



## 1. DATOS BÁSICOS DEL TFG:

**Título:** Modelos cosmológicos de branas: agujeros negros y materia oscura

**Descripción general** (resumen y metodología):

Los modelos con más de 4 dimensiones espacio-temporales constituyen una de las líneas de investigación más fructíferas en el estudio de la Física más allá del Modelo Estándar de Partículas. Desde el modelo en espacio de AdS en 5-dim propuesto por Randall y Sundrum en [1], numerosos estudios han postulado diversos escenarios que incluyen el acoplamiento de un campo escalar con gravedad, lo que ha dado lugar a numerosos resultados teóricos con implicaciones en Física de Partículas [2, 3, 4] y Cosmología [5]. Un tipo particular de modelo con campo escalar conocido como "modelo de dilatón lineal", da lugar a propiedades termodinámicas y espectrales peculiares [6, 7].

En los últimos años, diversas teorías con dimensiones extra se han usado en el marco de los estudios de la cosmología de branas [8], en la que se considera que la materia ordinaria (materia del Modelo Estándar) está confinada en un espacio de 3 dimensiones espaciales (brana) que se mueve en un espacio de dimensión mayor. La cosmología de estos modelos se puede estudiar mediante la resolución de las ecuaciones de Friedmann para la brana, lo que permite describir la expansión de un universo homogéneo e isótropo en el contexto de la relatividad general. Por tanto, es necesario encontrar las ecuaciones de Friedmann para un observador situado en la brana, lo que requiere del uso de técnicas de proyección [9].

En este trabajo estudiaremos el modelo de dilatón lineal, así como algunas variantes del mismo, en el marco de la cosmología de branas. Se obtendrán las ecuaciones de Friedmann, así como la ecuación de conservación del tensor energía-momento proyectado en la brana. Las soluciones de estas ecuaciones permitirán caracterizar la evolución del universo en sus 3 regímenes característicos: universo dominado por materia, por radiación, o por la constante cosmológica. El comportamiento de tipo materia estará relacionado con una posible contribución a la Materia Oscura a nivel cosmológico.

**Tipología:** Estudio de casos, teóricos o prácticos, relacionados con la temática del Grado.

**Objetivos planteados:**

Dentro del modelo de dilatón lineal en 5 dimensiones con una brana, se estudiarán:

1. Las ecuaciones de movimiento del modelo en presencia de un agujero negro.
2. Las ecuaciones de Friedmann y la ecuación de conservación del tensor energía-momento para la brana.
3. Corrección al potencial de Newton a cortas distancias.

Estos objetivos se estudiarán también usando algunas variantes del modelo. En particular:

- i) Modelo de dilatón lineal en el infrarrojo con comportamiento tipo AdS en el ultravioleta.
- ii) Modelo generalizado dependiente de un parámetro que permite interpolar de manera continua entre modelos diferentes: entre el modelo en AdS, y el modelo de dilatón lineal.

Las técnicas matemáticas a desarrollar son los métodos basados en las teorías de gravedad en dimensiones extra, con acoplamiento de un campo escalar [2, 10]. Otros trabajos relacionados con el estudio propuesto en este TFG son [11, 12, 13].

**Bibliografía básica:**

- [1] "A large mass hierarchy from a small extra dimension", L. Randall, R. Sundrum, Phys. Rev. Lett. 83 (1999) 3370.
- [2] "Linear confinement and AdS/QCD", A. Karch, E. Katz, D.T. Son, M.A. Stephanov, Phys. Rev. D 74 (2006) 015005.
- [3] "The soft-wall standard model", B. Battel, T. Gherghetta, D. Sword, Phys. Rev. D 78 (2008) 116011.
- [4] "Undecay", E. Megías, M. Pérez-Victoria, M. Quirós, JHEP 05 (2024) 158.
- [5] "Continuum dark matter", C. Csaki, S. Hong, G. Kurup, S.J. Lee, M. Perelstein, W. Xue, Phys. Rev. D 105 (2022) 035025.
- [6] "The continuum linear dilaton", E. Megías, M. Quirós, Acta Phys. Polon. B 52 (2021) 6-7, 711.
- [7] "Gapped continuum Kaluza-Klein spectrum", E. Megías, M. Quirós, JHEP 08 (2019) 166.
- [8] "Cosmology of a brane radiating gravitons into the extra-dimension", D. Langlois, L. Sorbo, M. Rodríguez-Martínez, Phys. Rev. Lett. 89 (2002) 171301.
- [9] "The Einstein equation on the 3-brane world", T. Shiromizu, K. Maeda, M. Sasaki, Phys. Rev. D 62 (2000) 024012.
- [10] "Soft-wall stabilization", J. Cabrer, G. Gersdorff, M. Quirós, New J. Phys. 12 (2010) 075012.
- [11] "Continuum effective field theories, gravity, and holography", S. Fichet, E. Megías, M. Quirós, Phys. Rev. D 107 (2023) 9, 096016.
- [12] "Cosmological dark matter from a bulk black hole", S. Fichet, E. Megías, M. Quirós, Phys. Rev. D 107 (2023) 115014.
- [13] "Holographic fluids from 5D dilaton gravity", S. Fichet, E. Megías, M. Quirós, eprint arXiv:2311.114233 [hep-th].

**Recomendaciones y orientaciones para el estudiante:**

Se recomienda que el alumno curse las asignaturas "Relatividad General" y "Teoría de Campos y Partículas".

**Plazas:** 1

**2. DATOS DEL TUTOR/A:**

**Nombre y apellidos:** EUGENIO MEGÍAS FERNÁNDEZ

**Ámbito de conocimiento/Departamento:** FÍSICA ATÓMICA, MOLECULAR Y NUCLEAR

**Correo electrónico:** emegias@ugr.es

**3. COTUTOR/A DE LA UGR (en su caso):**

**Nombre y apellidos:**

**Ámbito de conocimiento/Departamento:**

**Correo electrónico:**

**4. COTUTOR/A EXTERNO/A (en su caso):**

**Nombre y apellidos:**

**Correo electrónico:**

**Nombre de la empresa o institución:**

**Dirección postal:**

**Puesto del tutor en la empresa o institución:**

**Centro de convenio Externo:**

**5. DATOS DEL ESTUDIANTE:**

**Nombre y apellidos:**

**Correo electrónico:**