

TABLA DE CONTENIDO

<i>CAPÍTULO I: INTRODUCCIÓN</i>	3
1 FUNDAMENTOS DEL CRISTAL DE CUARZO COMO SENSOR: MODELOS	4
2 PARÁMETROS PARA LA CARACTERIZACIÓN DE SENSORES DE CUARZO	11
3 SISTEMAS DE CARACTERIZACIÓN DE SENSORES PIEZOELÉCTRICOS Y SUS LIMITACIONES	14
3.1 Analizador de Impedancias o de Redes.....	14
3.1.1 Adaptaciones del Analizador de Impedancias.....	16
3.2 Método de la Respuesta al Impulso y Desvanecimiento.....	20
3.3 Osciladores.....	24
3.3.1 Principio Básico de un Oscilador LC.....	24
3.3.2 Condición de Oscilación.....	27
3.3.3 Modo Paralelo del Oscilador de Cristal.....	28
3.3.4 Modo Serie del Oscilador de Cristal.....	29
3.3.5 Problemática Asociada a la Medida de la MSRF.....	30
3.3.6 Problemática Asociada a la Medida de la Resistencia Dinámica.....	32
3.3.7 Osciladores para Sensores QCM.....	33
3.4 Sistema de Interfaz para Sensores QCM Basados en Técnicas de Enganche.....	53
3.4.1 Técnicas de PLL con Compensación de la Capacidad Paralela.....	53
3.4.2 Técnicas de Enganche a la Frecuencia de Máxima Conductancia.....	60
3.5 Interfaz para Aplicaciones de fast-QCM.....	62
<i>CAPITULO II: JUSTIFICACIÓN Y OBJETIVOS</i>	69
<i>CAPÍTULO III: OSCILADOR</i>	75
4 MÉTODOS	76
4.1 Método de Caracterización: Seguimiento de Frecuencia (OSCILADOR).....	76
4.1.1 Descripción Detallada del Sistema Propuesto.....	79
4.1.2 Implementación.....	89
4.2 Cristal y Celdas de Medida.....	97

4.2.1	Cristales	97
4.2.2	Celdas de Medida	97
4.3	Instrumental de Medida Asociado	99
4.4	Ensayos: Comportamiento del Oscilador	99
4.5	Inmunoensayos	103
4.5.1	Reactivos e Inmunoreactivos	103
4.5.2	Inmovilización Covalente	104
4.5.3	Formato de Ensayo	105
4.5.4	Protocolo de Ensayo	106
4.5.5	Análisis de Datos	106
4.6	Sistema de Flujo	107
4.7	Sistema de Termostatación	107
4.8	Montaje Experimental	108
4.8.1	Sistema Implementado de Caracterización In-batch	108
4.8.2	Sistema Completo Implementado	108
5	RESULTADOS (OSCILADOR).....	109
5.1	Respuesta del Circuito Oscilador	109
5.1.1	Frecuencia de Oscilación	109
5.1.2	Resistencia Dinámica	111
5.1.3	Fase de Oscilación	113
5.2	Efectos de la Rama y la Capacidad de Compensación (C_V)	114
5.2.1	Efecto de la Rama de Compensación	114
5.2.2	Efecto del Condensador C_V	118
5.2.3	Efectos de la Capacidad de Compensación $C_V=6,8\text{pF}$	122
5.2.4	Efecto de la Capacidad de Compensación $C_V=10\text{pF}$	126
5.2.5	Efecto de la Capacidad de Compensación $C_V=15\text{pF}$	130
5.2.6	Frecuencia de Oscilación	134
5.2.7	Fase de Oscilación	135
5.3	Inmunosensor Piezoeléctrico	137
5.3.1	Optimización del Ensayo	137
5.3.2	Caracterización del Inmunosensor	140
6	DISCUSIÓN (OSCILADOR).....	142
6.1	Respuesta del Oscilador	143
6.2	Explicación: Efecto de la Rama de Compensación Capacitiva y el Condensador C_V en la Respuesta del Oscilador	146
6.2.1	Variación de la Frecuencia de Oscilación a una Fase Constante	146
6.2.2	Efecto de la Rama y la Capacidad de Compensación Sobre la Fase de Oscilación	155
6.3	Inmunosensor	169

<i>CAPITULO IV: DETECCIÓN DE FASE</i>	175
7 MÉTODOS	178
7.1 Método de Caracterización: Detección de Fase.....	178
7.1.1 Principio de Funcionamiento	178
7.1.2 Relación Matemática de la Variación de Fase vs el Cambio de la Densidad Superficial de Masa del Recubrimiento del Cristal	180
7.2 Sistema de Caracterización: Detector de Fase.....	187
7.2.1 Principio de Funcionamiento	187
7.2.2 Descripción Detallada del Sistema de Caracterización Propuesto.....	192
7.2.3 Implementación	196
7.2.4 Protocolo de Medida.....	199
7.3 Validación Numérica de la Ecuación de Fase	200
7.4 Cristales y Celdas	203
7.5 Instrumental de Medida Asociado	204
7.6 Inmunoensayos.....	204
8 RESULTADOS (DETECTOR DE FASE)	204
8.1 Validación Numérica de la Ecuación de Fase	204
8.2 Validación Celda de Flujo	208
8.3 Inmunosensor Piezoeléctrico.....	209
8.3.1 Optimización del Ensayo.....	209
9 DISCUSIÓN	214
9.1 Ecuación de Fase	214
9.2 Inmunoensayos.....	219
9.3 Comparación entre los dos Sistemas de Caracterización Desarrollados en esta Tesis	220
9.4 Proyección.....	222
<i>CAPÍTULO V: CONCLUSIONES</i>	227
<i>FUTURAS LINEAS DE INVESTIGACIÓN</i>	233
<i>PRODUCCIÓN CIENTÍFICA</i>	235
<i>BIBLIOGRAFÍA</i>	239