

Ciencias veterinarias y tecnología: Análisis y diseño de una prótesis biónica canina



USAL
UNIVERSIDAD
DEL SALVADOR

Carolina Edith Iribas

Universidad Del Salvador.

Facultad de ingeniería en informática.

Proyecto final

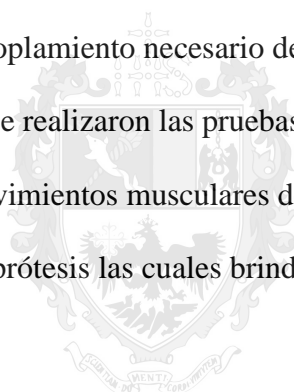
Resumen

Actualmente hay poca información sobre el diseño y fabricación de prótesis en animales.

Por tal motivo, en este trabajo de investigación se desarrolla e implementa un método para el desarrollo de un prototipo de prótesis canina impresa en 3D para la extremidad anterior combinada con Arduino para simular los movimientos naturales de la marcha canina.

El interés en el diseño de este tipo de prótesis reside en implementar una solución a la pérdida de extremidades en caninos mejorando su calidad de vida y permitiendo reducir la aparición de enfermedad asociadas.

Teniendo en cuenta el diseño y el acoplamiento necesario de la prótesis con los sensores y equipamiento electrónico necesario se realizaron las pruebas para evidenciar la lectura de las señales EMG procedentes de los movimientos musculares del muñón y correcto funcionamiento de las articulaciones presentes en la prótesis las cuales brindan el movimiento necesario para el desplazamiento del perro.



USAL
UNIVERSIDAD
DEL SALVADOR

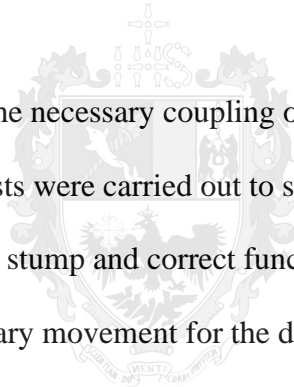
Abstract

There is currently little information on the design and manufacture of prostheses in animals.

For this reason, this research work develops and implements a method for the development of a prototype of canine prosthesis printed in 3D for the anterior limb combined with Arduino to simulate the natural movements of the canine march.

The interest in the design of this type of prosthesis lies in implementing a solution to the loss of extremities in canines improving their quality of life and allowing to reduce the occurrence of associated diseases.

Taking into account the design and the necessary coupling of the prosthesis with the necessary sensors and electronic equipment, tests were carried out to show the reading of EMG signals from the muscular movements of the stump and correct functioning of the joints present in the prosthesis, which provide the necessary movement for the displacement of the dog.



USAL
UNIVERSIDAD
DEL SALVADOR

Tabla de Contenidos

Capítulo 1. Introducción.....	14
1.1 Objetivos	14
1.2 Barreras.....	15
1.3 Relevancia del proyecto.....	16
Capítulo 2. Metodología y procedimientos.....	16
2.1 Área temática.....	18
2.2 Planteamiento del problema.....	18
2.3 Delimitación.....	18
2.4 Marco teórico.....	18
2.5 Indicadores.....	18
2.6 Diseño.....	19
2.7 Técnicas.....	19
2.8 Instrumentos.....	20
2.9 Conclusiones.....	21
2.10 Alcance del proyecto.....	21
2.11 Cronograma	21
Capítulo 3. Síntesis de literatura consultada.....	23
3.1 Estado del arte.....	23
3.1.1 introducción.....	23
3.1.2 Señales mioelectricas orientadas a la robótica.....	24
3.1.3 Análisis numérico de un prototipo de prótesis canina.....	25

3.2 Marco teórico.....	26
3.2.1 Prótesis en humanos.....	26
3.2.1.1 Antecedentes históricos de las prótesis en humanos.....	29
3.2.1.2 Prótesis biónicas en humanos.....	35
3.2.2 Prótesis en animales.....	39
3.2.3 Conceptos veterinarios.....	45
3.2.3.1 Anatomía canina.....	45
3.2.3.1.1 Planos anatómicos.....	46
3.2.3.1.2 Estructura ósea.....	50
3.2.3.1.2.1 Estructura ósea del miembro anterior.....	53
3.2.3.1.2.2 Estructura ósea del miembro posterior.....	55
3.2.3.1.3 Musculatura canina.....	56
3.2.3.1.3.1 Musculatura miembro anterior.....	57
3.2.3.1.3.2 Musculatura miembro posterior.....	59
3.2.3.2 Locomoción canina.....	61
3.2.3.2.1 Paso.....	62
3.2.3.2.2 Trote.....	63
3.2.3.2.3 Galope.....	64
3.2.4 Conceptos de electrónica e informática.....	65
3.2.4.1 Microcontroladores.....	65
3.2.4.1.1 Características.....	65
3.2.4.1.2 Tipos de microcontroladores.....	67
3.2.4.1.3 ¿Para qué sirven?.....	69

3.2.4.1.4 Arquitectura de microcontroladores.....	69
3.2.4.2 Arduino.....	70
3.2.4.2.1 Características generales.....	71
3.2.4.2.2 Tipos de Arduino y sus usos.....	72
3.2.4.2.3 Sensores.....	78
3.2.4.2.3.1 Características de los sensores.....	78
3.2.4.2.3.2 Tipos de sensores.....	79
3.2.4.2.3.3 Myoware muscle sensor.....	79
3.2.4.2.3.4 Escudo de energía Myoware.....	83
3.2.4.3 Señales mioeléctricas.....	84
3.2.4.3.1 Origen de las señales mioeléctricas.....	84
3.2.4.3.2 Formas de onda EMG típicas.....	85
3.2.4.3.3 Electrodo.....	87
3.2.4.3.4 Posición de los electrodos.....	88
3.2.4.3.5 Cuantificar señales EMG.....	90
3.2.4.4 impresión 3d.....	92
Capítulo 4. justificación técnico-económica.....	96
4.1 Viabilidad técnica.....	96
4.2 Impacto y costos.....	96
4.3 Supuestos.....	98
4.4 Restricciones.....	98
4.5 Gestión de riesgos.....	99
Capítulo 5. presentación de resultados.....	103

5.1 Objetivo general de la prótesis.....	103
5.2 Requisitos.....	103
5.2.1 Requisitos funcionales.....	103
5.2.2 Requisitos no funcionales.....	105
5.3 Diseño.....	107
5.3.1 Generalidades.....	107
5.3.2 Arquitectura de la prótesis.....	107
5.3.2.1 Mecanismo.....	108
5.3.2.2 Anclaje protético.....	113
5.3.3 Requerimientos de diseño.....	116
5.3.3.1 Indispensables.....	116
5.3.3.2 Necesarios.....	117
5.3.3.3 Deseables.....	117
5.3.4 Diseño 3D.....	118
5.3.5 Materiales.....	118
5.3.6 producción.....	120
5.3.7 Ensamble.....	123
5.4 programación.....	130
5.5 Integración ensamble y programación de la prótesis.....	130
5.6 Pruebas.....	132
5.6.1 Pruebas técnicas.....	132
5.7 Entrevistas.....	137
Capítulo 6. presentación de Conclusiones.....	142

6.1 Conclusiones finales.....	142
6.2 Aportaciones de la tesis.....	144
6.3 Futuras líneas de investigación.....	145
Libros.....	147



USAL
UNIVERSIDAD
DEL SALVADOR

Lista de figuras

Figura 1. Metodologías a aplicar en el proyecto.....	17
Figura 2. Definición de alcance del proyecto.....	21
Figura 3. Cronograma de actividades del proyecto.....	22
Figura 4. Secuencia de nodos.....	25
Figura 5. Secuencia de nodos aplicados al can.....	26
Figura 6. Prótesis de rodilla.....	27
Figura 7. Evolución de la prótesis en humanos.....	29
Figura 8. Primera prótesis humana funcional.....	30
Figura 9. Primera prótesis de pierna humana.....	30
Figura 10. Prótesis pata de palo.....	31
Figura 11. Mano mecánica de Amboise Pare	32
Figura 12. Prótesis desarrollada por Pieter Verduyn.....	33
Figura 13. Pierna con rotula artificial.....	34
Figura 14. Prótesis moderna.....	34
Figura 15. Prótesis de mano biónica.....	36
Figura 16. Prótesis de brazo biónico.....	37
Figura 17. Prótesis biónica de tobillo.....	37
Figura 18. Prótesis biónica de rodilla.....	38
Figura 19. Prótesis biónica de pierna.....	39
Figura 20. Prótesis de pico antes y después.....	40
Figura 21. Prótesis dental en bobino.....	41

Figura 22. Winter el primer delfín con una prótesis de este tipo.....	42
Figura 23. prótesis en cuadrúpedos.....	43
Figura 24. Prótesis para perro en forma de arco.....	44
Figura 25. Prótesis para perro en forma redonda.....	44
Figura 26. Vista lateral derecha de un perro.....	45
Figura 27. Vista lateral izquierda de un perro.....	46
Figura 28. Planos anatómicos canino.....	48
Figura 29. Planos anatómicos extremidad canina.....	49
Figura 30. Estructura ósea canina.....	51
Figura 31. Columna vertebral canina.....	52
Figura 32. Estructura ósea miembro anterior canino.....	53
Figura 33. Huesos carpo y metacarpo.....	55
Figura 34. Estructura ósea miembro posterior canino.....	55
Figura 35. Musculatura canina.....	57
Figura 36. Músculos miembro anterior.....	59
Figura 37. Músculos miembro posterior.....	61
Figura 38. Pisadas de un perro durante el paso.....	62
Figura 39. Pisadas de un perro durante el trote.....	63
Figura 40. Pasos del perro durante el galope.....	64
Figura 41. Microcontroladores.....	65

Figura 42. Arquitectura de Von Neumann.....	69
Figura 43. Arquitectura Harvard.....	70
Figura 44. Placa Arduino uno.....	71
Figura 45. Arduino Uno.....	73
Figura 46. Arduino Due.....	73
Figura 47. Arduino Leonardo.....	74
Figura 48. Arduino Mega 2560.....	74
Figura 49. Arduino Mega ADK.....	75
Figura 50. Arduino micro.....	75
Figura 51. Arduino Nano.....	76
Figura 52. Arduino Yun.....	77
Figura 53. Arduino Fio.....	77
Figura 54. Señales analógica y digital.....	80
Figura 55. Señal Mioelectricas.....	81
Figura 56. Sensor muscular Myoware.....	82
Figura 57. conexión muscular del sensor Myoware.....	82
Figura 58. Sensor Myoware y colocación de pad EMG.....	83
Figura 59. Escudo de energía Myoware.....	83
Figura 60. Señal Mioeléctrica.....	84
Figura 61. Proceso de detección de señales mioelectricas.....	85
Figura 62. Forma de onda EMG.....	87
Figura 63. Tipos de electrodos.....	88
Figura 64. Posición del electrodo.....	89

Figura 65. Posicionamiento de electrodos en perros.....	90
Figura 66. Amplitud señales mioelectricas.....	91
Figura 67. Impresión 3D.....	93
Figura 68. Matriz de clasificación de riesgos.....	100
Figura 69. biomecánica canina con amputación del miembro anterior.....	107
Figura 70. Ejemplo real de amputación de extremidad anterior.....	108
Figura 71. Sensor muscular de frente.....	109
Figura 72. Sensor muscular del dorso.....	109
Figura 73. Articulación a nivel de la pata.....	110
Figura 74. Articulación a nivel del codo.....	110
Figura 75. Servo motor Mg996.....	111
Figura 76. Encastres utilizados en el servo para acople con la prótesis.....	112
Figura 77. Encastres diseñados para el encastre del conector al servo Motor I.....	112
Figura 78. Encastre del conector al motor II.....	113
Figura 79. Anclaje protésico.....	114
Figura 80. Boninas de filamento PLA.....	115
Figura 81. Goma Eva.....	115
Figura 82. Página principal AutoDesk fusión 360.....	119
Figura 83. Impresora 3D Creality Ender-3.....	119
Figura 84. Anclaje protésico.....	120
Figura 85. Pieza superior o revestimiento.....	121
Figura 86. Pieza central.....	122
Figura 87. Pieza inferior o pie.....	123

Figura 88. Ensamble de la prótesis en Software de diseño.....	124
Figura 89. Servomotor en la articulación de la rodilla.....	125
Figura 90. Tarugo en la articulación.....	126
Figura 91. Ensamblaje I.....	127
Figura 92. Ensamblaje II.....	127
Figura 93. Ensamblaje III.....	128
Figura 94. Ensamblaje IIII.....	129
Figura 95. Ensamblaje y forrado anclaje.....	129
Figura 96. Código Arduino.....	130
Figura 97. Diseño del circuito electrónico.....	131
Figura 98. ensamble del circuito electrónico.....	132
Figura 99. señales EMG en reposo.....	133
Figura 100. Movimiento de extremidad inferior de la prótesis con movimiento muscular...134	
Figura 101. Valores de señales EMG con movimiento muscular.....	135
Figura 102. Movimiento de extremidad inferior de la prótesis en reposo.....	136
Figura 103. distribución de profesiones que respondieron a la encuesta.....	137
Figura 104. distribución pregunta 1.....	138
Figura 105. distribución pregunta 2.....	138
Figura 106. distribución pregunta 3.....	139
Figura 107. distribución pregunta 4.....	140
Figura 108. distribución pregunta 5.....	140
Figura 109. distribución pregunta.....	141

Capítulo 1. Introducción

1.1 Objetivos

A diferencia de las prótesis humanas las prótesis caninas no han avanzado de igual manera en el desarrollo tecnológico en los últimos años.

Actualmente el diseño de prótesis si bien ha experimentado mejoras en cuanto a los costos, no permiten una movilidad natural en el animal como si lo hacen las prótesis biónicas desarrolladas para el ser humano.

Las prótesis biónicas son un tipo de prótesis diseñadas en conjunto con sistemas tecnológicos que permiten restituir en gran medida los movimientos naturales del sistema músculo - esquelético que las utilizan.

Este tipo de prótesis otorgan al usuario mayor libertad de movimientos, imitando los procesos que realizan naturalmente los músculos, huesos y articulaciones.

El objeto de este proyecto se centraliza en el desarrollo del marco teórico- práctico intentando buscar un cambio de paradigma de las actuales prótesis caninas mediante el desarrollo de una prótesis biónica.

1.2 Barreras

Los siguientes apartados corresponden a las barreras que tiene este proyecto y por las cuales no se ha llevado a cabo el desarrollo de este:

- **Económico:** La utilización de los diferentes sensores necesarios para la confección de una prótesis biónica pueden resultar costosos teniendo en cuenta el tiempo de vida útil de la misma.
- **Complejidad de uso en condiciones adversas:** Las prótesis biónicas aplicadas a caninos además de tener la complejidad base del diseño de los componentes electrónicos y el desarrollo de un prototipo que permita utilizar los mismos de manera correcta son alcanzadas por la complejidad adicional de que las mismas deben poder ser susceptibles de utilización en situaciones y climas adversos a la utilización tradicional de componentes electrónicos.
- **Duración de la batería asociada a la prótesis:** La utilización de una batería pequeña, pero de larga duración puede resultar en una inversión costosa o un desarrollo en si mismo.
- **Voluntariado:** Será necesario durante el desarrollo del proyecto contar con la participación de voluntarios caninos que tengan problemas de movilidad causados por una amputación de sus extremidades delanteras.

- **Colaboración con profesionales del ámbito de la veterinaria:** Será necesario la colaboración con veterinarios que tengan experiencia en la recuperación de caninos que han sufrido una amputación de sus extremidades.

1.3 Relevancia del proyecto

Debido a enfermedades como diversos tipos de cáncer o por accidentes la amputación de miembros en canes es un problema que ocurre frecuentemente y repercute en gran medida en la calidad de vida del animal generando dolencias en el resto de las extremidades o en la columna debido a una incorrecta distribución del peso.

Asimismo, el prototipo de prótesis biónica propuesto en el presente proyecto contribuirá a que el can pueda mejorar el desarrollo de sus actividades diarias de manera autónoma.

Capítulo 2. Metodología y procedimientos

La metodología de investigación a implementar aplicara los lineamientos propuestos por Carlos Sabino lo que establece un desarrollo interesante del proyecto.

La primera etapa de Área temática estará definida por la selección de la problemática a tratar durante el desarrollo del proyecto.

La segunda etapa corresponde al planteamiento del problema en la cual se selecciona el problema fundamental a desarrollar dentro de un área de conocimiento más general.

La tercera etapa buscara delimitar objetivos específicos.

La etapa perteneciente al marco teórico intentara definir el planteo del problema.