

# PARES POTENCIAL DENSIDAD PARA MODELOS DE GALAXIAS COMPUESTOS DE DISCOS DELGADOS Y HALOS ESFEROIDALES

Fernando Cortés Serrano

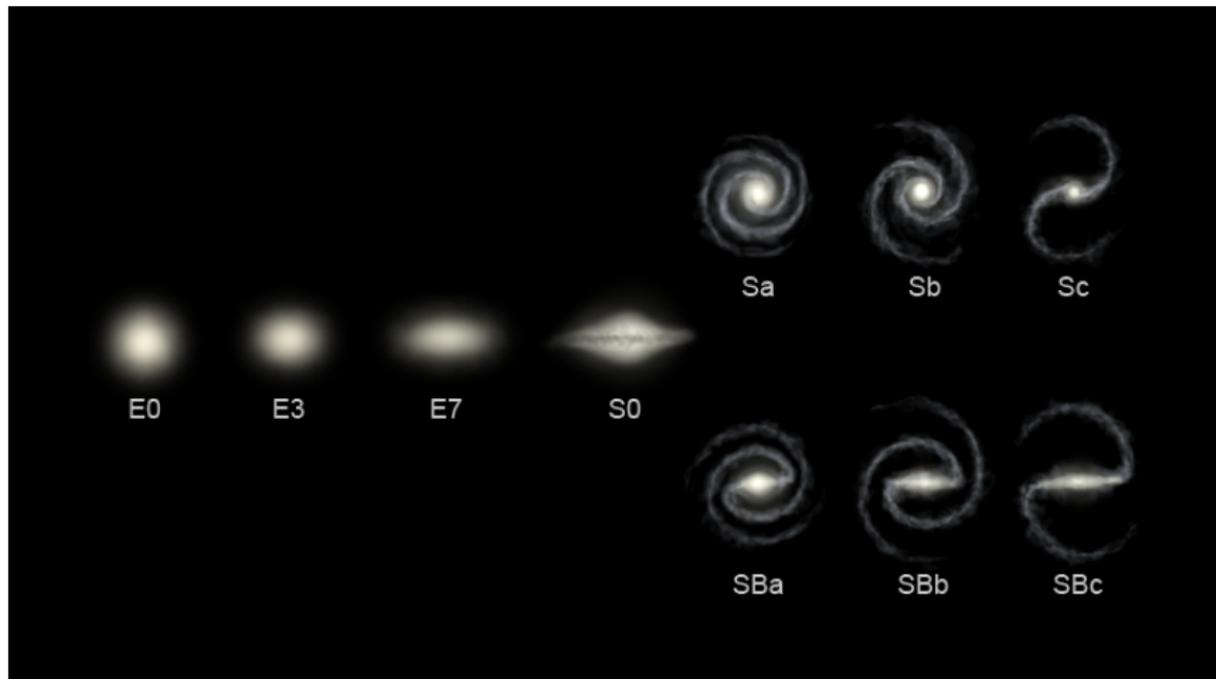
Universidad Industrial de Santander  
Facultad de Ciencias  
Escuela de Física

28 de marzo de 2014

# Tabla de contenido

- 1 Planteamiento del problema
  - Naturaleza e importancia del problema
  - Construcción del modelo
- 2 Metodología
- 3 Resultados

# Estructura de las galaxias



## Importancia del problema

Uno de los problemas más antiguos e importantes en dinámica de galaxias es el de la determinación de la distribución de masa <sup>1</sup>.

La construcción de pares potencial-densidad es de interés común en el contexto de dinámica de galaxias <sup>2</sup>



La determinación del potencial gravitacional correspondiente a una distribución dada de masa es un paso crítico en modelos de discos astrofísicos y simulaciones numéricas.

---

<sup>1</sup>A. Pierens and J-M. Huré, ApJ, **605**, 179 (2004)

<sup>2</sup>J.M. Huré et al, arXiv:0706.3616v1, (2007).

Existen varios modelos analíticos tridimensionales en la literatura para representar el campo gravitacional de diferentes tipos de galaxias y componentes galácticos.

- **Miyamoto y Nagai y Satoh**<sup>3</sup>: modelos tridimensionales para galaxias planas.
- **Jaffe y Hernquist**<sup>4</sup>: discutieron modelos para galaxias esféricas y bulbos.
- **De Zeeuw and Pfenniger**<sup>5</sup>: modelos elipsoidales apropiados para galaxias barradas.
- **Long y Murali**<sup>6</sup>: derivaron pares potencial densidad para una barra prolata y triaxial.
- **Vogt and Letelier**<sup>7</sup>: emplearon pares potencial densidad en tres dimensiones para el campo gravitacional de galaxias.
- **González and Reina**<sup>8</sup>: desarrollaron una familia infinita de discos delgados axialmente simétricos de radio finito.

---

<sup>3</sup>PASJ, **27**, 533 (1975)

<sup>4</sup>MNRAS, **202**, 995 (1983)

<sup>5</sup>MNRAS, **235**, 949 (1988)

<sup>6</sup>ApJ, **397**, 44 (1992)

<sup>7</sup>PASJ, **57**, 871(2005)

<sup>8</sup>MNRAS, **371**, 1873(2006)

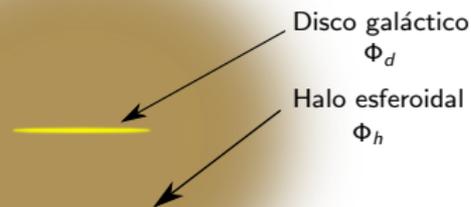
## Construcción del modelo

En el presente trabajo se consideran modelos de galaxias espirales compuestas de discos delgados y halos esferoidales.

Galaxias reales



Modelo particular



$$\Phi = \Phi_d + \Phi_h$$

## Modelo disco más halo

Los modelos de galaxias, compuestos de disco delgado y halo esferoidal, se obtienen considerando la simetría axial del potencial

$$\Phi(R, z) = \Phi_d(R, z) + \Phi_h(R, z). \quad (1)$$

El potencial del disco debe ser solución de la ecuación de Laplace afuera del disco,

$$\nabla^2 \Phi_d(R, z) = 0, \quad (2)$$

mientras que el potencial del halo satisface la ecuación de Poisson,

$$\nabla^2 \Phi_h(R, z) = 4\pi G\rho(R, z) \quad (3)$$

## Soluciones para los potenciales individuales

### Potencial gravitacional del disco

$$\Phi_d(\xi, \eta) = - \sum_{n=0}^m C_{2n} q_{2n}(\xi) P_{2n}(\eta). \quad (4)$$

### Potencial gravitacional del halo

$$\Psi = - \sum_{n=0}^m \frac{A_n P_n(\cos(\theta))}{r^{n+1}}. \quad (5)$$

Es necesario expresar el potencial gravitacional en términos de las coordenadas cilíndricas

$$\cos \theta = \frac{z}{r} \quad (6)$$

$$r = \sqrt{R^2 + z^2}. \quad (7)$$

Para que el potencial sea solución de la ecuación de Poisson es necesario introducir la transformación

$$z \rightarrow z^* = a + \sqrt{z^2 + b^2}. \quad (8)$$

De modo que el nuevo potencial satisface la ecuación de Poisson,

$$\nabla^2 \Phi_h(R, z) = 4\pi G \rho(R, z), \quad (9)$$

### Curva de rotación o velocidad circular $V_c(R)$

Velocidad de una partícula de masa despreciable en una órbita circular de radio  $R$ .

La velocidad circular  $V_c$  puede obtenerse empleando las ecuaciones cinemáticas del movimiento circular<sup>9</sup>,

$$V_c^2 = R \left[ \frac{\partial \Phi}{\partial R} \right]_{z=0^+} = R \left[ \frac{\partial (\Phi_h + \Phi_d)}{\partial R} \right]_{z=0^+}. \quad (10)$$

<sup>9</sup>J. Binney and S. Tremaine, *Galactic Dynamics*, 2008.

## Razón de los parámetros $a$ y $b$ en la expansión multipolar

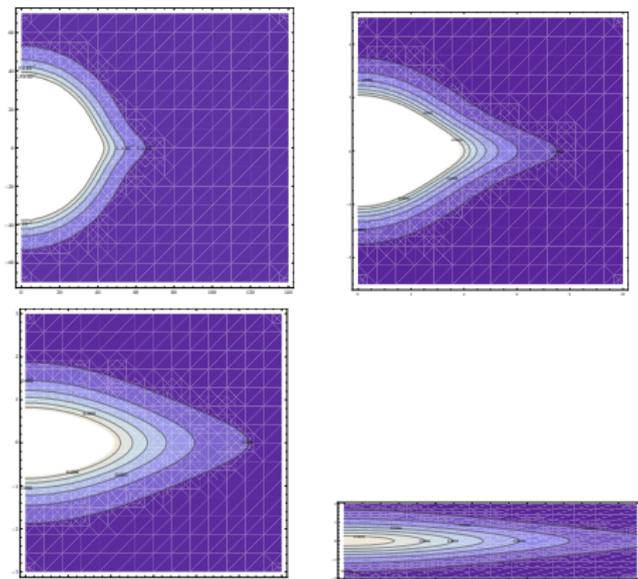
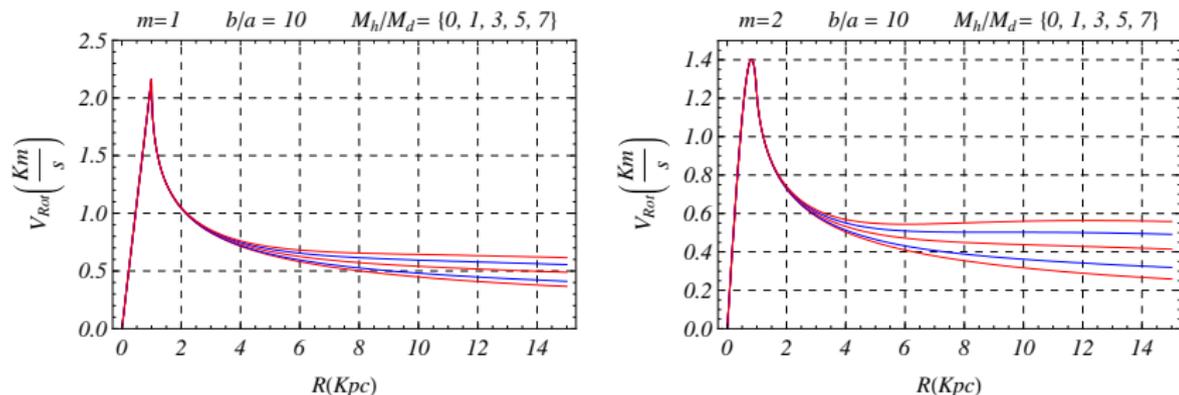


Figura 1 : Distribución de densidad para diferentes modelos de halo.

## Curvas de rotación para los dos primeros modelos de discos de Kalnajs en superposición con el halo de Miyamoto Nagai

Figura 2 : a) Modelo  $m=1$ , b) Modelo  $m=2$

Gracias!