

# Contenido

<b>Agradecimientos</b> .....	<b>ii</b>
<b>Abreviaturas</b> .....	<b>vi</b>
<b>Contenido</b> .....	<b>x</b>
<b>Lista de figuras</b> .....	<b>xvi</b>
<b>Lista de tablas</b> .....	<b>xviii</b>
<b>Resumen</b> .....	<b>xx</b>
<b>Resum</b> .....	<b>xxii</b>
<b>Abstract</b> .....	<b>xxiv</b>
<b>Capítulo 1. Introducción</b> .....	<b>1</b>
<b>1.1. Motivación</b> .....	<b>2</b>
<b>1.2. Hipótesis</b> .....	<b>4</b>
<b>1.3. Objetivos</b> .....	<b>4</b>
<b>1.4. Estructura de la tesis</b> .....	<b>5</b>

## **Capítulo 2. Antecedentes y estado del arte ..... 7**

<b>2.1. Antecedentes Clínicos .....</b>	<b>7</b>
2.1.1. Anatomía y electrofisiología del corazón .....	7
2.1.2. Ritmo sinusal normal .....	11
2.1.3. Fibrilación auricular .....	12
2.1.4. Otras arritmias cardíacas .....	13
2.1.5. Miocardiopatía Arritmogénica .....	16
<b>2.2. Estado del arte .....</b>	<b>20</b>
2.2.1. Marcadores de arritmias basados en la actividad auricular .....	20
2.2.2. Marcadores de arritmias basados en la actividad ventricular .....	22
2.2.3. Aprendizaje automático para el diagnóstico de arritmias .....	25
2.2.4. Detección de arritmias en dispositivos móviles .....	28

## **Capítulo 3. Materiales y métodos generales ..... 31**

<b>3.1. Aprendizaje automático.....</b>	<b>31</b>
3.1.1. Redes Neuronales Artificiales.....	34
3.1.2. Naïve Bayes .....	39
3.1.3. Support Vector Machines.....	40
3.1.4. Regresión logística.....	43
<b>3.2. Sensibilidad y Especificidad .....</b>	<b>45</b>

## **Capítulo 4. Detección de Fibrilación Auricular en una derivación única ..... 47**

<b>4.1. Introducción.....</b>	<b>47</b>
4.1.1. Objetivos .....	47
<b>4.2. Materiales.....</b>	<b>48</b>
<b>4.3. Métodos .....</b>	<b>50</b>
4.3.1. Criterios de evaluación .....	51
4.3.2. Preprocesado de señal .....	53
4.3.3. Extracción de características .....	53
4.3.4. Preprocesado del conjunto de datos .....	58
4.3.5. Selección de características.....	59
4.3.6. Entrenamiento y validación de Redes Neuronales .....	60
4.3.7. Entrenamiento y validación de Naïve Bayes.....	61

4.3.8. Entrenamiento y validación de <i>Support Vector Machines</i> .....	62
<b>4.4. Resultados.....</b>	<b>63</b>
4.4.1. Análisis de las características basadas en los vectores <i>pNNx</i> .....	63
4.4.2. Selección de Características .....	66
4.4.3. Redes Neuronales .....	69
4.4.4. Naïve Bayes.....	71
4.4.5. <i>Support Vector Machines</i> .....	73
4.4.6. Visión global de los resultados .....	74
4.4.7. Costes Computacionales.....	76
<b>4.5. Discusión.....</b>	<b>79</b>
4.5.1. Características basadas en los vectores <i>pNNx</i> medios .....	79
4.5.2. Selección de características .....	79
4.5.3. Resultados de clasificación y costes computacionales .....	80
4.5.4. Comparación con otros trabajos .....	80
4.5.5. Limitaciones y trabajos futuros .....	84
4.5.6. Conclusiones .....	84
<b>Capítulo 5. Detección de múltiples afecciones cardiacas en diversos conjuntos de derivaciones.....</b>	<b>87</b>
<b>5.1. Introducción .....</b>	<b>87</b>
5.1.1. Objetivos .....	88
<b>5.2. Materiales .....</b>	<b>88</b>
<b>5.3. Métodos.....</b>	<b>92</b>
5.3.1. Esquema de Validación .....	92
5.3.2. Reglas de Puntuación .....	93
5.3.3. Procesado de Señal .....	94
5.3.4. Extracción de Características.....	95
5.3.5. Preprocesado del Conjunto de datos.....	98
5.3.6. Selección de Características .....	98
5.3.7. Estrategia de Clasificación Binaria.....	99
5.3.8. Enfoque de Clasificación <i>One-vs-Rest</i> .....	103
<b>5.4. Resultados.....</b>	<b>105</b>
5.4.1. Costes Computacionales.....	105
5.4.2. Análisis de la Selección de Características.....	107
5.4.3. Análisis de la Selección de Modelos .....	110
5.4.4. Análisis de las Puntuaciones de los Modelos .....	111

<b>5.5. Discusión .....</b>	<b>118</b>
5.5.1. Resultados con una única derivación .....	118
5.5.2. Mejoras respecto el trabajo reportado en <i>CinC 2021</i> .....	119
5.5.3. Comparación con otros trabajos .....	121
5.5.4. Limitaciones y trabajos futuros .....	122
5.5.5. Conclusiones .....	123

## **Capítulo 6. Marcadores y clasificadores para detectar Miocardiopatía Arritmogénica ..... 125**

<b>6.1. Introducción.....</b>	<b>125</b>
6.1.1. Objetivos .....	127
<b>6.2. Materiales.....</b>	<b>129</b>
<b>6.3. Métodos .....</b>	<b>130</b>
6.3.1. Preprocesado de la señal .....	130
6.3.2. Extracción de parámetros basados en el ECG.....	132
6.3.3. Extracción de parámetros basados en el Vectocardiograma .....	134
6.3.4. Extracción de parámetros basados en PCA.....	136
6.3.5. Resumen de parámetros y análisis estadístico.....	137
6.3.6. Modelos de Regresión Logística y selección de características .....	139
6.3.7. Generación del conjunto de datos para entrenamiento de HMM... ..	141
6.3.8. División del conjunto de datos para HMM .....	142
6.3.9. Entrenamiento de HMM con HTK .....	143
6.3.10. Criterios de evaluación para los HMM .....	147
<b>6.4. Resultados .....</b>	<b>148</b>
6.4.1. Análisis estadístico de todo el conjunto de datos .....	148
6.4.2. Análisis estadístico estratificado por sexo .....	155
6.4.3. Modelos de Regresión Logística y selección de características .....	159
6.4.4. Modelos ocultos de Markov .....	164
<b>6.5. Discusión .....</b>	<b>166</b>
6.5.1. Criterios diagnósticos de MCA en el ECG .....	167
6.5.2. Modelos de Regresión Logística .....	168
6.5.3. Modelos ocultos de Markov .....	169
6.5.4. Limitaciones y trabajos futuros .....	169
6.5.5. Conclusiones .....	170

<b>Capítulo 7. Conclusiones .....</b>	<b>171</b>
<b>7.1. Conclusiones .....</b>	<b>171</b>
7.1.1. Respecto los objetivos principales .....	171
7.1.2. Respecto los objetivos secundarios .....	173
<b>7.2. Directrices para trabajos futuros .....</b>	<b>178</b>
<b>Capítulo 8. Contribuciones .....</b>	<b>179</b>
<b>8.1. Contribuciones principales de esta tesis.....</b>	<b>179</b>
8.1.1. Artículos en revista.....	179
8.1.2. Congresos internacionales .....	179
8.1.3. Congresos nacionales .....	180
<b>8.2. Contribuciones relacionadas con esta tesis.....</b>	<b>181</b>
8.2.1. Artículos en revista.....	181
8.2.2. Congresos internacionales .....	181
8.2.3. Congresos nacionales .....	182
<b>8.3. Proyectos de investigación .....</b>	<b>182</b>
<b>Bibliografía .....</b>	<b>183</b>