

**UNIVERSIDAD AUTÓNOMA JUAN MISAEL SARACHO**  
**FACULTAD DE CIENCIAS Y TECNOLOGÍA**  
**INGENIERÍA INFORMATICA**



**MEJORAMIENTO DE LA FISIOTERAPIA EN PACIENTES  
CON PATOLOGÍA DEGENERATIVA, CONGENITA O  
TRAUMÁTICA MEDIANTE UNA ORTESIS  
TELEOPERADA EN LA CLINICA GOLDEN KINESIO**

**Elaborado por:**

**JOSE CARLOS VELASQUEZ RODRIGUEZ**

TRABAJO DE GRADO PRESENTADO A CONSIDERACIÓN DE LA “UNIVERSIDAD  
AUTÓNOMA JUAN MISAEL SARACHO”, COMO REQUISITO PARA OPTAR EL GRADO  
ACADÉMICO DE LICENCIADO EN INGENIERÍA INFORMATICA

**GESTIÓN 2022**

**TARIJA-BOLIVIA**

---

MSc. Ing. MARCELO SEGOVIA CORTEZ

**DECANO FACULTAD DE  
CIENCIAS Y TECNOLOGÍA**

---

MSc. Lic. GUSTAVO SUCCI AGUIRRE

**VICEDECANO FACULTAD DE  
CIENCIAS Y TECNOLOGÍA**

**APROBADO POR:**

**TRIBUNAL**

---

**LIC. EFRAÍN TORREJÓN TEJERINA**

---

**ING. RAQUEL IVONNE JALIL ANGULO**

---

**ING. GUSTAVO SUCCI AGUIRRE**

El Tribunal calificador del presente Proyecto de Grado, no se solidariza con la forma, términos, modos y expresiones vertidas en este trabajo, siendo las mismas únicamente responsabilidades

**DEDICATORIA:**

Este trabajo va dedicado a mi familia, amigos y docentes universitarios, quienes han sido mi apoyo constante y fuente de inspiración a lo largo de mi formación académica, les dedico este Trabajo de Grado como muestra de gratitud por su confianza y amor inquebrantable. Su influencia y apoyo han sido fundamentales en mi camino hacia el éxito.

**AGRADECIMIENTO:**

Estoy eternamente agradecido con mis docentes, por todo lo que me enseñaron estos años, a mis compañeros por ayudarme cuando no comprendía algo y a mis amigos que me ayudaran cuando creí que no podía.

Y eternamente agradecido con mis padres por todo el apoyo brindado

## ÍNDICE

I	CAPÍTULO I: EL PROYECTO .....	1
I.1	PRESENTACIÓN DEL PROYECTO .....	1
I.1.1	Título.....	1
I.1.2	Responsabilidad del proyecto .....	1
I.1.3	Entidades asociadas .....	1
I.1.4	Compromiso del director del proyecto .....	1
I.1.5	Grupo responsable del proyecto .....	1
I.1.6	Duración .....	2
I.1.7	Director responsable del proyecto .....	2
I.1.8	Equipo de trabajo que cooperará con el proyecto .....	3
I.1.9	Actividades previstas para los integrantes del equipo de investigación.....	3
I.2	PERFIL DEL PROYECTO .....	5
I.2.1	Introducción .....	5
I.2.2	Descripción del proyecto .....	6
I.2.2.1	Antecedentes .....	6
I.2.2.1.1	Antecedentes históricos de las prótesis y las órtesis .....	6
I.2.2.1.2	Antecedente Internacional .....	7
I.2.2.1.3	Antecedente Nacional.....	8
I.2.2.1.4	Antecedentes de la Clínica de Kinesiología Golden Kinesio - Primer Año de Funcionamiento .....	9
I.2.2.2	Planteamiento del Problema .....	10
I.2.2.3	Análisis de Involucrados .....	10
I.2.2.4	Árbol de Problemas.....	12
I.2.2.5	Árbol de Objetivos .....	12
I.2.2.6	Situación Planteada con y sin Proyecto .....	13
I.2.2.7	Objetivos.....	13
I.2.2.7.1	Objetivos General.....	13
I.2.2.7.2	Objetivos Específicos .....	14
I.2.2.8	Alcances.....	14
I.2.2.9	Matriz del Marco Lógico (MML).....	16
I.2.2.10	Metodología de desarrollo del proyecto (detallar las etapas, métodos, técnicas y otros).....	22
I.2.2.11	Resultados esperados .....	25
I.2.2.12	Beneficiarios .....	26

I.2.2.12.1 Beneficiarios Directos.....	26
I.2.2.12.2 Beneficiarios indirectos .....	26
I.2.2.13 Cronograma de Actividades.....	27
I.2.2.14 Cálculo del Presupuesto del Proyecto .....	31
I.2.2.14.1 Presupuesto para el componente I y II .....	31
II CAPÍTULO II: COMPONENTE I.....	38
II.1 PROTOTIPO TELE-OPERADO DE UNA ORTESIS PARA LA REHABILITACIÓN DEL ÁREA DEL ANTEBRAZO Y MANO DE UNA PERSONA. ....	38
II.1.1 introducción.....	38
II.1.2 Anatomía del miembro superior .....	38
II.1.2.1 Cintura escapular .....	38
II.1.2.2 Escápula.....	38
II.1.2.3 Clavícula.....	38
II.1.2.4 Brazo.....	39
II.1.2.5 Antebrazo.....	40
II.1.2.6 Muñeca .....	40
II.1.2.6.1 Complejo Articular de la Muñeca .....	40
II.1.2.6.2 Flexión (flexión palmar) y Extensión (flexión dorsal). ....	41
II.1.2.6.3 Abducción y Aducción .....	42
II.1.2.7 Mano.....	43
II.1.2.8 Músculos del Antebrazo .....	44
II.1.3 Recolección y refinamiento de requisitos .....	45
II.1.4 Construcción del Prototipo .....	48
II.1.4.1 Diseño de los modelos 3D .....	48
II.1.4.1.1 Apoyo de la mano.....	49
II.1.4.1.2 Apoyo del antebrazo .....	51
II.1.4.1.3 Soporte Lateral Izquierdo LI.....	53
II.1.4.1.4 Soporte Lateral Derecho LD.....	53
II.1.4.2 Diseño de la parte Electrónica.....	54
II.1.4.2.1 Arduino Uno.....	55
II.1.4.2.2 Módulo Bluetooth.....	56
II.1.4.2.3 Motores de Vibración Planos.....	56
II.1.4.2.4 Servomotor PDI-6221MG 20Kg 180g.....	57
II.1.4.2.5 Fuente de alimentación .....	58
II.1.4.2.6 Especificación del diseño electrónico de la conexión del bluetooth.....	59

II.1.4.2.7 Especificación de la conexión para los motores vibradores .....	60
II.1.4.3 Impresión de los modelos 3D.....	61
COMPONENTE II.....	62
II.2 APLICACIÓN MÓVIL PARA EL CONTROL DE LA ORTESIS.....	62
II.2.1 Introducción .....	62
II.2.2 Planificación de Sprint .....	62
II.2.3 Etapa de desarrollo .....	64
II.2.3.1 Inicio.....	64
II.2.3.2 Elaboración.....	65
II.2.3.2.1 LISTA DE ACTORES .....	65
II.2.3.2.2 LISTA DE CASO DE USO.....	65
II.2.3.2.3 LISTA DE EVENTOS .....	65
II.2.3.2.4 DIAGRAMA GENERAL DEL SISTEMA .....	66
II.2.3.2.4.1 DIAGRAMA DE CASO DE USO: INGRESAR AL SISTEMA... 67	
II.2.3.2.4.2 DIAGRAMA DE CASO DE USO: GESTIÓN USUARIO .....	67
II.2.3.2.4.3 DIAGRAMA DE CASO DE USO: GESTIÓN PACIENTE.....	68
II.2.3.2.4.4 DIAGRAMA DE CASO DE USO: ATENCIÓN .....	68
II.2.3.2.4.5 DIAGRAMA DE CASO DE USO: EVENTO DE VINCULACIÓN	
69	
II.2.3.2.4.6 DIAGRAMA DE CASO DE USO: EVENTO DE	
REHABILITACIÓN.....	69
II.2.3.2.5 ESPECIFICACIÓN DE CASO DE USO .....	70
II.2.3.2.5.1 Diagrama de Caso de Uso General.....	70
II.2.3.2.5.2 Especificación de Caso de Uso: Ingresar al Sistema .....	70
II.2.3.2.5.3 Especificación de Caso de Uso: Gestión Usuario.....	71
II.2.3.2.5.4 Especificación de Caso de Uso: Nuevo Usuario .....	72
II.2.3.2.5.5 Especificación de Caso de Uso: Modificar Usuario .....	75
II.2.3.2.5.6 Especificación de Caso de Uso: Deshabilitar Usuario.....	77
II.2.3.2.5.7 Especificación de Caso de Uso: Habilitar Usuario .....	78
II.2.3.2.5.8 Especificación de Caso de Uso: Ver Usuario .....	79
II.2.3.2.5.9 Especificación de Caso de Uso: Gestión Paciente.....	81
II.2.3.2.5.10 Especificación de Caso de Uso: Nuevo Paciente .....	82
II.2.3.2.5.11 Especificación de Caso de Uso: Modificar Paciente.....	84
II.2.3.2.5.12 Especificación de Caso de Uso: Deshabilitar Paciente .....	86
II.2.3.2.5.13 Especificación de Caso de Uso: Habilitar Paciente .....	87



II.2.3.2.5.14Especificación de Caso de Uso: Ver Paciente .....	88
II.2.3.2.5.15Especificación de Caso de Uso: Gestión Atención .....	90
II.2.3.2.5.16Especificación de Caso de Uso: Nueva Atención .....	91
II.2.3.2.5.17Especificación de Caso de Uso: Realizar Atención .....	93
II.2.3.2.5.18Especificación de Caso de Uso: Ver Atención .....	96
II.2.3.2.5.19DOCUMENTACIÓN DE EVENTOS.....	98
II.2.3.2.6 DIAGRAMA DE SECUENCIA.....	99
II.2.3.2.6.1Diagrama de Secuencia: Ingresar al Sistema.....	99
II.2.3.2.6.2Diagrama de Secuencia: Gestión de Usuarios .....	100
II.2.3.2.6.3Diagrama de Secuencia: Nuevo Usuario .....	101
II.2.3.2.6.4Diagrama de Secuencia: Modificar Usuario.....	102
II.2.3.2.6.5Diagrama de Secuencia: Deshabilitar Usuario .....	103
II.2.3.2.6.6Diagrama de Secuencia: Habilitar Usuario .....	104
II.2.3.2.6.7Diagrama de Secuencia: Gestión de Pacientes .....	105
II.2.3.2.6.8Diagrama de Secuencia: Nuevo Paciente .....	106
II.2.3.2.6.9Diagrama de Secuencia: Modificar Paciente .....	107
II.2.3.2.6.10Diagrama de Secuencia: Deshabilitar Paciente.....	108
II.2.3.2.6.11Diagrama de Secuencia: Habilitar Paciente .....	109
II.2.3.2.6.12Diagrama de Secuencia: Gestión Atención.....	110
II.2.3.2.6.13Diagrama de Secuencia: Nueva Atención.....	111
II.2.3.2.6.14Diagrama de Secuencia: Realizar Atención.....	112
II.2.3.2.6.15Diagrama de Secuencia: Ver Atención .....	113
II.2.3.2.7 DIAGRAMA DE CLASE .....	114
II.2.3.2.8 DIAGRAMA DE ACTIVIDAD .....	115
II.2.3.2.8.1Diagrama de Actividad: Login.....	115
II.2.3.2.8.2Diagrama de Actividad: Gestión Usuario.....	116
II.2.3.2.8.3Diagrama de Actividad: Nuevo Usuario .....	117
II.2.3.2.8.4Diagrama de Actividad: Modificar Usuario .....	118
II.2.3.2.8.5Diagrama de Actividad: Deshabilitar Usuario.....	119
II.2.3.2.8.6Diagrama de Actividad: Habilitar Usuario .....	120
II.2.3.2.8.7Diagrama de Actividad: Gestion Paciente.....	121
II.2.3.2.8.8Diagrama de Actividad: Nuevo Paciente .....	122
II.2.3.2.8.9Diagrama de Actividad: Modificar Paciente .....	123
II.2.3.2.8.10Diagrama de Actividad: Deshabilitar Paciente .....	124
II.2.3.2.8.11Diagrama de Actividad: Habilitar Paciente .....	125

II.2.3.2.8.12	Diagrama de Actividad: Gestión Atención .....	126
II.2.3.2.8.13	Diagrama de Actividad: Nueva Atención .....	127
II.2.3.2.8.14	Diagrama de Actividad: Realizar Atención .....	128
II.2.3.2.8.15	Diagrama de Actividad: Ver Atención .....	129
II.2.3.2.8.16	Diagrama de Actividad: Evento de Vinculacion.....	130
II.2.3.2.9	DIAGRAMA DE BLOQUE.....	131
II.2.3.2.10	Flujo de Información.....	131
II.2.3.2.11	Matriz de Requerimiento.....	133
II.3	CAPACITACIONES PARA UN BUEN USO DE LA ORTESIS EN EL PROYECTO .....	137
II.3.1	Introducción .....	137
II.3.2	Planificación de la Capacitación.....	137
II.3.3	Elaboración y Distribución del Material .....	137
II.3.4	Desarrollo de la Capacitación .....	138
II.4	ESTRATEGIAS DE SOCIALIZACIÓN DEL PROYECTO A LOS PACIENTES DE LA CLÍNICA GOLDEN KINESIO.....	138
II.4.1	Introducción .....	139
II.4.2	Planificación del Evento.....	139
II.4.3	Elaboración y Distribución del Material .....	139
II.4.4	Desarrollo de los eventos.....	140
III	CAPÍTULO III.....	141
III.1	CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES .....	141
III.1.1	Conclusiones .....	141
III.1.2	Recomendaciones.....	141
IV	BIBLIOGRAFÍA.....	143
IV.1	BIBLIOGRAFÍA.....	143
V	ANEXOS .....	145
V.1	ANEXO 1.- MANUAL DE USO DE LA APLICACIÓN.....	145
V.2	ANEXO 2.- MANUAL DE ARMADO DEL PROTOTIPO.....	175
V.3	ANEXO 4.- LISTA DE PARTICIPANTES DE LA SOCIALIZACIÓN .....	181

Índice de Tablas

TABLA 1. COMPROMISO DEL DIRECTOR DEL PROYECTO .....	1
TABLA 2. DIRECTOR RESPONSABLE DEL PROYECTO .....	2
TABLA 3. EQUIPO DE TRABAJO QUE COOPERARÁ CON EL PROYECT.....	3
TABLA 4. ACTIVIDADES PREVISTAS PARA LOS INTEGRANTES DEL EQUIPO DE INVESTIGACIÓN .....	4
TABLA 5. ANÁLISIS DE INVOLUCRADOS .....	11
TABLA 6. SITUACIÓN PLANTEADA CON Y SIN PROYECTO.....	13
TABLA 7. MATRIZ DE MARCO LÓGICO (MML) .....	21
TABLA 8. CRONOGRAMA DE ACTIVIDADES .....	30
TABLA 9. RESUMEN DE PRESUPUESTO .....	32
TABLA 10. EMPLEADOS NO PERMANENTES.....	32
TABLA 11. DESCRIPCIÓN DE LOS GASTOS DE SERVICIOS BÁSICOS.....	33
TABLA 12. DESCRIPCIÓN DE LOS GASTOS DE VIAJES Y TRANSPORTE DE PERSONAL 33	
TABLA 13. DESCRIPCION DE LOS GASTOS EN SERVICIOS PROFESIONALES Y COMERCIALES .....	34
TABLA 14. DESCRIPCIÓN DE LOS GASTOS ALIMENTOS Y PRODUCTOS AGROFORESTALES.....	35
TABLA 15. DESCRIPCIÓN DE LOS GASTOS DE PRODUCTOS DE PAPEL, CARTON E IMPRESOS 36	
TABLA 16. DESCRIPCIÓN DE LOS GASTOS DE PRODUCTOS VARIOS.....	37
TABLA 17. DESCRIPCIÓN DE GASTOS DE MAQUINARIA Y EQUIPO .....	37
TABLA 18. INFORMACIÓN DE LAS DIMENSIONES.....	46
TABLA 19. ETAPA DE DESARROLLO DE LA APLICACIÓN .....	63
TABLA 20. DIAGRAMA DE CASO DE USO GENERAL.....	70
TABLA 21. ESPECIFICACIÓN DE CASOS DE USO: INGRESAR AL SISTEMA .....	71
TABLA 22. ESPECIFICACIÓN DE CASOS DE USO: GESTIÓN USUARIO.....	72

TABLA 23. ESPECIFICACIÓN DE CASOS DE USO: NUEVO USUARIO.....	74
TABLA 24. ESPECIFICACIÓN DE CASOS DE USO: MODIFICAR USUARIOS .....	76
TABLA 25. ESPECIFICACIÓN DE CASOS DE USO: DESHABILITAR USUARIOS....	77
TABLA 26. ESPECIFICACIÓN DE CASOS DE USO:HABILITAR USUARIOS .....	78
TABLA 27. ESPECIFICACIÓN DE CASOS DE USO: VER USUARIOS .....	80
TABLA 28. ESPECIFICACIÓN DE CASOS DE USO: GESTIÓN PACIENTE .....	81
TABLA 29. ESPECIFICACIÓN DE CASOS DE USO: NUEVO PACIENTE .....	83
TABLA 30. ESPECIFICACIÓN DE CASOS DE USO: MODIFICAR PACIENTE.....	86
TABLA 31. ESPECIFICACIÓN DE CASOS DE USO: DESHABILITAR PACIENTE ....	87
TABLA 32. ESPECIFICACIÓN DE CASOS DE USO: HABILITAR PACIENTE.....	88
TABLA 33. ESPECIFICACIÓN DE CASOS DE USO: VER PACIENTE.....	90
TABLA 34. ESPECIFICACIÓN DE CASOS DE USO: GESTION ATENCION .....	91
TABLA 35. ESPECIFICACIÓN DE CASOS DE USO: NUEVA ATENCION .....	93
TABLA 36. ESPECIFICACIÓN DE CASOS DE USO: REALIZAR ATENCION .....	95
TABLA 37. ESPECIFICACIÓN DE CASOS DE USO: VER ATENCION .....	97
TABLA 38. EVENTO DE VINCULACION .....	98
TABLA 39. EVENTO DE RAHABILITACION.....	99
TABLA 40. REQUISITOS FUNCIONALES .....	135
TABLA 41. REQUISITOS NO FUNCIONALES.....	136

## Índice de Ilustraciones

Ilustración 1. Árbol de Problemas .....	12
Ilustración 2 Árbol de Objetivos .....	12
Ilustración 3 Clavícula .....	39
Ilustración 4 Brazo .....	39
Ilustración 5 Antebrazo y sus Movimientos .....	40
Ilustración 6. Complejo Articular de la Muñeca.....	41
Ilustración 7. Movimiento de Extensión y Flexión de la Muñeca.....	42
Ilustración 8. Movimiento de Abducción y Aducción de la Muñeca.....	43
Ilustración 9. Anatomía de la Mano .....	44
Ilustración 10 Músculos del Antebrazo .....	45
Ilustración 11. Foto 1 Molde de Yeso de la Mano.....	46
Ilustración 12. Foto 2 Molde de Yeso de la Mano.....	47
Ilustración 13. Molde de Yeso del Antebrazo .....	48
Ilustración 14. Programa Solidwork 2018 .....	49
Ilustración 15. Dibujo del Apoyo de la Mano Solidwork .....	50
Ilustración 16. pieza 3D del apoyo de la Mano .....	51
Ilustración 17. Dibujo del Apoyo del Antebrazo .....	52
Ilustración 18. Pieza 3D del Apoyo del Antebrazo.....	52
Ilustración 19 Soporte Lateral Izquierdo .....	53
Ilustración 20 Soporte Lateral Derecho .....	54
Ilustración 21. Programa Fritzing .....	54
Ilustración 22 Placa Arduino Uno .....	55
Ilustración 23 Modulo Bluetooth.....	56
Ilustración 24 Motor Vibrador.....	57
Ilustración 25 Servomotor PDI-6221MG 20Kg 180g.....	58
Ilustración 26 Fuente de Alimentación.....	59

Ilustración 27 Diseño Electrónico de la conexión Bluetooth .....	60
Ilustración 28 Conexión para los motores Vibradores .....	61
Ilustración 29 Filamento e Impresora 3D .....	61
Ilustración 30 Android y SQLite .....	62
Ilustración 31 Diagrama General del Sistema .....	66
Ilustración 32 Diagrama de Caso de Uso: Ingresar al Sistema .....	67
Ilustración 33 Diagrama de Caso de Uso: Gestión Usuario .....	67
Ilustración 34 Diagrama de Caso de Uso: Gestión Paciente .....	68
Ilustración 35 Diagrama de Caso de Uso: Atención .....	68
Ilustración 36 Diagrama de Caso de Uso: Evento de Vinculación .....	69
Ilustración 37 Diagrama de Caso de Uso: Evento de Rehabilitación.....	69
Ilustración 38 Diagrama de Secuencia: Ingresar al Sistema .....	99
Ilustración 39 Diagrama de Secuencia: Gestión de Usuarios.....	100
Ilustración 40 Diagrama de Secuencia: Nuevo Usuario .....	101
Ilustración 41 Diagrama de Secuencia: Modificar Usuario .....	102
Ilustración 42 Diagrama de Secuencia: Deshabilitar Usuario .....	103
Ilustración 43 Diagrama de Secuencia: Habilitar Usuario .....	104
Ilustración 44 Diagrama de Secuencia: Gestión Paciente .....	105
Ilustración 45 Diagrama de Secuencia: Nuevo Paciente.....	106
Ilustración 46 Diagrama de Secuencia: Modificar Paciente .....	107
Ilustración 47 Diagrama de Secuencia: Deshabilitar Paciente .....	108
Ilustración 48 Diagrama de Secuencia: Habilitar Paciente .....	109
Ilustración 49 Diagrama de Secuencia: Gestión Atención.....	110
Ilustración 50 Diagrama de Secuencia: Nueva Atención.....	111
Ilustración 51 Diagrama de Secuencia: Realizar Atención .....	112
Ilustración 52 Diagrama de Secuencia: Ver Atención .....	113
Ilustración 53 Diagrama de Clase.....	114

Ilustración 54 Diagrama de Actividad: Login .....	115
Ilustración 55 Diagrama de Actividad: Gestión Usuario .....	116
Ilustración 56 Diagrama de Actividad: Nuevo Usuario .....	117
Ilustración 57 Diagrama de Actividad: Modificar Usuario.....	118
Ilustración 58 Diagrama de Actividad: Deshabilitar Usuario .....	119
Ilustración 59 Diagrama de Actividad: Habilitar Usuario .....	120
Ilustración 60 Diagrama de Actividad: Gestión Paciente .....	121
Ilustración 61 Diagrama de Actividad: Nuevo Paciente .....	122
Ilustración 62 Diagrama de Actividad: Modificar Paciente .....	123
Ilustración 63 Diagrama de Actividad: Deshabilitar Paciente .....	124
Ilustración 64 Diagrama de Actividad: Habilitar Paciente.....	125
Ilustración 65 Diagrama de Actividad: Gestión Atención .....	126
Ilustración 66 Diagrama de Actividad: Nueva Atención .....	127
Ilustración 67 Diagrama de Actividad: Realizar atención .....	128
Ilustración 68 Diagrama de Actividad: Ver atención.....	129
Ilustración 69 Diagrama de Actividad: Evento de Vinculación.....	130
Ilustración 70 Diagrama de Bloque .....	131
Ilustración 71 Flujo de Información .....	131
Ilustración 72 Antebrazo 3D .....	Ilustración 73
Mano 3D	176
Ilustración 74 Soporte Derecho	Ilustración 75 Soporte Izquierdo .....
	176
Ilustración 76 perno cabeza Redonda	Ilustración 77 Tuerca Mariposa.....
	177
Ilustración 78 Soporte de Resorte Izquierdo	Ilustración 79 soporte de Resorte Derecho
.....	177