

# Sobre la topología de las variedades integrales del problema espacial de los 3-cuerpos

Tesis que para obtener el grado de  
Maestro en Ciencias (Matemáticas)  
del Posgrado en Matemáticas  
Departamento de Matemáticas  
Universidad Autónoma Metropolitana  
Unidad Iztapalapa  
presenta  
Manuel Ceaca Cruz

---

Asesor: Dr. J. Guadalupe Reyes Victoria

# Índice general

Resumen . . . . .	1
Introducción . . . . .	3
<b>1. Preliminares</b>	<b>5</b>
1.1. Elementos de la Topología Diferencial . . . . .	5
1.1.1. Variedades Diferenciables . . . . .	5
1.1.2. Puntos y valores regulares de aplicaciones suaves entre variedades . . . . .	11
1.1.3. Grupos de Lie y sus Álgebras de Lie . . . . .	16
1.1.4. Haces Fibrados . . . . .	20
1.2. Elementos de la Topología Algebraica . . . . .	21
1.2.1. Grupo Fundamental de una variedad topológica	21
1.2.2. Grupos de Homología de una variedad topológica	25
<b>2. Elementos del cálculo de variaciones</b>	<b>31</b>
2.1. Formulación Lagrangiana de las ecuaciones de movi- miento . . . . .	31
2.2. El problema de $n$ -cuerpos . . . . .	33
2.3. Variedades integrales de un problema de $n$ -cuerpos . .	35
<b>3. Soluciones especiales del problema de <math>n</math>-cuerpos</b>	<b>39</b>
3.1. Configuraciones Centrales . . . . .	39
3.1.1. El caso de una configuración de Euler . . . . .	41
3.2. Equilibrios relativos . . . . .	43

3.3. Soluciones homográficas . . . . .	46
<b>4. Problema de los <math>n</math>-cuerpos en el plano</b>	<b>51</b>
4.1. Teoremas y resultados para el espacio bidimensional . .	51
4.2. Variedades integrales en el problema de Kepler. . . . .	58
4.3. Variedades integrales en un problema del Cometa . . .	62
<b>5. Variedades invariantes del problema de los <math>n</math>-cuerpos en el espacio</b>	<b>65</b>
5.1. El caso de energía negativa $c < 0$ y momento angular nulo $p = 0$ . . . . .	72
5.1.1. El caso del problema espacial de los 3-cuerpos.	79
5.2. El caso de energía positiva $c > 0$ y momento angular no nulo $p \neq 0$ . . . . .	81
<b>6. Conclusiones y Proyecciones</b>	<b>83</b>