

# Contenidos

<b>1 Introducción</b>	6
1.1 En las cosas simples está el verdadero sabor de la ciencia	6
1.2 La escala de Planck	7
1.3 Los ingredientes	7
1.3.1 <i>Supersimetría</i>	8
1.3.2 <i>Dimensiones adicionales</i>	9
1.3.3 <i>Gran unificación</i>	9
1.4 Finalmente, la teoría de Cuerdas	10
<b>2 Teoría de Cuerdas</b>	12
2.1 La cuerda bosónica	12
2.1.1 <i>Expansión en osciladores</i>	13
2.1.2 <i>Construcción del espectro</i>	14
2.2 Supercuerdas	15
2.2.1 <i>Proyección GSO</i>	15
2.2.2 <i>Teorías de cuerdas supersimétricas</i>	16
2.2.3 <i>Cuerdas tipo IIA y tipo IIB</i>	16
2.2.4 <i>Cuerdas Tipo I</i>	17
2.2.5 <i>Cuerdas heteróticas</i>	17
<b>3 Modelos de cuerdas en cuatro dimensiones</b>	18
3.1 Compactificación toroidal	18
3.2 Orbifolds	20
3.2.1 <i>El orbifold <math>Z_3</math></i>	22
3.2.2 <i>Invariancia modular y necesidad de los sectores twisted</i>	23
3.2.3 <i>Wilson lines</i>	25
3.2.4 <i>Cálculo de orbifolds</i>	26
<b>4 Dualidades</b>	28
4.1 Dualidad T	28
4.2 Dualidad S	28
4.3 La teoría M	29
<b>5 Modelos explícitos en la cuerda heterótica SO(32)</b>	31
5.1 Modelos con dos Wilson lines	31
5.2 Modelos con tres Wilson lines	32
<b>6 Orbifolds asimétricos y no diagonales</b>	34
6.1 Contribución fermiónica	35
6.2 Contribución bosónica	35

6.3 Invariancia modular de la función de partición	36
6.3.1 Transformación $\tau \rightarrow \tau + 1$	36
6.3.2 Transformación $\tau \rightarrow -1/\tau$	38
6.3.3 Construcción de la función de partición	39
6.4 Level-matching	41
6.5 El level-matching y la cancelación de taquiones	42
6.5.1 Energía de vacío fermiónica	43
6.5.2 Energía de vacío bosónica	45
6.5.3 Combinando bosones y fermiones: ausencia de taquiones y level-matching	45
6.6 Factores de degeneración de los sectores twisted	47
<b>7 Orientifolios</b>	49
7.1. Cuerdas en orientifolios	49
7.1.1 Sector <i>untwisted</i>	49
7.1.2 Sectores <i>twisted</i>	51
7.2 Tadpoles	52
7.3 Orientifolios no diagonales	53
7.3.1 Contribuciones invariantes frente a $\Omega$	53
7.3.2 Sector <i>untwisted</i>	54
7.3.3 Sectores <i>twisted</i>	56
7.3.4 Expresión en términos de estados de cuerda cerrada	57
7.3.5 Bosones en la botella de Klein	57
7.3.6 Hacia una teoría sin divergencias	60
<b>8 Conclusiones</b>	61
<b>A La función de partición en el toro</b>	63
<b>B Funciones Theta</b>	67
<b>C Superficies de Riemann</b>	69
<b>Agradecimientos</b>	71
<b>Referencias</b>	72

# Resumen

La construcción de teorías cuánticas de cuerdas consistentes solamente es posible para ciertas dimensionalidades específicas del espacio-tiempo. Para la cuerda **bosónica** esta dimensión es 26, mientras que para las teorías de supercuerdas es 10. Por lo tanto, estamos obligados a considerar la compactificación de las dimensiones espaciales adicionales a las 4 del universo que habitamos, si deseamos tener alguna chance de poder establecer una conexión con la **física** experimental.

En el presente trabajo hemos clasificado las compactificaciones a cuatro dimensiones de la cuerda heterótica  $SO(32)$  en el orbifold  $Z_3$  con dos Wilson **lines**. En la literatura, sólo existe una clasificación similar para la cuerda heterótica  $E_8 \times E_8$ . Entre los modelos calculados, se encontraron algunos con características potencialmente fenomenológicas.

En una segunda parte, desarrollamos completamente la construcción de ciertas compactificaciones más generales de las cuerdas heteróticas y tipo II: los orbifolds no diagonales y los orbifolds asimétricos. Un orbifold no diagonal es una compactificación en la que pueden utilizarse diferentes elementos del grupo puntual para **twistear** las condiciones de borde de los sectores derecho e izquierdo de las cuerdas cerradas. Para lograrlo, hicimos un uso intensivo de la función de partición de las cuerdas. Esto posibilitó el estudio de las condiciones necesarias para conseguir invariancia modular, **level-matching**, ausencia de taquiones, y permitió determinar los factores de degeneración de los sectores twisted.

Finalmente, comenzamos a investigar la posibilidad de construir orientifolios no diagonales. El primer paso fue la construcción de sus sectores untwisted y twisted. Debido a la ausencia de un grupo modular, las condiciones de consistencia en los orientifolios están dadas por la cancelación de divergencias. Éstas son las que determinan qué estados de los sectores twisted deben ser incorporados en el espectro de la teoría. Como punto de partida en el estudio de estas condiciones, construimos la función de partición de los bosones en la botella de **Klein**. Se observó que los sectores twisted de cuerda abierta aparecen como potenciales candidatos a eliminar las posibles nuevas divergencias de estos orientifolios.