre las principales causas destacan factores como la predisposición genética, el impacto de enfermedades crónicas o degenerativas, y las secuelas de lesiones traumáticas, agravadas en algunos casos por cambios en el estilo de vida derivados de fenómenos sociales recientes, como las medidas adoptadas durante la pandemia del coronavirus. A esto se suman patrones de comportamiento modernos, como el auge de las redes sociales, que fomentan un estilo de vida sedentario y limitan el tiempo dedicado a la actividad física. Según la OMS, una gran proporción de la población mundial está en riesgo de desarrollar enfermedades crónicas debido a la disminución del gasto energético, la acumulación de grasa corporal y la falta de hábitos saludables. (Alvarado Alvarado et al., 2022, p. 201)

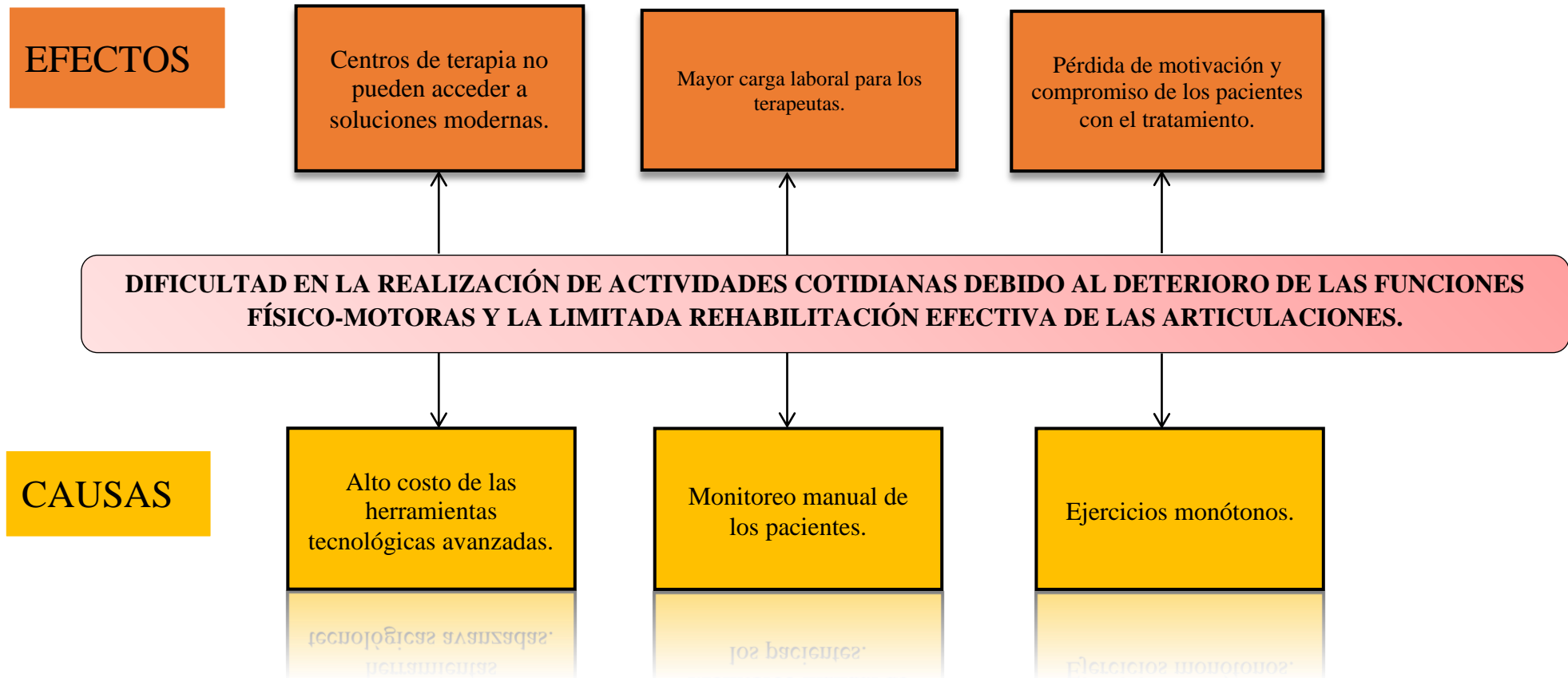
1.4.2 Génesis del problema.

La fisioterapia es un componente crucial en la rehabilitación de pacientes con lesiones musculoesqueléticas, neurológicas y otros trastornos que afectan el movimiento. Sin embargo, uno de los principales desafíos en este campo es la falta de herramientas tecnológicas que permitan diseñar terapias dinámicas y personalizadas, ajustadas a las necesidades específicas de cada paciente. Esta limitación impacta directamente en la recuperación y adherencia al tratamiento. Aunque los avances en sensores de movimiento, realidad mixta y plataformas digitales podrían complementar los métodos tradicionales, su adopción sigue siendo limitada, dejando un vacío que afecta tanto a pacientes como a profesionales de la salud.

1.4.3 Estado actual del problema

La pandemia de COVID-19 en 2020 provocó cambios significativos en los hábitos de vida, aumentando el sedentarismo y generando preocupaciones sobre la salud física y mental de la población. En Ecuador, factores como el trabajo remoto y el incremento de la inseguridad contribuyeron a una disminución del 50% en la actividad física, lo que ha exacerbado problemas musculares, articulares y de columna, especialmente en jóvenes adultos de entre 18 y 30 años. Aunque la fisioterapia es fundamental en la rehabilitación de estos problemas, los terapeutas suelen depender de observaciones visuales y evaluaciones manuales para monitorear el progreso del paciente, un enfoque que carece de precisión y dificulta la personalización de las terapias. Además, la ausencia de retroalimentación en tiempo real limita la capacidad de ajustar los tratamientos en el momento, afectando la efectividad de los mismos. Esta falta de precisión también tiene un impacto significativo en la motivación de los pacientes, quienes a menudo enfrentan terapias monótonas y carecen de reconocimiento inmediato de sus avances. Para abordar estos desafíos, resulta crucial integrar herramientas tecnológicas interactivas que proporcionen datos precisos y retroalimentación instantánea, fomentando un enfoque más dinámico, motivador y personalizado en las terapias. La implementación de estas tecnologías no solo mejoraría la adherencia al tratamiento, sino que también optimizaría los resultados a largo plazo.

1.5 Diagrama Causa – Efecto



1.6 Objetivos

1.6.1 Objetivo General

Desarrollar un prototipo de software de una plataforma virtual interactiva y minimalista para la realización de fisioterapia con el sensor Kinect en el departamento de Bienestar Estudiantil de la ULEAM.

1.6.2 Objetivos específicos

- Analizar los requerimientos del prototipo interactivo fisiokinésico mediante entrevistas y consultas con especialistas en fisioterapia, identificando las necesidades clave para apoyar terapias de rehabilitación personalizadas.
- Implementar la metodología ágil KANBAN para organizar de manera eficiente las etapas del desarrollo de la aplicación, asegurando flexibilidad y cumplimiento de objetivos.
- Diseñar una interfaz de usuario amigable y funcional, que facilite la interacción con el sistema y permita realizar actividades fisiokinésicas de manera intuitiva.
- Desarrollar la aplicación integrando las funcionalidades del sensor Kinect, implementando características como la captura de movimientos corporales y la navegación interactiva.

1.7 Justificación

En los últimos años, la tecnología basada en sensores ha evolucionado para ofrecer capacidades que trascienden la simple detección de movimientos, integrando características avanzadas que encuentran aplicaciones tanto en el ámbito tecnológico como en el médico. En particular, estas tecnologías resultan útiles en terapias físicas diseñadas para la recuperación de funciones motoras, mejorando la movilidad y el bienestar de los pacientes.

Este proyecto se justifica debido a las limitaciones significativas de los métodos tradicionales en fisioterapia, como la falta de retroalimentación en tiempo real, evaluaciones subjetivas y la dificultad para mantener la motivación de los pacientes. Estas deficiencias afectan la eficacia de los tratamientos y prolongan los tiempos de recuperación. En este contexto, el proyecto busca contribuir al avance en el estudio y aplicación de tecnologías innovadoras, proporcionando herramientas prácticas para que los especialistas en fisioterapia puedan realizar un seguimiento más preciso y dinámico del progreso de sus pacientes.

La investigación fue llevada a cabo en el Departamento de Bienestar Estudiantil de la ULEAM, donde se recopilaron datos mediante entrevistas y consultas con fisioterapeutas. Estos datos permitieron identificar necesidades específicas en el ámbito de la rehabilitación motriz y diseñar soluciones tecnológicas adecuadas.

La aplicación promueve el uso de tecnologías emergentes en el ámbito de la salud, utilizando espacios de realidad mixta para fomentar la motivación, la participación activa y la adherencia de los pacientes a sus tratamientos de fisioterapia. Estas características no solo mejoran la efectividad de las sesiones, sino que también aumentan el compromiso del usuario con el proceso de recuperación.

1.8 Impactos esperados

1.8.1 Impacto tecnológico

La propuesta tiene como objetivo integrar sensores de movimiento en el ámbito de la salud, introduciendo una metodología innovadora para la interacción entre usuarios y sistemas. Este enfoque automatiza procesos que tradicionalmente requerirían asistencia personalizada, marcando un avance en la aplicación de tecnología en entornos terapéuticos.

1.8.2 Impacto social

La adopción de esta tecnología fomentará la familiarización de las personas con herramientas emergentes, promoviendo una mayor aceptación de estas innovaciones. Además, las actividades físicas implementadas buscan aumentar la motivación, fortalecer la participación y generar un mayor compromiso de los usuarios con los contenidos digitales que utilizan.

1.8.3 Impacto ecológico

Al tratarse de un sistema basado en software y actividades digitales, se reduce significativamente la necesidad de materiales físicos, como suministros de oficina. Esto representa una contribución importante hacia la sostenibilidad ambiental, al minimizar el impacto ecológico asociado con procesos tradicionales.

2. CAPÍTULO II – Marco Teórico de la Investigación

2.1 Antecedentes históricos

Los sensores o detectores de movimiento surgieron y fueron perfeccionados durante los primeros años de la Segunda Guerra Mundial en Alemania. Su propósito principal era detectar elementos intrusivos en áreas específicas, proporcionando una alerta al usuario ante posibles violaciones de seguridad (Areny Pallás, 2008).

Las redes de sensores inalámbricas están compuestas por dispositivos capaces de realizar tareas de sensado, cómputo y comunicación sin cables. Estas redes funcionan de manera autónoma mediante la creación de estructuras ad-hoc, sin necesidad de infraestructura física previa ni administración centralizada. Este enfoque, relativamente reciente en el ámbito de la adquisición y tratamiento de datos, tiene aplicaciones diversas en áreas como la industria, la domótica, los entornos militares y la detección ambiental (Jiménez Fernández, 2016).

Los avances tecnológicos, relacionados con los sensores de movimiento, han dado un impulso notable en la última década, a nuevas formas de obtención de datos por medio de cámaras, sensores y dispositivos de reconocimiento de voz. De esta forma, la tecnología kinésica está relacionada con el trabajo de estudiantes la Universidad Politécnica Salesiana de la ciudad de Quito, a través de su tesis: *“Análisis y estudio de los códigos fuente SDK¹ e implementación de una aplicación demostrativa que registre la captación de movimientos de manos y brazos del cuerpo humano a través de leds indicadores mediante la utilización del sensor Kinect del Xbox 360.”*, realizan un recorrido de antecedentes históricos de lo que es la tecnología Kinect:

¹ Kit de Desarrollo de Software. (Basañez Villaluenga & Beltrán Guerrero, 2014a, p. 7)

“El sensor Kinect fue presentado por primera vez en junio del 2009 con el nombre de “Project Natal”, pero su verdadero nombre se conoció el 13 de junio del 2010, que fue “Kinect”, y en noviembre del mismo año salió a la venta en EE. UU y México. Para su difusión, la empresa Microsoft invirtió un aproximado de 500 millones de dólares solo para su conocimiento en EE. UU, dicha suma de dinero fue mucho más grande que la inversión que utilizaron para el lanzamiento del Xbox 360.

Microsoft, al contemplar el rotundo éxito de su dispositivo, desarrolló un SDK oficial y gratuito que es compatible con Windows 7 en adelante. Actualmente existen tres versiones del SDK y cada una presenta una mejora respecto a la anterior, la primera versión lanzada para las personas interesadas en el desarrollo de aplicaciones con Kinect fue la versión 1.0, posteriormente se obtuvo la versión 1.0 Beta y hoy en día existe la última versión del SDK 1.5 v.

Microsoft ha facilitado los códigos fuente del sensor Kinect que sirven de base para aprender a utilizar las diferentes características del sensor como son:

- Cámara de video RGB.²
- Un sensor de profundidad, para registrar la distancia de los objetos.
- Un arreglo de micrófonos, que permite localizar la fuente de los sonidos y suprimir ruido de fondo.

En las dos primeras versiones que Microsoft lanzó, se proporcionó aplicaciones demo para entender y desarrollar nuevas aplicaciones. Entre los más relevantes se puede mencionar al Skeletal Tracking con el cual se reconoce el cuerpo humano y capta los movimientos realizados, Shape Game es un juego para dos personas que utiliza de base el conocimiento del Skeletal Tracking, Kinect Audio Demo con el cual se reconoce los comandos de voz para realizar una determinada acción, (esta opción está solo disponible en idioma inglés). En la

² Cámara de Componentes Rojo, Verde y Azul (Red, Blue, Green). (Hernández Toala, Luis Alejandro & Herrera Rodríguez, Juan David, 2013a, p. 4)

última versión, además de presentar una mejora tanto en la calidad gráfica, como en la interfaz de usuario, de las aplicaciones anteriores, incorporó nuevas opciones para el programador en el cual puede incorporar Avatares³ el reconocimiento del rostro de personas en 3D, entre otros. “ (Hernández Toala, Luis Alejandro & Herrera Rodríguez, Juan David, 2013a)

Microsoft Kinect incursiona en el mundo de la medicina de una forma peculiar, y es permitiendo que ciertos procesos se realicen mediante el sensor de movimientos para evitar percances en ciertos aspectos: “Para minimizar las posibilidades de que los pacientes contraigan infecciones en el quirófano, dos investigadores españoles crearon TedCas, una aplicación basada en Kinect, que permite a los médicos que intervienen en la cirugía buscar en el computador toda la información del expediente del paciente, sin necesidad de tocar ningún objeto.”(Hernández Toala, Luis Alejandro & Herrera Rodríguez, Juan David, 2013a).



Ilustración 1. Médico Cirujano usando TedCas con Kinect para intervención quirúrgica interactiva.

Fuente: (Hernández Toala, Luis Alejandro & Herrera Rodríguez, Juan David, 2013b, p. 7)

³ Personajes Virtuales que representan al Usuario. (Hernández Toala, Luis Alejandro & Herrera Rodríguez, Juan David, 2013a, p. 4)

2.2. Antecedentes de investigaciones relacionadas al tema presentado

2.2.1 Aplicación para que los niños realicen actividad física con Kinect

En su tesis, (Esquivel García, 2014a) desarrolló una aplicación interactiva denominada *Move Kid*, diseñada para fomentar la actividad física en niños mediante la tecnología del sensor Kinect. El autor llevó a cabo un análisis detallado sobre cómo integrar este dispositivo en un entorno educativo para motivar el movimiento a través de dinámicas lúdicas. Como herramienta principal, utilizó el sensor Kinect, que permitió capturar los movimientos de los usuarios y proporcionar retroalimentación inmediata durante los ejercicios.

Los objetivos planteados por el autor fueron los siguientes:

1. Diseñar y desarrollar un exergame que motive a los niños a realizar actividad física.
2. Implementar la aplicación en un entorno educativo para evaluar su eficacia.
3. Analizar la capacidad del sistema para mejorar la interacción física y reducir el sedentarismo infantil.

Como resultado, el autor logró:

1. La implementación exitosa de *Move Kid*, demostrando una aceptación positiva por parte de los niños al participar en las dinámicas interactivas.
2. La integración del sensor Kinect como una herramienta efectiva para monitorear movimientos y proporcionar retroalimentación en tiempo real.
3. Un incremento notable en la actividad física de los participantes, evidenciando que las tecnologías interactivas pueden ser una alternativa viable para combatir el sedentarismo.

Este estudio aporta al proyecto al mostrar cómo los sensores Kinect mejoran el monitoreo y la motivación en actividades físicas, destacando su viabilidad para personalizar terapias y ofrecer retroalimentación en tiempo real, optimizando así los tratamientos de fisioterapia.

2.2.2 Realidad virtual y aumentada para la mejora sensorio-motriz en Fisioterapia pediátrica: Uso de dispositivos Kinect

En su trabajo de fin de grado, (Lalinde Sainz, 2019a) realizó una revisión bibliográfica sobre la aplicación de la realidad virtual y aumentada, específicamente mediante dispositivos Kinect, en la mejora sensorio-motriz en fisioterapia pediátrica.

Objetivos del estudio:

1. Revisar la literatura científica disponible sobre el uso de Kinect para la mejora sensorio-motriz en pediatría.
2. Analizar la eficacia de Kinect en comparación con la fisioterapia convencional y otros tratamientos.

Resultados obtenidos:

1. La mayoría de los estudios revisados indican que la terapia con dispositivos Kinect es una herramienta válida y ofrece múltiples posibilidades como alternativa o complemento a los tratamientos convencionales.
2. Se destaca la contribución de Kinect al correcto desarrollo sensorio-motor en niños, tanto con patologías como sin ellas.

Aporte al proyecto:

Este estudio proporciona evidencia sobre la eficacia de los dispositivos Kinect en la fisioterapia pediátrica, respaldando su uso para mejorar el desarrollo sensorio-motriz. La revisión de Lalinde Sainz subraya la validez de Kinect como herramienta terapéutica, lo que refuerza la viabilidad de integrarlo en el presente proyecto para ofrecer terapias más dinámicas y efectivas.

2.2.2.1 Tabla 1. Resumen de los artículos seleccionados en investigación de Realidad Aumentada con Kinect.

Tabla 1: Resumen de los artículos seleccionados en investigación de Realidad Aumentada con Kinect.

AUTORES	POBLACIÓN	INTERVENCIÓN	RESULTADOS	CONCLUSIÓN
(Zoccolillo et al., 2015a)	22 niños con PCI entre 4-14 años.	Evaluación de la mejora funcional de las extremidades superiores (EESS), habilidad manual e integración visomotora. 2 grupos: 1) Kinect + convencional, 2) Convencional + Kinect.	Movimientos 3 veces mayores con videojuegos. Mejora de la habilidad manual.	Kinect es una estrategia complementaria factible para mejorar los movimientos y la calidad en la extremidad superior parética en niños con PCI. Más estudios son necesarios para evaluar independencia en AVDs.
El-Shamy (2018)	34 niños con AIJ poliarticular entre 8-12 años.	Efectividad de Xbox Kinect en función manual y calidad de vida. 2 grupos: 1) Kinect + convencional, 2) Convencional.	Mayor mejora en el grupo Kinect en fuerza de agarre, función manual (DHI) y calidad de vida (CVRS).	El entrenamiento con Xbox Kinect combinado con terapia convencional mejora fuerza de agarre, función manual y calidad de vida en niños con AIJ.

Nota: PCI: Parálisis cerebral infantil; AIJ: Artritis idiopática juvenil; AVDs: Actividades de la vida diaria; DHI: Disability of the Arm, Shoulder, and Hand Index; CVRS: Cuestionario de Calidad de Vida Relacionada con la Salud.

Fuente: (Lalinde Sainz, 2019b, p. 18)

2.2.3 Efectividad de añadir realidad virtual al tratamiento fisioterapéutico en pacientes con artroplastia total de cadera

En su ensayo clínico aleatorizado, (Martínez & Zavala, 2024) evaluaron la eficacia clínica de integrar realidad virtual (RV) mediante Microsoft Kinect® en el tratamiento de fisioterapia para mejorar la función en pacientes sometidos a artroplastia total de cadera (ATC).

Objetivos del estudio:

1. Determinar si la adición de RV al tratamiento fisioterapéutico convencional mejora la funcionalidad en pacientes postoperados de ATC.
2. Evaluar el impacto de la RV en el equilibrio, la capacidad de marcha y la percepción del dolor en estos pacientes.

Resultados obtenidos:

1. El grupo que recibió fisioterapia con RV mostró mejoras significativas en la función según el cuestionario WOMAC, en comparación con el grupo de fisioterapia convencional.
2. Se observaron mejoras en la distancia recorrida en la prueba de marcha de 6 minutos y una reducción del dolor en el grupo de RV.
3. No se encontraron diferencias estadísticamente significativas en la escala de equilibrio de Berg ni en la carga de peso entre los grupos.

Aporte al proyecto:

Este estudio proporciona evidencia de que la integración de la realidad virtual mediante Microsoft Kinect® en programas de fisioterapia puede mejorar la funcionalidad y reducir el dolor en pacientes postoperados de artroplastia total de cadera. La utilización de RV como complemento terapéutico ofrece una herramienta innovadora que puede aumentar la motivación del paciente y optimizar los resultados de la rehabilitación física. Estos hallazgos son relevantes para el desarrollo de aplicaciones que incorporen tecnologías de realidad virtual en el ámbito de la fisioterapia, mejorando la eficacia de los tratamientos y la experiencia del paciente.

2.2.4 Validación de dispositivos RGBD para medir terapéuticamente el equilibrio: el test de alcance funcional con Microsoft Kinect

En su estudio, (Ayed et al., 2017) evaluaron la fiabilidad del dispositivo Microsoft Kinect para calcular el test estándar de alcance funcional (FRT), ampliamente utilizado en la medición terapéutica del equilibrio.

Objetivos del estudio:

1. Determinar la precisión del Kinect en la medición del FRT en comparación con métodos manuales.
2. Validar el uso de dispositivos RGBD como herramientas viables para la evaluación terapéutica del equilibrio.

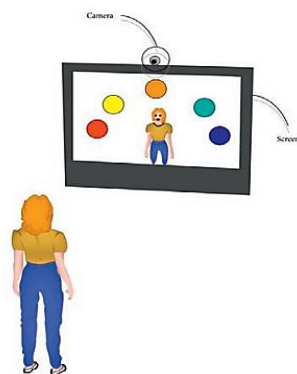


Ilustración 2: Arquitectura de un Sistema conformado por el Usuario y un Software manipulado mediante el sensor Kinect.

Fuente: (Ayed et al., 2017, p. 3)



Ilustración 3: Captura de Pantalla de la cámara del sensor Kinect.

Fuente: (Ayed et al., 2017, p. 3)

Resultados obtenidos:

1. Se realizó un experimento con 14 usuarios sanos, comparando las mediciones del FRT obtenidas manualmente y mediante Kinect.
2. Los resultados mostraron una diferencia absoluta media de 2.84 cm (± 2.62) entre ambos métodos, sin diferencias estadísticamente significativas, indicando una alta fiabilidad del Kinect para este propósito.

Aporte al proyecto:

Este estudio respalda la utilización del sensor Kinect como una herramienta precisa y confiable para evaluar el equilibrio en contextos terapéuticos. La validación del Kinect en la medición del FRT proporciona una base sólida para su integración en programas de rehabilitación motora, ofreciendo una alternativa económica y accesible para monitorear el progreso de los pacientes en tiempo real. La evidencia presentada por Ayed et al. (2017) es directamente aplicable al desarrollo de sistemas que buscan mejorar la eficacia y eficiencia de las terapias físicas mediante tecnologías de captura de movimiento.

2.2.5 Desarrollo de un software de análisis biomecánico a través de datos de captura de movimiento usando el sensor KINECT para rehabilitación asistida con videojuegos

En su artículo, (Villada & Muñoz, 2019a) presentan el potencial del dispositivo Kinect de Microsoft como herramienta para la rehabilitación de lesiones, enfermedades y traumatismos en el cuerpo humano.

Objetivos del estudio:

1. Desarrollar un software que capture en tiempo real datos como posiciones y ángulos de Euler de las articulaciones durante movimientos normales.
2. Realizar un análisis de la movilidad utilizando el software BIOCIRAC para seguimiento continuo del proceso de rehabilitación y cuantificación de los resultados de la terapia.

Resultados obtenidos:

1. Implementación de un sistema que permite a los pacientes controlar e interactuar con ambientes virtuales sin necesidad de dispositivos físicos, facilitando una interacción inalámbrica a través de gestos naturales.
2. Captura efectiva de datos biomecánicos en tiempo real, proporcionando información valiosa para el análisis de la movilidad y el progreso en la rehabilitación.

Aporte al proyecto:

Este estudio demuestra la viabilidad de utilizar el sensor Kinect para capturar datos de movimiento y analizar la biomecánica en tiempo real, ofreciendo una herramienta complementaria a las terapias convencionales de rehabilitación. La experiencia en el desarrollo de software que integra captura de movimiento y análisis biomecánico es altamente relevante para proyectos que buscan implementar tecnologías interactivas en procesos de rehabilitación física.

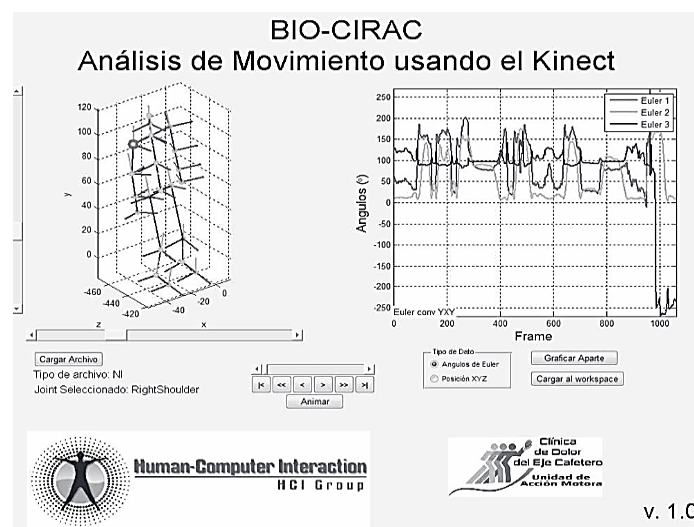


Ilustración 4: Interfaz GUI para análisis biomecánico de captura de movimiento mediante el sensor Kinect.

2.3. Definiciones conceptuales (Contexto teórico)

2.3.1 Fisioterapia

Según (Bonilla & Dahik, 2010), la fisioterapia es un tratamiento no invasivo que busca la recuperación de lesiones y problemas físicos a través de métodos de reactivación muscular. Este proceso, que puede ser prolongado, requiere que el fisioterapeuta cuente con bases sólidas y habilidades esenciales como concentración, responsabilidad, dedicación y memoria. Sin embargo, la memoria del fisioterapeuta puede verse afectada por factores físicos y emocionales, como el cansancio, el estrés y el estado de ánimo, lo que podría influir en la efectividad del tratamiento, ya sea de manera directa o indirecta.

Por otro lado, (Esquivel García, 2014a) señala que la fisioterapia puede incluir actividades físicas ligeras y moderadas. Las actividades físicas ligeras, como caminar, cargar objetos o subir escaleras, son recomendadas para el acondicionamiento básico y la rehabilitación cardíaca, y se consideran regenerativas. En cambio, las actividades físicas moderadas, como jugar, correr, trotar o nadar, están orientadas al mantenimiento físico, especialmente en personas con un nivel mínimo de condición física.

2.3.2.1 Rehabilitación Física

“La rehabilitación física se define como un proceso terapéutico que busca restaurar las capacidades funcionales del paciente tras una lesión, enfermedad o condición incapacitante, utilizando técnicas específicas como ejercicios, terapia manual y tecnologías asistidas, con el objetivo de mejorar la calidad de vida y promover la autonomía.” (Orak et al., 2016)

2.3.1.2 Beneficios de la actividad Física

De acuerdo con (Esquivel García, 2014a), la actividad física contribuye al acondicionamiento básico y la rehabilitación, además de favorecer el funcionamiento eficiente de los sistemas

cardiovascular, respiratorio, glandular y muscular cardíaco. Durante estas actividades, los ácidos grasos suelen ser el principal recurso energético utilizado por el organismo. Para obtener beneficios óptimos, se recomienda realizar actividad física al menos tres veces por semana, con sesiones que duren entre 45 y 60 minutos.

Realizar actividad física de forma adecuada tiene numerosas ventajas. Contribuye a disminuir la probabilidad de padecer diversas enfermedades, como enfermedades coronarias, problemas cardiovasculares, diabetes, hipertensión, cáncer de colon, cáncer de mama y depresión. Además, favorece la salud ósea y desempeña un papel fundamental en el gasto calórico de las personas.

2.3.1.3 Ejercicios y rutinas de estiramiento con Kinect

Antes de comenzar con la creación y desarrollo del software, es esencial definir claramente los ejercicios y las rutinas que el sensor Kinect puede reconocer e implementar. La detección de movimientos por parte de Kinect tiende a ser bastante general, y no puede considerarse como una herramienta completa para capturar todos los tipos de ejercicios o movimientos que pueda realizar el cuerpo humano mediante el seguimiento esquelético. Por lo tanto, revisaremos los distintos tipos de ejercicios y estiramientos disponibles para determinar cuáles son los más adecuados para utilizar con Kinect.

2.3.1.4 Tipos de Ejercicios

2.3.1.4.1 Ejercicios Aeróbicos

El ejercicio aeróbico, conocido también como cardio, se caracteriza por ser una actividad física continua realizada a una intensidad moderada o baja. La clave de este tipo de ejercicio es el movimiento constante, el cual permite que los carbohidratos ingeridos en la dieta se transformen en energía. Entre los ejemplos comunes de ejercicio aeróbico se incluyen correr, nadar, practicar ciclismo o simplemente caminar (Mocha Bonilla & Gutiérrez Herrera, 2015).

2.3.1.4.2 Ejercicios Anaeróbicos

El ejercicio anaeróbico incluye actividades como el entrenamiento de fuerza, los sprints rápidos y los ejercicios que implican contracción y retracción muscular en intervalos breves. A diferencia del ejercicio aeróbico, el anaeróbico se caracteriza por ser de menor duración pero con una intensidad significativamente mayor. Otra distinción importante radica en la forma en que el cuerpo genera y utiliza la energía durante estas actividades, lo que lo convierte en un tipo de ejercicio único en su impacto físico (Mocha Bonilla & Gutiérrez Herrera, 2015).

2.3.1.4.3 Ejercicios adecuados para Kinect

Dado que Kinect se centra en la captura y detección de movimientos en lugar de ser un medidor de fuerza e intensidad, resulta más práctico como periférico para asistir en ejercicios aeróbicos. Esto se debe a que permite llevar a cabo ejercicios de larga duración con baja intensidad, y sus capacidades de captura de movimientos se adaptan de manera óptima a este tipo de ejercicios. Durante el desarrollo del software, se incluyó una variedad de actividades basadas en ejercicios fisiokinésicos fundamentales, como **levantamiento de brazos, equilibrio sobre una pierna, esquivar obstáculos y realizar gestos específicos**. Estas actividades reflejan rutinas comunes recomendadas por especialistas.

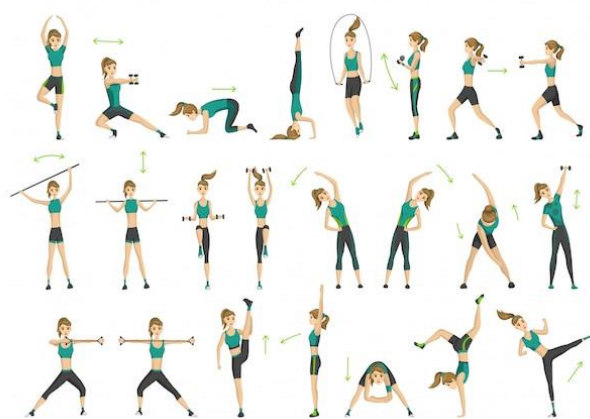


Ilustración 5. Los ejercicios Aeróbicos se enfocan más en los movimientos que en la fuerza física que aplique el usuario.

Fuente: https://img.freepik.com/vector-premium/fitness-mujer-coleccion-ejercicios-aerobicos-concepto-vida-activa-saludable-mujer-haciendo-ejercicios-fisicos-fitness_87946-1215.jpg?w=1380

2.3.1.5 Rutinas de Estiramiento

2.3.1.5.1 Tren Superior

El miembro superior destaca por su alta movilidad y su capacidad para sujetar y manipular objetos. A diferencia del miembro inferior, no está diseñado principalmente para soportar peso, ya que su estabilidad se ve comprometida en favor de una mayor movilidad. Los dedos de la mano representan la parte más móvil del miembro superior, aunque otras estructuras también ofrecen una movilidad superior en comparación con sus contrapartes en el miembro inferior (Torres Álvarez, 2017).

El miembro superior se compone de cuatro de segmentos:

- La cintura escapular, incompleto por la cara posterior, formada por las escápulas y las clavículas, que se completa por delante con el manubrio del esternón.
- El brazo, parte situada entre el hombro y el codo.
- El antebrazo, que comunica el codo con la muñeca.
- La mano o parte del miembro superior distal del antebrazo. Se compone de muñeca, palma, dorso de la mano y dedos.



Ilustración 6. Estiramientos de Tren Superior (Brazos, Manos y Cintura).

Fuente:

<https://i.pinimg.com/736x/08/ea/43/08ea434d7e8249d0cef682dd91707441.jpg>

2.3.1.5.2 Tren Inferior

El miembro inferior comparte ciertas similitudes anatómicas con el miembro superior, pero se diferencia notablemente en su función principal, que está orientada a la bipedestación. Mientras que el miembro superior se especializa en la prensión y la expresión, el inferior está diseñado para proporcionar apoyo, estabilidad y potencia. Estas características funcionales hacen que el miembro inferior priorice la fuerza y la estabilidad, sacrificando en cierta medida la movilidad y la precisión de los movimientos (Dufour, 2012).

Los músculos del miembro inferior se distribuyen en función de tres polos mecánicos:

- Proximal (cadera)
- Intermedio (rodilla)
- Distal (tobillo y pie)



Ilustración 7. Estiramientos de Tren Inferior (Cadera, Rodillas, Tobillos y Pies).

Fuente: <https://i.pinimg.com/originals/ce/38/9f/ce389f0bb68f98d7d7bc52278b72b1aa.jpg>

2.3.1.5.3 Rutinas de estiramiento adecuadas para Kinect

El Kinect, diseñado para ser controlado con las manos, resulta más práctico para actividades enfocadas en el tren superior. Además, permite su uso mientras el usuario está sentado. Sin embargo, aunque el Skeletal Tracking puede detectar las piernas, no es ideal para ejercicios de estiramiento que requieran estar en el suelo, ya que esta posición dificulta su detección. El sistema de seguimiento esquelético está optimizado para identificar usuarios en posición de pie y con el torso recto.



Ilustración 8. 10 beneficios de la actividad física según ADIDAS.

Fuente: Recomendaciones mundiales sobre actividad física para la salud. (Organización mundial de la salud, 2014)

2.3.1.6 Exergames

El término "Exergames" combina las palabras "exercise" (ejercicio) y "games" (juegos) para describir videojuegos que promueven el movimiento corporal dentro de un entorno de animación digital. Estos juegos eliminan la necesidad de botones, controles u objetos que puedan representar algún riesgo para las personas. Además, ofrecen una forma de practicar actividad física de manera más motivante y divertida, fomentando el interés en la realización de ejercicio físico (Coral Apráez, 2018).

Los exergames son herramientas de apoyo que fomentan la actividad física y mejoran la calidad de vida en diversos aspectos. Además, son adecuados para personas de distintas edades, ya que investigaciones recientes han demostrado resultados positivos en adultos mayores y niños. También se ha comprobado que estos juegos ayudan a reducir la depresión en los usuarios, gracias a los efectos visuales y auditivos, así como a la interfaz del videojuego, que facilitan la participación y aumentan la motivación de las personas.

Los exergames promueven la actividad física en entornos donde se integra la tecnología con el ambiente, brindando oportunidades para vivir nuevas experiencias. Estas herramientas benefician la realización de ejercicio físico, mejoran el estado de salud y aprovechan el tiempo libre y los espacios disponibles.



Ilustración 9. Kinect Adventures, Exergame de Xbox 360 de Microsoft.

Fuente: Aplicación para que los niños realicen actividad física con Kinect. (Esquivel García, 2014a)

2.3.1.7 Consecuencias sociales de la pérdida de funciones motoras

"La pérdida de funciones motoras impacta significativamente en el ámbito social de los individuos, generando aislamiento, dependencia de terceros y limitaciones en la participación laboral, recreativa y comunitaria. Estas restricciones suelen acompañarse de barreras sociales y económicas que agravan la exclusión social y disminuyen la calidad de vida." (Dugas et al., 2012)

2.3.1.8 Impacto en la motivación durante la rehabilitación física

"La motivación en la rehabilitación juega un papel crucial en la adherencia y el éxito del tratamiento, ya que influye en el compromiso del paciente para participar activamente en las sesiones y realizar ejercicios recomendados. Factores como el diseño de programas dinámicos, la interacción tecnológica y el refuerzo positivo pueden aumentar

significativamente la motivación, mejorando los resultados terapéuticos." (Maclean, N. & Pound, P., 2000)

2.3.1.9 Caso de éxito en rehabilitación física utilizando Kinect

"La implementación de Kinect en la rehabilitación física ha demostrado ser efectiva para mejorar la recuperación motora en pacientes con diversas patologías. Gracias a su capacidad para monitorear movimientos y proporcionar retroalimentación en tiempo real, se ha logrado incrementar la motivación y la adherencia a los tratamientos, generando mejores resultados funcionales." (Tsai, 2013)

2.3.2 Software

El software consiste en un conjunto de instrucciones que permiten a una computadora ejecutar tareas específicas. Este componente, independiente del hardware, habilita la programación y personalización de las máquinas (IBM, 2023).

2.3.2.2 Desarrollo de Software

El desarrollo de software incluye diversas actividades que abarcan desde la creación y diseño hasta la implementación y compatibilidad de sistemas informáticos. Este proceso permite satisfacer las necesidades específicas de los usuarios (IBM, 2023).

2.3.2.3 Bases de Datos

Las bases de datos son herramientas fundamentales para organizar y gestionar registros en empresas y organizaciones. Estas facilitan la realización de transacciones rápidas y eficaces en sistemas y aplicaciones, mejorando la administración de información (Escalante Quimis, 2021).

2.3.2.4 Usabilidad en Sistemas Interactivos

La usabilidad se relaciona con la capacidad de un sistema para ser utilizado de manera eficiente y satisfactoria por usuarios específicos. Este atributo busca optimizar la interacción entre el producto y su contexto de uso (Ferreira et al., 2019).

2.3.2.5 Inteligencia Kinestésica

En el ámbito educativo, la inteligencia kinestésica está vinculada al desarrollo integral a través del juego, promoviendo aprendizajes en áreas como la socialización, la cognición, la emocionalidad y las habilidades motoras (Posso Pacheco et al., 2021).

2.3.2.6 Microsoft Kinect

El Microsoft Kinect es un dispositivo diseñado para que los usuarios puedan interactuar con consolas de videojuegos mediante gestos corporales, reconocimiento de voz e imágenes. Este equipo incluye sensores avanzados, como cámaras y micrófonos, que capturan el movimiento en 3D y procesan datos en tiempo real (Basañez Villaluenga & Beltrán Guerrero, 2014a).

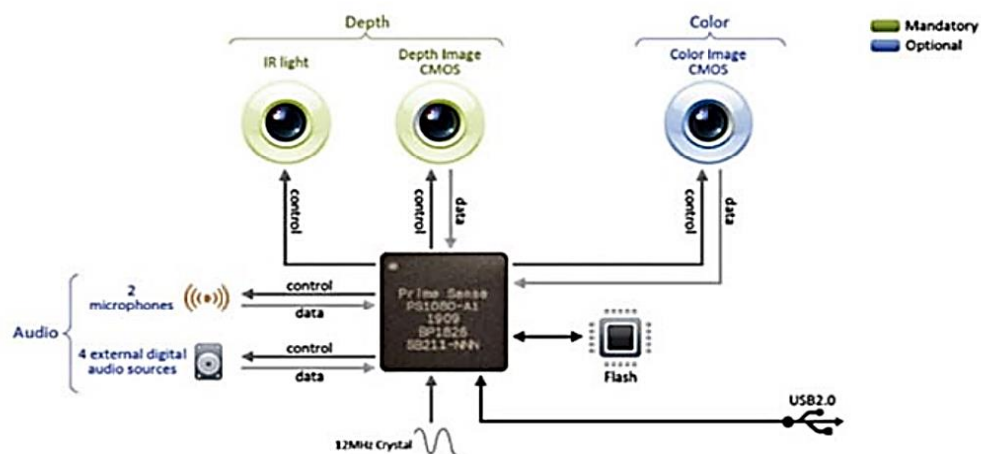


Ilustración 10: Estructura y elementos internos del sensor Kinect.

Fuente: (Basañez Villaluenga & Beltrán Guerrero, 2014b, p. 2)

Poco después de su lanzamiento, los investigadores de diferentes ámbitos se dieron cuenta de que este dispositivo no solo servía como un control de videojuego, sino que tenía un gran potencial por las características de los datos capturados que podrían ser utilizado en diferentes aplicaciones incluyendo la correspondencia y el modelado 3D. Fue entonces

cuando el español Héctor Martín, motivado por una recompensa que se ofrecía por el diseño de un controlador de código abierto para la Kinect, usó métodos de ingeniería inversa para el desarrollo de un controlador para GNU/Linux que permite el uso de la cámara RGB y las funciones de profundidad.

A partir de entonces y en muy poco tiempo se han desarrollado diferentes aplicaciones para el uso del sensor Kinect. Entre muchas otras se encuentran:

- ✓ Una aplicación para Windows KinEmote que permite controlar de forma gestual una aplicación de media center como Boxee.
- ✓ Unos investigadores del Instituto Tecnológico de Massachusetts (MIT), han conseguido un control de ordenadores mediante gestos con las manos más discretos y menos teatralizados que en otras soluciones.
- ✓ Unos estudiantes de la Escuela Politécnica de Lausana (Suiza) han desarrollado una aplicación que se basa en la utilización de dos dispositivos Kinect y que es capaz de detectar en tiempo real las posiciones de dos usuarios.
- ✓ Un grupo de científicos del Instituto de medicina forense de la Universidad de Berna ha desarrollado una aplicación para Kinect que permite interactuar con radiografías en 3D sin necesidad de tocar una pantalla o un teclado.
- ✓ Se ha desarrollado también una aplicación para utilizar Kinect como radar y sensor 3D para detectar objetos en un robot que vuela o bien utilizar un iPad para el control de los diversos parámetros de Kinect.

2.3.2.6.1 Modo de Funcionamiento de Microsoft Kinect

El sensor Kinect integra diversos componentes avanzados que le permiten capturar información del entorno y responder a los usuarios. Entre ellos, cuenta con un proyector

láser, una cámara infrarroja con resolución de 320x240 píxeles y una tasa de 30 cuadros por segundo, así como una cámara RGB con una resolución de 640x480 píxeles que también opera a 30 cuadros por segundo. Además, el dispositivo incorpora un conjunto de micrófonos diseñados para recibir y procesar comandos de voz.

En cuanto a su diseño físico, el Kinect tiene un ángulo de visión de 57° horizontal y 43° vertical, que se complementa con una base motorizada capaz de inclinarse 27° hacia arriba o hacia abajo, aumentando así su capacidad de capturar un mayor rango de movimiento en su entorno.

Otro aspecto relevante del dispositivo son sus requisitos de energía. A diferencia de los 5 voltios y 2.5 vatios típicos de un puerto USB estándar en la mayoría de las computadoras, el Kinect necesita una fuente externa que suministre 12 voltios de corriente continua y 12 vatios de potencia para su correcto funcionamiento (Basañez Villaluenga & Beltrán Guerrero, 2014a).

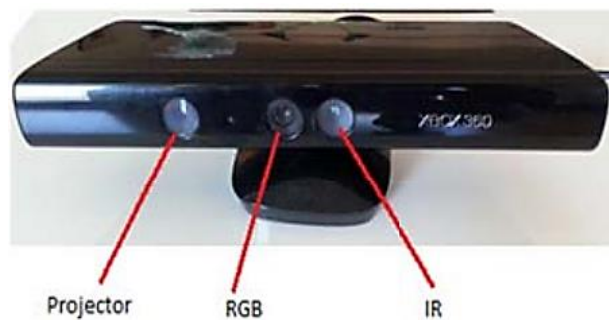


Ilustración 11: Sensor Kinect (Versión Xbox 360).

Fuente: (Basañez Villaluenga & Beltrán Guerrero, 2014b, p. 2)



Ilustración 12: Dispositivo de alimentación USB para el sensor Kinect.

Fuente: (Basañez Villaluenga & Beltrán Guerrero, 2014, p. 4)

El láser del sensor Kinect proyecta un patrón como el que se muestra en la **Ilustración 9**, que es utilizado para obtener un patrón de referencia que es almacenado dentro del sensor previamente. Este patrón de referencia es obtenido capturando un plano a una distancia conocida. Para una nueva imagen capturada de la escena a estudiar, la cámara infrarroja detecta un nuevo patrón, el cual se compara con el patrón de referencia por medio de una ventana de correlación. De esta manera se obtiene la disparidad.

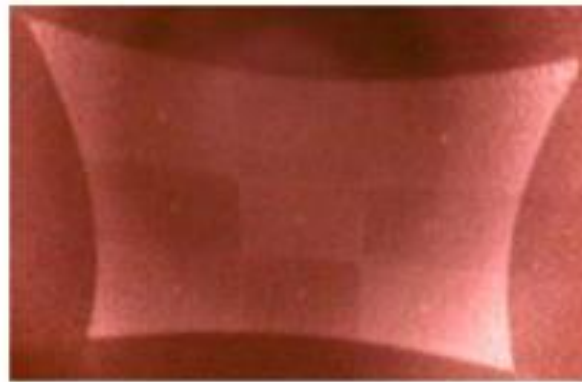


Ilustración 13: Patrón proyectado por el láser infrarrojo del sensor Kinect.

Fuente: (Basañez Villaluenga & Beltrán Guerrero, 2014, p. 5)

En la **ilustración 9** se tienen una representación del patrón de referencia almacenado en la memoria del sensor Kinect con respecto al nuevo patrón proyectado por el láser sobre un objeto en la escena.

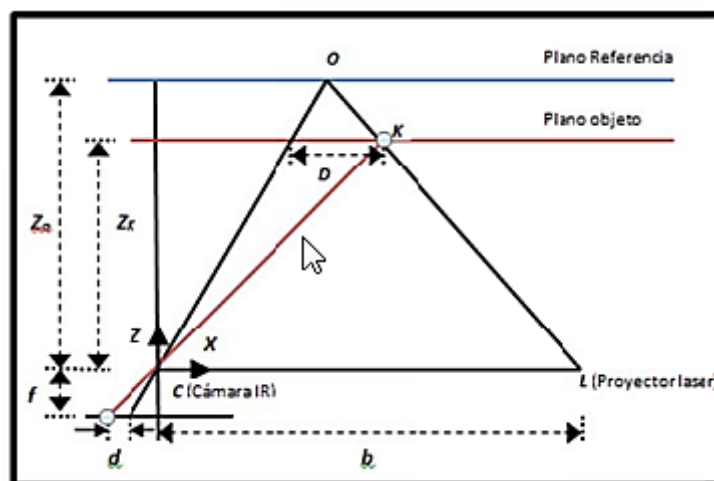


Ilustración 14: Relación entre la profundidad relativa y la disparidad medida del láser de Kinect.

Fuente: (Basañez Villaluenga & Beltrán Guerrero, 2014, p. 5)

Cuando la cámara infrarroja (IR) del sensor Kinect identifica un objeto nuevo en su campo de visión, se genera una diferencia, conocida como disparidad (d), entre el patrón proyectado sobre el objeto y el patrón almacenado en la memoria del dispositivo. Esta disparidad ocurre debido a la distancia entre el proyector láser y la cámara infrarroja, también llamada línea base (b), y la profundidad del objeto identificado, representada por Z_k .

Mediante el uso de principios de semejanza de triángulos, se puede aplicar un cálculo de triangulación para determinar la profundidad del objeto. Este proceso se ilustra claramente en la Ilustración 10, donde se ejemplifica cómo la relación geométrica permite determinar la ubicación precisa del objeto en función de su distancia respecto al sensor (Khoshelham & Sander Oude, 2012a).

$$\frac{D}{b} = \frac{Z_0 - Z_k}{Z_0} \quad (1) \quad \text{y} \quad \frac{d}{f} = \frac{D}{Z_k} \quad (2)$$

Dónde:

D : Desplazamiento del punto k en el espacio del objeto.

b : Distancia entre el proyector y la cámara infrarroja conocida como longitud de la base.

Z_0 : Distancia desde el sensor al plano de referencia.

d : Disparidad observada en el espacio de la imagen.

f : Distancia focal de la cámara infrarroja.

Despejando D de la ecuación (2) y reemplazándola en la (1) obtenemos (Khoshelham & Sander Oude, 2012b):

$$Z_k = \frac{Z_0}{1 + \frac{Z_0}{fb}d} \quad (3)$$

Con la ecuación (3) se puede obtener la profundidad de los objetos presentes en la escena. Los valores de Z_0 , f y b se determinan en la etapa de calibración del sensor Kinect.

2.3.2.6.2 Calibración de Microsoft Kinect

Los parámetros de calibración involucrados en el modelo matemático para la obtención de la coordenada 3D del sensor Kinect incluyen:

- Distancia focal f .
- Punto principal inicial (x_0, y_0) .
- Coeficientes de distorsión δ_x, δ_y .
- Longitud de la base b .
- Distancia del patrón de referencia Z_0 .

En el proceso de detección mediante la cámara infrarroja (IR) del Kinect, algunos parámetros necesarios pueden obtenerse utilizando procedimientos estándar de calibración. Sin embargo, el cálculo de la longitud de la línea base y la distancia del patrón de referencia presenta desafíos técnicos.

Una de las principales dificultades es la incapacidad de transmitir directamente la medida de disparidad real debido a restricciones en el ancho de banda. Como solución, los valores de disparidad son normalizados en un rango de 0 a 2047 y transmitidos como números enteros de 11 bits. Este enfoque requiere ajustes en las ecuaciones utilizadas para el cálculo.

En consecuencia, la disparidad normalizada (d') se incorpora en la fórmula reemplazando d por la expresión $md'+nmd' + nmd'+n$, donde m y n representan los parámetros de una normalización lineal. Esta modificación permite adaptar la ecuación para trabajar con los valores transmitidos por el sensor (Khoshelham & Sander Oude, 2012a).

$$Z_k^{-1} = \left(\frac{m}{fb}\right) d' + \left(Z_0^{-1} + \frac{n}{fb}\right) \quad (4)$$

La anterior ecuación expresa la relación lineal entre la inversa de la profundidad de un punto con su correspondiente disparidad normalizada. Cuanto mayor sea la disparidad menor será la profundidad del objeto y viceversa.

2.3.2.6.3 Integración de la profundidad con el color

La anterior ecuación expresa la relación lineal entre la inversa de la profundidad de un punto con su correspondiente disparidad normalizada. Cuanto mayor sea la disparidad menor será la profundidad del objeto y viceversa.

El sensor Kinect captura profundidad e imágenes a color simultáneamente. La integración de los datos de profundidad y los datos de color da como resultado una nube de puntos 3D en color que contiene alrededor de 300,000 puntos en cada cuadro. La integración de estos datos requiere una orientación de la cámara RGB en relación con el sistema de coordenadas de la profundidad.

En la práctica, las imágenes capturadas por la cámara RGB del Kinect suelen ser transmitidas en un formato de tamaño reducido. Por esta razón, resulta más eficiente llevar a cabo la calibración estéreo utilizando estas imágenes reducidas en lugar de las imágenes completas. Los parámetros obtenidos de esta calibración establecen la relación entre las coordenadas tridimensionales de cada punto y su correspondiente coordenada de píxel en la imagen RGB reducida. Una vez que estos parámetros son determinados, es posible añadir color a la nube de puntos. Esto se logra proyectando cada punto 3D a la imagen RGB e interpolando el color correspondiente para obtener una representación visual enriquecida (Khoshelham & Sander Oude, 2012a).

2.3.2.6.4 Precisión y resolución de la profundidad

En un estudio realizado por Beltrán Guerrero y Basañez Villaluenga (2014), titulado *A Comparison between Active and Passive 3D Vision Sensors: BumblebeeXB3 and Microsoft Kinect*, se identificaron diversos factores que afectan la precisión y la resolución del sensor Kinect en la provisión de información. Entre estos factores se incluyen las características

técnicas del dispositivo, las condiciones ambientales en las que opera y las limitaciones inherentes al procesamiento de datos que realiza el sensor. Estos aspectos determinan el nivel de detalle y exactitud con el que el Kinect captura y representa la profundidad en un entorno tridimensional (Beltrán Guerrero & Basañez Villaluenga, 2014).

- **Condiciones del entorno en donde se realiza las medidas:** El sensor Kinect solo funciona en zonas interiores, ya que se ve afectado por la interferencia de la luz solar, provocando falsas mediciones de profundidad.
- **Propiedades de los objetos a medir:** el sensor Kinect no es apto para realizar mediciones en objetos reflectantes o transparentes, ya que no los detecta y por lo tanto no puede medir su profundidad.
- **Rango de trabajo:** El rango de trabajo del sensor Kinect influye significativamente en la resolución de los datos de profundidad obtenidos. A medida que la distancia entre el sensor y los objetos aumenta, la resolución disminuye, lo que afecta la precisión de las mediciones. Según (Beltrán Guerrero & Basañez Villaluenga, 2014), la mayor precisión en la obtención de datos de profundidad se encuentra dentro del rango de 1.4 a 5.0 metros. Sin embargo, el sensor también puede operar en un rango más amplio, que abarca distancias de 0.5 a 5.0 metros, aunque con menor exactitud en los extremos del rango.

2.3.2.7 Control del Sensor Kinect mediante un PC

El sensor Kinect puede ser controlado desde un ordenador, y existen distintas herramientas para realizar dicho proceso, cabe recalcar, que este periférico fue creado en un principio para su uso con la consola de videojuegos Xbox 360. A continuación, se citarán los dos kits de desarrollo de software (SDK) más usados.

2.3.2.7.1 SDK para Windows

El SDK para Windows es un kit de herramientas para desarrollar aplicaciones que permite a los investigadores y aficionados crear aplicaciones utilizando la tecnología del sensor Kinect en computadores bajo Windows 7. El kit incluye lo siguiente:

- Controladores, para usar el sensor Kinect en un computador con Windows 7.
- API's⁴ e interfaces del dispositivo, junto con documentación técnica.
- Código fuente de ejemplos.

Los requerimientos del sistema son:

Hardware:

- Ordenador con un procesador dual core 2.66 GHz o más rápido.
- Tarjeta gráfica compatible con Windows 7 que soporte DirectX® 9.0c.
- 4 GB RAM recomendado, aunque puede funcionar con 2 GB de RAM.

Software:

- Windows 7 (x86 o x64).
- Visual Studio 2010 Express (u otra edición 2010).
- Microsoft .NET Framework 4.0

2.3.2.8 Realidad Mixta

La realidad mixta se define como la integración de elementos del mundo físico y virtual, donde ambos interactúan de manera simultánea y en tiempo real. Este enfoque crea entornos en los que los objetos digitales y reales no solo coexisten, sino que también se influyen mutuamente, brindando experiencias inmersivas y dinámicas (Paul Milgram. & Fumio Kishino., 1994).

2.3.2.8.1 Skeleton Tracking de Microsoft Kinect

⁴ Interfaz de programación de aplicaciones. (Basañez Villaluenga & Beltrán Guerrero, 2014a, p. 8)

La característica principal del sensor Kinect es el seguimiento del esqueleto (Skeleton tracking), el cual se basa en un algoritmo que permite detectar las partes del cuerpo humano presentes en el campo de visión del sensor. A través de este algoritmo, se obtienen puntos que identifican distintas partes del cuerpo (joints) y permiten hacer un seguimiento de su movimiento. Esto es posible gracias al sensor de profundidad, que proporciona datos sobre la distancia entre el sensor y los objetos detectados, representados en valores por cada píxel.

Dentro de un amplio ángulo de visión, la cámara puede identificar hasta 6 personas, siendo capaz de reconocer en tiempo real a solo dos de ellas. El sensor tiene dos modos de detección: el modo normal y el modo seated (sentado). En el modo normal, el sensor puede detectar a una persona que se encuentre de pie dentro del campo de visión, mientras que en el modo seated, puede reconocer a una persona sentada en una silla o sillón.

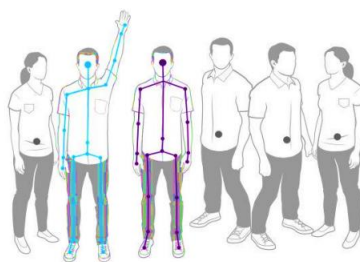


Ilustración 15. El sensor Kinect es capaz de identificar hasta 6 personas y hacer Skeletal Tracking con 2 de estas personas.

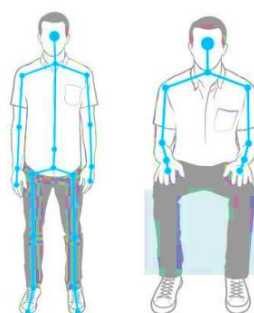


Ilustración 16. Modos de detección de Kinect (De pie/ Sentado)

Fuente: Aplicación para que los niños realicen actividad física con Kinect. (*Esquivel García, 2014b, p. 21*)

2.3.2.9 Firebase (Autenticación de Usuarios y Base de Datos)

Firestore Authentication:

- Firestore Authentication ofrece una solución integral para gestionar la autenticación de usuarios en aplicaciones. Este servicio incluye herramientas backend, SDK intuitivos y bibliotecas de interfaz de usuario prediseñadas que facilitan la autenticación a través de contraseñas, números de teléfono y proveedores de identidades federados como Google, Facebook y Twitter, entre otros (Google., 2025a).
- Se integra estrechamente con otros servicios de Firestore y aprovecha los estándares de la industria como OAuth 2.0 y OpenID Connect, por lo que se puede integrar fácilmente con su backend personalizado.

Firestore Database:

- Firestore es una base de datos NoSQL orientada a documentos, diseñada para ofrecer ajuste de escala automático, alto rendimiento y simplicidad en el desarrollo de aplicaciones. Aunque su interfaz comparte ciertas similitudes con las bases de datos tradicionales, su enfoque NoSQL se distingue por la forma en que establece las relaciones entre los objetos de datos, permitiendo una mayor flexibilidad en el manejo de información (Google., 2025b).
- Además, Firestore facilita la sincronización en tiempo real, permitiendo actualizaciones inmediatas en las aplicaciones, y se integra de manera eficiente con Firestore Authentication, proporcionando una solución completa y robusta para la gestión de datos y usuarios.

2.3.3 Definiciones del Proceso de Desarrollo de Software

2.3.3.1 Metodologías para el Desarrollo de un Software aplicando tecnología Kinect para la fisioterapia de pacientes.

Muchos sistemas que se basan en la relación usuario – máquina son diseñados para que cumplan con los requerimientos de los especialistas/pacientes, hoy en día existen muchas metodologías que pueden ser implementadas en el desarrollo de sistemas de software, en este apartado se analizarán algunas metodologías, buscando así seleccionar la más óptima para lograr un mejor rendimiento en el proceso de desarrollo de software y obtener mejores resultados con la información obtenida de pacientes del área de Fisioterapia.

2.3.3.1.1 Modelo en Cascada

Winston Royce propuso en 1970 un enfoque sistemático y secuencial para el desarrollo de software, caracterizado por su disciplina y énfasis en las etapas de análisis, diseño, pruebas y mantenimiento. Este modelo incluye revisiones al final de cada etapa para verificar que se cumplan los requerimientos antes de avanzar a la siguiente fase. Su propuesta fue pionera al establecer un proceso de desarrollo dirigido por un plan, donde cada fase es planificada de manera detallada antes de iniciar su ejecución (Zumba Gamboa, 2018a).

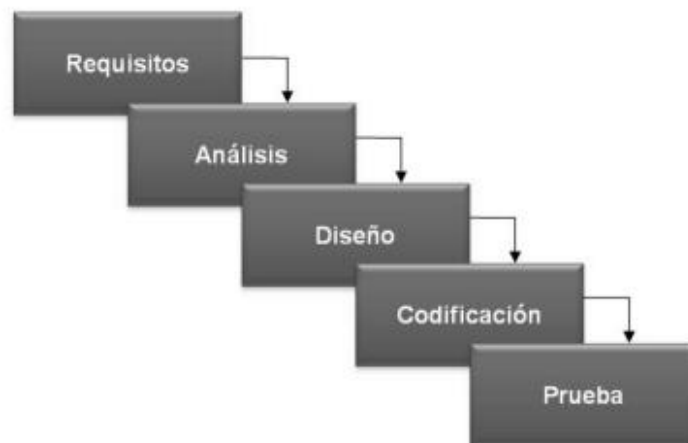


Ilustración 17: Esquema del Modelo en Cascada

Fuente: Evolución de las Metodologías y Modelos utilizados en el Desarrollo de Software. (Zumba Gamboa, 2018b, p. 26)

2.3.3.1.2 Modelo en Cascada en "V"

Alan Davis, a principios de los años 90, propuso un modelo basado en el enfoque en cascada, pero con mejoras significativas en las actividades de pruebas. Este modelo introdujo la idea de realizar validaciones a lo largo de todo el ciclo de vida del proyecto, en lugar de relegar las pruebas al final, como ocurría en el modelo tradicional. Este cambio buscaba detectar y corregir defectos de manera más temprana, evitando problemas tardíos. Además, planteó que las pruebas deberían iniciarse lo antes posible y ejecutarse en paralelo con las actividades de desarrollo para aumentar su eficacia y productividad (Zumba Gamboa, 2018a).

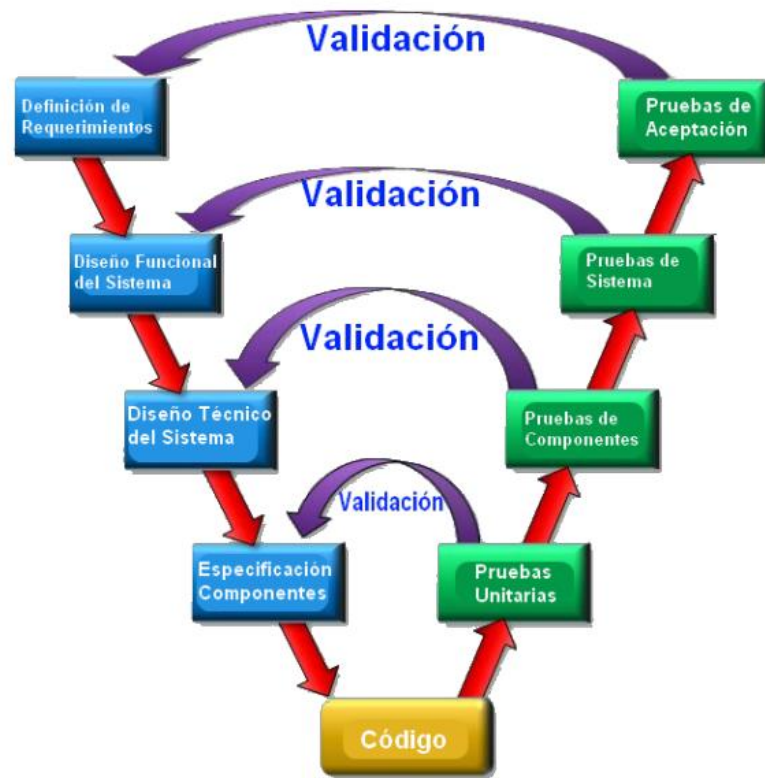


Ilustración 18: Esquema del Modelo en Cascada en "V"

Fuente: Evolución de las Metodologías y Modelos utilizados en el Desarrollo de Software. (Zumba Gamboa, 2018b, p. 26)

2.3.3.1.3 Programación Extrema

La metodología XP⁵ (eXtreme Programming) es un enfoque ágil que destaca la importancia de las relaciones interpersonales como un elemento clave para el éxito en el desarrollo de software. Esta metodología fomenta el trabajo en equipo, promueve el aprendizaje continuo de los desarrolladores y crea un entorno laboral positivo. Su base se encuentra en la realimentación constante entre el cliente y el equipo de desarrollo, una comunicación fluida entre los participantes, la simplicidad en las soluciones y el coraje para adaptarse a los cambios. XP es especialmente adecuada para proyectos con requisitos imprecisos o en constante cambio, y para aquellos que implican un alto riesgo técnico (Letelier & Penadés, 2006a).

- Espacio frecuente de Comunicación entre el cliente y los programadores.
- Resultados en plazo de tiempo cortos que constituyen un resultado de valor para el negocio.
- Busca diseñar soluciones simples que puedan funcionar y ser implementadas en un momento determinado del proyecto, sin complejidad innecesaria.
- Reestructuración constante de código para hacerlo más flexible para facilitar posteriores cambios.
- La producción de código se suele realizar en parejas, donde hay una retroalimentación constante por parte de los programadores del equipo.

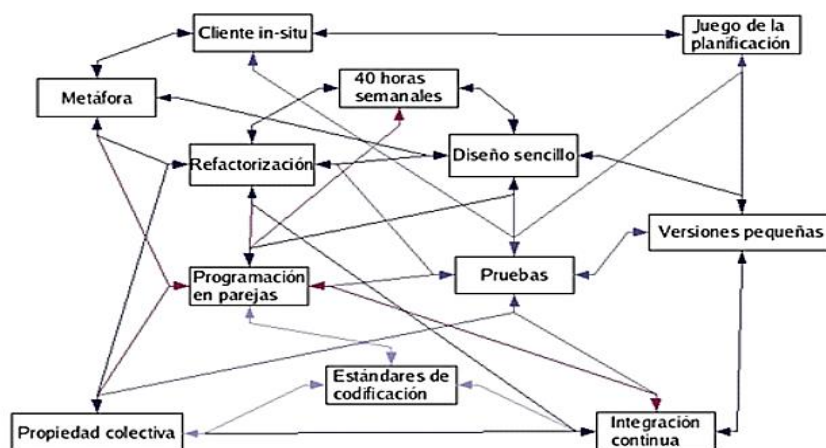


Ilustración 19: Prácticas de la XP reforzándose entre sí.

⁵Siglas de Extreme Programming.

Fuente: Metodologías ágiles para el desarrollo de software: eXtreme Programming (XP). (Letelier & Penadés, 2006b)

2.3.3.1.4 Metodología KANBAN

Según (Buñay et al., 2020), David Anderson fue un pionero en la implementación de la metodología Kanban en el desarrollo de software. En 2004, bajo la guía de Don Reinertsen, Anderson aplicó este enfoque en un proyecto de TI en Microsoft. Kanban se centra en identificar las tareas por realizar y ajustar sus prioridades según los acontecimientos. Además, proporciona visibilidad completa de la cadena de trabajo, lo que facilita la identificación y resolución de atascos. Estos principios, originalmente adoptados por Toyota, han demostrado ser altamente útiles en el desarrollo de software moderno.

- Es muy flexible y permite detectar cualquier problema existente y ajustar el flujo de trabajo para obtener mejores resultados.
- Beneficiando el flujo visual mediante tarjetas de colores distribuidas en el mismo tablero. La digitalización del tablero Kanban tiene la facilidad de acceder a su flujo desde cualquier sitio para comunicarse con el equipo de desarrolladores.
- Reduce el tiempo de espera y el dedicado a la asignación de tareas mediante el flujo constante de tareas.
- Visibilidad en tiempo real de los cuellos de botella.
- Desarrollo de software ágil sin la necesidad de tener que usar iteraciones de compromiso fijo de tiempo fijo como los sprints⁶ de Scrum⁷.

⁶ Son iteraciones de 1 a 4 semanas, utilizadas en la metodología Scrum.

⁷ Marco de trabajo iterativo e incremental para el desarrollo de proyectos, productos y aplicaciones. (Deemer et al., 2009, p. 5)

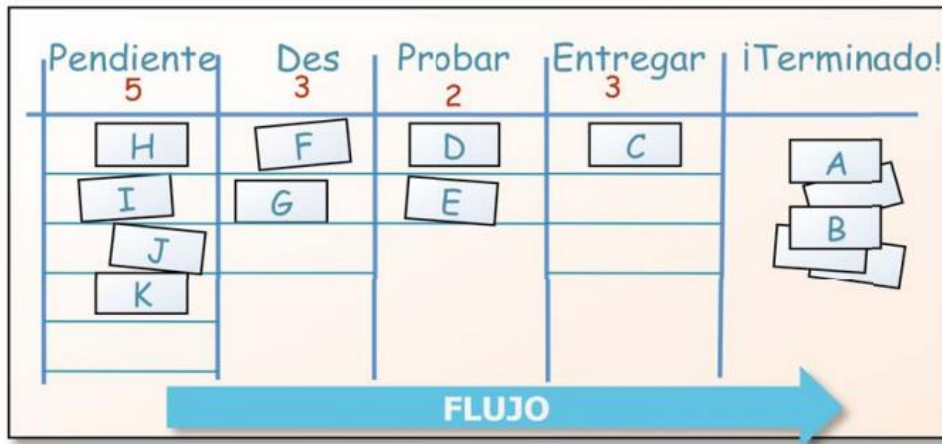


Ilustración 20: Tablero KANBAN, que proporciona visibilidad de todo el proceso del Software.

Fuente: Kanban y Scrum—obteniendo lo mejor de ambos. (Kniberg et al., 2010a, p. 5)

2.3.3.2 Selección de Metodología

Analizando las metodologías mencionadas anteriormente, se optó por escoger la metodología KANBAN con respecto al software que se va a desarrollar, ya que esta nos ofrece un flujo más didáctico respecto a la realización de las tareas necesarias para cumplir con el proyecto en general, podemos priorizar las tareas más importantes y tener un mejor seguimiento del tiempo para culminar el producto final. Ahora se procederá a describir los motivos por los cuales se escogió la metodología.

- Análisis profundo y estimaciones que permiten medir el rendimiento del trabajo.
- Detección de cualquier problema existente y ajuste del flujo de trabajo para mayor eficiencia del tiempo.
- KANBAN nos ofrece gran poder del enfoque visual, mediante el uso de columnas, carriles y tarjetas de colores.
- KANBAN nos otorga una cómoda visión general de los trabajos en curso y además nos ofrece menos tiempo dedicado a la distribución y presentación de los trabajos.

2.4. Conclusiones relacionadas al marco teórico en referencia al tema planteado

El marco teórico de este proyecto abarca un análisis exhaustivo de los fundamentos necesarios para implementar un sistema interactivo de rehabilitación física basado en el sensor Kinect. Se exploraron conceptos esenciales de fisioterapia, destacando la rehabilitación física, los beneficios de la actividad física y las rutinas de estiramiento adaptadas al uso de Kinect, incluyendo ejercicios aeróbicos y anaeróbicos. Este análisis resalta cómo los exergames y las rutinas personalizadas pueden potenciar la motivación del paciente y facilitar la recuperación, minimizando las consecuencias sociales de la pérdida de funciones motoras.

En el ámbito tecnológico, se describieron herramientas clave, como el SDK de Microsoft Kinect y su funcionamiento, incluyendo aspectos técnicos como la calibración, la integración de profundidad y color, y el seguimiento esquelético (Skeleton Tracking). Además, se seleccionó la metodología Kanban, reconocida por su flexibilidad y enfoque en la mejora continua, para garantizar un desarrollo eficiente y organizado del software. También se destaca el uso de Firebase como base de datos y sistema de autenticación, que refuerza la gestión de usuarios y el almacenamiento de datos en tiempo real. Este marco teórico establece una base sólida que conecta los aspectos fisioterapéuticos y tecnológicos, permitiendo el desarrollo de un sistema innovador y eficiente que optimiza la experiencia y los resultados en la rehabilitación física de los pacientes.

3. CAPÍTULO III – Marco Investigativo

3.1 Introducción

La investigación es una herramienta esencial para abordar problemas complejos y proponer soluciones prácticas en distintos ámbitos del conocimiento. A través de métodos rigurosos y sistemáticos, se genera nueva información que permite comprender fenómenos, identificar áreas de mejora y diseñar estrategias efectivas para la implementación de cambios. Este proceso se fundamenta en la recopilación y análisis de datos mediante técnicas como entrevistas, encuestas y observaciones, que proporcionan una visión clara y detallada de las necesidades y oportunidades relacionadas con el proyecto.

El presente marco investigativo tiene como objetivo proporcionar las bases conceptuales y metodológicas necesarias para sustentar el análisis de los métodos, técnicas y herramientas aplicadas en este estudio. En él se describen los procedimientos de recolección de datos utilizados, como entrevistas con especialistas y observación directa de usuarios, junto con la metodología empleada para interpretar estos datos. Este enfoque permite establecer un fundamento sólido que orienta la investigación y asegura que las conclusiones obtenidas sean precisas y representativas de la realidad observada.

Con este marco, se busca garantizar que las herramientas y estrategias empleadas estén alineadas con las necesidades de los usuarios, ofreciendo un contexto claro y bien fundamentado para el análisis y desarrollo posterior del proyecto.

3.2 Tipos de Investigación

El desarrollo de este proyecto se basa en una combinación de tres tipos principales de investigación: documental, de campo y aplicada. Cada una de ellas desempeñó un papel crucial en la recopilación de información, el análisis de las necesidades y el diseño de soluciones tecnológicas efectivas. A continuación, se describen cada uno de estos enfoques y su aplicación específica en el marco del proyecto.

3.2.1 Investigación Documental

La investigación documental consistió en la recopilación y análisis de información existente en fuentes secundarias, como artículos científicos, manuales técnicos, reportes académicos y estudios previos relacionados con el uso de Kinect en fisioterapia y la creación de sistemas interactivos. Este enfoque permitió construir un marco teórico sólido, comprender las capacidades tecnológicas del sensor Kinect y evaluar su aplicabilidad en contextos de rehabilitación física.

La revisión documental proporcionó los fundamentos conceptuales y metodológicos necesarios para guiar el diseño del sistema, identificando las mejores prácticas y enfoques tecnológicos utilizados en investigaciones similares.

3.2.2 Investigación de Campo

La investigación de campo se enfocó en la recolección directa de datos mediante la interacción con usuarios potenciales del sistema, como pacientes y especialistas en fisioterapia del departamento de Bienestar Estudiantil de la ULEAM. Se realizó una entrevista con un fisioterapeuta y se realizaron observaciones para identificar necesidades específicas, preferencias y desafíos en el contexto de la rehabilitación física.

Estas actividades permitieron obtener información valiosa sobre las expectativas de los usuarios, las características clave que debía incluir el sistema y las funcionalidades necesarias para optimizar la interacción entre pacientes y especialistas. Además, la observación directa proporcionó una visión más precisa de los entornos en los que se implementaría la solución tecnológica.

3.2.3 Investigación Aplicada

El enfoque aplicado fue fundamental para llevar los resultados de la investigación documental y de campo a la práctica. Este tipo de investigación se centró en diseñar e implementar un sistema interactivo que integra el sensor Kinect con funcionalidades específicas para la rehabilitación física, como actividades terapéuticas, gestión de turnos y generación de hojas médicas.

La investigación aplicada permitió traducir las necesidades identificadas en soluciones tecnológicas concretas, asegurando que el sistema desarrollado fuera efectivo, accesible y alineado con los objetivos del proyecto. Este enfoque también facilitó la evaluación de la viabilidad técnica y funcional del sistema en un entorno real.

3.3 Métodos de Investigación

3.3.1 Método Deductivo

Mediante ella se aplican los principios descubiertos a casos particulares, a partir de un enlace de juicios. El papel de la deducción en la investigación es doble:

- Primero consiste en encontrar principios desconocidos, a partir de los conocidos. Una ley o principio puede reducirse a otra más general que la incluya. Si un cuerpo cae decimos que pesa porque es un caso particular de la gravitación.
- La matemática, como ciencia deductiva, se fundamenta en axiomas y definiciones para construir su conocimiento. Este enfoque no solo permite demostrar teoremas y principios, sino también descubrir consecuencias desconocidas a partir de principios previamente establecidos. Por ejemplo, con la fórmula de la velocidad $v=e/tv = e/tv=e/t$, es posible calcular la velocidad de un avión utilizando los valores correspondientes de espacio y tiempo (Ramos Chagoya, 2016).

3.3.2 Método Inductivo

El método lógico inductivo es un tipo de razonamiento que se basa en observar casos particulares para llegar a conclusiones o conocimientos generales. Este enfoque es fundamental para la formulación de hipótesis, la investigación de leyes científicas y la realización de demostraciones. Además, la inducción puede clasificarse como completa, cuando abarca todos los casos posibles, o incompleta, cuando se basa en un número limitado de observaciones (Ramos Chagoya, 2016).

3.3.3 Enfoque Cualitativo

El enfoque cualitativo se utiliza para comprender las percepciones, experiencias y necesidades de los usuarios (pacientes y especialistas) en el contexto de la rehabilitación física. Este enfoque se aplica principalmente en:

- **Entrevistas:** Recopilar información sobre las expectativas y preferencias de los especialistas y pacientes.
- **Observaciones:** Identificar patrones de comportamiento y las interacciones de los usuarios con las actividades de fisioterapia.
- **Análisis de requerimientos:** Interpretar las necesidades subjetivas de los usuarios para diseñar funcionalidades específicas del sistema.

El enfoque cualitativo permitió comprender aspectos no cuantificables como las emociones, la motivación de los pacientes durante las actividades y las preferencias de los especialistas al gestionar turnos y hojas médicas.

3.3.4 Enfoque Cuantitativo

El enfoque cuantitativo en esta investigación se centra en la recopilación y análisis de datos numéricos provenientes de encuestas realizadas a pacientes y especialistas en fisioterapia, así como en el análisis de estadísticas secundarias. Estos datos permitieron establecer un panorama claro sobre las necesidades y expectativas en el ámbito de la rehabilitación física. Además, se realizaron proyecciones teóricas basadas en información recopilada, como el impacto esperado del sistema en la eficiencia de los procesos terapéuticos.

3.4 Fuentes de Información de Datos

En esta sección se detallan las fuentes de información utilizadas para recolectar datos relevantes en el marco de la investigación sobre el diseño de un sistema interactivo de fisioterapia asistido por Kinect. Estas fuentes se clasifican en primarias y secundarias, y su combinación permitió obtener una visión integral del contexto y las necesidades de los usuarios.

3.4.1 Fuentes primarias

Las fuentes primarias de datos fueron esenciales para recopilar información directamente de los actores involucrados en el ámbito de la fisioterapia y la rehabilitación física. Se emplearon las siguientes técnicas:

- **Entrevistas estructuradas:** Se realizaron entrevistas a fisioterapeutas y especialistas en rehabilitación para recopilar datos sobre sus experiencias y necesidades relacionadas con las actividades terapéuticas y la gestión de pacientes. Estas entrevistas se diseñaron para identificar:
 - Requerimientos específicos en las actividades de fisioterapia.
 - Dificultades actuales en la gestión de turnos y hojas médicas.
 - Opiniones sobre la integración de tecnologías como Kinect en el proceso de rehabilitación.
- **Observación directa:** Se llevó a cabo una observación en entornos de fisioterapia para analizar de manera práctica las interacciones entre los pacientes y los especialistas. Este enfoque permitió identificar:
 - Cómo los pacientes realizan sus ejercicios de rehabilitación.
 - La logística detrás de la asignación de turnos y seguimiento de progresos.
 - Oportunidades para mejorar la experiencia terapéutica mediante tecnología.
- **Encuestas estructuradas:** Se diseñaron encuestas dirigidas a pacientes para obtener información cuantitativa sobre:
 - El interés en utilizar un sistema interactivo de fisioterapia.
 - Las expectativas sobre las funcionalidades que debería incluir el sistema.
 - Las barreras percibidas para la adopción de tecnologías en los procesos de rehabilitación.

3.4.2 Fuentes secundarias

Además de las fuentes primarias, se recurrió a fuentes secundarias para complementar el análisis y construir el marco teórico de la investigación. Estas incluyeron:

- **Estudios previos y artículos académicos:** Se revisaron investigaciones relacionadas con el uso del sensor Kinect en fisioterapia, estudios sobre tecnologías interactivas aplicadas a la rehabilitación y casos de éxito en la implementación de sistemas similares.
- **Documentos técnicos y reportes institucionales:** Se consultaron manuales técnicos del sensor Kinect y reportes institucionales relacionados con fisioterapia y rehabilitación. Esto ayudó a contextualizar la propuesta dentro del ámbito médico-tecnológico.
- **Datos estadísticos de estudios anteriores:** Informes que ofrecieron datos relevantes sobre la prevalencia de problemas físicos que requieren rehabilitación, el impacto de la fisioterapia asistida por tecnología y los beneficios documentados de sistemas interactivos en terapias físicas.

3.5 Estrategia operacional para la recolección de datos

La estrategia operacional detalla cómo se llevará a cabo la recolección de datos, incluyendo la población objetivo, la segmentación, las técnicas de muestreo, el tamaño de la muestra y las herramientas e instrumentos utilizados.

3.5.1 Población

La población objetivo está compuesta por pacientes en programas de fisioterapia, quienes aportan información relevante sobre sus necesidades y expectativas, y un especialista en fisioterapia, quien proporciona una perspectiva técnica y profesional.

Segmentación

La población se segmentará en dos grupos:

- ✓ **Pacientes:** Usuarios finales del sistema propuesto, que ofrecen datos clave sobre sus experiencias con la rehabilitación física y sus expectativas respecto a una herramienta interactiva.

- ✓ **Especialista en fisioterapia:** Profesional encargado de supervisar y gestionar actividades terapéuticas, cuya experiencia permite identificar los requerimientos técnicos y operativos del sistema.

Técnica de muestreo

Se utilizó un **muestreo no probabilístico intencional**. Este método permite seleccionar participantes específicos que tienen experiencia relevante para el objetivo de la investigación. En este caso, se eligieron:

- **10 pacientes** para participar en encuestas estructuradas.
- **1 especialista en fisioterapia** para realizar una entrevista semiestructurada.

Tamaño de la muestra

El tamaño de la muestra está conformado por:

- **10 pacientes:** Este número es suficiente para obtener perspectivas generales sobre las necesidades y expectativas de los usuarios finales.
- **1 especialista:** Seleccionado por su experiencia en rehabilitación física, quien aporta información técnica y profesional.

Esta distribución asegura un equilibrio entre las perspectivas técnicas y las necesidades de los usuarios, ajustándose a la escala del proyecto.

3.5.2 Análisis de las herramientas de recolección de datos a utilizar

3.5.2.1 Encuestas

Dirigidas a los 10 pacientes, incluyen preguntas cerradas con escalas de valoración para recolectar datos cuantitativos sobre:

- Dificultades actuales en la rehabilitación física.

- Opiniones sobre el uso de tecnología en actividades terapéuticas.
- Funcionalidades esperadas en un sistema interactivo.

3.5.2.2 Entrevista

Realizada al especialista en fisioterapia, esta entrevista permitió profundizar en aspectos cualitativos como:

- Requerimientos específicos en la gestión de pacientes y actividades terapéuticas.
- Opiniones sobre la viabilidad y utilidad del sensor Kinect en el contexto de la rehabilitación.
- Sugerencias sobre las características esenciales para garantizar la eficacia del sistema.

3.5.2.3 Observación

Observación directa:

Se llevaron a cabo observaciones en el entorno de rehabilitación física para captar detalles prácticos y operativos. Estas observaciones proporcionaron información adicional sobre:

- Cómo los pacientes realizan ejercicios de fisioterapia y las dificultades más comunes.
- La interacción entre los especialistas y los pacientes durante las sesiones.
- Aspectos del entorno que podrían influir en la implementación de un sistema basado en Kinect.

3.5.2.4 Estructura de lo(s) instrumento(s) de recolección de datos aplicados

La estructura de los instrumentos de recolección de datos se diseñó para garantizar la obtención de información precisa y relevante sobre las necesidades de los usuarios y los requerimientos técnicos del sistema interactivo de fisioterapia. Los instrumentos incluyen encuestas, entrevistas y observación directa, cada uno adaptado al propósito específico de la investigación.

- **Encuestas:**

Las encuestas dirigidas a los pacientes consistieron en preguntas cerradas para obtener datos cuantitativos sobre:

- Las dificultades actuales en sus actividades de fisioterapia.
- Su interés en el uso de un sistema interactivo para la rehabilitación física.
- Las funcionalidades que consideran más útiles y necesarias.

- **Entrevistas:**

La guía de entrevistas utilizada con el especialista en fisioterapia incluyó preguntas abiertas y cerradas para explorar en profundidad:

- Los procesos actuales de rehabilitación física y la gestión de pacientes.
- Los principales desafíos en la implementación de actividades terapéuticas.
- La viabilidad de integrar tecnología como Kinect en el contexto de la fisioterapia.
- Sugerencias para garantizar que el sistema responda a las necesidades técnicas y operativas.

- **Observación:**

Para la observación directa, se desarrolló un protocolo estructurado que permitió registrar de manera sistemática:

- Cómo los pacientes realizan sus ejercicios de fisioterapia.
- La interacción entre pacientes y especialistas durante las sesiones.
- Detalles del entorno físico que podrían influir en la implementación y uso del sistema.

3.5.3 Plan de recolección de datos

El plan de recolección de datos detalla las acciones específicas, el cronograma y los participantes involucrados en el proceso de recopilación, análisis y validación de la

información necesaria para la investigación sobre el diseño de un sistema interactivo de fisioterapia asistido por Kinect.

Tabla 2. Plan de Recolección de Datos

PLAN DE RECOLECCIÓN DE DATOS	
Objetivo	Obtener información relevante de pacientes y un especialista en fisioterapia sobre sus necesidades y expectativas.
Participante de la entrevista	Lcdo. Gabriel Bravo M.
Participantes de las encuestas	Pacientes en programas de rehabilitación física (10 personas).
Unidad de análisis	<ul style="list-style-type: none"> • Pacientes en programas de fisioterapia. • Especialista en fisioterapia. • Centros de rehabilitación física.
Método	<ul style="list-style-type: none"> • Realización de una entrevista semiestructurada al especialista. • Aplicación de encuestas estructuradas a pacientes. • Organización y priorización de datos recolectados para el análisis posterior.

Nota: La presente tabla muestra la recolección de datos necesarios para la investigación

Fuente: Autor del Proyecto.

Tabla 3. Actividades al visitar el área de Fisioterapia para recolección de datos.

N	Actividad	Descripción
1	Identificación de participantes	Identificar y coordinar con pacientes y el especialista en fisioterapia para la recolección de

		datos.
2	Diseño de instrumentos	Elaborar las encuestas estructuradas y la guía para la entrevista semiestructurada.
3	Realización de la entrevista	Llevar a cabo la entrevista con el especialista para obtener información cualitativa detallada.
4	Aplicación de encuestas	Distribuir y recoger encuestas de los pacientes seleccionados.
5	Organización y análisis de datos	Sistematizar la información recolectada y priorizar los hallazgos más relevantes para el diseño del sistema.

Nota: Actividades al visitar el área de Fisioterapia del Departamento de Bienestar Estudiantil ULEAM.

Fuente: Autor del Proyecto.

- En la **fase de preparación**, se diseñaron encuestas para 10 pacientes y una guía de entrevista para un especialista, coordinando actividades y logística.
- La **fase de implementación** incluyó la entrevista al especialista para obtener datos cualitativos y la aplicación de encuestas a los pacientes para recopilar información cuantitativa sobre sus necesidades.
- En la **fase de análisis**, se procesaron y codificaron los datos obtenidos, identificando patrones clave y elaborando un informe preliminar con los hallazgos principales.
- Finalmente, en la **fase de validación**, los resultados fueron revisados por el especialista, ajustándose según su retroalimentación para reflejar con precisión las necesidades identificadas.

3.6 Análisis y presentación de resultados

3.6.1 Tabulación y análisis de los datos (según encuesta y/o resultado(s) obtenidos de la(s) entrevistas, etc.)

Pregunta 1: ¿Con qué frecuencia realiza actividades de fisioterapia?

Tabla 4. Tabulación pregunta 1

Repuesta	Frecuencia	Porcentaje
Diariamente	1	10%
Varias veces a la semana	2	20%
Una vez a la semana	5	50%
Rara vez	2	20%

¿Con qué frecuencia realiza actividades de fisioterapia?



10 responses

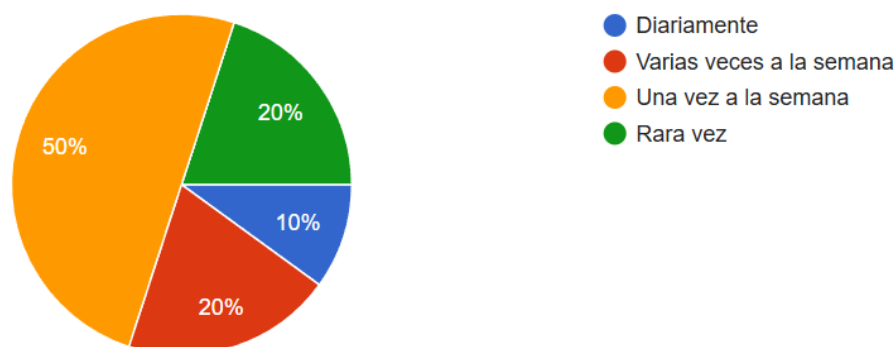


Ilustración 21. Gráfico pregunta 1

Nota: El gráfico representa frecuencia de realización de fisioterapia

Fuente: Autor del Proyecto.

Análisis: La mayoría de los encuestados (50%) realiza actividades de fisioterapia una vez a la semana, lo que indica que esta es la frecuencia más común y posiblemente refleja una rutina moderada recomendada por especialistas. En menor proporción, el 20% realiza estas actividades rara vez o varias veces a la semana, mientras que solo un 10% las realiza diariamente, lo que podría estar asociado a tratamientos más intensivos o condiciones específicas.

Pregunta 2: ¿Considera que las actividades actuales son suficientes para mejorar su condición física?

Tabla 5. Tabulación pregunta 2

Repuesta	Frecuencia	Porcentaje
Sí	4	40%
No	3	30%
No estoy seguro/a	3	30%

¿Considera que las actividades actuales son suficientes para mejorar su condición física?



10 responses

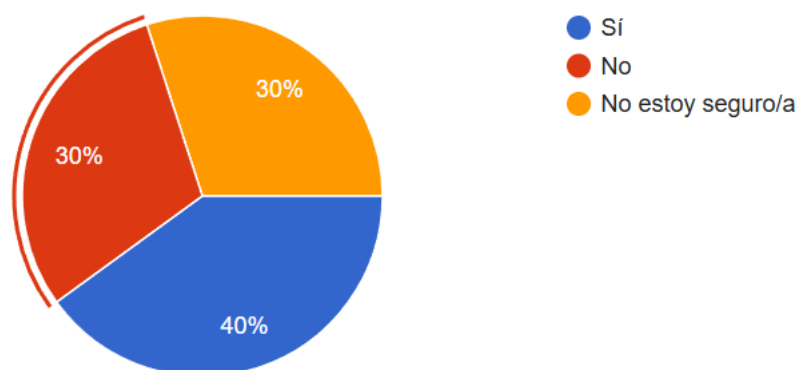


Ilustración 22. Gráfico Pregunta 2

Nota: El gráfico representa el grado de satisfacción personal de cada usuario en base a su rutina de actividad física.

Fuente: Autor del Proyecto.

Análisis: Un 40% de los encuestados considera que las actividades actuales son suficientes para mejorar su condición física, mientras que un 30% cree que no lo son y otro 30% no está seguro. Esto refleja una percepción dividida respecto a la efectividad de las actividades, destacando la necesidad de personalizar y optimizar los programas

de rehabilitación para garantizar que sean percibidos como adecuados por todos los usuarios.

Pregunta 3: ¿Ha utilizado alguna vez tecnologías como dispositivos o aplicaciones para complementar su rehabilitación?

Tabla 6. Tabulación pregunta 3

Repuesta	Frecuencia	Porcentaje
Sí	1	10%
No	9	90%

¿Ha utilizado alguna vez tecnologías como dispositivos o aplicaciones para complementar su rehabilitación?

10 responses

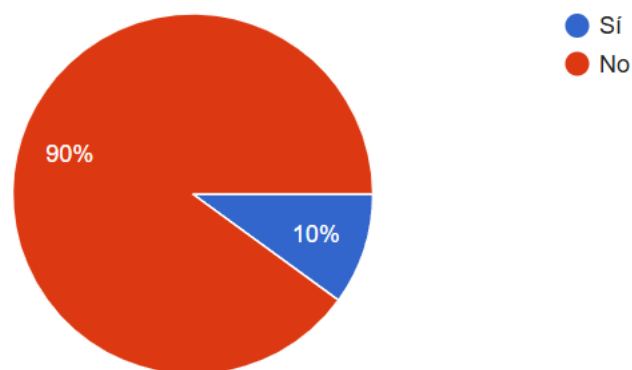


Ilustración 23. Gráfico pregunta 3

Nota: El gráfico representa el uso de tecnologías en fisioterapia de parte de los paciente.

Fuente: Autor del Proyecto.

Análisis: La mayoría de los encuestados (90%) nunca ha utilizado tecnologías como dispositivos o aplicaciones para complementar su rehabilitación, lo que indica una baja adopción de herramientas tecnológicas en este ámbito. Solo el 10% ha recurrido a estas soluciones, lo que resalta la oportunidad de integrar sistemas interactivos como Kinect para promover el uso de la tecnología en procesos de rehabilitación.

Pregunta 4: En una escala del 1 al 5, ¿qué tan fácil le resulta realizar sus ejercicios de fisioterapia de manera autónoma?

Tabla 7. Tabulación pregunta 4

Repuesta	Frecuencia	Porcentaje
1 (muy fácil)	1	10%
2	0	0%
3	4	40%
4	4	40%
5 (muy difícil)	1	10%

En una escala del 1 al 5, ¿qué tan fácil le resulta realizar sus ejercicios de fisioterapia de manera autónoma?

10 respuestas

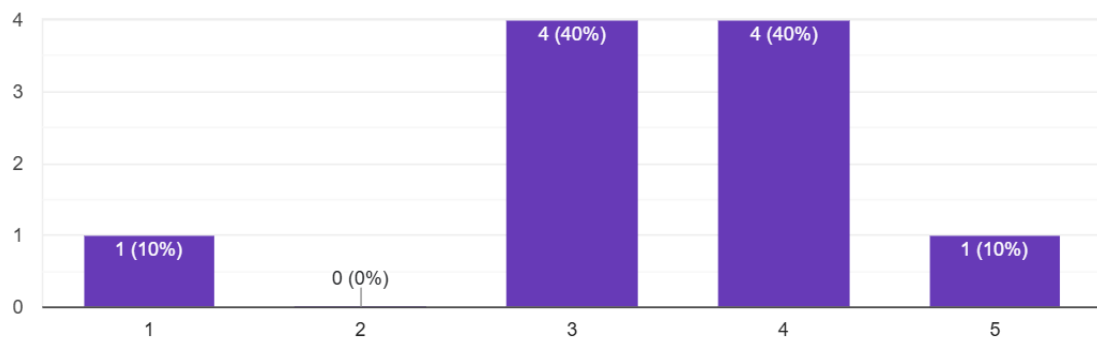


Ilustración 24. Gráfico Pregunta 4

Nota: El gráfico representa la dificultad del paciente promedio al realizar actividades de manera autónoma.

Fuente: Autor del Proyecto.

Análisis: La mayoría de los encuestados (40%) califican con un 3 o un 4 la dificultad para realizar ejercicios de fisioterapia de manera autónoma, lo que sugiere que enfrentan desafíos moderados al realizarlos sin asistencia. Un 10% calificó con un 1, indicando que les resulta muy fácil, mientras que otro 10% otorgó un 5, reflejando que encuentran estas actividades sumamente complicadas. Esto resalta la importancia

de desarrollar herramientas interactivas que simplifiquen los ejercicios, especialmente para quienes enfrentan mayores dificultades.

Pregunta 5: ¿Qué apoyo considera más importante durante sus sesiones de fisioterapia?

Tabla 8. Tabulación pregunta 5

Repuesta	Frecuencia	Porcentaje
Supervisión constante de un especialista	4	40%
Aviso inmediato sobre el desempeño	3	30%
Motivación para continuar	3	30%

¿Qué apoyo considera más importante durante sus sesiones de fisioterapia?

 Copy ch

10 responses

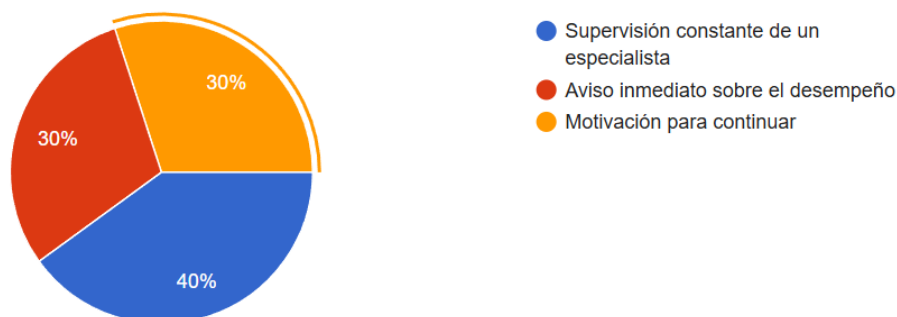


Ilustración 25. Gráfico pregunta 5

Nota: El gráfico representa el apoyo que los pacientes consideran más relevante al momento de hacer fisioterapia.

Fuente: Autor del Proyecto.

Análisis: La mayoría de los encuestados (40%) consideran que la **supervisión constante de un especialista** es el apoyo más importante durante sus sesiones de fisioterapia, lo que resalta la necesidad de orientación profesional para realizar los ejercicios de manera adecuada. Por otro lado, un 30% valora el **aviso inmediato sobre el**

desempeño, destacando la importancia del feedback en tiempo real, mientras que otro 30% prioriza la **motivación para continuar**, evidenciando el rol clave del estímulo emocional en la rehabilitación. Esto sugiere que una solución integral debería incluir supervisión, retroalimentación y motivación.

Pregunta 6: En una escala del 1 al 5, ¿qué tan interesado estaría en usar un sistema tecnológico para su rehabilitación?

Tabla 9. Tabulación pregunta 6

Repuesta	Frecuencia	Porcentaje
1 (poco interesado)	0	0%
2	0	0%
3	0	0%
4	3	30%
5 (muy interesado)	7	70%

En una escala del 1 al 5, ¿qué tan interesado estaría en usar un sistema tecnológico para su rehabilitación?

10 respuestas

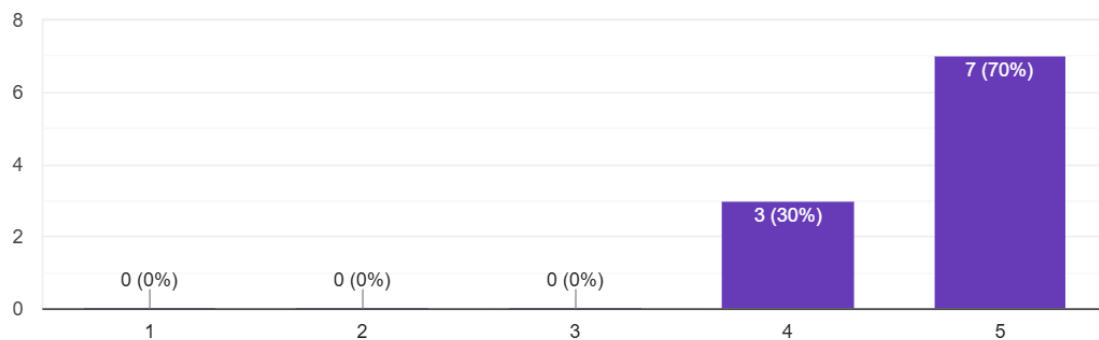


Ilustración 26. Gráfico pregunta 6

Nota: El gráfico representa el interés de parte de los pacientes de ocupar una herramienta tecnológica para sus terapias.

Fuente: Autor del Proyecto.

Análisis: La mayoría de los encuestados (70%) calificaron con un 5 su interés en usar un sistema tecnológico para su rehabilitación, mientras que un 30% lo calificó con un 4. Esto indica un alto nivel de receptividad hacia la implementación de herramientas tecnológicas en los procesos de rehabilitación, lo que refuerza la viabilidad de desarrollar e integrar un sistema interactivo como Kinect en el contexto de la fisioterapia. No hubo calificaciones menores, lo que evidencia un interés uniforme en esta propuesta.

Pregunta 7: ¿Qué recomendaría incluir en un sistema interactivo para mejorar su experiencia de rehabilitación? (Pregunta Libre)

Tabla 10. Tabulación pregunta 7

Categoría	Frecuencia	Porcentaje
Retroalimentación visual y auditiva	5	50%
Guía paso a paso y progresión	4	40%
Personalización y continuidad	2	20%
Modelo visual a seguir	1	10%

De las respuestas abiertas obtenidas, se identifican los siguientes temas recurrentes:

1. **Retroalimentación Visual y Auditiva:** Los encuestados destacan la importancia de **avisos en pantalla** y **sonidos** que indiquen qué acciones deben realizar o que notifiquen la finalización de actividades.
2. **Guía y Progresión:** Existe una necesidad clara de contar con una **guía paso a paso** que haga las actividades fáciles de seguir, además de que las sesiones sean **progresivas** y entretenidas.

3. **Personalización y Continuidad:** Algunos encuestados sugieren que el sistema debe permitir **guardar el progreso** para continuar desde donde se dejó y facilitar el seguimiento de lo realizado.
4. **Modelo de Referencia:** Se menciona que un **modelo visual a seguir** ayudaría a comprender y realizar correctamente las actividades.

En resumen, las respuestas enfatizan la necesidad de un sistema interactivo que combine elementos de guía, retroalimentación constante, personalización y facilidad de uso. Estos aspectos son clave para mejorar la experiencia de los usuarios en su rehabilitación.

Preguntas realizadas al especialista en fisioterapia Lcdo. Gabriel Bravo M.

Tabla 11. Preguntas al especialista en fisioterapia

Preguntas
¿Qué significa para usted ser el especialista del área de Fisioterapia del departamento de bienestar Estudiantil ULEAM y cuáles son sus funciones dentro de la misma?
Al llevar a cabo sus funciones como fisioterapeuta ¿Qué herramientas utiliza para el análisis de resultados de los pacientes?
Según su experiencia en el campo, ¿qué características debería llevar un Software que se base en la realización de fisioterapia?
Según las rehabilitaciones que ha llevado a cabo en pacientes, ¿qué características habría que tomar en cuenta para la realización de un Software que detecte movimientos y cuáles serían sus beneficios?

- 4 **Nota:** Preguntas acerca del proceso, se puede observar las respectivas respuestas en el anexo del respectivo documento. (**Anexo II**)

Fuente: Autor del Proyecto

3.6.2 Presentación y descripción de los resultados obtenidos

A partir de las encuestas realizadas a los pacientes y la entrevista con el especialista en fisioterapia, se identificaron varios puntos clave que reflejan tanto oportunidades como necesidades en la implementación de un sistema interactivo de rehabilitación asistido por el sensor Kinect.

Las encuestas revelan que un 50% de los pacientes realiza actividades de fisioterapia una vez a la semana, mostrando una rutina moderada en la mayoría de los casos. Sin embargo, el 40% distribuye su práctica entre varias veces a la semana o rara vez, reflejando una diversidad en las frecuencias de uso que debe ser considerada al diseñar el sistema. Además, aunque el 40% de los encuestados considera que las actividades actuales son suficientes para mejorar su condición física, un 60% tiene dudas o insatisfacción, destacando la necesidad de personalizar las actividades y mejorar la retroalimentación que reciben los pacientes.

En cuanto al uso de tecnologías, el 90% de los encuestados nunca ha utilizado dispositivos o aplicaciones para complementar su rehabilitación, lo que evidencia una baja adopción tecnológica en este ámbito. Este resultado resalta la oportunidad de implementar un sistema innovador y accesible que facilite la integración tecnológica en las terapias de rehabilitación. Aunado a esto, el 80% de los encuestados enfrentan desafíos moderados o significativos para realizar ejercicios de manera autónoma, lo que sugiere que la inclusión de guías visuales y auditivas será fundamental para el éxito del sistema.

Respecto al apoyo más importante durante las sesiones, un 40% prioriza la supervisión constante, mientras que un 30% valora el feedback en tiempo real y otro 30% la motivación. Estos resultados subrayan la necesidad de combinar supervisión, retroalimentación y estímulos motivacionales en las funcionalidades del sistema.

Por otro lado, el 70% de los encuestados mostró un alto interés en usar un sistema tecnológico para su rehabilitación, calificando con un 5 su disposición a adoptarlo, mientras que el 30% restante lo calificó con un 4. Este alto nivel de receptividad respalda la viabilidad del proyecto y su aceptación por parte de los usuarios.

En la entrevista con el especialista, se enfatizó que actualmente no se emplean herramientas tecnológicas para la gestión y evaluación de pacientes, aunque su implementación sería altamente beneficiosa. El especialista sugirió que el sistema debe incluir interfaces accesibles, asistencia por audio y retroalimentación en tiempo real para garantizar una experiencia inclusiva. Además, destacó que el uso del sensor Kinect podría ofrecer beneficios como la reactivación muscular, articular y la neuroplasticidad, reafirmando el valor terapéutico del proyecto.

Finalmente, las sugerencias de los pacientes recalcan la necesidad de retroalimentación visual y auditiva, guías paso a paso y opciones de personalización. Estas características deben ser priorizadas en el diseño del sistema para satisfacer las necesidades tanto de los pacientes como del especialista, asegurando una solución efectiva e innovadora en el ámbito de la fisioterapia.

3.6.3 Informe final del análisis de los datos (conclusiones para el marco investigativo)

A partir de las encuestas realizadas a los pacientes y la entrevista con el especialista en fisioterapia, se destacan varios puntos críticos que reflejan tanto las oportunidades como las necesidades en el contexto de la rehabilitación física asistida por tecnología Kinect.

Las encuestas a los pacientes revelan que un 50% realiza actividades de fisioterapia una vez a la semana, reflejando una rutina moderada como la más común. Sin embargo, un 40% distribuye su práctica entre varias veces a la semana o rara vez, lo que evidencia una diversidad en las frecuencias de uso que debe ser considerada al diseñar el sistema. Además, aunque un 40% de los encuestados considera que las actividades actuales son suficientes para mejorar su condición física, un 60% tiene dudas o no está satisfecho, lo que destaca la necesidad de personalización en las actividades y una retroalimentación más efectiva.

En relación con el uso de tecnologías, el 90% de los pacientes nunca ha utilizado herramientas tecnológicas para complementar su rehabilitación, lo que señala una baja adopción tecnológica. Esto representa una oportunidad significativa para implementar un sistema innovador

que facilite la integración de la tecnología en los procesos de rehabilitación física. Por otro lado, el 80% de los encuestados enfrenta desafíos moderados o significativos para realizar ejercicios de manera autónoma, subrayando la importancia de incluir guías visuales y auditivas que simplifiquen y optimicen la ejecución de las actividades.

Respecto al tipo de apoyo preferido durante las sesiones, el 40% prioriza la supervisión constante, mientras que el 30% valora el feedback en tiempo real y otro 30% la motivación. Estos resultados refuerzan la necesidad de un sistema que combine supervisión, retroalimentación y estímulos motivacionales para garantizar una experiencia integral y efectiva.

El interés en utilizar un sistema tecnológico es notable, con un 70% de los encuestados calificando con un 5 su disposición a adoptarlo, mientras que el 30% restante lo calificó con un 4. Esto demuestra un alto nivel de receptividad hacia el uso de tecnología en la rehabilitación, lo que sustenta la viabilidad del proyecto.

Por su parte, la entrevista con el especialista evidenció la ausencia actual de herramientas tecnológicas para la gestión y evaluación de pacientes. Sin embargo, el especialista destacó el potencial de implementar un sistema que ofrezca interfaces accesibles, asistencia por audio y retroalimentación en tiempo real, especialmente para pacientes con limitaciones visuales o motoras. Además, enfatizó los beneficios que el sensor Kinect puede aportar en términos de reactivación muscular y articular, así como en la neuroplasticidad, lo que refuerza el valor terapéutico del proyecto.

Finalmente, las sugerencias de los pacientes recalcan la importancia de características como retroalimentación visual y auditiva, guías paso a paso y opciones de personalización, elementos que serán esenciales en el diseño del sistema para satisfacer las necesidades tanto de los pacientes como de los especialistas.

En conclusión, el análisis de los datos obtenidos valida la pertinencia del proyecto y destaca la necesidad de un sistema interactivo accesible, personalizado y tecnológicamente avanzado que optimice la experiencia de rehabilitación física para los pacientes y facilite el trabajo de los especialistas.

4. CAPITULO IV - MARCO PROPOSITIVO

4.1. Introducción

El presente capítulo detalla la propuesta para el desarrollo de un prototipo de software interactivo fisiokinésico asistido por el sensor de movimiento Microsoft Kinect. La propuesta se fundamenta en los datos recopilados durante la etapa investigativa, los cuales han sido esenciales para establecer los requerimientos funcionales y técnicos del sistema.

Para garantizar un proceso estructurado, ágil y eficiente, se emplea la metodología Kanban, que permite gestionar de manera visual las tareas y el flujo de trabajo. Esta metodología fomenta la flexibilidad, mejora continua y priorización de actividades, asegurando que el desarrollo del sistema avance de manera organizada y enfocada en la entrega de valor.

El capítulo también incluye un análisis de los recursos necesarios, tanto humanos como tecnológicos, así como una estimación de los costos involucrados. Además, se describe la arquitectura propuesta del sistema, sus componentes principales y los flujos de interacción. Este enfoque integral proporciona una base sólida para llevar a cabo el diseño y desarrollo del prototipo, alineado con las necesidades identificadas en el marco investigativo.

4.2. Descripción de la propuesta

El proyecto se centra en el desarrollo de un software interactivo diseñado para un público amplio, que incluye jóvenes, adultos y personas mayores, con el objetivo de facilitar la participación en actividades terapéuticas adaptadas a diversas condiciones físicas. El sistema utilizará el sensor Microsoft Kinect para captar y procesar los movimientos de los usuarios, principalmente de brazos y piernas, mediante su tecnología de seguimiento esquelético. Estas señales serán interpretadas por el sistema para activar las funcionalidades correspondientes, integrando la información proveniente de la cámara infrarroja y RGB de Kinect.

El diseño del software incluirá un módulo para la gestión de turnos de pacientes, permitiendo a los usuarios reservar turnos para sus sesiones de rehabilitación de manera organizada. Este módulo estará dirigido tanto a los pacientes como a los especialistas, optimizando la logística

de atención. Además, se integrará una funcionalidad para consultar y exportar hojas médicas de los pacientes en formato PDF, lo que facilita el acceso y la organización de la información clínica, brindando herramientas útiles tanto para el seguimiento de los pacientes como para la generación de informes profesionales.

En cuanto a las interfaces, se utilizará Visual Studio para desarrollar pantallas intuitivas y accesibles que permitan configurar el programa, seleccionar actividades terapéuticas y gestionar las funcionalidades administrativas. Estas interfaces estarán diseñadas para ser simples y funcionales, garantizando una experiencia fluida para todos los usuarios.

Para asegurar un desarrollo ágil y estructurado, se adoptará la metodología Kanban, que permite gestionar el flujo de trabajo de manera visual. Las tareas se organizarán en columnas que representen su estado (pendiente, en progreso y completada), lo que facilita la priorización, mejora continua y resolución eficiente de problemas. Este enfoque metodológico asegura flexibilidad para adaptarse a cambios y garantiza que el desarrollo del sistema avance de manera ordenada y alineada con los objetivos del proyecto.

Con estas características, el sistema se presenta como una solución integral para la rehabilitación física interactiva, incorporando elementos terapéuticos, administrativos y tecnológicos para optimizar la experiencia de pacientes y especialistas.

4.3.Determinación de recursos

4.3.1 Humanos (Roles para el Proyecto)

Tabla 12: Recursos Humanos del Proyecto.

Rol	Nombre	Responsabilidad
Tutora del trabajo de titulación	Ing. Hiraída Santana Cedeño, Mg.	Seguimiento del proyecto
Autor del trabajo de titulación	José Ricardo Suárez González	Desarrollador del Proyecto


Usuarios Finales	Especialistas y pacientes de fisioterapia.	Brindar información sobre los requerimientos de Usuario
------------------	--	---

Nota: La Tabla muestra los recursos humanos del proyecto.

Fuente: Autor del Proyecto.

4.3.2 Tecnológicos

Tabla 13. Recursos Tecnológicos utilizados en el proyecto,

Recursos Tecnológicos	Función
Ordenador Portátil Personal	Utilizado para la creación del software y la gestión del proyecto.
Sensor Kinect Xbox 360 (V1.0)	Sensor de movimiento y cámara para el reconocimiento de gestos y rastreo esquelético
Cable USB de alimentación para Kinect	Proporciona energía al sensor y permite la conexión con el dispositivo host, en este caso un ordenador portátil.
Visual Studio 2017 	Herramienta empleada para el desarrollo de la interfaz gráfica y todo el apartado backend del proyecto.
SDK Kinect 	Biblioteca que nos proporciona funcionalidades y elementos de código necesarias para programar el sensor Kinect y la interfaz gráfica.
Firestore Database 	Base de datos en tiempo real y en la nube proporcionada por Firebase, diseñada para almacenar, sincronizar y gestionar datos de manera eficiente en aplicaciones móviles y

web.

Firestore Authentication	Servicio de Firestore diseñado para autenticar usuarios en aplicaciones móviles y web de forma sencilla, segura y escalable.
PdfSharp	Biblioteca de código abierto para .NET que permite crear, modificar y procesar documentos PDF.

Nota: La Tabla muestra los recursos tecnológicos del proyecto.

Fuente: Autor del Proyecto.

4.3.3 Recursos Económicos

Las siguientes tablas presentan una estimación de los recursos económicos necesarios para el desarrollo del proyecto, abarcando costos relacionados con recursos humanos, tecnológicos y otros gastos esenciales para garantizar la implementación exitosa del sistema.

Presupuesto Recursos humanos

Tabla 14. Presupuesto de Recursos Humanos del proyecto.

Cantidad	Recurso	Costo Unitario	Costo Total
15	Horas dedicadas a la ejecución del proyecto de titulación.	\$45.00	\$540,00
30	Horas dedicadas al desarrollo del Software.	\$30.00	\$900.00
	Horas de tutoría		

15	\$0.00	\$0.00
		Total \$1440.00

Nota: La Tabla muestra el presupuesto de los recursos humanos del proyecto.

Fuente: Autor del Proyecto.

Presupuesto Recursos tecnológicos

Tabla 15. Presupuesto de Recursos tecnológicos del proyecto.

Cantidad	Recurso	Costo	Total
30	Horas de uso de ordenador portátil	\$25.00	\$750.00
1	Sensor Kinect Xbox 360 (V1.0)	\$40.00	\$40.00
1	Fuente de alimentación USB para Kinect.	\$15.00	\$15.00
1	Entorno de Desarrollo	\$0.00	\$0.00
1	Base de Datos Firebase (Plan Spark)	\$0.00	\$0.00
3	Resma Hojas	\$20.00	\$60.00
1	Impresión de Hojas	\$20.00	\$60.00
		Total	\$925.00

Nota: La Tabla muestra el presupuesto de los recursos tecnológicos del proyecto.

Fuente: Autor del Proyecto.

Presupuesto Servicios Básicos

Tabla 16. Presupuesto de Servicios Básicos del Proyecto.

Cantidad	Recurso	Costo	Total
4	Plan mensual de Internet	\$25.00	\$100.00
4	Servicio Eléctrico	\$20.00	\$80.00
Total			\$180.00

Nota: La Tabla muestra el presupuesto de los servicios básicos del proyecto.

Fuente: Autor del Proyecto.

Presupuesto Total

Tabla 17. Presupuesto total del Proyecto.

Detalle	Valor
Recursos Humanos	\$1440.00
Recursos Tecnológicos	\$925.00
Servicios Básicos	\$180.00
Total	\$2545.00

Nota: La Tabla muestra el presupuesto Total del proyecto.

Fuente: Autor del Proyecto.

4.4. Etapas de acción para el desarrollo de la propuesta (software)

4.4.1 Fase I: Planificación

En esta etapa de planificación, se establecen los principios fundamentales para el desarrollo del sistema interactivo fisiokinésico asistido por Kinect, con el objetivo de mejorar la experiencia terapéutica de los usuarios. Esta fase es crucial, ya que define los lineamientos esenciales que guiarán el desarrollo del software, garantizando su pertinencia y efectividad en el entorno terapéutico.

Es imprescindible que esta etapa se lleve a cabo en colaboración con el equipo de desarrollo, los especialistas en fisioterapia y los usuarios finales, para asegurar que los requisitos funcionales y no funcionales se identifiquen y alineen con las necesidades del sistema. Este enfoque multidisciplinario y colaborativo permite abarcar desde la definición inicial de los módulos del sistema hasta el registro del progreso de los pacientes, logrando un impacto significativo en el proceso terapéutico.

Además, durante esta fase se implementa la metodología Kanban para gestionar de manera eficiente las tareas del proyecto. El tablero Kanban se utiliza como la herramienta principal para visualizar el flujo de trabajo y garantizar que las actividades avancen de manera estructurada. Este se organiza en las siguientes columnas principales:

- **Por Hacer (Backlog):** Contiene todas las tareas pendientes por iniciar, como el diseño de las interfaces, la configuración del sensor Kinect y la definición de los módulos del sistema.
- **En Progreso:** Incluye las actividades que están siendo ejecutadas, como la programación de las funciones de seguimiento esquelético o la integración de Firebase.
- **En Revisión:** Agrupa las tareas completadas que requieren validación, como la revisión de la usabilidad de las interfaces o las pruebas de funcionalidad de los módulos.
- **Finalizado:** Lista las tareas completadas y aprobadas, como el diseño final de las interfaces, la configuración de la base de datos y las pruebas funcionales exitosas.

Este enfoque estructurado no solo facilita el monitoreo continuo del progreso del proyecto, sino que también optimiza el uso del tiempo y los recursos disponibles, proporcionando una base sólida para las siguientes fases del desarrollo del sistema.

4.4.1.1 Equipo de Desarrollo

Tabla 18. Equipo de Desarrollo

Persona	Contacto	Rol	Descripción
Ing. Hiraida Santana, Mg.	hiraida.santana@uleam.edu.ec	Supervisora del Proyecto	Tutora del presente trabajo de titulación.
José Ricardo Suárez González	e1311544447@live.uleam.edu.ec	Diseñador, Desarrollador FullStack, Tester	Desarrollador y creador del sistema a diseñar.
Stakeholders	Especialistas y Pacientes	Usuarios del Sistema	Usuarios Finales del Sistema.

Nota: Responsables del Proyecto.

Fuente: Autor del Proyecto.

4.4.1.2 KANBAN: Cronograma Inicial

Objetivo: Definir el alcance, requisitos y cronograma del proyecto.

Tareas para el tablero Kanban:

- **Por Hacer:**
 - Crear cronograma general.
 - Seleccionar herramientas y tecnologías.
- **En Progreso:**
 - Diseñar el tablero Kanban.
- **En Revisión:**

- Revisar el cronograma con el equipo.
- Validar las herramientas seleccionadas.
- **Finalizado:**
 - Aprobar planificación completa.

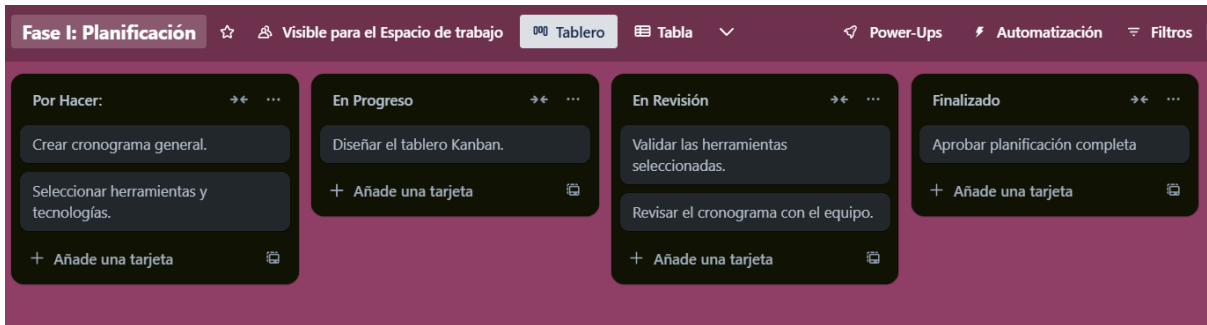


Ilustración 27. KANBAN - Tareas Fase I

Fuente: Autor del Proyecto.

4.4.1.3 Definición del Alcance

En esta etapa, se determinan las funcionalidades principales que incluirá el prototipo del sistema interactivo fisiokinésico asistido por Kinect. Estas funcionalidades se centran en resolver los problemas de seguimiento terapéutico y mejora del progreso de los pacientes. El alcance incluye:

- **Funciones principales:**
 - Registro y autenticación de usuarios.
 - Seguimiento esquelético mediante el sensor Kinect.
 - Visualización del progreso del paciente en tiempo real.
 - Gestión de actividades terapéuticas.
 - Separación de turnos y edición de hoja médica por los especialistas.
- **Problemas a resolver:**
 - Dificultad en la monitorización precisa del progreso terapéutico.
 - Falta de una herramienta accesible y tecnológica para fisioterapia.
 - Necesidad de personalización en las actividades terapéuticas basadas en roles.

4.4.1.4 Identificación de Objetivos Específicos

En esta etapa, se formulan los objetivos generales y específicos que guiarán el desarrollo del sistema. Estos son:

- **Objetivos General:**

Desarrollar un sistema interactivo asistido por Kinect para mejorar la experiencia terapéutica de los pacientes y optimizar la gestión del seguimiento terapéutico.

- **Objetivos Específicos:**

1. Implementar un sistema de autenticación seguro utilizando Firebase.
2. Configurar el sensor Kinect para el seguimiento esquelético y ejercicios terapéuticos.
3. Diseñar interfaces intuitivas para pacientes y especialistas.
4. Establecer una metodología de gestión de tareas utilizando Kanban.
5. Incorporar funcionalidades de monitoreo del progreso y generación de reportes.
6. Garantizar la seguridad y privacidad de los datos del paciente.

4.4.1.5 Identificación de Recursos

Se identifican los recursos necesarios para desarrollar el sistema, considerando herramientas tecnológicas, dispositivos y frameworks:

- **Herramientas y Tecnologías:**

- **Hardware:** Sensor Kinect, equipos de cómputo con capacidad gráfica.
- **Lenguaje de programación:** C# para el desarrollo del sistema en WPF.
- **Frameworks:** .NET Framework para la estructura del proyecto.
- **Base de datos:** Firebase (Firestore) para la gestión de datos en tiempo real.
- **Herramientas de gestión:** Trello o Jira para la implementación de Kanban.

- **Recursos Humanos:**

- Especialistas en desarrollo de software y fisioterapia.

- Diseñadores de interfaces gráficas.
- Consultores en el uso del sensor Kinect.
- **Recursos Económicos:**
 - Licencias de software.
 - Dispositivos de hardware (sensores, cámaras, equipos).

4.4.1.6 Historias de Usuario Iniciales

Tabla 19. Historias de Usuario Iniciales

N°	Historia de Usuario
1	Como administrador , quiero registrar usuarios para que puedan acceder al sistema según sus roles.
2	Como usuario , quiero iniciar sesión en el sistema para acceder a mis funcionalidades asignadas.
3	Como paciente , quiero visualizar mi progreso terapéutico para mantenerme motivado y mejorar.
4	Como paciente , quiero completar actividades terapéuticas asignadas para avanzar en mi tratamiento.
5	Como especialista , quiero monitorear a mis pacientes para ajustar sus actividades terapéuticas.
6	Como usuario , quiero recuperar mi contraseña para acceder al sistema si la olvido.
7	Como administrador , quiero asignar roles a los usuarios para garantizar que accedan a las funciones adecuadas.
8	Como paciente , quiero ver una lista de actividades pendientes para organizarlas y completarlas.
9	Como especialista , quiero organizar los turnos de mis pacientes para optimizar las sesiones de terapia.
10	Como especialista , quiero actualizar las hojas médicas de los pacientes para mantener la información actualizada.

Fuente: Autor del Proyecto.

4.4.2 Fase II: Análisis

4.4.2.1 KANBAN: Fase de Análisis

Objetivo: Investigar y documentar los casos de uso y roles de usuario.

Tareas para el tablero Kanban:

- **Por Hacer:**
 - Investigar tecnologías relacionadas con Kinect.
 - Documentar casos de uso principales.
 - Redactar requisitos funcionales y no funcionales.
- **En Progreso:**
 - Analizar roles de usuario y flujos de interacción.
 - Crear diagramas de casos de uso.
 - Validar requisitos con la tutora.
- **En Revisión:**
 - Validar los roles de usuario con el tutor.
 - Revisar los casos de uso documentados.
- **Finalizado:**
 - Completar la documentación del análisis.

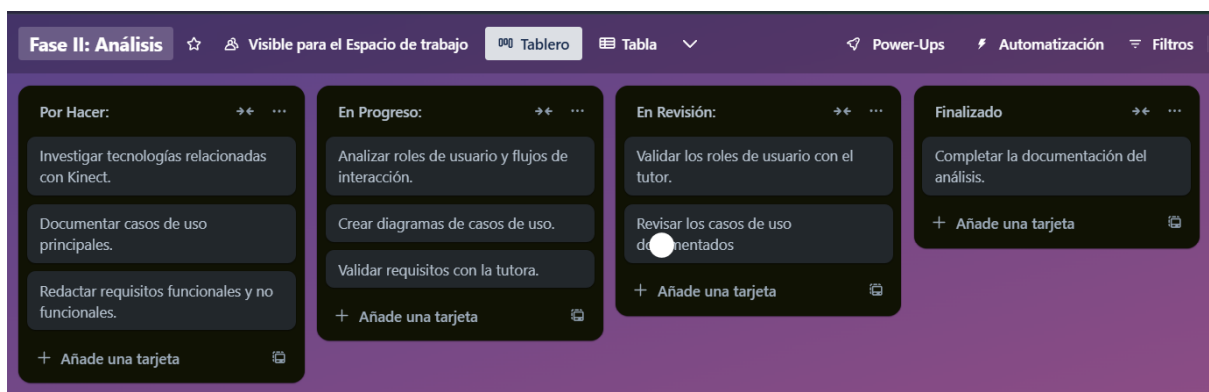


Ilustración 28. KANBAN - Tareas Fase II

Fuente: Autor del Proyecto.

4.4.2.2 Implementación de Roles de Usuario

Durante el desarrollo, se integró un sistema de roles utilizando Firebase Authentication y Firestore Database. Los roles se asignaron al momento del registro y se verificaron durante el inicio de sesión para personalizar las acciones disponibles.

Pasos principales:

1. **Definición de Roles:** Se establecieron los roles de "Paciente" y "Especialista".
2. **Asignación de Roles:** En el proceso de registro, el rol se almacena como un atributo en Firestore Database.
3. **Verificación de Roles:** Durante el inicio de sesión, el rol se consulta para personalizar la interfaz y habilitar o restringir funcionalidades

4.4.2.3 Requisitos Funcionales

Tabla 20. Requisitos funcionales del Software.

N°	Requisito Funcional
1	Captura de movimientos corporales (brazos y piernas) mediante el seguimiento esquelético de Kinect.
2	Gestión de turnos para pacientes, permitiendo reservar y organizar sesiones de rehabilitación.
3	Consulta y exportación de hojas médicas en formato PDF para facilitar el seguimiento clínico.
4	Registro y autenticación de usuarios mediante Firebase Authentication.
5	Realización de actividades terapéuticas guiadas según las necesidades de los pacientes.
6	Registro de progreso de los pacientes en actividades realizadas en la plataforma.
7	Interfaz gráfica accesible para seleccionar actividades y visualizar datos relevantes.

Nota: La Tabla muestra los requisitos funcionales del Software.

Fuente: Autor del Proyecto.

4.4.2.4 Requisitos No Funcionales

Tabla 21. Requisitos no Funcionales del Software

N°	Requisito No Funcional
1	La interfaz debe ser intuitiva y accesible para usuarios de todas las edades, incluyendo jóvenes y personas mayores.
2	El sistema debe procesar las señales de movimiento captadas por Kinect con un tiempo de respuesta inferior a 1 segundo.
3	Debe garantizarse la seguridad de los datos mediante reglas de acceso personalizadas en Firebase.
4	La plataforma debe ser compatible con la infraestructura mínima de hardware requerida por Kinect.
5	El sistema debe operar en un entorno multitarea, permitiendo realizar varias funciones sin interrupciones.
6	Debe ser escalable para soportar un aumento en el número de usuarios registrados y sus datos.
7	Los documentos PDF generados deben seguir estándares de calidad y ser compatibles con aplicaciones comunes.

Nota: La Tabla muestra los requisitos no funcionales del Software.

Fuente: Autor del Proyecto.

4.4.2.5 Historias de Usuario detalladas

Historia de Usuario: 001

Tabla 22. Historia de Usuario: 001

Número	001
Usuario	Pacientes o Especialistas
Nombre de historia	Registro de usuarios
Prioridad en negocio	Alta
Riesgo en desarrollo	Baja

Desarrollador responsable	José Ricardo Suárez González
Descripción	Como administrador, necesito registrar nuevos usuarios en el sistema, para que puedan acceder a las funcionalidades según su rol.
Observación	
Elaboración	Autores

Nota: Registro inicial de usuarios con roles.

Fuente: Autor del Proyecto.

Historia de Usuario: 002

Tabla 23. Historia de Usuario: 002

Número	002
Usuario	Usuario general
Nombre de historia	Autenticación de usuarios
Prioridad en negocio	Alta
Riesgo en desarrollo	Baja
Desarrollador responsable	José Ricardo Suárez González
Descripción	Como usuario, quiero autenticarme con mi correo y contraseña, para acceder de manera segura a mi perfil.
Observación	
Elaboración	Autores

Nota: La autenticación debe garantizar la seguridad de las credenciales mediante cifrado y validación de roles asignados.

Fuente: Autor del Proyecto.

Historia de Usuario: 003

Tabla 24. Historia de Usuario: 003

Número	003
Usuario	Paciente
Nombre de historia	Visualización de progreso
Prioridad en negocio	Media
Riesgo en desarrollo	Baja
Desarrollador responsable	José Ricardo Suárez González
Descripción	Como paciente, quiero visualizar mi progreso terapéutico en una barra de porcentaje, para evaluar mis avances y mantenerme motivado.
Observación	
Elaboración	Autores

Nota: La barra de progreso debe reflejarse dinámicamente en función de las actividades completadas y los datos almacenados.

Fuente: Autor del Proyecto.

Historia de Usuario: 004

Tabla 25. Historia de Usuario: 004

Número	004
Usuario	Paciente
Nombre de historia	Completar actividades
Prioridad en negocio	Alta
Riesgo en desarrollo	Media
Desarrollador responsable	José Ricardo Suárez González

Descripción	Como paciente, quiero completar actividades terapéuticas asignadas, para mejorar mi condición física y desbloquear nuevos ejercicios.
Observación	
Elaboración	Autores

Nota: Asegurar que el progreso del paciente se actualice automáticamente al completar una actividad y se refleje en la lista de actividades desbloqueadas.

Fuente: Autor del Proyecto.

Historia de Usuario: 005

Tabla 26. Historia de Usuario: 005

Número	005
Usuario	Especialista
Nombre de historia	Gestión de pacientes
Prioridad en negocio	Alta
Riesgo en desarrollo	Media
Desarrollador responsable	José Ricardo Suárez González
Descripción	Como especialista, quiero visualizar la lista de pacientes asignados, para monitorear su progreso y ajustar las actividades según sea necesario.
Observación	
Elaboración	Autores

Nota: La gestión de pacientes debe estar vinculada a los roles del especialista, permitiendo únicamente la visualización y edición de los pacientes asignados.

Fuente: Autor del Proyecto.

Historia de Usuario: 006

Tabla 27. Historia de Usuario: 006

Número	006
Usuario	Usuario general
Nombre de historia	Recuperación de contraseña
Prioridad en negocio	Alta
Riesgo en desarrollo	Baja
Desarrollador responsable	José Ricardo Suárez González
Descripción	Como usuario, quiero recuperar mi contraseña olvidada, para acceder nuevamente al sistema sin perder mi progreso.
Observación	
Elaboración	Autores

Nota: La recuperación de contraseña debe ser accesible solo mediante correo electrónico registrado para evitar accesos no autorizados.

Fuente: Autor del Proyecto.

Historia de Usuario: 007

Tabla 28. Historia de Usuario: 007

Número	007
Usuario	Administrador
Nombre de historia	Gestión de roles

Prioridad en negocio	Alta
Riesgo en desarrollo	Media
Desarrollador responsable	José Ricardo Suárez González
Descripción	Como administrador, quiero asignar roles a los usuarios, para garantizar que accedan únicamente a las funciones correspondientes.
Observación	
Elaboración	Autores

Nota: La asignación de roles debe incluir controles administrativos para evitar conflictos entre permisos y accesos.

Fuente: Autor del Proyecto.

Historia de Usuario: 008

Tabla 29. Historia de Usuario: 008

Número	008
Usuario	Administrador
Nombre de historia	Ver lista de actividades
Prioridad en negocio	Media
Riesgo en desarrollo	Baja
Desarrollador responsable	José Ricardo Suárez González
Descripción	Como paciente, quiero ver una lista de actividades pendientes, para organizarlas y completarlas según las recomendaciones.
Observación	

Elaboración

Autores

Nota: La lista de actividades debe estar limitada a las asignadas al paciente, y su visualización debe priorizar las pendientes.

Fuente: Autor del Proyecto.

Historia de Usuario: 009

Tabla 30. Historia de Usuario: 009

Número	009
Usuario	Especialista
Nombre de historia	Separación de turnos
Prioridad en negocio	Alta
Riesgo en desarrollo	Media
Desarrollador responsable	José Ricardo Suárez González
Descripción	Como especialista, quiero separar los turnos de mis pacientes, para organizar mejor mi tiempo y las sesiones de terapia.
Observación	
Elaboración	Autores

Nota: La separación de turnos debe permitir una organización efectiva y evitar solapamientos entre sesiones de terapia.

Fuente: Autor del Proyecto.

Historia de Usuario: 010

Tabla 31. Historia de Usuario: 010

Número

010

Usuario	Administrador
Nombre de historia	Separación de turnos
Prioridad en negocio	Alta
Riesgo en desarrollo	Media
Desarrollador responsable	José Ricardo Suárez González
Descripción	Como especialista, quiero separar los turnos de mis pacientes, para organizar mejor mi tiempo y las sesiones de terapia.
Observación	
Elaboración	Autores

Nota: La edición de la hoja médica debe estar restringida a especialistas autorizados, garantizando la trazabilidad de los cambios realizados.

Fuente: Autor del Proyecto.

4.4.2.6 Casos de Uso

Introducción

Los casos de uso permiten describir cómo los usuarios interactúan con el sistema, detallando las funcionalidades clave que el software ofrece. A continuación, se presentan los casos de uso más relevantes, diseñados para mejorar la experiencia de usuario, asegurar el flujo lógico del sistema y cumplir con los objetivos del proyecto.

Lista de Casos de Uso:

4.4.2.6.1 Caso de Uso 1: Registro de Usuario

- **Actor Principal:** Usuario (Paciente o Especialista).
- **Descripción breve:** El sistema permite a nuevos usuarios registrarse proporcionando información básica como nombre, correo electrónico y contraseña.
- **Flujo principal:**
 1. El usuario selecciona la opción de "Registrarse" desde la pantalla de inicio.
 2. Introduce los datos requeridos (nombre, correo electrónico, contraseña).
 3. El sistema valida la información y almacena los datos en la base de datos.
 4. Se muestra un mensaje de confirmación del registro exitoso.
- **Flujo alternativo:**
 1. Si algún campo está vacío o no cumple con el formato, el sistema muestra un mensaje de error.
- **Resultado esperado:** El usuario se registra correctamente y puede iniciar sesión.

4.4.2.6.2 Caso de Uso 2: Inicio de Sesión

- **Actor Principal:** Usuario (Paciente o Especialista).
- **Descripción breve:** El usuario accede al sistema proporcionando sus credenciales.
- **Flujo principal:**
 1. El usuario introduce su correo electrónico y contraseña en la pantalla de inicio de sesión.
 2. El sistema verifica las credenciales contra la base de datos.
 3. Si las credenciales son válidas, el sistema redirige al menú principal.
- **Flujo alternativo:**
 1. Si las credenciales son incorrectas, el sistema muestra un mensaje de error y permite reintentar.

- **Resultado esperado:** El usuario accede al sistema o recibe un mensaje de error.

4.4.2.6.3 Caso de Uso 3: Realizar Actividades de Fisioterapia

- **Actor Principal:** Usuario (Paciente).
- **Descripción breve:** El usuario completa actividades guiadas para mejorar sus habilidades motoras, mejorar su flexibilidad y sentido del equilibrio.
- **Flujo principal:**
 1. El usuario selecciona una actividad disponible desde el menú de actividades.
 2. El sistema presenta instrucciones iniciales y activa el sensor Kinect.
 3. El usuario realiza los movimientos guiados mientras el sistema registra su progreso.
 4. Al completar la actividad, el sistema actualiza los puntos de progreso del usuario.
- **Flujo alternativo:**
 1. Si el sensor Kinect no detecta movimientos, el sistema muestra una notificación de error.
- **Resultado esperado:** El usuario completa la actividad y su progreso se actualiza.

4.4.2.6.4 Caso de Uso 4: Gestión de Pacientes (Especialista)

- **Actor Principal:** Especialista.
- **Descripción breve:** El especialista puede buscar, visualizar y editar información de los pacientes.

- **Flujo principal:**
 1. El especialista selecciona la opción "Lista de Pacientes" desde el menú principal.
 2. Introduce el nombre del paciente en el cuadro de búsqueda.
 3. El sistema muestra la lista filtrada.
 4. El especialista selecciona un paciente para ver o editar detalles.

- **Flujo alternativo:**
 1. Si no se encuentra al paciente, el sistema muestra un mensaje indicando que no hay resultados.

- **Resultado esperado:** El especialista gestiona información del paciente de manera efectiva.

4.4.2.6.5 Caso de Uso 5: Exportación de Informes en PDF

- **Actor Principal:** Especialista.

- **Descripción breve:** El especialista genera un informe general con la lista de todos los pacientes y su progreso registrado en formato PDF.

- **Flujo principal:**
 1. El especialista selecciona la opción **Exportar a PDF** desde la interfaz de la **Lista de Pacientes**.
 2. El sistema recopila toda la información de los pacientes almacenada en la base de datos.
 3. Se genera un archivo PDF con la lista completa, incluyendo:
 - Nombres de los pacientes.
 - Progresos individuales.
 - Observaciones adicionales (si están disponibles).
 4. El sistema guarda el archivo PDF en el directorio predeterminado y muestra un mensaje de confirmación.

- **Flujo alternativo:**
 1. Si ocurre un error durante la generación del PDF, el sistema muestra un mensaje notificando el problema y sugiere reintentar.
- **Resultado esperado:** El informe general se genera y guarda correctamente.
- **Nota sobre implementación:**

Este flujo garantiza que el especialista siempre tenga acceso a una visión completa de todos los pacientes en un solo documento, optimizando la supervisión y el análisis.

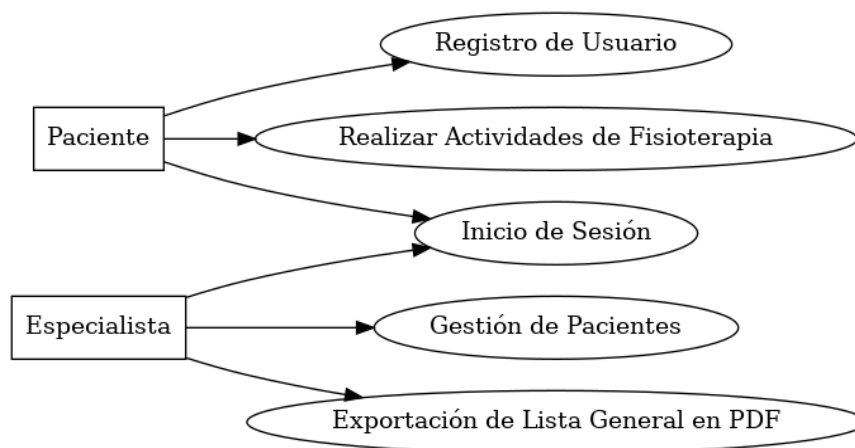


Ilustración 29. Diagrama UML general de Casos de Uso del Proyecto.

Fuente: Autor del Proyecto.

4.4.2.6.6 Caso de Uso 6: Solicitar y gestionar turnos de pacientes

Objetivo:

Permitir a los pacientes y especialistas gestionar la asignación de turnos mediante una interfaz interactiva.

Descripción:

Este caso de uso permite a los usuarios seleccionar fechas y horarios disponibles para

programar citas. Incluye funcionalidades para cancelar o reprogramar citas existentes y enviar notificaciones sobre los turnos asignados.

Actores:

- Paciente
- Especialista
- Sistema

Flujo principal:

1. El usuario inicia sesión en el sistema.
2. El paciente selecciona la opción de "Mis Turnos".
3. El sistema muestra las fechas y horarios disponibles según la agenda del especialista.
4. El paciente selecciona una fecha y horario.
5. El sistema valida la disponibilidad y registra el turno en la base de datos.
6. Se genera una confirmación visual para el paciente y una notificación para el especialista.

Extensiones:

- Si no hay fechas disponibles, el sistema muestra un mensaje y opciones para ser notificado cuando haya disponibilidad.
- El especialista puede gestionar turnos, actualizando horarios o cancelando citas cuando sea necesario.

4.4.2.6.7 Caso de Uso 7: Crear y visualizar hojas médicas

Objetivo:

Facilitar a los especialistas la creación, actualización y visualización de hojas médicas para cada paciente.

Descripción:

Este caso de uso permite registrar información clínica, como diagnósticos, tratamientos y observaciones, y presentarla en un formato accesible tanto para consultas rápidas como para generación de informes.

Actores:

- Especialista
- Sistema

Flujo principal:

1. El especialista inicia sesión en el sistema.
2. El especialista busca un paciente por número de cédula.
3. El sistema muestra la hoja médica existente (si aplica).
4. El especialista puede:
 - Actualizar información en una hoja médica existente.
5. El sistema guarda los cambios en la base de datos y confirma la operación.
6. El especialista puede optar por exportar la hoja médica a PDF.

Extensiones:

- Si el paciente no tiene una hoja médica previa, el sistema genera un registro vacío para comenzar a completarlo.
- Validaciones automáticas de campos obligatorios para asegurar la integridad de los datos.

4.4.3 Fase III: Diseño

Concluido el análisis, se inició la fase de diseño de la aplicación, abarcando tanto la conceptualización de la aplicación en su conjunto como la creación de la interfaz. Los siguientes segmentos proporcionarán una explicación detallada de cada uno de los pasos mencionados anteriormente.

4.4.3.1 KANBAN: Fase de Diseño y Construcción

Objetivo: Diseñar la arquitectura, las interfaces y desarrollar la estructura base del sistema.

Tareas para el tablero Kanban:

- **Por Hacer:**
 - Diseñar la arquitectura del sistema.
 - Crear prototipos de interfaces para turnos y hojas médicas.
- **En Progreso:**
 - Implementar el diseño de actividades con Kinect.
 - Configurar Firebase y SDK de Kinect.
- **En Revisión:**
 - Validar prototipos y arquitectura con el equipo.
- **Finalizado:**
 - Aprobar la estructura base diseñada.

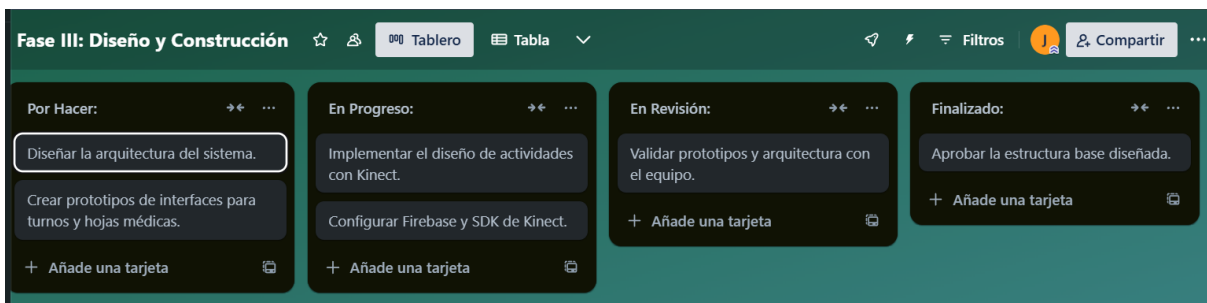


Ilustración 30. KANBAN - Tareas Fase III

Fuente: Autor del Proyecto.

4.4.3.2 Modelo Vista-Controlador

Para poder representar el modelo de nuestro Software Interactivo, se establecerá la relación que se tiene con cada uno de los elementos involucrados en el sistema, este sistema se lo conoce como **patrón modelo-vista-controlador (MVC)**, el cual divide una aplicación en tres partes con diferentes características:

- **Modelo:** Contiene la funcionalidad central y los datos.
- **Vista:** Muestra la información al usuario.
- **Controlador:** Maneja la entrada del usuario

De esta manera se puede representar de manera más simple los procesos backend y frontend de nuestro sistema.

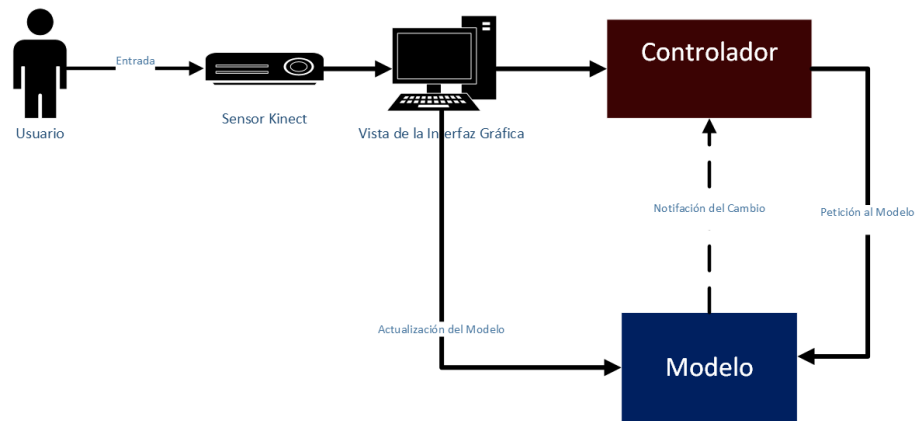


Ilustración 31. Diagrama de Arquitectura Patrón modelo-vista-controlador.

Fuente: Autor del Proyecto.

4.4.3.3 Modelo del Sistema

Para poder representar el modelo del sistema, se elaboró un diagrama adicional en el cual se puede visualizar el funcionamiento del Software interactivo desde sus entradas hasta las salidas de este.

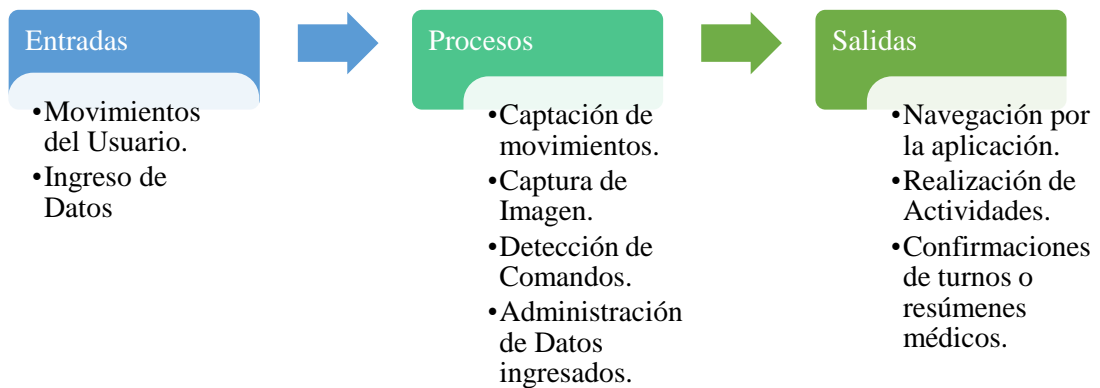


Ilustración 32. Diagrama de Proceso de Software Interactivo con Kinect.

Fuente: Autor del Proyecto.

4.4.3.3.1 Entradas

Las entradas del sistema se generan a partir de dos fuentes principales:

1. **Movimientos del usuario captados por el sensor Kinect:** Estos movimientos son traducidos a comandos que permiten interactuar con la aplicación, desplazarse por las interfaces de usuario y realizar actividades específicas.
2. **Datos ingresados por el usuario en las interfaces de generación de turnos y hoja médica:**
 - **Generación de turnos:** Los usuarios (pacientes o especialistas) pueden seleccionar fechas, horarios disponibles y descripciones del motivo de la cita.
 - **Hoja médica:** Los especialistas pueden ingresar datos relacionados con el historial clínico, diagnósticos, tratamientos, y observaciones del paciente.

Esta combinación de entradas garantiza una interacción fluida y funcionalidad extendida en el sistema.

4.4.3.3.2 Procesos

En esta sección del sistema se procesan tanto los movimientos del usuario como los datos ingresados:

1. Procesamiento de movimientos:

- El sensor Kinect detecta los movimientos y el sensor de profundidad los traduce a valores específicos. Estos valores son utilizados para controlar el cursor y ejecutar comandos definidos en el software.

2. Gestión de turnos:

- Validación de fechas y horarios disponibles para evitar conflictos en la asignación de citas.
- Generación y almacenamiento de turnos en la base de datos para usuarios sobre sus citas programadas.

3. Gestión de la hoja médica:

- Procesamiento de datos ingresados por el especialista, organizados en campos específicos como historial clínico, tratamientos, y observaciones.
- Actualización y almacenamiento seguro de estos datos en el sistema, asegurando su accesibilidad para futuras consultas.

Estos procesos garantizan que las funcionalidades nuevas trabajen en sincronía con las capacidades interactivas del sistema.

4.4.3.3.3 Salidas

Las salidas del sistema son el resultado del procesamiento de las entradas y se presentan de las siguientes formas:

1. Interacción gráfica:

- Los movimientos procesados generan comandos que permiten desplazar el cursor en la interfaz gráfica y realizar las actividades programadas.

2. Resultados del módulo de turnos:

- Confirmaciones visuales de los turnos asignados, mostrando detalles como fecha, hora y especialista asignado.
- Opciones para los usuarios de reprogramar o cancelar citas directamente desde la interfaz.

3. Resultados del módulo de hoja médica:

- Visualización estructurada del historial médico del paciente, incluyendo diagnósticos, tratamientos realizados y recomendaciones futuras.
- Posibilidad de exportar estos datos a formatos como PDF para generar informes o resguardos externos.

Estas salidas permiten a los usuarios y especialistas interactuar con el sistema de manera eficiente, optimizando tanto la experiencia clínica como la gestión de datos.

4.4.3.4 Modelo Entidad-Relación

El modelo entidad-relación (ER) desarrollado para este proyecto representa de manera estructurada las entidades clave del sistema interactivo de rehabilitación asistido por Kinect y las relaciones entre ellas. Entre las entidades principales se encuentran el **Usuario** (Paciente o Especialista), **Turno**, **Actividad de Fisioterapia**, **Hoja Médica**, e **Informe PDF**. Estas entidades están diseñadas para reflejar los procesos fundamentales descritos en los casos de uso, como el registro e inicio de sesión de los usuarios, la participación en actividades de fisioterapia, la gestión de turnos y hojas médicas, y la generación de informes en formato PDF. Las relaciones establecidas permiten modelar las interacciones entre los actores y el sistema, asegurando una representación lógica y coherente de los flujos de datos que optimizan las funcionalidades del proyecto. Este modelo es esencial para el diseño de la base de datos, garantizando la integridad y la consistencia de la información almacenada.

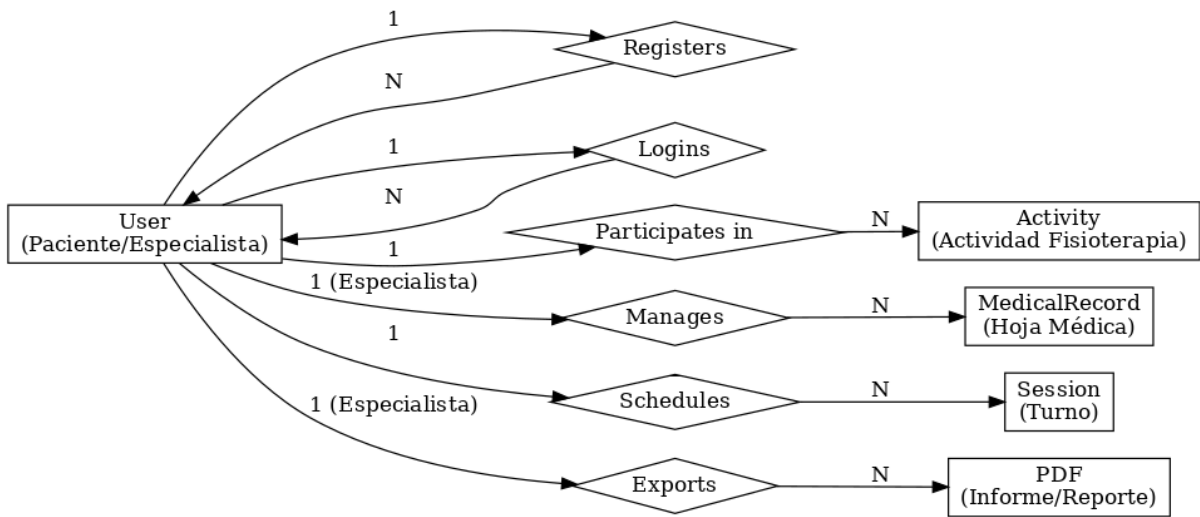


Ilustración 33. Modelo Entidad-Relación del Proyecto

Nota: El gráfico muestra las entidades clave del sistema interactivo de rehabilitación asistido por Kinect y las relaciones entre ellas.

Fuente: Autor del Proyecto.

4.4.3.5 Diagrama Entidad-Relación (Diseño de la Base de Datos)

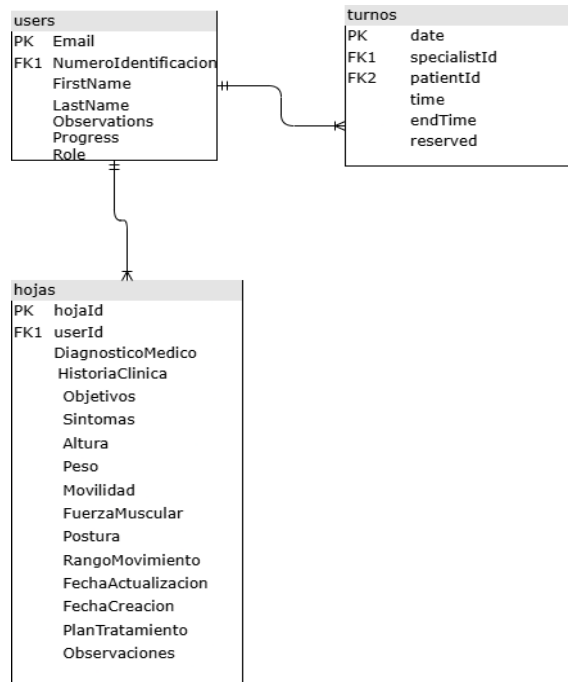


Ilustración 34. Diagrama Entidad-Relación (Base de Datos)

Fuente: Autor del Proyecto.

4.4.3.6 Arquitectura del Sistema

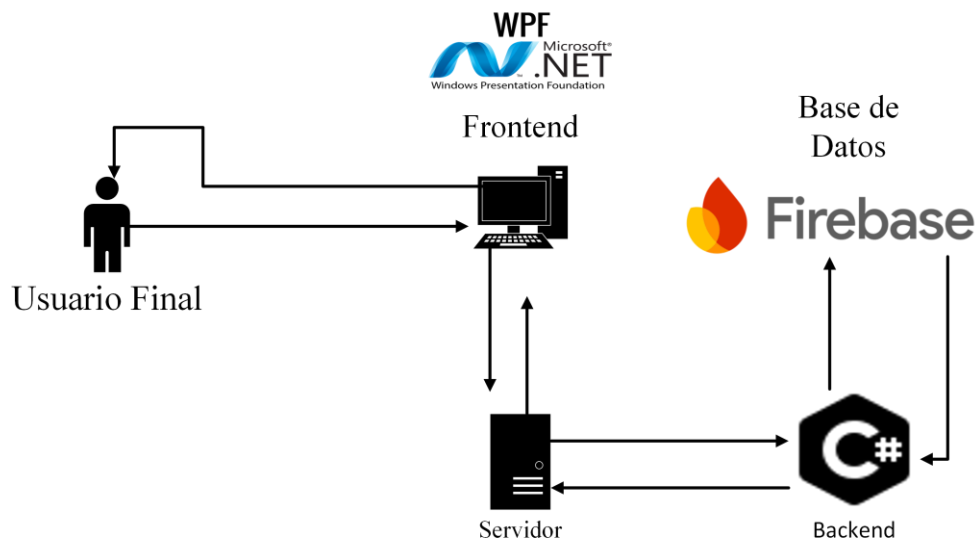


Ilustración 35. Arquitectura del Sistema

Fuente: Autor del Proyecto.

4.4.3.7 Desarrollo con Roles

La integración del sistema de roles permitió:

- Proveer acceso seguro y controlado a las funcionalidades del software.
- Facilitar la diferenciación de acciones entre pacientes y especialistas.

4.4.3.8 Modelo de Roles de Usuario

El sistema incluye un modelo de roles para diferenciar entre pacientes y especialistas, asignando permisos específicos:

Paciente:

- Acceso a las actividades fisioterapéuticas.
- Visualización de su progreso.
- Solicitud de turnos para sus sesiones de fisioterapia.

- Consulta e impresión en formato PDF de su hoja médica.

Especialista:

- Acceso exclusivo a la Página de Listado de Pacientes.
- Gestión de pacientes (búsqueda, edición de datos).
- Generación de turnos para pacientes.
- Edición e impresión de hojas médicas de los pacientes en formato PDF.
- Exportación de informes en PDF.

Este modelo garantiza una experiencia personalizada y segura para cada tipo de usuario, optimizando las funcionalidades según sus necesidades y responsabilidades dentro del sistema.

Los roles se implementaron utilizando etiquetas específicas dentro de Firebase Authentication y Firestore Database, permitiendo controlar las acciones disponibles para cada tipo de usuario.

4.4.4 Fase IV: Desarrollo

4.4.4.1 KANBAN: Fase de Desarrollo

Objetivo: Programar las funcionalidades principales y garantizar su integración.

Tareas para el tablero Kanban:

- **Por Hacer:**
 - Programar lógica para actividades terapéuticas.
 - Desarrollar módulo de turnos y hojas médicas.
- **En Progreso:**
 - Integrar Kinect con el sistema.
 - Implementar exportación de informes en PDF.

- **En Revisión:**
 - Validar las funcionalidades implementadas con la tutora.
- **Finalizado:**
 - Completar y aprobar funcionalidades desarrolladas.

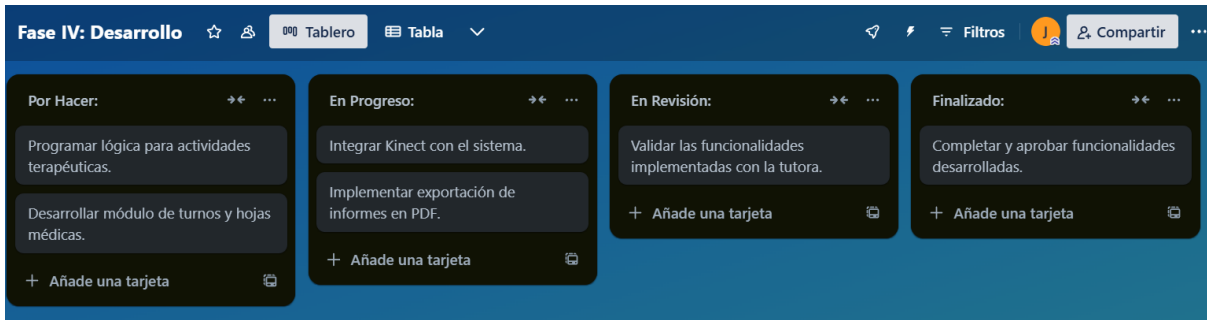


Ilustración 36. KANBAN - Tareas Fase IV

Fuente: Autor del Proyecto.

4.4.4.2 Desarrollo con Kinect

El lenguaje de programación que mejor se adapta al kit de desarrollo de Kinect es C#, el cual será utilizado para implementar el código de la aplicación. Este lenguaje permite integrar las librerías específicas de Kinect, esenciales para controlar el sensor de movimiento de manera precisa. Complementando a C#, utilizaremos Windows Presentation Foundation (WPF), un sistema dedicado a la creación de aplicaciones cliente de Windows. WPF no solo facilita el desarrollo de interfaces visuales más atractivas para los usuarios, sino que también aprovecha el hardware gráfico inspirado en videojuegos para diseñar elementos visualmente impactantes. Este sistema está integrado en el framework .NET de Microsoft.

Para las interfaces gráficas, emplearemos el lenguaje XAML, que proporciona amplias opciones para la creación de animaciones, plantillas, estilos y textos, optimizando la programación visual en WPF.

Gracias a la combinación de estas herramientas, se garantiza que las señales y movimientos capturados por el sensor Kinect sean interpretados de manera eficiente por la computadora, habilitando una interacción fluida con las funcionalidades del software. Cabe destacar que es-

ta aplicación requiere el sensor Kinect para su funcionamiento y puede instalarse en cualquier computadora con acceso a internet que cumpla con los requisitos de drivers necesarios para su ejecución.

4.4.4.2.1 Beneficios al usar Kinect con WPF (Windows Presentation Foundation)

- Detección de hasta dos usuarios.
- Decidir qué usuario tiene el control.
- Decidir cuál mano del usuario primario tiene el control de la aplicación.
- Buena integración de los componentes y herramientas de WPF.
- Se integra fácilmente con framework de interfaz de usuario.
- Funciona con código nativo o código administrado.

4.4.4.3 Configuración de Herramientas

Previo al proceso de desarrollo de cada una de las funciones del Software tenemos que tomar en cuenta los requerimientos del sistema (**tabla 21**) y la configuración de las herramientas que vamos a utilizar para este proceso.

Tabla 32. Requerimientos mínimos para usar Kinect en el sistema.

Requerimientos mínimos de Sistema para poder utilizar aplicaciones de Kinect con Visual Studio	
Sistema Operativo	Windows 7, 8, o 10, Arquitectura x86 o x64
Drivers	SDK de Kinect
Procesador	Intel Core i3 en adelante

Memoria Ram	2GB de memoria RAM
Espacio en el Disco	3.5 GB de HDD

Fuente: Autor del Proyecto.

4.4.4.3.1 Conexión del Kinect v1.0 Xbox 360 al PC (Instalación de Hardware)

Para el presente proyecto se utilizó el periférico Kinect v1.0 (Xbox 360), este dispositivo deberá ser conectado mediante un adaptador de corriente, debido a que, al conectarlo mediante puerto USB a la computadora esta solo nos proveerá con cinco Voltios de energía y el Kinect requiere de 12 Voltios, los cuales serán proporcionados por nuestro adaptador.



Ilustración 37: Kinect v1.0 Edición Xbox 360 junto al adaptador de corriente y cable USB.

Fuente: Ilustración descargada de la web.

4.4.4.3.2 Instalación del SDK de Kinect (Instalación de Software)

Es necesario recalcar que el SDK v2.0 de Kinect (su última versión) no funciona para el dispositivo Kinect de Xbox 360, por lo que, en su lugar, deberemos descargar la versión 1.7 del SDK (disponible en la web oficial de Microsoft).

Details

Version: 1.7.0.510	Date Published: 1/23/2021
File Name: KinectDeveloperToolkit-v1.7.0-Setup.exe	File Size: 378.7 MB

Ilustración 38: Captura de Pantalla del sitio web de descarga del SDK Kinect v1.7.

Fuente: Autor del Proyecto.

Una vez descargado el archivo .exe, lo ejecutamos, aceptamos las condiciones, e instalamos el software.

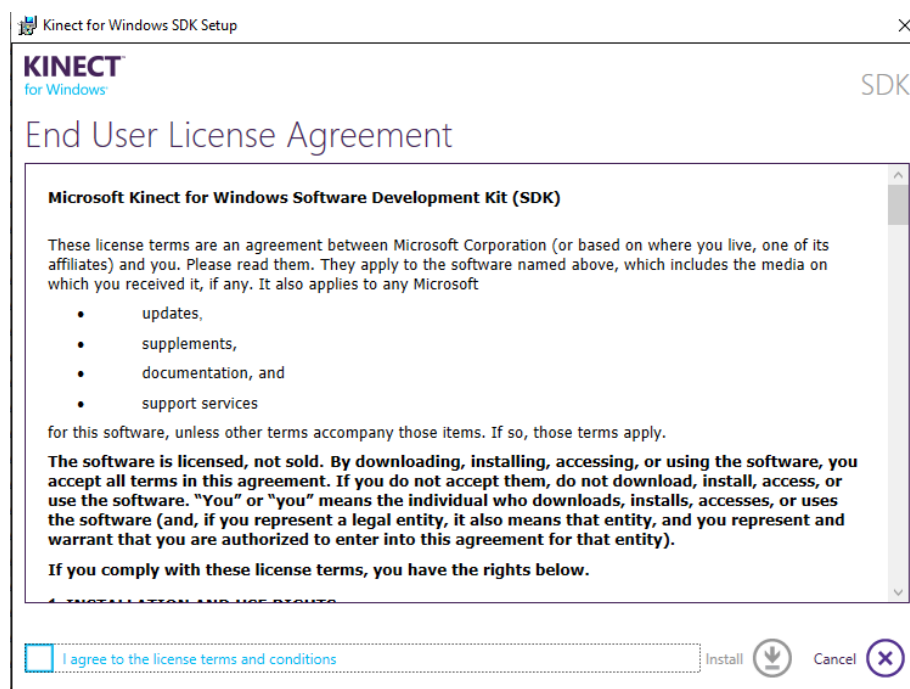


Ilustración 39: Pantalla de Instalación del SDK Kinect v1.7.

Fuente: Autor del Proyecto.

Una vez instalado tanto hardware como software, podremos confirmar el completo y correcto funcionamiento de Kinect probando algunas de las aplicaciones incluidas en el **Kinect Developer Toolkit v1.7**⁸ (disponible en la web oficial de Microsoft), donde podremos

⁸ Biblioteca que contiene ejemplos código fuente, herramientas de Kinect y otros recursos para simplificar el proceso de desarrollo en aplicaciones con Kinect.

testear los comandos de voz, el skeletal tracking y todas las funciones de las cámaras, con el fin de asegurarnos de que tenemos todas las herramientas listas para empezar el proceso de desarrollo del proyecto.

4.4.4.3 Desarrollo de la Base de Datos con Firebase (Autenticación y Base de Datos)

Se integró Firebase como herramienta principal para la autenticación y gestión de datos en tiempo real. Este apartado detalla los pasos para configurar tanto Firebase Authentication como Firestore Database, proporcionando un sistema seguro y escalable para el manejo de datos de los usuarios y las actividades:

Configuración de Firebase Authentication

Creación del Proyecto en Firebase Console

✓ **Acceso a Firebase Console:**

Se ingresó a Firebase Console utilizando una cuenta de Google.

✓ **Creación del Proyecto:**

Se creó un nuevo proyecto con el nombre representativo del sistema, asegurándose de habilitar Google Analytics para estadísticas futuras.

✓ **Configuración Inicial:**

Se seleccionaron las opciones de integración necesarias, como habilitar soporte para plataformas específicas (En este caso creamos una aplicación Web).

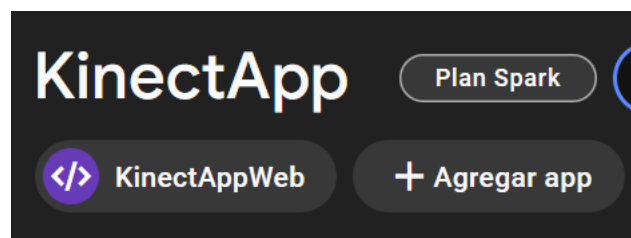


Ilustración 40. Configuramos el software como una aplicación Web en Firebase.

Fuente: Autor del Proyecto.

✓ **Habilitación de Métodos de Autenticación**

- **Acceso a la Sección de Authentication:**

Desde el menú principal de Firebase Console, se seleccionó la opción Authentication.

- **Habilitación de Autenticación por Correo Electrónico:**

En la pestaña de métodos de inicio de sesión, se habilitó el método de autenticación por correo electrónico y contraseña.

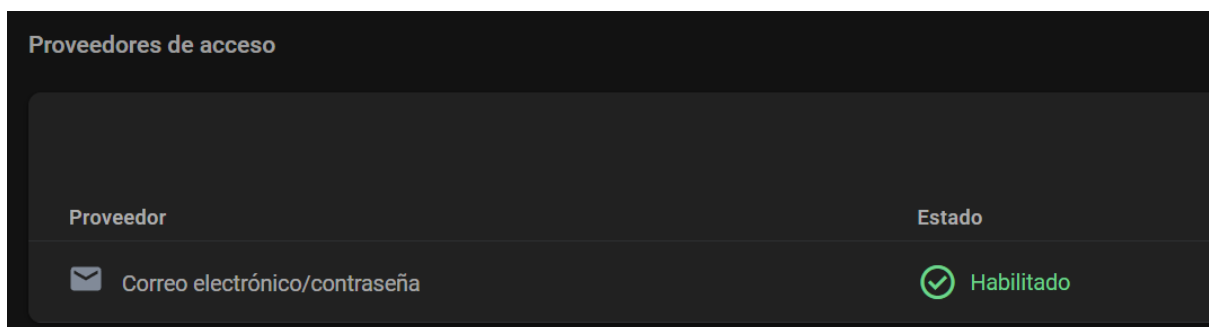


Ilustración 41. Proveedor de acceso configurado con correo electrónico.

Fuente: Autor del Proyecto.

✓ **Configuración de Reglas de Seguridad:**

- Se definieron políticas para garantizar la seguridad de las credenciales ingresadas, como requisitos de contraseñas seguras (mínimo de caracteres, combinación de mayúsculas y números).

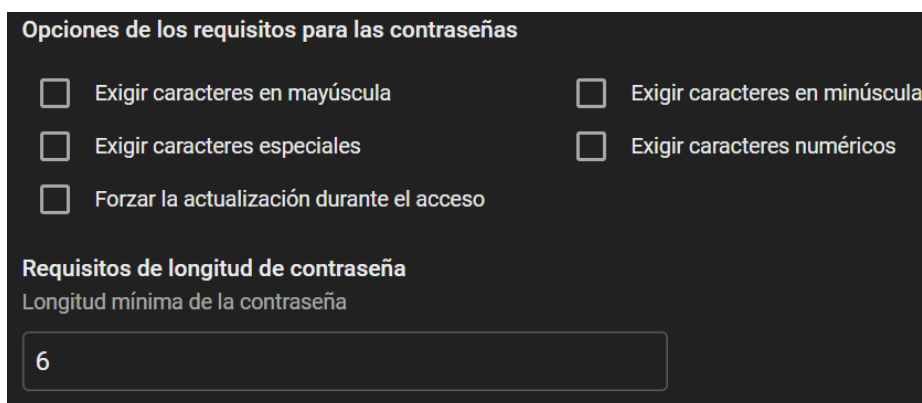


Ilustración 42. Gestor de Políticas de contraseñas en Firebase.

Fuente: Autor del Proyecto.

Implementación de la Lógica de Registro y Autenticación

1. Flujo de Registro:

- Se desarrolló un formulario en la aplicación donde los usuarios ingresan su correo electrónico y contraseña.
- Los datos se envían a Firebase Authentication, que valida y registra la cuenta de manera segura.

2. Flujo de Autenticación:

- Se implementó la funcionalidad para iniciar sesión verificando las credenciales almacenadas en Firebase.


```

private async void LoginButton_Click(object sender, RoutedEventArgs e)
{
    try
    {
        string email = EmailTextBox.Text;

        string password = PasswordBox.Password;

        if (string.IsNullOrEmpty(email) || string.IsNullOrEmpty(password))
        {
            MessageBox.Show("Por favor, complete todos los campos.", "Advertencia", MessageB
            return;
        }

        // Mostrar spinner mientras carga
        LoadingOverlay.Visibility = Visibility.Visible;

        var auth = await _authProvider.SignInWithEmailAndPasswordAsync(email, password);

        string nombreUsuario = auth.User.DisplayName ?? "Usuario";
        string userId = auth.User.LocalId;

        MainForm mainForm = new MainForm(nombreUsuario, userId);
        mainForm.Show();
        this.Close();
    }
    catch (FirebaseAuthException ex)
    {
        // Manejo de errores específicos
        if (ex.Message.Contains("INVALID_EMAIL"))
        {
            MessageBox.Show("El correo electrónico ingresado no es válido. Por favor, verif

```

Ilustración 43. Método para el botón de Login (Conexión con la BDD)

Fuente: Autor del Proyecto.

- Dependiendo del rol del usuario, el sistema redirige a interfaces específicas (paciente o especialista).

```

// Cargar progreso y verificar rol desde Firestore
private async Task CargarProgresoYRolUsuarioAsync()
{
    try
    {
        DocumentReference docRef = _firestoreDb.Collection("users").Document(_userId);
        DocumentSnapshot snapshot = await docRef.GetSnapshotAsync();

        if (snapshot.Exists)
        {
            var userData = snapshot.ToDictionary();
            string progreso = userData.ContainsKey("Progress") ? userData["Progress"].ToString() : "No disponible";
            _rolUsuario = userData.ContainsKey("Role") ? userData["Role"].ToString() : "patient";

            ProgresoUsuarioTextBlock.Text = $"Progreso: {progreso}";

            // Desactivar botón de lista de pacientes si el rol NO es specialist
            ListaPacientesButton.IsEnabled = _rolUsuario == "specialist";
        }
        else
        {
            ProgresoUsuarioTextBlock.Text = "Progreso: No disponible";
        }
    }
    catch (Exception ex)
    {
        MessageBox.Show($"Error al cargar el progreso del usuario: {ex.Message}", "Error", MessageBoxButton.OK);
        ProgresoUsuarioTextBlock.Text = "Progreso: Error al cargar";
    }
}

```

Ilustración 44. Lógica para la gestión de contenido en base al rol del usuario.

Fuente: Autor del Proyecto.

Configuración de Firestore Database

1. Estructura de la Base de Datos:

- **Colección users:**
 - Cada usuario se almacena como un documento con los siguientes atributos:
 - **FirstName:** Nombre del usuario.
 - **LastName:** Apellidos del usuario.
 - **Email:** Correo electrónico.
 - **Role:** Rol (paciente o especialista).
 - **NumeroIdentificacion:** Cédula del usuario.
 - **Subcolección hojas:**

- Contiene documentos con la información médica del usuario, organizada en secciones como diagnóstico, tratamiento y seguimiento.
 - **Colección turnos:**
 - Registra los turnos asignados a los pacientes con campos como:
 - userId: Identificador del paciente.
 - date: Fecha del turno.
 - time: Hora del turno.

Proceso de Implementación

Registro de Usuarios:

- El código de registro crea un documento en la colección users con la información básica del usuario y configura una subcolección llamada hojas:

```

// Actualizar el DisplayName usando la API REST de Firebase
await UpdateDisplayNameAsync(auth.FirebaseAuth, $"{firstName} {lastName}");

// Guardar datos adicionales en Firestore con rol y observaciones predeterminadas
DocumentReference userDocRef = _firestoreDb.Collection("users").Document(auth.User.LocalId);
await userDocRef.SetAsync(new
{
    FirstName = firstName,
    LastName = lastName,
    Email = email,
    NumeroIdentificacion = cedula, // Guardar la cédula
    Progress = 0, // Progreso inicial
    Role = "patient", // Rol predeterminado
    Observations = "Ninguna" // Observaciones por defecto
});

// Crear una subcolección "hojas" con un documento inicial completo
CollectionReference hojasRef = userDocRef.Collection("hojas");
await hojasRef.AddAsync(new
{
    InformacionGeneral = new
    {
        NombreCompleto = $"{firstName} {lastName}",
        Edad = 0, // Edad predeterminada
        Genero = "No especificado",
        NumeroIdentificacion = cedula, // Guardar la cédula también aquí
        DatosContacto = "No especificado",
        Direccion = "No especificado",
        FechaIngreso = DateTime.Now
    },
    DiagnosticoYCondicion = new

```

Ilustración 45. Creación de las colecciones y documentos en la BDD al registrar al usuario en el sistema,

Fuente: Autor del Proyecto.

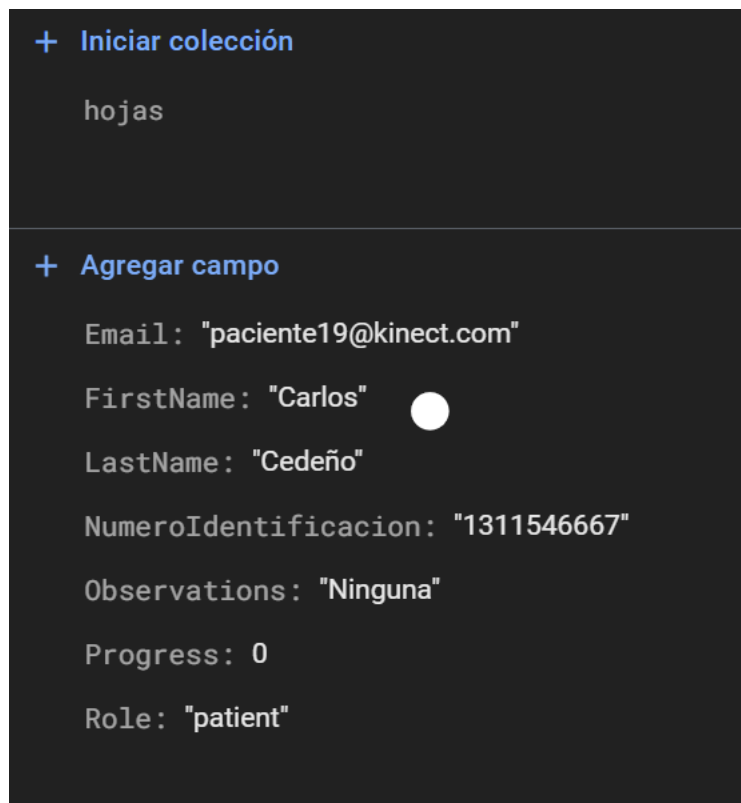


Ilustración 46. Creación del documento (Vista desde Firebase Console)

Fuente: Autor del Proyecto.

4.4.4.3.4 Verificación de controladores/drivers del sensor Kinect

En el proceso de desarrollo y pruebas del proyecto, hubo un momento en el que el dispositivo Kinect solo era reconocido como dispositivo USB, pero la fuente de poder no era reconocida por el sistema, lo cual no permitía el funcionamiento de las cámaras y sensor infrarrojo de Kinect para su uso en las aplicaciones de escritorio, la solución a esto es comprobar, mediante el Administrador de Dispositivos del sistema, que se encuentren actualizados los controladores del Kinect (**Ilustración 49**).

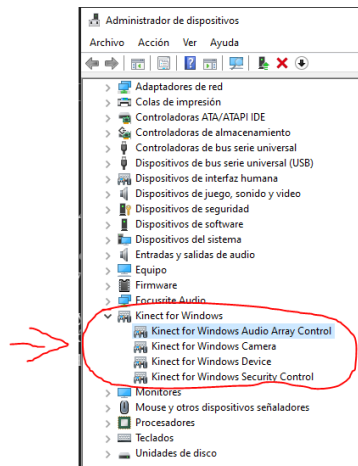


Ilustración 47. Controladores del Dispositivo Kinect actualizados y listos para su funcionamiento óptimo.

Fuente: Autor del Proyecto.

4.4.4.3.5 Instalación de paquetes de códigos del IDE Microsoft Visual Studio para el desarrollo del Proyecto

Para empezar a desarrollar con Kinect en C# y WPF mediante el Visual Studio, es necesario que, al momento de la instalación del IDE, en la sección de Cargas de trabajo se seleccione y se instale el paquete de Desarrollo de escritorio de .NET.

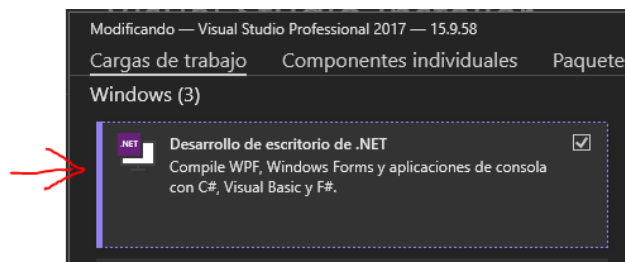


Ilustración 48. Paquete de Código de Visual Studio que contiene WPF y C#.

Fuente: Autor del Proyecto.

Ahora en adelante ya podremos crear un proyecto WPF en Visual Studio, mediante los siguientes pasos:

- 1) Clic en Archivo > Nuevo > Nuevo Proyecto...

- 2) En la ventana de Nuevo Proyecto buscaremos la opción de Aplicación de WPF (.NET Framework)
- 3) Para finalizar, damos clic en **Aceptar**.

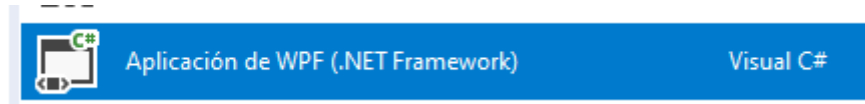


Ilustración 49. Visual Studio nos otorga la opción de crear un Proyecto en WPF (Visual C#).

Fuente: Autor del Proyecto.

Entre otras bibliotecas importantes instaladas en el IDE tenemos:

- Firebase SDK (Bases de Datos y Autenticación)

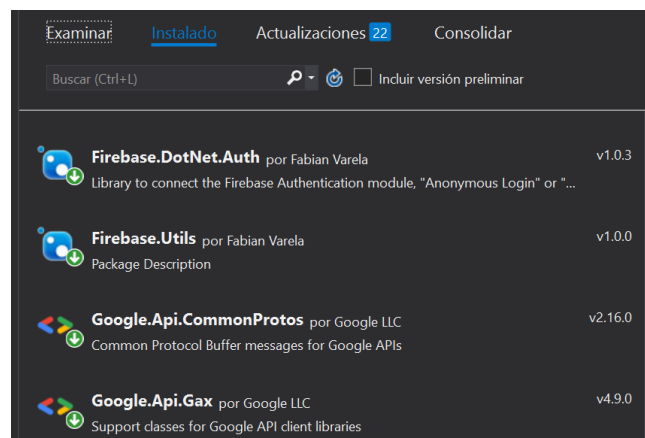


Ilustración 50. Paquetes de Código de Visual Studio que contienen los servicios de Firebase.

Fuente: Autor del Proyecto.

- PdfSharp (Paquete para realizar la creación y exportación de archivos .pdf)

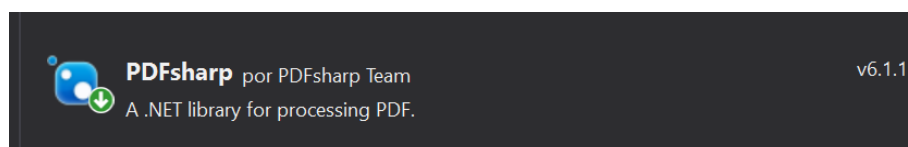


Ilustración 51. Paquetes de Código de Visual Studio que contienen los servicios de PDFsharp.

Fuente: Autor del Proyecto.

- WpfAnimatedGif (Paquete para habilitar imágenes .gif en el diseño de las interfaces)

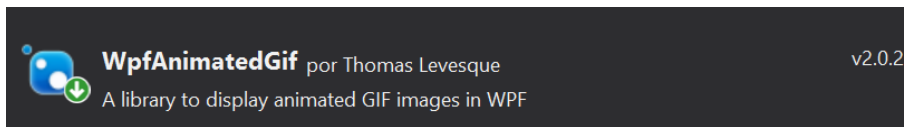


Ilustración 52. Paquetes de Código de Visual Studio que contienen los servicios de WpfAnimatedGif.

Fuente: Autor del Proyecto.

4.4.4.3.6 Añadir referencias del SDK de Kinect mediante el explorador de soluciones en Visual Studio

Para que los comandos de cada acción que vaya a realizar nuestro Kinect mediante el software sean reconocidos por el IDE hay que importar las referencias desde la carpeta donde se encuentran los archivos del SDK de Kinect:

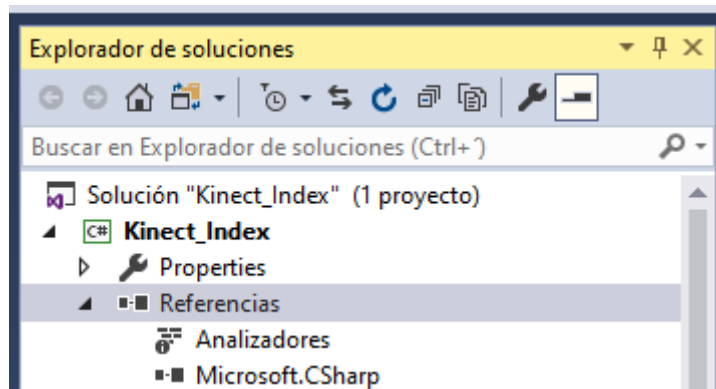
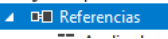



Ilustración 53. Ventana del Explorador de Soluciones en Visual Studio 2017.

Fuente: Autor del Proyecto.

- 1) Clic derecho en:  > clic en: 
- 2) En la ventana de **administrador de referencias** hacemos clic en el botón “Examinar...”.

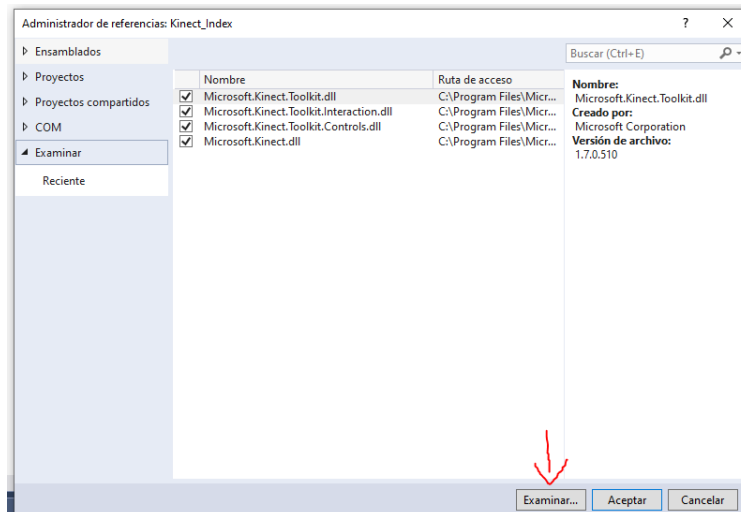


Ilustración 54. Administrador de Referencias de Visual Studio 2017.

Fuente: Autor del Proyecto.

3) Agregamos todos los archivos con extensión .dll de la carpeta ubicada en las siguientes direcciones (o en donde se haya instalado el SDK de Kinect):

- C:\ProgramFiles\Microsoft SDKs\Kinect\Developer Toolkit v1.7.0\Assemblies
- C:\Program Files\Microsoft SDKs\Kinect\v1.7\Assemblies

4) Para finalizar marcamos las casillas de cada archivo y damos clic en el botón **Aceptar**.

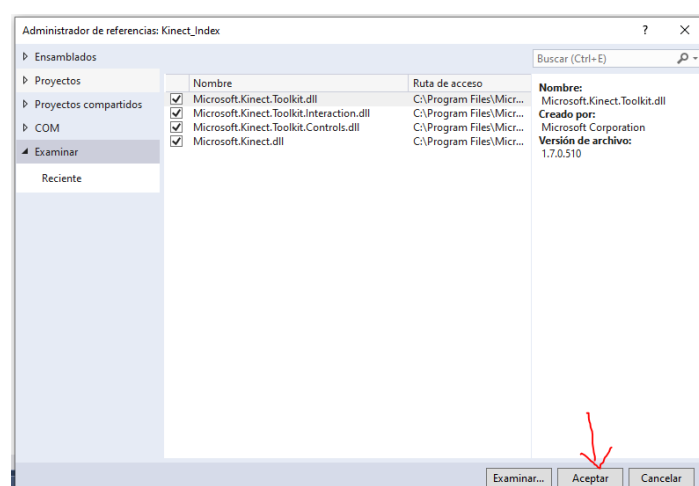


Ilustración 55. Finalizando la configuración de Referencias del SDK Kinect en Visual Studio.

Fuente: Autor del Proyecto.

4.4.4.4 Aplicación

Durante la segunda etapa del diseño, se estableció el modelo de la aplicación. Se optó por un modelo que enfatizara la simplicidad en la interacción, especialmente considerando que los principales usuarios serán personas que no son del área de TI. Se destaca la sencillez en la navegación y teniendo a la información como recurso principal.

La simplicidad con la que se diseñaron las interfaces del software es comparable a la que utilizaría un navegador web. Los usuarios experimentarán la facilidad de navegar entre las diversas páginas que constituyen el software.

Entre los elementos que conforman los archivos XAML usamos varios elementos *Page* incluidos dentro de un *Frame*, que nos permite navegar por las distintas páginas de la aplicación sin que el Kinect se desactive. La función *KinectRegion* sirve para determinar el espacio en el que podremos usar el sensor Kinect y otra función importante es la de *KinectSensorChooserUI*, la cual detectará, iniciará el Kinect y nos informará cuando esté listo para usarse (**Ilustración 27**).

```
xmlns:x="http://schemas.microsoft.com/winfx/2006/xaml"
xmlns:k="http://schemas.microsoft.com/kinect/2013"
Icon="/Images/FisioKinect Logo.ico"
Title="FisioKinect" Height="500" Width="805" WindowStartupLocation="CenterScreen" ResizeMode="NoResize" ;
<Grid>
  <k:KinectRegion Name="KinectRegion">
    <Grid>
      <Frame Content="" Name="MainFrame" Source="/Pages/Menuprincipal.xaml" NavigationUIVisibility="H:
      <k:KinectCircleButton Click="Button1_Click" Label="Salir" HorizontalAlignment="Right" VerticalAl:
    </Grid>
  </k:KinectRegion>
  <k:KinectSensorChooserUI HorizontalAlignment="Center" VerticalAlignment="Top" Name="SensorChooserUI" />
</Grid>
</Window>
```

Ilustración 56 Principales funciones de Kinect en el control Página de la ventana principal de la Aplicación.

Fuente: Autor del Proyecto.

4.4.4.5 Modelos y Controles

Para el diseño estético de la aplicación se optó por mantener una vista minimalista tanto en las imágenes, como en los elementos con los que puede interactuar el usuario al navegar por la interfaz, o al momento de realizar las actividades que vienen incluidas en el software. Estos elementos los podemos encontrar incluidos en la interfaz de diseño de WPF en Visual Studio, y las imágenes fueron descargadas de la web y copiadas en la carpeta de los archivos de la aplicación, cabe recalcar que las imágenes son de licencia libre, por lo que se pueden usar en proyectos de manera gratuita. La mayor parte de la aplicación está compuesta por botones, que son los que nos permitirán desplazarnos por las distintas ventanas de la aplicación, y también nos servirán para realizar las actividades, este elemento es conocido como *KinectTileButton* y lo podemos añadir a nuestro diseño en código XAML. También diseñaron y construyeron los modelos necesarios para manejar datos del usuario y actividades. Esto incluye la integración con Firestore Database para almacenar información como el progreso de los pacientes y sus actividades asignadas.

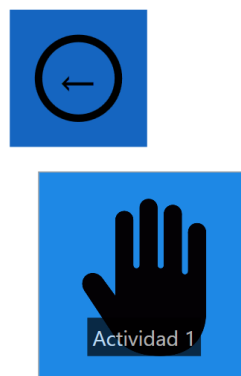


Ilustración 57. Vectores utilizados para el desplazamiento y actividades de la aplicación.

Fuente: Autor del Proyecto.

Como detalle adicional, cada elemento de botón tiene un sonido característico mediante archivos de audio en formato .WAV, que ayuda al usuario como guía mientras se desplaza por las pantallas, y también nos ayuda a confirmar cuando un botón ha sido oprimido correctamente.

4.4.4.6 Actividades de la Plataforma

Para esta sección, se decidió dividir la aplicación en un total de diez actividades, unas dedicadas a estiramientos, otras dedicadas a la imitación o seguimiento de pasos y por último, las que generan un personaje virtual en pantalla para la interacción con elementos virtuales.

4.4.4.6.1 Animaciones y Funciones de *KinectRegion*

En la navegación y diseño de interfaces con Kinect tenemos también la opción de personalizar los elementos tales como el cursor, las animaciones de los objetos, entre otros. En nuestro caso dejamos todas las propiedades de los objetos de Kinect seleccionadas por defecto, donde el cursor será el icono de una mano (**Ilustración 38**), pudiendo Kinect detectar si es nuestra mano izquierda o derecha, el color que tomará el cursor al momento de presionar un objeto (en este caso el color de Kinect por defecto es violeta (#462A84), y las animaciones que tendrá el objeto al momento de pasar el cursor sobre ellos y presionarlos.

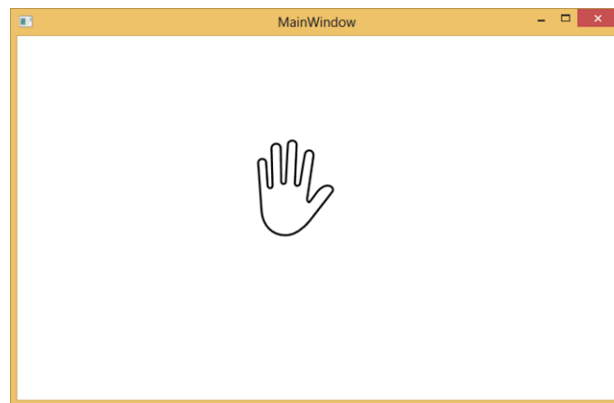


Ilustración 58. Cursor de Kinect al detectar la mano izquierda.

Fuente: Autor del Proyecto.



Ilustración 59. Cursor de Kinect presionando un objeto.

Fuente: Autor del Proyecto.

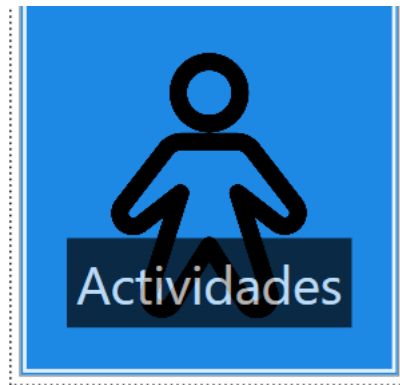


Ilustración 60. Botón de Kinect en estado Normal.

Fuente: Autor del Proyecto.



Ilustración 61. Botón de Kinect al pasar el cursor sobre él.

Fuente: Autor del Proyecto.



Ilustración 62. Botón de Kinect al presionarlo.

Fuente: Autor del Proyecto.

4.4.4.7 Diseño del Módulo de Turnos: Interfaz de Usuario y Lógica

- **Interfaz de Usuario:** El diseño de la interfaz de usuario para el módulo de turnos busca ser intuitivo y accesible, permitiendo a los pacientes y especialistas interactuar fácilmente con las opciones disponibles. Las principales características de la interfaz incluyen:
 - Una tabla que muestra horarios disponibles.
 - Botón para separar turnos.
 - Indicadores visuales para horarios ocupados, disponibles y seleccionados.
 - Notificaciones emergentes para confirmar acciones realizadas, como asignación o modificación de turnos.

Lógica:

La lógica del módulo de turnos se desarrolla en varias etapas:

1. **Validación de disponibilidad:** Verifica si el horario solicitado está libre.
2. **Asignación automática de turnos:** Asegura que los pacientes no seleccionen horarios en conflicto.

3. **Gestión de colisiones:** Permite al especialista reorganizar turnos en caso de conflictos.

4.4.4.8 Diseño del Módulo de Hoja Médica: Visualización de Datos de Pacientes

- **Interfaz de Usuario:** El diseño de la interfaz de la hoja médica está orientado a especialistas, asegurando una navegación clara y organizada. Sus principales características incluyen:
- Paneles estructurados que separan información como historial clínico, diagnósticos, tratamientos y observaciones.
- Opción de búsqueda rápida para localizar pacientes específicos.
- Botones y campos para editar, eliminar y actualizar información.
- Herramienta para exportar la hoja médica a formato PDF.

Visualización de Datos:

- Tablas organizadas para mostrar datos de manera secuencial.
- Campos dinámicos que se actualizan automáticamente al agregar nueva información.

4.4.4.9 Modelado Específico para Soportar Ambas Funcionalidades

- **Base de Datos:** El modelo de datos incluye tablas y relaciones específicas para gestionar turnos y hojas médicas:
- **Turnos:** Incluye campos como paciente, especialista, fecha, hora, estado (Disponible, reservado).
- **Hojas médicas:** Contiene información estructurada con cédula del paciente, historial clínico, diagnósticos, tratamientos y observaciones.
- **Arquitectura del Sistema:** Se utilizan patrones de diseño como MVVM (Model-View-ViewModel) para separar la lógica de negocio de la interfaz de usuario. Esto facilita la escalabilidad y el mantenimiento.

- **Modelo de Turnos:** Implementa la validación de horarios y sincronización de turnos con la base de datos.
- **Modelo de Hoja Médica:** Gestiona la recuperación, edición y almacenamiento de datos clínicos.

4.4.4.10 Interfaz de Usuario

En esta fase, se diseñó una interfaz de usuario amigable y minimalista que permitiera la interacción intuitiva con las funcionalidades del software. Los elementos visuales fueron diseñados para facilitar la navegación y proporcionar instrucciones claras para los usuarios.

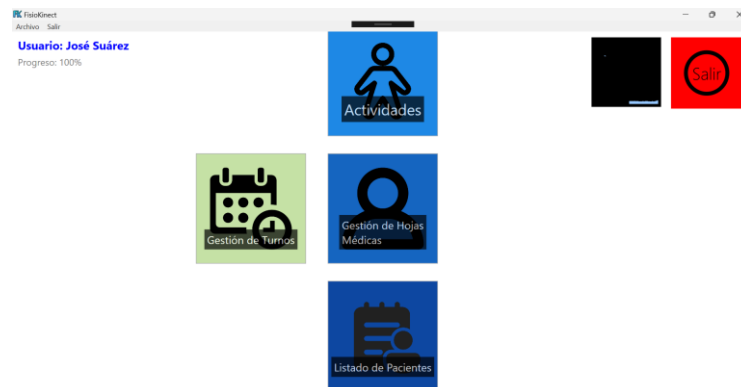


Ilustración 63. FisoKinect - Menú Principal



Ilustración 64. FisoKinect - Menú de Actividades

Fuente: Autor del Proyecto.

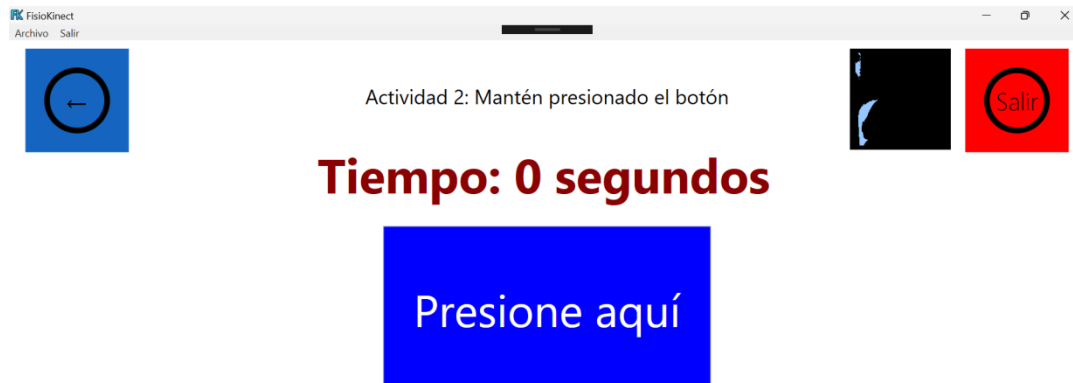


Ilustración 65. FizioKinect - Pantalla de Estiramientos hacia el frente. (Actividad 2)

Fuente: Autor del Proyecto.

4.4.4.11 Inicio de Sesión y Registro de Usuarios

Se desarrolló una funcionalidad dedicada para el inicio de sesión y registro de usuarios utilizando Firebase Authentication. Esta sección permite gestionar la autenticación segura y la personalización de las experiencias de los usuarios.

Diseño de Interfaces:

- Se creó una pantalla de registro donde los usuarios pueden ingresar su nombre, correo electrónico y contraseña.

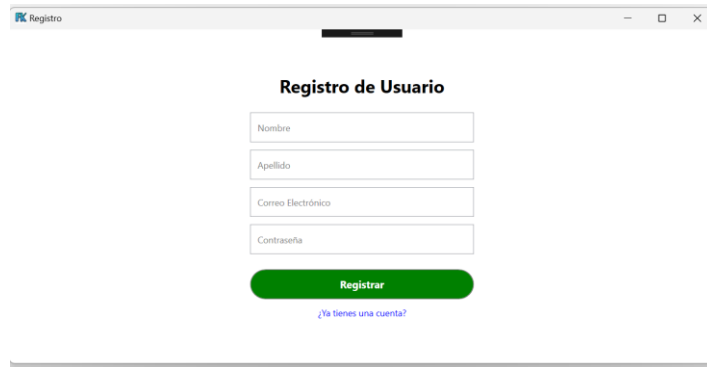


Ilustración 66. Fisiokinect - Pantalla de Registro de Usuarios.

Fuente: Autor del Proyecto.

- Una pantalla de inicio de sesión permite que los usuarios existentes accedan al sistema proporcionando sus credenciales.

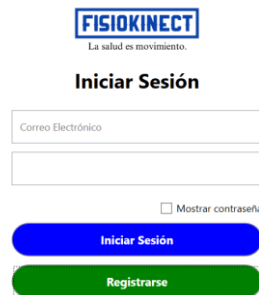


Ilustración 67. Fisiokinect - Pantalla de Login.

Fuente: Autor del Proyecto.

- **Flujo de Trabajo:**

- El usuario selecciona la opción "Registrarse" o "Iniciar Sesión" desde la pantalla principal.
- En el caso de registro, los datos ingresados se validan y se almacenan en Firestore Database.
- Durante el inicio de sesión, las credenciales son verificadas mediante Firebase Authentication.
- Si la autenticación es exitosa, el usuario es redirigido a la interfaz principal.

- **Seguridad:**

- Se implementó hashing y manejo seguro de contraseñas mediante Firebase Authentication.
- Los errores de inicio de sesión o registro se manejan con mensajes claros que guían al usuario para corregirlos.

4.4.4.12 Recuperación de contraseña

Se desarrolló una funcionalidad específica para la recuperación de contraseñas utilizando Firebase Authentication, con el objetivo de brindar a los usuarios un proceso seguro y accesible para restablecer su acceso al sistema en caso de olvido de sus credenciales.

Diseño de Interfaces:

- **Pantalla de Recuperación:**

Se diseñó una pantalla interactiva donde el usuario puede ingresar su correo electrónico asociado a la cuenta para solicitar un enlace de restablecimiento.


The image shows a web browser window titled "FK Recuperar Contraseña". The main heading is "Recuperar Contraseña". Below the heading, there is a text prompt: "Introduce el correo electrónico asociado a tu cuenta y te enviaremos instrucciones para cambiar la contraseña." Underneath this text is a text input field with the placeholder text "Ingresa tu correo electrónico". Below the input field is a blue button with the text "Enviar".

Ilustración 68. Pantalla de Recuperación de Contraseña

Fuente: Autor del Proyecto.

- **Notificación de confirmación:**

Una notificación en pantalla confirma que se ha enviado un correo con el enlace de recuperación al usuario.

Flujo de Trabajo:

1. El usuario selecciona la opción "**Olvidé mi contraseña**" en la pantalla de inicio de sesión.
2. Es redirigido a la pantalla de recuperación, donde ingresa su correo electrónico registrado.
3. El sistema verifica la existencia del correo en la base de datos mediante Firebase Authentication.
4. Si el correo es válido:
 - Firebase envía un enlace de recuperación al correo proporcionado.
 - El usuario sigue el enlace para restablecer su contraseña.
5. Si el correo no es válido:
 - El sistema muestra un mensaje de error que informa al usuario y le permite reintentarlo.

Seguridad:

- La funcionalidad de recuperación se integra con Firebase para asegurar que los enlaces enviados sean únicos, temporales y seguros.
- El sistema evita intentos de recuperación masivos mediante una validación de límite de solicitudes por usuario.
- Los errores, como correos no registrados o formatos incorrectos, son manejados con mensajes claros que guían al usuario durante el proceso.

Este módulo garantiza que los usuarios puedan restablecer sus contraseñas de manera rápida y confiable, mejorando la accesibilidad y la experiencia general del sistema.

4.4.4.13 Listado de Pacientes

Se desarrolló una funcionalidad para los especialistas que les permite visualizar una lista completa de pacientes registrados en el sistema. Esta lista incluye datos relevantes, como:

- Nombre del paciente.
- Progreso registrado en las actividades.
- Observaciones adicionales.

Características principales:

- **Búsqueda y Filtros:**

- Se incluyeron opciones de búsqueda para localizar rápidamente a pacientes específicos.

- **Edición de Datos:**

- Los especialistas pueden actualizar información relevante sobre los pacientes directamente desde la interfaz.

- **Exportación de Informes:**

- Se habilitó la exportación de la lista completa de pacientes y su progreso en formato PDF utilizando el paquete **PDFSharp**. Este paquete permite generar documentos PDF de manera programática, asegurando que los informes sean claros, organizados y compatibles con cualquier dispositivo. La funcionalidad incluye:
 - Diseño personalizado del informe.
 - Inclusión de datos organizados en tablas para mayor claridad.
 - Posibilidad de guardar o imprimir el informe directamente desde la aplicación.

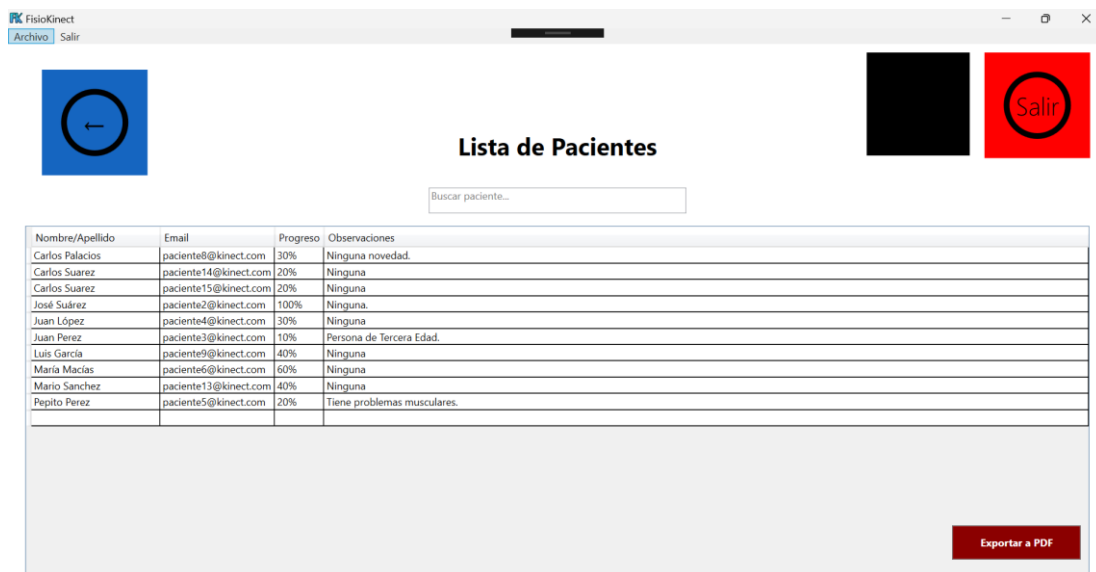


Ilustración 69. FisiKinect – Listado de Pacientes.

Fuente: Autor del Proyecto.

4.4.4.14 Gestión de Turnos

Se desarrolló una funcionalidad interactiva para la gestión de turnos, diseñada tanto para pacientes como para especialistas, con el propósito de optimizar la asignación de citas y la organización del calendario de terapias. Esta funcionalidad garantiza un flujo eficiente en el registro, actualización y notificación de turnos.

Características principales:

- **Selección de Turnos:** Los pacientes pueden seleccionar fechas y horarios disponibles según la agenda del especialista.
- **Actualización y Cancelación:** Tanto pacientes como especialistas pueden reprogramar o cancelar citas directamente desde la interfaz.
- **Notificaciones:**
El sistema envía recordatorios automáticos y notificaciones de confirmación a los usuarios.

Búsqueda y Filtros:

- Se incluyó un buscador que permite a los especialistas filtrar turnos por fechas.

Confirmación y Seguimiento:

- El sistema genera confirmaciones visuales para los usuarios y actualiza automáticamente la base de datos con la información del turno seleccionado.

Ilustración:

Gestión de Turnos

Fecha de Inicio:

Fecha de Fin:

Hora de Inicio:

Hora de Fin:

Generar Turnos

Búsqueda de turnos:

Fecha	Hora	Hora Fin	Reservado	Paciente
2025-01-20	11:00	12:00	<input type="checkbox"/>	No asignado
2025-01-20	14:00	15:00	<input type="checkbox"/>	No asignado
2025-01-20	15:00	16:00	<input type="checkbox"/>	No asignado
2025-01-21	09:00	10:00	<input checked="" type="checkbox"/>	Raul Gonzalez
2025-01-21	10:00	11:00	<input type="checkbox"/>	No asignado
2025-01-21	11:00	12:00	<input type="checkbox"/>	No asignado
2025-01-21	14:00	15:00	<input type="checkbox"/>	No asignado
2025-01-21	15:00	16:00	<input type="checkbox"/>	No asignado
2025-01-22	09:00	10:00	<input type="checkbox"/>	No asignado
2025-01-22	10:00	11:00	<input type="checkbox"/>	No asignado
2025-01-22	11:00	12:00	<input type="checkbox"/>	No asignado
2025-01-22	14:00	15:00	<input type="checkbox"/>	No asignado
2025-01-22	15:00	16:00	<input type="checkbox"/>	No asignado
2025-01-23	09:00	10:00	<input type="checkbox"/>	No asignado
2025-01-23	10:00	11:00	<input type="checkbox"/>	No asignado

Eliminar Turnos Seleccionados

Ilustración 70. Pantalla de Gestión de Turnos

Fuente: Autor del Proyecto.

4.4.4.15 Gestión de Hojas Médicas

Se implementó una funcionalidad dedicada para la creación, actualización y consulta de hojas médicas, dirigida a los especialistas. Este módulo facilita el registro de información clínica esencial y garantiza que los datos estén organizados y accesibles.

Características principales:

- **Registro y Edición de Datos:**

Los especialistas pueden registrar diagnósticos, tratamientos y observaciones directamente en las hojas médicas de los pacientes.

- **Consultas Detalladas:**

Las hojas médicas incluyen toda la información clínica relevante, presentada en un formato claro y accesible para los especialistas.

- **Exportación a PDF:**

Se habilitó la exportación de las hojas médicas en formato PDF, utilizando PDFSharp. Esto permite a los especialistas generar informes personalizados con opciones de impresión directa.

- **Validaciones Automáticas:**

Para asegurar la integridad de los datos, el sistema verifica que los campos obligatorios estén completos antes de guardar cualquier registro.

Ilustración:

Buscar por cédula:

Información General

Nombre Completo:

Edad:

Género:

Número de Identificación:

Datos de Contacto:

Dirección:

Fecha de Ingreso:

Diagnóstico y Condición

Diagnóstico Médico:

Historia Clínica:

Ilustración 71. Pantalla de Consulta de Hojas Médicas de Pacientes

Fuente: Autor del Proyecto.

Estas funcionalidades están diseñadas para optimizar la experiencia tanto de los especialistas como de los pacientes, garantizando eficiencia, claridad y accesibilidad en la gestión de la información médica

4.4.4.16 Actividad 1 (Interacción básica con elementos de Kinect)

Esta primera actividad consiste simplemente en marcar cada uno de los elementos en la pantalla, para lograr completar la actividad el usuario deberá seleccionar estos objetos con sus manos y marcarlos moviendo el brazo hacia el frente, de esta manera Kinect reconocerá la acción y marcará el elemento, realizar esta actividad requiere de cierta precisión y dominio del sensor Kinect, es una actividad sin condiciones, por lo que el usuario puede ocupar el tiempo que sea necesario para cumplir la actividad, como detalle adicional se acomodaron los elementos y la sensibilidad de los mismos para que puedan ser realizados en lugares más cerrados, como un consultorio o una oficina por ejemplo.

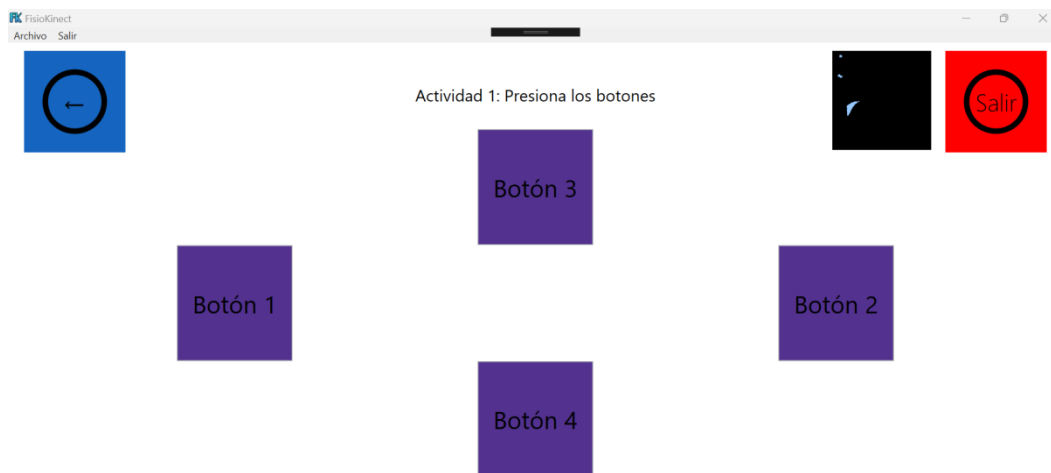


Ilustración 72. Pantalla de Actividad 1.

Fuente: Autor del Proyecto.

A medida que se vayan marcando estos elementos estos cambiarán de color y se escuchará un sonido de confirmación, esta actividad se diseñó con el fin de que el usuario empiece a familiarizarse con el funcionamiento de la aplicación antes de realizar las otras actividades.

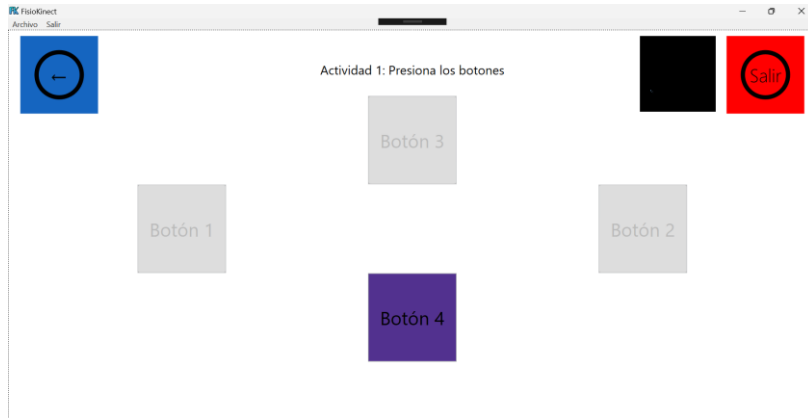


Ilustración 73. Primera actividad realizada por completo.

Fuente: Autor del Proyecto.

4.4.4.17 Actividad 2 (Estiramiento de brazos hacia el frente)

Esta segunda actividad consiste en algo similar, pero con una lógica distinta, el usuario deberá mantener presionado el botón durante diez segundos para completar la actividad, el fin de esta actividad es el de realizar un estiramiento de brazo frontal para prepara al usuario para las otras actividades.

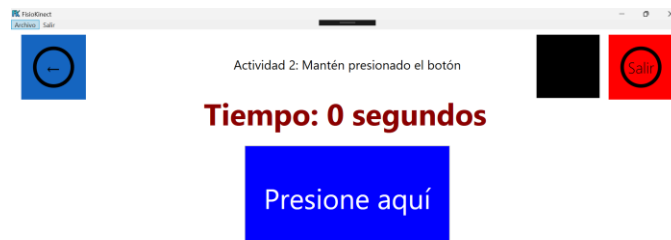


Ilustración 74. Pantalla de Actividad 2.

Fuente: Autor del Proyecto.

¡Actividad completada!

Aceptar

Progreso de actividades

100%



Ilustración 75. Tras completar las actividades propuesta se nos mostrará una pantalla que nos lo notificará.

Fuente: Autor del Proyecto.

4.4.4.18 Actividad 3 (Estiramiento de brazos hacia arriba)

En este caso, se optó por hacer un reconocimiento esquelético por parte de Kinect, donde usuario deberá imitar el gesto mostrado en pantalla (levantar ambos brazos), con la condición de que debe mantenerlos levantados 15 segundos seguidos (si no cumple esta condición el tiempo no avanzará), una vez completada la actividad se nos mostrará una pantalla felicitando al jugador.

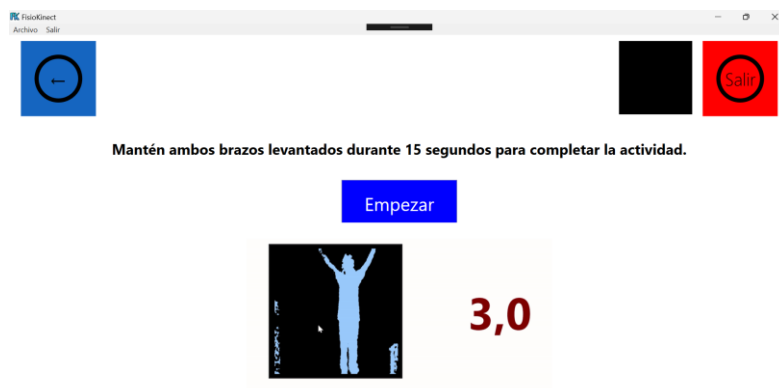


Ilustración 76. Pantalla que nos indica las reglas de la actividad 3 antes de empezar.

Fuente: Autor del Proyecto.



Ilustración 77. Pantalla Actividad 3.

Fuente: Autor del Proyecto.

4.4.4.19 Actividad 4 (Interacción con Objetos Virtuales usando Skeletal Tracking)

Para uso del seguimiento esquelético de Kinect. se elaboró una actividad la cual consiste en controlar un personaje virtual usando nuestros brazos y piernas, pero esta vez la condición será buscar los objetos que aparezcan en pantalla y tocarlos, siendo una forma interactiva de aportar a la coordinación motriz del usuario, mejorar la flexibilidad y el sentido del equilibrio.



Ilustración 78. Pantalla que nos indica las instrucciones de la Actividad 4.

Fuente: Autor del Proyecto.

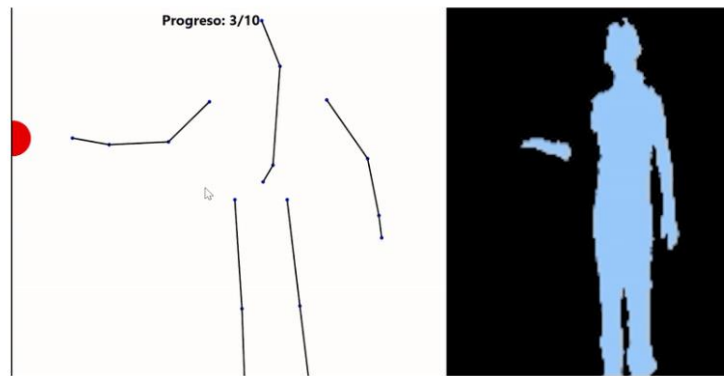


Ilustración 79. Actividad de tocar objetos virtuales con las manos y pies.

Fuente: Autor del Proyecto.

Además de las actividades descritas, el sistema incluye otras variantes que siguen el mismo principio de diseño e interacción, adaptadas a diferentes niveles de complejidad y objetivos terapéuticos. Estas actividades mantienen la misma lógica de uso del sensor Kinect para la captura de movimientos y la evaluación del progreso del usuario.

4.4.4.20 Desarrollo de Código

4.4.4.20.1 Código para Detección del sensor al ejecutar la aplicación

Un paso crucial para que los componentes de Kinect sean detectados por el entorno de desarrollo integrado (IDE) y puedan funcionar correctamente al iniciar la aplicación es integrar la siguiente línea de código (**Ilustración 74**) en la ventana principal de diseño XAML, esta función permitirá la comunicación de la aplicación con el sensor Kinect.

```
xmlns:k="http://schemas.microsoft.com/kinect/2013"
```

Ilustración 80. Función de la pantalla de diseño que permite la comunicación de la aplicación con el sensor Kinect.

Fuente: Autor del Proyecto.

En el código, iniciamos el dispositivo Kinect en la aplicación, insertamos el evento *SensorChooserOnKinectChanged* (**Ilustración 75**) el cual se encargará de habilitar las funciones de detección de esqueleto y de profundidad, estos tienen el fin de seguir el movimiento del usuario además de poder identificar ciertos gestos.

```
private void OnLoaded(object sender, RoutedEventArgs routedEventArgs)
{
    _sensorChooser = new KinectSensorChooser();
    _sensorChooser.KinectChanged += SensorChooserOnKinectChanged;
    SensorChooserUI.KinectSensorChooser = _sensorChooser;
    _sensorChooser.Start();
}

private void SensorChooserOnKinectChanged(object sender, KinectChangedEventArgs args)
{
    bool error = false;

    if (args.OldSensor != null)
    {
        try
        {
            args.OldSensor.DepthStream.Disable();
            args.OldSensor.SkeletonStream.Disable();
        }
        catch (Exception)
        {
            error = true;
        }
    }
}
```

Ilustración 81. Código de habilitación para las funciones de Kinect en la aplicación.

Fuente: Autor del Proyecto.

También fue necesario declarar un controlador de eventos para que verifique el sensor conectado vía USB y lo pueda inicializar.

```
try
{
    args.NewSensor.DepthStream.Enable(DepthImageFormat.Resolution640x480Fps30);
    args.NewSensor.SkeletonStream.Enable();
    try
    {
        args.NewSensor.SkeletonStream.TrackingMode = SkeletonTrackingMode.Seated;
        args.NewSensor.DepthStream.Range = DepthRange.Near;
        args.NewSensor.SkeletonStream.EnableTrackingInNearRange = true;
    }
    catch (InvalidOperationException)
    {
        args.NewSensor.DepthStream.Range = DepthRange.Default;
        args.NewSensor.SkeletonStream.EnableTrackingInNearRange = true;
    }
}
catch (InvalidOperationException)
{
    error = true;
}
if (!error)
    KinectRegion.KinectSensor = args.NewSensor;
//KinectSensor sensor;
```

Ilustración 82. Controlador de eventos para el arranque de Kinect.

Fuente: Autor del Proyecto.

4.4.4.20.2 Navegación y Sonidos

Para la navegación entre ventanas se utilizó elementos *Button*, cada uno con distintas funcionalidades para desplazarnos por las distintas interfaces y funcionalidades de las actividades del Software. Para el botón principal para salir de la aplicación se utilizó el código mostrado a continuación (**Ilustración 84**). En casi toda la aplicación tendremos la misma estructura de código en los botones, usando la función *SoundPlayer* podemos asignar sonidos personalizados a cada botón al momento de oprimirlo, o colocar sonidos al abrir nuevas páginas, los sonidos utilizados son de licencia libre ⁹ y algunos de ellos fueron extraídos de las aplicaciones incluidas en el SDK de Kinect.

```
private void Button1_Click(object sender, RoutedEventArgs e)
{
    SoundPlayer player = new SoundPlayer("Hit.wav");
    player.Play();

    MainWindow main = new MainWindow();
    this.Close();
}
```

Ilustración 83. Botón para Cerrar la aplicación ocupando una función de sonido.

Fuente: Autor del Proyecto.

Al estar alojado en la ventana principal de la aplicación, el botón de salida de la aplicación funcionará siempre, independientemente de la ventana en la que estemos en ese momento.

Para el resto de las páginas de la aplicación se ocuparon las funciones de desplazamiento de página que vienen incorporadas en el elemento *Frame*.

```
NavigationService.Navigate(new Pagina1());
NavigationService.Navigate(new Uri("Pages/Pagina1.xaml", UriKind.RelativeOrAbsolute));
```

Ilustración 84. Funciones de Navegación entre páginas alojadas en el *Frame* de la aplicación.

⁹ *FreeSound*, <https://freesound.org/>.

Fuente: Autor del Proyecto

4.4.4.20.3 Actividad 1: Interacción básica con elementos de Kinect (Código)

Objetivo: Introducir al usuario al uso del sistema mediante una actividad simple.

Lógica:

- El sistema detecta la posición de las manos mediante el Skeleton Tracking.

```
private async void OnLoaded(object sender, RoutedEventArgs e)
{
    // Configuración inicial del sensor Kinect
    if (!KinectManager.IsKinectRunning)
    {
        MessageBox.Show("El sensor Kinect no está activo. Por favor, regrese al menú principal para\n>Error", MessageBoxButton.OK, MessageBoxImage.Warning);
        return;
    }

    var sensor = KinectManager.Sensor;
    if (sensor != null)
    {
        sensor.SkeletonStream.Enable();
        sensor.ColorStream.Enable(ColorImageFormat.RgbResolution640x480Fps30);
    }
}
```

Ilustración 85. Lógica para iniciar Kinect al iniciar la ventana de Actividad.

Fuente: Autor del Proyecto.

- Los usuarios deben interactuar con elementos virtuales tocándolos en la pantalla.

```
<k2:KinectTileButton Content="Botón 1"
                    Click="KinectTileButton_Click"
                    HorizontalAlignment="Left"
                    VerticalAlignment="Center"
                    Margin="200,0,0,0"
                    Width="150"
                    Height="150"
                    Foreground="Black" />
```

Ilustración 86. Se crearon cuatro elementos KinectTileButton para la actividad.

Fuente: Autor del Proyecto.

- Cada interacción exitosa genera un sonido y aumenta un contador.

```

private async void KinectTileButton_Click(object sender, RoutedEventArgs e)
{
    if (sender is KinectTileButton button && button.IsEnabled)
    {
        SystemSounds.Beep.Play();
        button.IsEnabled = false;
        _buttonsClicked++;

        if (_buttonsClicked == 4)
        {
            await CompleteActivityAsync();
        }
    }
}

```

Ilustración 87. Lógica para los botones de la Actividad 1.

Fuente: Autor del Proyecto.

4.4.4.20.4 Actividad 2: Estiramiento de brazo hacia el frente (Código)

- **Objetivo:** Promover el estiramiento de brazos hacia el frente mediante la interacción con un objetivo virtual.
- **Lógica:**
 - El objeto en pantalla debe ser oprimido.

```

<k1:KinectTileButton
    x:Name="KinectButton"
    Content="Presione aquí"
    Width="400"
    Height="200"
    HorizontalAlignment="Center"
    VerticalAlignment="Center"
    Background="Blue"
    Foreground="White"
    FontSize="55"/>

```

Ilustración 88. Diseño del Botón de la actividad 2.

Fuente: Autor del Proyecto.

- Un temporizador se utiliza para medir el tiempo que el botón deberá mantenerse oprimido

```

private readonly int _requiredHoldTime = 10; //
private DispatcherTimer _checkButtonStateTimer;

```

Ilustración 89. Estableciendo las variables para el cronómetro y tiempo propuesto.

Fuente: Autor del Proyecto

- Se registra un estiramiento exitoso cuando se cumple con el tiempo definido.

```
private void CheckButtonStateTimer_Tick(object sender, EventArgs e)
{
    // Verificar si el botón está siendo presionado
    if (KinectButton.IsPressed)
    {
        _holdTime += 0.1; // Incrementar tiempo acumulado
        TimeIndicatorText.Text = $"Tiempo: {Math.Round(_holdTime, 1)} segundos";

        if (_holdTime >= _requiredHoldTime)
        {
            _checkButtonStateTimer.Stop(); // Detener verificación
            CompleteActivity(); // Completar la actividad
        }
    }
    else
    {
        // Si el botón no está presionado, reiniciar el tiempo acumulado
        _holdTime = 0;
        TimeIndicatorText.Text = "Tiempo: 0 segundos";
    }
}
```

Ilustración 90. Lógica del Botón para completar la Actividad 2.

Fuente: Autor del Proyecto.

4.4.4.20.5 Actividad 3: Estiramiento de brazos hacia arriba (Código)

Objetivo: Mejorar la flexibilidad de los brazos mediante estiramientos verticales.

Lógica:

Se detecta cuando ambas manos superan la altura de los hombros.

```
if (skeleton.TrackingState == SkeletonTrackingState.Tracked)
{
    Joint handLeft = skeleton.Joints[JointType.HandLeft];
    Joint handRight = skeleton.Joints[JointType.HandRight];
    Joint shoulderCenter = skeleton.Joints[JointType.ShoulderCenter];

    if (handLeft.Position.Y > shoulderCenter.Position.Y && handRight.Position.Y > shoulderCenter.Position.Y)
    {
        if (!_holdTimer.IsEnabled)
        {
            _holdTimer.Start();
        }
        StatusText.Text = $"Tiempo: {_holdTime}s - Brazos levantados detectados.";
        return;
    }
}
```

Ilustración 91. Lógica que determina si se cumple con el levantamiento de brazos.

Fuente: Autor del Proyecto.

- El sistema proporciona retroalimentación visual y sonora al completar cada estiramiento.

```

<!-- Texto de instrucciones -->
<TextBlock Text="Estira ambos brazos hacia arriba."
  HorizontalAlignment="Center"
  VerticalAlignment="Top"
  Margin="10,20,10,0"
  FontSize="24"
  FontWeight="Bold"
  TextWrapping="Wrap" />

<!-- User Viewer -->
<Border HorizontalAlignment="Center"
  VerticalAlignment="Center"
  BorderBrush="Black"
  BorderThickness="2"
  Width="300"
  Height="300"
  Background="Black">
  <Image Name="UserViewImage" Width="280" Height="280" Stretch="Fill" />
</Border>

<!-- Imagen específica -->
<Image x:Name="GestureImage"
  HorizontalAlignment="Left"
  VerticalAlignment="Center"
  Margin="192,50,0,50"
  Width="200"
  Height="200" />

```

Ilustración 92. Diseño de elementos para retroalimentación visual de la actividad 3.

Fuente: Autor del Proyecto.

- Se calcula el tiempo que el usuario ha mantenido los brazos estirados y en base a eso completa se completa la actividad, si el usuario no cumple con el tiempo propuesto, el contador se reiniciará.

```

private void HoldTimer_Tick(object sender, EventArgs e)
{
    _holdTime += 1;
    PoseTimerText.Text = _holdTime.ToString("F1");

    if (_holdTime >= _requiredHoldTime)
    {
        _holdTimer.Stop();
        CompleteActivity();
    }
}

```

Ilustración 93. Método que determinará la culminación de la Actividad 3.

Fuente: Autor del Proyecto.

4.4.4.20.6 Actividad 4: Actividad 4: Interacción con Objetos Virtuales usando Skeletal Tracking

- **Objetivo:** Incrementar la coordinación y equilibrio mediante la búsqueda de objetos en pantalla.

Lógica:

- Los usuarios deben mover brazos y piernas para alcanzar objetos que aparecen aleatoriamente.

```
private void GenerateTarget()
{
    if (TargetCanvas == null || TargetCanvas.ActualWidth <= 0 || TargetCanvas.ActualHeight <= 0) return;

    double horizontalMargin = Math.Max(TargetCanvas.ActualWidth * 0.2, 200);
    double verticalMargin = Math.Max(TargetCanvas.ActualHeight * 0.2, 200);

    double x = _random.Next((int)horizontalMargin, (int)(TargetCanvas.ActualWidth - horizontalMargin));
    double y = _random.Next((int)verticalMargin, (int)(TargetCanvas.ActualHeight - verticalMargin));

    _currentTarget = new Ellipse
    {
        Width = 50,
        Height = 50,
        Fill = Brushes.Red
    };

    Canvas.SetLeft(_currentTarget, x);
    Canvas.SetTop(_currentTarget, y);

    TargetCanvas.Children.Add(_currentTarget);
}
```

Ilustración 94. Método para generar los objetivos de manera aleatoria en pantalla (Actividad 4).

Fuente: Autor del Proyecto.

- El sistema utiliza Skeleton Tracking para verificar que las extremidades han tocado los objetos virtuales.

```
private void DrawSkeleton(Skeleton skeleton)
{
    foreach (Joint joint in skeleton.Joints)
    {
        if (joint.TrackingState == JointTrackingState.Tracked)
        {
            DrawJoint(joint);
        }
    }

    DrawBone(skeleton, JointType.Head, JointType.ShoulderCenter);
    DrawBone(skeleton, JointType.ShoulderCenter, JointType.Spine);
    DrawBone(skeleton, JointType.Spine, JointType.HipCenter);

    DrawBone(skeleton, JointType.ShoulderLeft, JointType.ElbowLeft);
    DrawBone(skeleton, JointType.ElbowLeft, JointType.WristLeft);
    DrawBone(skeleton, JointType.WristLeft, JointType.HandLeft);

    DrawBone(skeleton, JointType.ShoulderRight, JointType.ElbowRight);
    DrawBone(skeleton, JointType.ElbowRight, JointType.WristRight);
    DrawBone(skeleton, JointType.WristRight, JointType.HandRight);

    DrawBone(skeleton, JointType.HipLeft, JointType.KneeLeft);
    DrawBone(skeleton, JointType.KneeLeft, JointType.AnkleLeft);
    DrawBone(skeleton, JointType.AnkleLeft, JointType.FootLeft);

    DrawBone(skeleton, JointType.HipRight, JointType.KneeRight);
    DrawBone(skeleton, JointType.KneeRight, JointType.AnkleRight);
    DrawBone(skeleton, JointType.AnkleRight, JointType.FootRight);
}
```

Ilustración 95. Método para dibujar el esqueleto del usuario detectado en pantalla (Actividad 4).

Fuente: Autor del Proyecto.

```
private void CheckTargetCollision(Skeleton skeleton)
{
    if (_currentTarget == null) return;

    Joint handRight = skeleton.Joints[JointType.HandRight];
    Joint handLeft = skeleton.Joints[JointType.HandLeft];
    Joint footRight = skeleton.Joints[JointType.FootRight];
    Joint footLeft = skeleton.Joints[JointType.FootLeft];

    bool collisionDetected =
        CheckCollision(handRight) ||
        CheckCollision(handLeft) ||
        CheckCollision(footRight) ||
        CheckCollision(footLeft);
}
```

Ilustración 96. Método para la colisión de objetivos con las manos y pies del esqueleto dibujado.

Fuente: Autor del Proyecto.

- Se genera un registro del progreso basado en los objetos alcanzados y el tiempo empleado.

```
if (collisionDetected)
{
    SystemSounds.Beep.Play();
    _activityProgress++;
    ProgressText.Text = $"Progreso: {_activityProgress}/10";
    TargetCanvas.Children.Remove(_currentTarget);
    _currentTarget = null;
    GenerateTarget();

    if (_activityProgress >= 10) CompleteActivity();
}
```

Ilustración 97. Una vez realizada una colisión se irán sumando puntos, la actividad finaliza al cumplir con el objetivo propuesto.

Fuente: Autor del Proyecto.

4.4.4.20.7 Lógica para Asignar Turnos con Base en Disponibilidad

El siguiente código muestra cómo se verifica la disponibilidad de un horario antes de asignarlo al paciente:

```

// Cargar los turnos disponibles desde Firestore
private async Task LoadAvailableSlotsAsync()
{
    try
    {
        // Referencia a la colección de turnos
        var turnosCollection = _firestoreDb.Collection("turnos");

        // Cargar turnos no reservados (disponibles)
        var availableQuery = turnosCollection.WhereEqualTo("reserved", false);
        var availableSnapshot = await availableQuery.GetSnapshotAsync();

        var availableSlots = availableSnapshot.Documents
            .Select(doc => new Turno
            {
                Date = doc.GetValue<string>("date"),
                Time = doc.GetValue<string>("time"),
                EndTime = doc.GetValue<string>("endTime"),
                Reserved = doc.GetValue<bool>("reserved")
            })
            .OrderBy(slot => DateTime.Parse($"{slot.Date} {slot.Time}"))
            .ToList();

        // Actualizar la lista interna de turnos disponibles
        this.availableSlots = availableSlots;

        // Cargar turnos reservados por el usuario
        var reservedQuery = turnosCollection
            .WhereEqualTo("reserved", true)
            .WhereEqualTo("patientId", _userId);

        var reservedSnapshot = await reservedQuery.GetSnapshotAsync();
    }
}

```

Ilustración 76. Método que carga la pantalla con los turnos disponibles generados por el especialista.

Nota: Este código utiliza una consulta LINQ para verificar la disponibilidad y luego agrega un nuevo turno a la base de datos si el horario está libre.

Fuente: Autor del Proyecto.

4.4.4.20.8 Código para la Carga y Actualización de Hojas Médicas

Carga de una hoja médica:

```

// Cargar hoja médica desde Firestore
private async Task CargarHojaMedicaAsync(string userId)
{
    try
    {
        CollectionReference hojasRef = _firestoreDb.Collection("users").Document(userId).Collection("hojas");
        QuerySnapshot hojasSnapshot = await hojasRef.GetSnapshotAsync();

        if (hojasSnapshot.Documents.Count == 0)
        {
            MessageBox.Show("No se encontraron hojas médicas para este paciente.", "Información", MessageBoxButton.OK,
                MessageBoxImage.Information);
            return;
        }

        DocumentSnapshot hojaDocument = hojasSnapshot.Documents.First();
        var hojaData = hojaDocument.ToDictionary();

        // Información General
        if (hojaData.TryGetValue("InformacionGeneral", out var infoGeneralRaw) && infoGeneralRaw is Dictionary<string, object>)
        {
            NombreCompletoTextBox.Text = infoGeneral.TryGetValue("NombreCompleto", out var nombre) ? nombre.ToString() : "N/A";
            EdadTextBox.Text = infoGeneral.TryGetValue("Edad", out var edad) ? edad.ToString() : "N/A";
            if (infoGeneral.TryGetValue("Genero", out var genero))
            {
                var generoTexto = genero.ToString();
                var item = GeneroComboBox.Items.Cast<ComboBoxItem>().FirstOrDefault(i => i.Content.ToString() == generoTexto);
                GeneroComboBox.SelectedItem = item ?? GeneroComboBox.Items.Cast<ComboBoxItem>().FirstOrDefault(i => i.Content.ToString() == "N/A");
            }
            else
            {
                GeneroComboBox.SelectedItem = GeneroComboBox.Items.Cast<ComboBoxItem>().FirstOrDefault(i => i.Content.ToString() == "N/A");
            }
        }
    }
}

```

Ilustración 77. Método que carga la pantalla con los datos disponibles del paciente.

Fuente: Autor del Proyecto.

Actualización de una hoja médica:

```
// Actualizar datos en Firestore
private async void ActualizarDatos_Click(object sender, RoutedEventArgs e)
{
    if (string.IsNullOrEmpty(_selectedUserId))
    {
        MessageBox.Show("Primero busque y cargue un paciente antes de actualizar.", "Advertencia", MessageBoxButton.OK);
        return;
    }

    try
    {
        var updatedData = new
        {
            InformacionGeneral = new
            {
                NombreCompleto = NombreCompletoTextBox.Text,
                Edad = int.TryParse(EdadTextBox.Text, out var edad) ? edad : 0,
                Genero = GeneroComboBox.SelectedValue?.ToString() ?? "No especificado",
                NumeroIdentificacion = NumeroIdentificacionTextBox.Text,
                DatosContacto = DatosContactoTextBox.Text,
                Direccion = DireccionTextBox.Text
            },
        };

        DatabaseReference docRef = _firestoreDb.Collection("users").Document(_selectedUserId).Collection("hojas").Document(_selectedHojaId);
        await docRef.SetAsync(updatedData, SetOptions.MergeAll);

        MessageBox.Show("Datos actualizados exitosamente.", "Éxito", MessageBoxButton.OK, MessageBoxImage.Information);
    }
    catch (Exception ex)
    {
    }
}
```

Ilustración 78. Método que actualiza la pantalla con los turnos disponibles del paciente.

Fuente: Autor del Proyecto.

4.4.5 Fase V: Pruebas

4.4.5.1 KANBAN: Fase de Pruebas

Objetivo: Validar el funcionamiento completo del sistema.

Tareas para el tablero Kanban:

- **Por Hacer:**
 - Diseñar casos de prueba para cada módulo.
- **En Progreso:**
 - Ejecutar pruebas funcionales y de integración.
- **En Revisión:**
 - Revisar resultados de pruebas con el tutor.
- **Finalizado:**
 - Documentar y aprobar resultados finales.

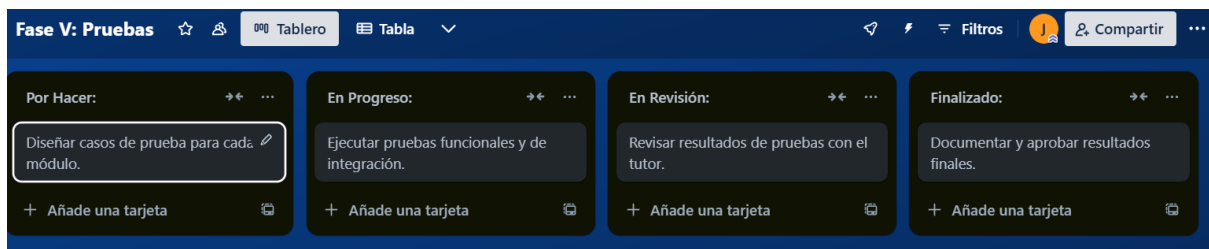


Ilustración 98. KANBAN - Tareas Fase V

Fuente: Autor del Proyecto.

Esta fase tiene como objetivo principal validar las funcionalidades implementadas en el sistema interactivo de rehabilitación asistido por Kinect. Las pruebas realizadas incluyen la verificación de los flujos de los casos de uso, el comportamiento del sensor Kinect y la interacción con Firebase, asegurando que todas las funcionalidades cumplan con los requisitos definidos.

Tabla 33. Presentación y Monitoreo de Resultados.

Nro.	Prueba	Condición de Prueba	Resultado Esperado	Resultado Actual	Estado de Cumplimiento
1	Prueba de Registro de Usuario	El usuario completa el formulario con datos válidos.	El sistema registra al usuario y almacena los datos en la colección users.	Usuario registrado correctamente y datos almacenados en Firestore.	Cumplido
2	Prueba de Inicio de Sesión	El usuario introduce credenciales válidas.	El sistema autentica al usuario y redirige al menú	Credenciales autenticadas y acceso al sistema exitoso.	Cumplido

			principal.		
3	Prueba de Realización de Actividad	El usuario selecciona una actividad y realiza los movimientos guiados por el sensor Kinect.	Kinect detecta los movimientos y el sistema actualiza los puntos de progreso.	Movimientos detectados correctamente y progreso actualizado en la base de datos.	Cumplido
4	Prueba de Gestión de Turnos	Un paciente solicita un turno disponible en la interfaz.	El sistema valida la disponibilidad y guarda el turno en la colección turnos.	Turno asignado correctamente y notificación enviada al especialista.	Cumplido
5	Prueba de Creación de Hoja Médica	El especialista registra datos en la subcolección hojas de un usuario existente.	La hoja médica es creada y los datos son accesibles para el especialista.	Hoja médica registrada correctamente y accesible desde la interfaz.	Cumplido
6	Prueba de Exportación de Informes	El especialista selecciona la opción para exportar un informe en	El sistema genera un archivo PDF con los datos organizados y listos para	Informe generado correctamente y descargado en el directorio predeterminado.	Cumplido

		PDF con la lista de pacientes y avances.	impresión.		
7	Prueba de Detección del Sensor	Kinect se activa y detecta movimientos al iniciar una actividad.	El sensor detecta correctamente los movimientos del usuario en tiempo real.	Movimientos detectados de forma precisa dentro del rango especificado.	Cumplido
8	Prueba de Navegación entre Páginas	El usuario navega entre las distintas secciones de la aplicación (actividades, turnos, perfil).	El sistema cambia de página sin interrupciones ni pérdida de estado.	Navegación fluida y sin errores en todas las páginas.	Cumplido

Fuente: En la presente tabla se hace una validación de los casos de uso propuestos.

Fuente: Autor del Proyecto.

5. CAPITULO V - RESULTADOS

5.1 Introducción

Este capítulo presenta los resultados obtenidos durante el desarrollo e implementación del Software Interactivo con Kinect, diseñado para asistir en procesos de rehabilitación

fisioterapéutica. Los análisis se organizan en función de los objetivos establecidos en el proyecto, evidenciando los avances tecnológicos y clínicos logrados. La ejecución del proyecto se llevó a cabo en un entorno de prueba proporcionado por el Departamento de Bienestar Estudiantil, con la participación activa de especialistas en fisioterapia y tecnología.

5.2 Realización de Actividades de Fisioterapia con el Software

A partir de investigaciones previas y las reuniones con especialistas, se definieron actividades específicas para las extremidades superiores del cuerpo humano. Estas actividades se diseñaron para realizarse en diferentes posiciones (sentado, de pie) según las necesidades y condiciones individuales del paciente.

5.2.1 Cambios en el Software Basados en Inclusión

Tras las recomendaciones de los especialistas en fisioterapia y tecnología, se realizaron ajustes al sistema para garantizar su accesibilidad. Se eliminaron actividades que dependieran de diferenciación de colores y se incorporaron elementos visuales llamativos combinados con retroalimentación auditiva. Esto mejora la experiencia del usuario, haciendo el sistema más inclusivo para pacientes con discapacidades visuales o dificultades cognitivas.

5.2.2 Progreso Proporcional a la Distancia Usuario-Sensor

El diseño del software incluyó una estrategia innovadora basada en la distancia entre el usuario y el sensor Kinect para medir el progreso. A medida que el paciente avanza en su rehabilitación, la distancia al sensor aumenta, lo que permite evaluar mejoras en la movilidad y control corporal. Este enfoque evita la necesidad de múltiples entornos programados y facilita la adaptación progresiva de las actividades.

5.2.3 Implementación de Actividades para Elevar la Motivación

El software fue desarrollado pensando en mantener al usuario comprometido y motivado durante su rehabilitación. Las actividades están diseñadas para proporcionar un formato lúdico y visualmente interactivo, lo que fomenta la participación activa del paciente. Al completar tareas en pantalla, los pacientes experimentan una sensación de logro que promueve la continuidad en sus terapias.

5.2.4 **Análisis e Interpretación de Resultados**

El análisis del uso del software reveló ciertos desafíos y fortalezas:

- **Desafíos:** Algunos pacientes encontraron dificultades para manipular el sistema debido a limitaciones físicas o congénitas, afectando la detección precisa de gestos. Estas limitaciones se mitigaron mediante ajustes en la configuración del sensor y el diseño de actividades.
- **Fortalezas:** Las instrucciones visuales y auditivas resultaron adecuadas para la mayoría de los usuarios, siendo claras y fáciles de seguir. Pacientes con experiencia previa en el uso de tecnología se adaptaron rápidamente al sistema. En general, el software demostró ser funcional y efectivo, aunque se requiere mayor personalización para pacientes con condiciones más complejas.

5.2.5 **Impacto del Sistema de Roles de Usuario**

La implementación del sistema de roles mejoró significativamente la organización y la personalización dentro del software:

- **Pacientes:** Acceden exclusivamente a sus actividades y progresos, aumentando la sensación de privacidad y control.
- **Especialistas:** Gestionan eficientemente los datos de múltiples pacientes, generando informes y supervisando avances de manera centralizada. Además, el sistema de roles garantiza la seguridad de la información y asegura que solo los usuarios autorizados puedan acceder a funcionalidades específicas, alineándose con las mejores prácticas de software interactivo.

6. CAPITULO VI – CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

6.1 Conclusiones

- A través de un análisis detallado basado en entrevistas y consultas con especialistas en fisioterapia, se identificaron las necesidades clave para desarrollar un sistema interactivo que respalde las terapias de rehabilitación personalizadas. Este proceso permitió comprender a fondo las expectativas de los usuarios finales, asegurando que cada funcionalidad del prototipo se alineara con las demandas del entorno clínico. La recopilación precisa de requisitos estableció una base sólida para el diseño y desarrollo de la aplicación, reflejando las necesidades reales de los pacientes y especialistas.
- La metodología Kanban fue esencial para estructurar y organizar las etapas de desarrollo del proyecto de manera eficiente. La visualización clara de las tareas mediante tableros permitió priorizar actividades, adaptarse a cambios durante el desarrollo y mantener un flujo constante de trabajo. Esto garantizó que los objetivos se cumplieran dentro de los plazos establecidos, facilitando una gestión flexible y efectiva en cada fase del proyecto.
- El diseño de la interfaz de usuario se centró en la simplicidad y accesibilidad, proporcionando una experiencia intuitiva para los usuarios. Las pruebas realizadas confirmaron que las instrucciones visuales y auditivas en tiempo real facilitaron la interacción con el sistema, permitiendo a los pacientes realizar actividades fisiokinésicas sin complicaciones. La coherencia en el diseño de las pantallas y el uso de elementos visuales llamativos aseguraron que el sistema fuera inclusivo y accesible para una amplia variedad de usuarios, incluyendo aquellos con limitaciones visuales o motrices.
- La integración del sensor Kinect en el sistema fue un éxito, permitiendo capturar movimientos corporales y proporcionar retroalimentación en tiempo real. Esto se logró mediante el uso de capacidades avanzadas de rastreo 3D y la implementación de funciones interactivas, como navegación por gestos y detección de poses. Las actividades fisioterapéuticas diseñadas se alinearon con las recomendaciones de especialistas, y la implementación de Kinect mejoró significativamente la precisión y

efectividad del sistema. Las pruebas realizadas evidenciaron que el software es una herramienta viable para apoyar la rehabilitación muscular y motriz.

6.2 Recomendaciones .

- Se recomienda realizar un seguimiento periódico con los especialistas en fisioterapia para evaluar la evolución de las necesidades y expectativas del sistema. Esto permitirá identificar nuevas funcionalidades que puedan añadirse en futuras versiones, asegurando que el prototipo interactivo continúe siendo relevante y eficaz en contextos clínicos y terapéuticos. Además, se sugiere actualizar regularmente las metodologías de consulta para incluir avances en fisioterapia y tecnología.
- Se recomienda que futuros desarrollos del sistema mantengan el uso de metodologías ágiles, como Kanban, para gestionar el flujo de trabajo. Esto incluye la actualización continua de tableros Kanban con métricas más avanzadas que permitan medir el tiempo de ciclo de cada tarea, identificar cuellos de botella y optimizar los procesos. Además, se sugiere capacitar al equipo de desarrollo en otras metodologías complementarias, como Scrum, para proyectos más complejos.
- Se recomienda continuar evaluando la experiencia del usuario mediante pruebas de usabilidad con pacientes y especialistas, garantizando que la interfaz se mantenga accesible e intuitiva. También se sugiere explorar el uso de interfaces adaptativas que ajusten el diseño según las capacidades físicas y cognitivas de los usuarios, ampliando la inclusión del sistema para personas con discapacidades o necesidades especiales.
- Se recomienda explorar el uso del sensor Kinect 2.0 en futuras versiones del sistema, aprovechando sus capacidades mejoradas de detección y resolución. Asimismo, se sugiere investigar la integración de tecnologías complementarias, como inteligencia artificial, para personalizar las terapias basándose en el desempeño y progreso de cada paciente. Finalmente, se recomienda mantener un enfoque modular en el desarrollo para facilitar la incorporación de nuevas funcionalidades, como reconocimiento facial o autenticación por voz, en futuras actualizaciones del sistema.

Bibliografía

- Alvarado Alvarado, H. M., López Barrera, A. J., Vega Gordillo, M. V., & Ochoa Loor, J. R. (2022). Sedentarismo en niños y adolescentes en Ecuador. *2023-07-20*, 7(2), Article 2. [https://doi.org/10.26820/recimundo/7.\(2\).jun.2023.199-208](https://doi.org/10.26820/recimundo/7.(2).jun.2023.199-208)
- Areny Pallás, R. P.** (2008). *Sensores y sensado*. (4).
- Ayed, I., Moya Alcover, B., Martínez Bueso, P., Varona, J., Ghazel, A., & Jaume, A. (2017). Validación de dispositivos RGBD para medir terapéuticamente el equilibrio: El test de alcance funcional con Microsoft Kinect. *Revista Iberoamericana de Automática e Informática Industrial*, 6, 1–7. <https://doi.org/10.1016/j.riai.2016.07.007>
- Basañez Villaluenga, L., & Beltrán Guerrero, D.** (2014). *Microsoft Kinect*. En *Actas de la Conferencia Internacional sobre Sistemas Interactivos* (pp. 252-260). Madrid, España: Springer.
- Beltrán Guerrero, D., & Basañez Villaluenga, L. (2014). A Comparison between Active and Passive 3D Vision Sensors: BumblebeeXB3 and Microsoft Kinect. *2014*, 252, 725–734. https://doi.org/10.1007/978-3-319-03413-3_54
- Bonilla, V., & Dahik, N. (2010). *Prototipo de software para el tratamiento fisioterapéutico en lesiones deportivas* (p. 156). <http://repositorio.uisrael.edu.ec/handle/47000/181>
- Buñay, P., Yépez Llerena, E. D., & Armijos Guillen, K. F. (2020). *Aplicación de la metodología kanban en el desarrollo del software para generación, validación y actualización de reactivos, integrado al sistema informático de control académico UNACH*. <http://dspace.unach.edu.ec/handle/51000/6457>
- Coral Apráez, A. C. (2018). *Implementación de videojuegos con Kinect en pacientes que reciben fisioterapia: Revisión exploratoria*. [Trabajo de grado - Pregrado, UNIVERSIDAD DEL VALLE]. <http://hdl.handle.net/10893/16145>
- Deemer, P., Benefield, G., Larman, C., & Vodde, B. (2009). *Información básica de SCRUM*. https://scholar.googleusercontent.com/scholar?q=cache:hOj93V_UMOAJ:scholar.google.com/+scrum&hl=es&lr=lang_es&as_sdt=0,5
- Dugas, M., Gaudreau, P., & Carraro, N. (2012). Implementation Planning and Progress on Physical Activity Goals: The Mediating Role of Life-Management Strategies. *Research Quarterly for Exercise and Sport*, 83(1), 77–85. <https://doi.org/10.1080/02701367.2012.10599827>

- Dugas, M., Gaudreau, P., & Carraro, N. (2012). Implementation Planning and Progress on Physical Activity Goals: The Mediating Role of Life-Management Strategies. *Research Quarterly for Exercise and Sport*, 83(1), 77–85.
<https://doi.org/10.1080/02701367.2012.10599827>
- El-Shamy, S. (2018). Efficacy of Xbox Kinect virtual gaming system on hand function and quality of life in children with juvenile idiopathic arthritis. *2018*, 23(2), Article 2.
https://doi.org/10.4103/bfpt.bfpt_1_18
- Escalante Quimis, O. A. (2021). *Prototipo de sistema de seguridad de base de datos en organizaciones públicas para mitigar ataques cibernéticos en Latinoamérica* [Grado, Universidad Politécnica Salesiana].
<https://dspace.ups.edu.ec/handle/123456789/20576>
- Esquivel García, U. (2014a). *Aplicación para que los niños realicen actividad física con kinect* [UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE CIUDAD JUÁREZ].
<http://erecursos.uacj.mx/handle/20.500.11961/3232>
- Ferreira, J. M., Acuña, S. T., Dieste, O., Vegas, S., Santos, A., Rodriguez, F., & Juristo, N. (2019). Impact of usability mechanisms: An experiment on efficiency, effectiveness and user satisfaction. *2019*. <https://doi.org/10.1016/j.infsof.2019.106195>
- Google. (2025a, enero 13). Firebase Authentication. *Firebase Documentation*.
<https://firebase.google.com/docs/auth?hl=es>.
- Google. (2025b, enero 13). Firestore Database. *Firebase Documentation*.
<https://cloud.google.com/firestore/docs?hl=es-419>
- Hernández Toala, Luis Alejandro & Herrera Rodríguez, Juan David. (2013a). Análisis y estudio de los códigos fuente SDK (Kit de Desarrollo de Software) e implementación de una aplicación demostrativa que registre la captación de movimientos de manos y brazos del cuerpo humano a través de led`s indicadores mediante la utilización del sensor Kinect del Xbox 360. *ene-2013*.
<https://dspace.ups.edu.ec/handle/123456789/4143>
- Hernández Toala, Luis Alejandro & Herrera Rodríguez, Juan David. (2013b). Análisis y estudio de los códigos fuente SDK (Kit de Desarrollo de Software) e implementación de una aplicación demostrativa que registre la captación de movimientos de manos y brazos del cuerpo humano a través de led`s indicadores mediante la utilización del sensor Kinect del Xbox 360. *ene-2013*.
<https://dspace.ups.edu.ec/handle/123456789/4143>

- IBM. (2023). ¿Qué es el desarrollo de software? [Blog Informático]. *¿Qué es el desarrollo de software?* <https://www.ibm.com/es-es/topics/software-development>
- Jaramillo Guzmán, C. A., & Ávila Mediavilla, C. M. (2022). Actividad física y sedentarismo en estudiantes de 12 años: Aplicación de una estrategia física recreativa. *2022-09-27*, 8(3), Article 3. <https://doi.org/10.23857/dc.v8i3.3009>
- Jiménez Fernández, Á. (2016). Detector de movimiento inalámbrico con determinación de velocidad y distancia. *2016*, 120. <http://hdl.handle.net/10317/7130>
- Khoshelham, K., & Sander Oude, E. (2012a). Accuracy and Resolution of Kinect Depth Data for Indoor Mapping Applications. *2012*, 2(12), Article 12. <https://doi.org/10.3390/s120201437>
- Khoshelham, K., & Sander Oude, E. (2012b). Accuracy and Resolution of Kinect Depth Data for Indoor Mapping Applications. *2012*, 2(12), 1437–1454. <https://doi.org/10.3390/s120201437>
- Kniberg, H., Skarin, M., Poppendieck, M., & Anderson, D. (2010a). *Kanban y Scrum—obteniendo lo mejor de ambos*. C4Media Inc.
- Kniberg, H., Skarin, M., Poppendieck, M., & Anderson, D. (2010b). *Kanban y Scrum—obteniendo lo mejor de ambos*. C4Media Inc.
- Lalinde Sainz, N. (2019a). Realidad virtual y aumentada para la mejora sensorio-motriz en Fisioterapia pediátrica: Uso de dispositivos Kinect. *2019*. <http://uvadoc.uva.es/handle/10324/38785>
- Lalinde Sainz, N. (2019b). Realidad virtual y aumentada para la mejora sensorio-motriz en Fisioterapia pediátrica: Uso de dispositivos Kinect. *2019*. <http://uvadoc.uva.es/handle/10324/38785>
- Letelier, P., & Penadés, C. (2006a). *Métodologías ágiles para el desarrollo de software: eXtreme Programming (XP)* (26). *05(26)*, Article 26. http://www.cyta.com.ar/ta0502/b_v5n2a1.htm
- Letelier, P., & Penadés, C. (2006b). *Métodologías ágiles para el desarrollo de software: eXtreme Programming (XP)*. *05(26)*. http://www.cyta.com.ar/ta0502/b_v5n2a1.htm
- Maclean, N. & Pound, P. (2000). A critical review of the concept of patient motivation in the literature on physical rehabilitation. *Social Science & Medicine*, 50(4), 495–506. [https://doi.org/10.1016/S0277-9536\(99\)00334-2](https://doi.org/10.1016/S0277-9536(99)00334-2)

- Martínez, D., & Zavala, J. A. (2024). Efectividad de añadir realidad virtual al tratamiento fisioterapéutico en pacientes con artroplastia total de cadera. Estudio clínico aleatorizado. *Fisioterapia*, 46(4), 173–181. <https://doi.org/10.1016/j.ft.2024.01.006>
- Mocha Bonilla, J. A., & Gutiérrez Herrera, E. S. (2015). El Ejercicio Aeróbico – Anaeróbico en el trabajo de las Capacidades Físicas del Cuerpo de Bomberos de la Ciudad de Ambato, Provincia de Tungurahua. 9-abr-2015. <http://repositorio.uta.edu.ec/jspui/handle/123456789/8807>
- Orak, M. M., Gümüştas, S. A., Onay, T., Uludağ, S., Bulut, G., & Börü, Ü. T. (2016). Comparison of postoperative pain after open and endoscopic carpal tunnel release: A randomized controlled study. *Indian Journal of Orthopaedics*, 50(1), 65–69. <https://doi.org/10.4103/0019-5413.173509>
- Organización mundial de la salud. (2014). *Recomendaciones mundiales sobre actividad física para la salud*.
- Ortiz Rangel, C. E. (2011). Realidad aumentada en medicina. 2011, 18(1), Article 1. [https://doi.org/10.1016/S0120-5633\(11\)70160-7](https://doi.org/10.1016/S0120-5633(11)70160-7)
- Paul Milgram. & Fumio Kishino. (1994). *A taxonomy of mixed reality visual displays*. 77.(12.), 1321-1329.
- Posso Pacheco, R. J., Otáñez Enriquez, N. R., Córdor Chicaiza, J. D. R., Córdor Chicaiza, M. G., & Lara Chala, L. D. R. (2021). Educación Física remota: Juegos motrices e inteligencia kinestésica durante la pandemia COVID-19. 2021, 16(2), Article 2. <http://scielo.sld.cu/pdf/rpp/v16n2/1996-2452-rpp-16-02-564.pdf>
- Ramos Chagoza, E. (2016). *Métodos y técnicas de investigación*. 1–37.
- Sinchiguano Saltos, B. Y., Sinchiguano Saltos, Y. K., Vera Navarrete, E. M., & Peña Palacios, S. I. (s/f). Prevalencia y factores de riesgo de sobrepeso y obesidad en Ecuador. 30/11/2022, 75–87. [https://doi.org/10.26820/reciamuc/6.\(4\).octubre.2022.75-87](https://doi.org/10.26820/reciamuc/6.(4).octubre.2022.75-87)
- Sosa, F., Villagrán, M., & Sánchez, J. (2019). *Mejora del Proceso Enseñanza Aprendizaje de la Geotecnia utilizando GeoGebra y una pantalla dinámica desarrollada con la tecnología Kinect© de Microsoft*. 2833–2841. <https://doi.org/10.3233/STAL190351>
- Steele, B., Belza, B., Cain, K., Warms, C., Coppersmith, J., & Howard, J. (2003). *Bodies in motion: Monitoring daily activity and exercise with motion sensors in people with chronic pulmonary disease* (5). 40(5), Article 5.

- Torres Álvarez, J. (2017). Estiramientos en Educación Física: Musculatura que interviene en el tren superior e inferior. *2017-03-25*, 81, Article 81.
- Tsai, M.-J. (2013). Adults' preferences between Picture Communication Symbols (PCSs) and Gus Communication Symbols (GCSs) used in AAC. *Research in Developmental Disabilities*, 34(10), 3536–3544. <https://doi.org/10.1016/j.ridd.2013.07.013>
- Vásquez, F., & Salazar, G. (2005). Patrón De Actividad Física En Un Grupo De Preescolares Obesos Asistentes A Jardines Infantiles De Junji, Evaluado Con Sensor De Movimiento. *2005-08*, 32(2), Article 2. <http://dx.doi.org/10.4067/S0717-75182005000200005>
- Villada, F., & Muñoz, J. (2019a). Desarrollo de un software de análisis biomecánico a través de datos de captura de movimiento usando el sensor KINECT para rehabilitación asistida con video juegos. *2019-07-25*.
<https://revistas.ucp.edu.co/index.php/entrecienciaeingenieria/article/view/614>
- Zoccolillo, L., Morelli, D., Cincotti, F., Muzzioli, L., Gobbetti, T., Paolucci, S., & Iosa, M. (2015a). Video-game based therapy performed by children with cerebral palsy: A cross-over randomized controlled trial and a cross-sectional quantitative measure of physical activity. *2015*, 51(6), 8.
- Zoccolillo, L., Morelli, D., Cincotti, F., Muzzioli, L., Gobbetti, T., Paolucci, S., & Iosa, M. (2015b). Video-game based therapy performed by children with cerebral palsy: A cross-over randomized controlled trial and a cross-sectional quantitative measure of physical activity. *2015*, 51(6), Article 6.
- Zumba Gamboa, J.** (2018). *Evolución de las metodologías y modelos utilizados en el desarrollo de software*. *Revista de Tecnología y Ciencia*, 3(10), artículo 10.
- Zumba Gamboa, J. (2018b). *Evolución de las Metodologías y Modelos utilizados en el Desarrollo de Software*. 3(10), 20–33.

Anexo I: Preguntas de la Encuesta realizada a pacientes

1. **¿Con qué frecuencia realiza actividades de fisioterapia?**

- Diariamente
 - Varias veces a la semana
 - Una vez a la semana
 - Rara vez
2. **¿Considera que las actividades actuales son suficientes para mejorar su condición física?**
- Sí
 - No
 - No estoy seguro/a
3. **¿Ha utilizado alguna vez tecnologías como dispositivos o aplicaciones para complementar su rehabilitación?**
- Sí
 - No
4. **En una escala del 1 al 5, ¿qué tan fácil le resulta realizar sus ejercicios de fisioterapia de manera autónoma?**
- 1 (Muy fácil)
 - 2
 - 3
 - 4
 - 5 (Muy difícil)
5. **¿Qué apoyo considera más importante durante sus sesiones de fisioterapia?**
- Supervisión constante de un especialista
 - Aviso inmediato sobre el desempeño
 - Motivación para continuar
6. **En una escala del 1 al 5, ¿qué tan interesado estaría en usar un sistema tecnológico para su rehabilitación?**
- 1 (Nada interesado)
 - 2
 - 3
 - 4
 - 5 (Muy interesado)

7. **¿Qué sugerencias o comentarios tiene sobre el uso de tecnologías en la rehabilitación?**

(Respuesta abierta)

Anexo II: Entrevista a fisioterapeuta del área de Salud del Departamento de Bienestar Estudiantil.

- **¿Qué significa para usted ser el especialista del área de Fisioterapia del departamento de bienestar Estudiantil ULEAM y cuáles son sus funciones dentro de la misma?**

R//. Dentro del departamento de Bienestar Estudiantil manifestó que su rol es orientador y conecedor del área de Fisioterapia a nivel de Comunidad universitaria. Cuyas funciones son asesorar al personal estudiantil, docente y administrativo como pacientes que requieran asistencia en terapia física y encargarse del monitoreo, organización y dirección de las terapias de los pacientes, además del cumplimiento de fechas establecidas de terapias en cada caso particular.

- **Al llevar a cabo sus funciones como fisioterapeuta ¿Qué herramientas utiliza para el análisis de resultados de los pacientes?**

R//. El especialista nos indicó que no utiliza un software informático para realizar estas operaciones, pero que sería innovador implementar tecnología que sirva para terapia asistida a los pacientes, ya que hasta ahora no se ha implementado un proyecto afín a esta área en específico y sería bueno automatizar ciertos procesos para la evaluación de los pacientes.

- **Según su experiencia en el campo, ¿qué características debería llevar un Software que se base en la realización de fisioterapia?**

R//. El especialista hizo hincapié en el hecho de que muchos pacientes adultos mayores empiezan a sufrir de problemas de visión, por lo que suelen ocupar un mayor

tamaño de cursor del mouse en sus equipos informáticos y habría que hacer una interfaz de usuario que esté organizada tanto en el lugar donde se coloquen los botones, no ser muy específicos en las funciones que contengan las actividades y de ser posible implementar asistencia por audio, para que el paciente no tenga que leer información en pantalla.

- **Según las rehabilitaciones que ha llevado a cabo en pacientes, ¿qué características habría que tomar en cuenta para la realización de un Software que detecte movimientos y cuáles serían sus beneficios?**

R//. El especialista indicó que sería óptimo que el sensor capte los movimientos realizados por el usuarios y se reflejé como resultados o cumplimiento de ciertos parámetros, para indicarle al paciente que está realizando bien las actividades, los beneficios de estas actividades serían la reactivación muscular y articular de los pacientes, así como a la neuro plasticidad del paciente, que se refiere a la capacidad del cerebro para cambiar y adaptarse a las situaciones que viven las personas el día a día.