

# Índice general

<b>AGRADECIMIENTOS</b>	<b>I</b>
<b>Resumen</b>	<b>II</b>
<b>1. Introducción</b>	<b>2</b>
1.1. Resumen de capítulos . . . . .	4
1.2. Estado del arte . . . . .	5
1.2.1. Centro de presión . . . . .	5
1.2.2. Plataformas para estudio de equilibrio . . . . .	5
1.2.3. Necesidad de acciones preventivas en cuestión de equilibrio	6
1.2.4. Principio de funcionamiento para plataformas de fuerza con celdas de carga . . . . .	8
1.2.4.1. Funcionamiento de una célula de carga . . . . .	10
1.2.4.2. Electrónica involucrada . . . . .	13
1.2.5. Modelo matemático para el cálculo de centro de presión plantar sobre una plataforma de fuerza . . . . .	14
1.2.6. Discusión . . . . .	16
1.3. Objetivos . . . . .	17
1.3.1. Objetivo general . . . . .	17
1.3.2. Objetivos específicos . . . . .	17
1.4. Alcances y limitaciones . . . . .	17
1.4.1. Alcances . . . . .	17
1.4.2. Limitaciones . . . . .	17
1.5. Metodología . . . . .	19
<b>2. Diseño y Construcción</b>	<b>20</b>
2.1. Introducción . . . . .	20
2.2. Ingeniería básica y detalle . . . . .	21
2.2.1. Primer prototipo . . . . .	24
2.2.1.1. Circuito y programación . . . . .	27
2.2.1.2. Lectura de la celda . . . . .	35
2.2.1.3. Comunicación y entrega de datos . . . . .	36
2.2.2. Segundo prototipo . . . . .	39
2.2.2.1. Diseño estructural . . . . .	39
2.2.2.2. Identificación de gastos . . . . .	42
2.2.2.3. Procedimientos . . . . .	43
2.2.2.4. Primera prueba con paciente adulto mayor . . . . .	51
2.2.3. Producto final . . . . .	52

2.2.3.1.	Diseño final . . . . .	52
2.2.3.2.	Soporte estructural metálico junto a sus fijaciones	54
2.2.3.3.	Plásticos de protección . . . . .	56
2.2.3.4.	Placa inferior . . . . .	56
2.2.3.5.	Montaje de circuito . . . . .	57
2.2.3.6.	Placa superior . . . . .	58
2.2.3.7.	Proceso de pintura . . . . .	59
2.3.	Plan de trabajo . . . . .	61
2.3.1.	Conformación del equipo de trabajo . . . . .	61
2.3.1.1.	Uso de herramientas y lugar de trabajo . . . . .	61
2.3.2.	hitos y tareas críticas . . . . .	61
<b>3.</b>	<b>Instrumentos para pruebas de laboratorio</b>	<b>64</b>
3.1.	Máquina para aplicar presión en 2 puntos . . . . .	64
3.2.	Máquina para analizar la dinámica de la plataforma de fuerza . . . . .	68
<b>4.</b>	<b>Experiencias de laboratorio con péndulo</b>	<b>71</b>
4.1.	Conclusión . . . . .	75
	<b>Referencias</b>	<b>77</b>
	<b>Apéndices</b>	<b>83</b>
<b>A.</b>	<b>Documentación</b>	<b>83</b>
A1.	Documentación de operación y mantenimiento . . . . .	83
A2.	Plan de cierre . . . . .	86
A3.	Anexos . . . . .	87
A4.	Planos plataforma de fuerza VERR . . . . .	91

# Índice de cuadros

2.2.1.Impresión de datos en comparación de su tiempo y frecuencia. . .	35
2.2.2.Conexión del modulo conversor analógico digital AD7705. . . . .	44

# Índice de figuras

1.1. Puente de wheastone. Software Easy Eda. . . . .	8
1.2. Galga extensiométrica [6]. . . . .	9
1.3. Deformación positiva y negativa [7]. . . . .	9
1.4. Conformación de una celda de carga por medio de una galga extensimétrica [7]. . . . .	10
1.5. Pruebas con galgas extensométricas en análisis de tensión residual [7].	10
1.6. Funcionamiento de una Galga extensométrica [7]. . . . .	11
1.7. Elemento de muelle alojando una galga extensiométrica [7]. . . . .	12
1.8. Vista superior de la plataforma. . . . .	14
1.9. Vista lateral. . . . .	14
2.1. Diagrama de proceso electrónico. . . . .	22
2.2. Diagrama de flujo de la programación. . . . .	23
2.3. Perfiles para construcción de plataforma . . . . .	24
2.4. Construcción de plataforma . . . . .	25
2.5. Celda tipo MLC714N. . . . .	25
2.6. Montaje sensor. . . . .	26
2.7. Estructura tipo plataforma, con las celdas montadas. . . . .	26
2.8. Diagrama electrónico de módulo hx711 [74]. . . . .	27
2.9. Diagrama de conexión de la celda de carga con módulo hx711 [74].	28
2.10. Microcontrolador Atmega328p [75]. . . . .	30
2.11. Microcontrolador Atmega328p incrustado en placa arduino nano [76].	31
2.12. Prueba de calibración, en el módulo HX711. . . . .	31
2.13. Diagrama de flujo para código 1. . . . .	32
2.14. Esquema de conexión de los módulos HX711 y la placa arduino nano interfaz online EasyEDA.com. . . . .	33
2.15. Montaje de circuito en protoboard. . . . .	33
2.16. Placa virtual, confección por medio de la interfaz EasyEDA.com .	34
2.17. Cambio de circuito a placa. . . . .	34
2.18. Prueba de circuito en la placa. . . . .	35
2.19. Carpeta contenedora de registros. . . . .	36
2.20. Archivo de toma de muestras. . . . .	37
2.21. Gráficas proporcionadas por el trabajo programático en Matlab. .	37
2.22. Gráfica individual de CoP X. . . . .	38
2.23. Estructura de aluminio, diseño inventor. . . . .	39
2.24. Vista explosionada de las piezas plásticas, sistema de Embutido. .	39
2.25. Simulación en ANSYS del conjunto estructural, aplicación de la fuerza. . . . .	40

2.26. Simulación de deformación. . . . .	41
2.27. Análisis de estrés por criterio de von mises. . . . .	41
2.28. Gasto para un dispositivo en construcción lista 1. . . . .	42
2.29. Gasto para un dispositivo en construcción lista 2. . . . .	43
2.30. Celda de carga adquirida. . . . .	43
2.31. Modulo AD7705 [77]. . . . .	44
2.32. Circuito para plataforma de fuerza, placa. . . . .	45
2.33. Placa física. . . . .	45
2.34. Montaje de placa física. . . . .	46
2.35. Montaje de placa provisora. . . . .	46
2.36. Diagrama de flujo del programa. . . . .	47
2.37. Parte de programa que incorpora las configuraciones. . . . .	48
2.38. Parte del programa que trabaja en el ciclo de tomar muestras. . .	49
2.39. Montaje de placa física. . . . .	50
2.40. Montaje de placa física. . . . .	50
2.41. Montaje de placa física. . . . .	51
2.42. Plataforma y Prueba con pacientes. . . . .	51
2.43. Muestra obtenida de los datos que proporciona la plataforma. . .	52
2.44. Ensamble de las piezas estructurales del instrumento final en modelación CAD. . . . .	53
2.45. Vista proyectada del diseño final del instrumento. . . . .	54
2.46. Estructura interna definitiva. . . . .	54
2.47. Perforaciones para fijar sensores. . . . .	55
2.48. Sensores fijados. . . . .	55
2.49. Estructura plástica unida a estructura metálica. . . . .	56
2.50. Placa inferior. . . . .	57
2.51. Montaje de circuito. . . . .	58
2.52. Placa superior. . . . .	58
2.53. Proceso de suavizado de superficie. . . . .	59
2.54. Proceso de pintado por capas. . . . .	60
2.55. Proceso de barnizado y pulido. . . . .	60
3.1. Diseño máquina que aplica presión en 2 puntos de apoyo. . . . .	65
3.2. Reacciones para máquina que aplica presión en 2 puntos de apoyo. .	65
3.3. Deformación de máquina que aplica presión en 2 puntos de apoyo. .	66
3.4. Análisis de deformación por criterio de VON MISES para máquina que aplica presión en 2 puntos de apoyo. . . . .	66
3.5. Detalle de la máquina que aplica presión en 2 puntos de apoyo terminada . . . . .	67
3.6. Proceso de toma de muestras con la máquina que aplica presión en 2 puntos de apoyo. . . . .	68
3.7. Péndulo para análisis de dinámica. . . . .	69
3.8. Péndulo sobre la superficie de la plataforma de fuerza. . . . .	70
4.1. Sentido de la toma de muestra. . . . .	72
4.2. Gráfico CoP X horizontal para 8 muestras, sin modificar. . . . .	72
4.3. Gráfico CoP X horizontal suavizado con media móvil. . . . .	72
4.4. Gráfico CoPx horizontal, con filtro pasa bajo. . . . .	73
4.5. Gráfico CoPy horizontal para 8 muestras, sin modificar. . . . .	73

---

4.6. Gráfico CoPy horizontal para 8 muestras, suavizado con media móvil.	73
4.7. Gráfico CoPx horizontal, con filtro pasa bajo. . . . .	74
A1.1.Procedimiento de verificación de baterías. . . . .	83
A1.2.Procedimiento de verificación de módulo wifi. . . . .	84
A1.3.Procedimiento de verificación de placa principal . . . . .	84
A1.4.Procedimiento de verificación de celda de carga. . . . .	84
A1.5.Procedimiento de verificación de cargador. . . . .	85
A1.6.Procedimiento de verificación de módulo de memoria. . . . .	85
A1.7.Procedimiento de verificación de módulo bluetooth. . . . .	85