

# Índice general

<b>Resumen</b>	<b>I</b>
<b>Abstract</b>	<b>III</b>
<b>1. Introducción</b>	<b>1</b>
1.1. Temática de esta tesis . . . . .	1
1.2. Diagrama de fases de la materia de vórtices . . . . .	3
1.3. Vórtices tridimensionales y casi-bidimensionales . . . . .	7
1.4. Anclaje de la materia de vórtices . . . . .	9
1.5. Respuesta elástica de la materia de vórtices . . . . .	10
1.6. Fases sólidas de vórtices en presencia de anclaje de <i>bulk</i> . . . . .	11
1.6.1. Teoría de anclaje colectivo de Larkin y Ovchinnikov . . . . .	11
1.6.2. Vidrio de Bragg . . . . .	13
1.7. Objetivo y organización de la tesis . . . . .	14
<b>2. Técnicas Experimentales: Visualización directa de la red de vórtices y generación de potenciales de anclaje</b>	<b>17</b>
2.1. Visualización directa de la red de vórtices . . . . .	17
2.1.1. Estado del arte en la observación de la red de vórtices . . . . .	17
2.1.2. Decoración magnética: observación de la red de vórtices con resolución de vórtice . . . . .	19
2.2. Generación de potenciales de anclaje . . . . .	29
2.2.1. Estado del arte en generación de anclaje periódico . . . . .	29
2.2.2. Anclaje de Bitter . . . . .	30
2.2.3. Anclaje periódico generado mediante litografía de electrones . . . . .	34
<b>3. Caracterización y control de la estructura del sólido de vórtices en NbSe<sub>2</sub> y Bi<sub>2</sub>Sr<sub>2</sub>CaCu<sub>2</sub>O<sub>8</sub></b>	<b>39</b>
3.1. Propuesta de diagrama de fases unificado . . . . .	40
3.2. Características estructurales de las fases sólidas de vórtices en NbSe <sub>2</sub>	43
3.2.1. Transición de fase entre el sólido de vórtices ordenado y desordenado asociada al efecto pico: estado del arte previo . . . . .	43
3.2.2. Diagrama de fases detectado mediante mediciones de transporte en las muestras de NbSe <sub>2</sub> estudiadas . . . . .	44
3.2.3. Estructura de vórtices en experimentos FC observada mediante decoración magnética . . . . .	48

3.3. Estructura del sólido de vórtices a campos bajos en $\text{Bi}_2\text{Sr}_2\text{CaCu}_2\text{O}_8$	50
3.3.1. Estructura de vórtices en experimentos FC a campos bajos observada mediante decoración magnética . . . . .	50
3.3.2. Efectos estructurales inducidos por la presencia de defectos correlacionados . . . . .	54
3.4. Perspectivas para la propuesta del diagrama de fases unificado . . .	56
3.5. Crecimiento de cristales de vórtices: la técnica de ordenamiento dinámico . . . . .	57
3.5.1. Propuesta teórica de ordenamiento dinámico . . . . .	57
3.5.2. Procedimiento experimental de ordenamiento dinámico . . .	59
3.5.3. Crecimiento de cristales de vórtices en $\text{NbSe}_2$ . . . . .	60
3.5.4. Tiempos de relajación característicos de la red de vórtices en experimentos FCR en $\text{NbSe}_2$ . . . . .	65
3.5.5. Ordenamiento dinámico en $\text{Bi}_2\text{Sr}_2\text{CaCu}_2\text{O}_8$ . . . . .	67
3.6. Conclusiones . . . . .	72
<b>4. Interacción de la red de vórtices con una estructura superficial de anclaje réplica: el anclaje de Bitter</b>	<b>73</b>
4.1. Condiciones energéticas y de nucleación y crecimiento para que el anclaje de Bitter sea efectivo . . . . .	74
4.2. Anclaje de Bitter en $\text{NbSe}_2$ . . . . .	75
4.2.1. Estructura de vórtices policristalina en presencia de una estructura de anclaje réplica . . . . .	75
4.2.2. Estructura de vórtices policristalina en presencia de una estructura de anclaje monocristalina . . . . .	78
4.2.3. Interacción entre la estructura de vórtices ordenada dinámicamente y una estructura monocristalina de anclaje . . . . .	79
4.3. Anclaje de Bitter en $\text{Bi}_2\text{Sr}_2\text{CaCu}_2\text{O}_8$ . . . . .	83
4.3.1. Respuesta de la red de vórtices FC monocristalina con defectos topológicos diluidos en presencia de una estructura de anclaje réplica . . . . .	83
4.3.2. Interacción de la estructura de vórtices con una alta densidad de defectos topológicos y su réplica . . . . .	86
4.4. Estructuras de vórtices conmensuradas con el anclaje de Bitter . . .	90
4.5. Conclusiones . . . . .	92
<b>5. Red de vórtices cuadrada en <math>\text{Bi}_2\text{Sr}_2\text{CaCu}_2\text{O}_8</math>: propagación de la transformación de simetría inducida por estructuras superficiales de anclaje</b>	<b>95</b>
5.1. Efecto del anclaje superficial generado mediante <i>dots</i> de Fe . . . . .	96
5.1.1. Potencial de anclaje con simetría hexagonal . . . . .	96
5.1.2. Potencial de anclaje con simetría cuadrada . . . . .	101
5.1.3. Comparación entre el anclaje producido por estructuras superficiales con simetrías cuadrada y hexagonal . . . . .	103

5.2. Mecanismos de anclaje de la estructura de <i>dots</i> de Fe: magnético vs. efecto de proximidad . . . . .	105
5.3. Transformación de simetría inducida a lo largo del cristal tridimensional de vórtices . . . . .	108
5.3.1. Procedimiento experimental para estudiar la transformación de simetría a lo largo de la dirección del vórtice . . . . .	109
5.3.2. Estructura de la red de vórtices en la cara inferior para espesores mayores a $4.5\ \mu\text{m}$ . . . . .	110
5.3.3. Longitud de propagación de la simetría cuadrada a lo largo del vórtice . . . . .	111
5.3.4. Visualización directa de la interfaz entre las estructuras de vórtices cuadrada y hexagonal . . . . .	114
5.4. Conclusiones . . . . .	118
<b>6. Transformación de simetría elástica inducida en NbSe<sub>2</sub> mediante potenciales superficiales de anclaje</b> . . . . .	<b>121</b>
6.1. Potencial de anclaje con simetría hexagonal . . . . .	122
6.2. Potencial de anclaje con simetría cuadrada . . . . .	124
6.3. Modelo geométrico de la transformación elástica en NbSe <sub>2</sub> . . . . .	130
6.4. Análisis comparativo de la respuesta de la red de vórtices en NbSe <sub>2</sub> y Bi <sub>2</sub> Sr <sub>2</sub> CaCu <sub>2</sub> O <sub>8</sub> frente a potenciales superficiales de anclaje con simetría cuadrada . . . . .	133
6.5. Conclusiones . . . . .	139
<b>7. Conclusiones generales</b> . . . . .	<b>141</b>
7.1. Perspectivas y futuros experimentos . . . . .	145
<b>Bibliografía</b> . . . . .	<b>I</b>
<b>Agradecimientos</b> . . . . .	<b>XI</b>
<b>Trabajos Publicados</b> . . . . .	<b>XIII</b>