

## PROYECTO DE INVESTIGACIÓN

Proyecto Interno  Proyecto Semilla  Proyecto Junior  Proyecto Multi e Inter Disciplinario

Investigación Básica  Investigación Aplicada  Investigación Pedagógica  Innovación

**DEPARTAMENTO(S):**

1. Departamento de Física

2.

**LINEA(S) DE INVESTIGACIÓN:**

1. Física Fundamental

2.

**1 Proyecto de Investigación**

**Título:** Modelos holográficos para termalización de plasmas de quarks y gluones.

**Resumen del proyecto**

El proyecto que aquí se expone plantea el uso de la dualidad AdS/CFT para estudiar el fenómeno del deconfinamiento y termalización en plasmas supersimétricos fuertemente acoplados, siendo estos a su vez un banco de pruebas perfecto para entender, al menos cualitativamente, la termalización del Plasma de Quark y Gluones fuertemente acoplado que se genera en colisiones de iones a muy alta energía. En particular, aunque en los últimos años se han hecho importantes avances, sigue sin estudiarse la incidencia de factores como el espín de las partículas colisionantes en la termalización del plasma tras la colisión. Esto es, así como se han descubierto umbrales en la producción dependientes de parámetro de impacto, diferencia de tamaños y energía, no se ha estudiado nada respecto al momento angular disponible. Precisamente incidir en este particular es el principal aspecto del presente proyecto.

Palabras clave (4-6): QGP, Holography, ADS/CFT, Numerical Relativity



2	<p><b>Objetivos, relevancia, productos y resultados esperados de esta propuesta de investigación</b></p> <p><b>2.1 Objetivos</b></p> <p><b>2.1.1 Objetivo General</b></p> <ul style="list-style-type: none"><li>• Estudiar la importancia del espín de las partículas colisionantes en la formación de plasmas supersimétricos fuertemente acoplados.</li></ul> <p><b>2.1.2 Objetivos Específicos</b></p> <ol style="list-style-type: none"><li>a. Desarrollar un modelo gravitacional dual en el espacio AdS para colisiones de partículas con espín a alta energía en varias dimensiones.</li><li>b. Construir un método numérico para la solución de la colisión y cálculo de la superficie atrapada de Penrose en varias dimensiones.</li><li>c. Analizar la dependencia de la termalización con el espín de las partículas colisionantes.</li><li>d. Analizar el escalado de la entropía producida con el número de dimensiones y el momento angular.</li><li>e. Buscar una posible transición de fase similar a la que se observa en gravitación en <math>D=5</math> entre las soluciones de Myers-Perry y anillos negros.</li></ol> <p><b>2.2 Detalle de los resultados esperados (con relación a los objetivos)</b></p> <ol style="list-style-type: none"><li>a. Obtener un modelo viable, bien a partir de un boost de Aichelburg-Sexl de la solución de Keer o bien a partir de las soluciones de giratones en el espacio plano.</li><li>b. Obtener numéricamente un umbral para la producción de la superficie de Penrose (y por tanto para la termalización) dependiendo del espín de las partículas en la colisión.</li><li>c. Obtener evidencias de que hay una transición de fase topológica en la superficie de Penrose dependiendo del ratio energía/espín.</li><li>d. Dependencia de la entropía con el espín, la energía y la dimensión.</li></ol>
---	---



3	<b>Relevancia de la propuesta de investigación y su relación con la(s) líneas de investigación</b>
	<p>Desde que Maldacena la formulase en 1997, la dualidad entre teorías gauge y (super)gravedad en el espacio de anti-de Sitter se ha convertido en una herramienta inestimable para abordar teorías de campo fuertemente acopladas, ocupando un lugar central en la vanguardia de la física fundamental. No en vano, a día de hoy el artículo original de Maldacena es el segundo más citado de la historia de la física teórica, siendo esta una línea de investigación propia del Departamento de Física (línea en física fundamental). Mención especial requiere la descripción del régimen hidrodinámico para plasmas supersimétricos [1, 2]. También la termalización de plasmas después de colisiones a altas energías ha sido holográficamente entendida como la formación de horizontes en colisiones de ondas gravitacionales en el espacio de anti-de Sitter [3-5].</p> <p>La investigación aquí propuesta es de alta relevancia. No olvidemos que desde su descubrimiento, la fase de QGP de la cromodinámica cuántica ha sido uno de los resultados más excitantes en la física de altas energía del presente siglo [1,2]. Un modelo teórico de cómo los quarks y gluones logran deconfinarse de los hadrones se ha convertido en un objetivo prioritario en la física de altas energías [3], dentro de la línea de investigación en física fundamental. Hoy en día el mecanismo de deconfinamiento continúa siendo poco comprendido, así como cualquier fenómeno no perturbativo en QCD.</p>


4	<b>Productos esperados</b>														
	<table><tr><td>a. Publicaciones científicas (obligatorio);</td><td>X</td></tr><tr><td>b. Disertación a la Comunidad Politécnica;</td><td><input type="checkbox"/></td></tr><tr><td>c. Proyecto de Titulación;</td><td><input type="checkbox"/></td></tr><tr><td>d. Tesis de Grado (maestría o doctorado);</td><td><input type="checkbox"/></td></tr><tr><td>e. Aplicación tecnológica construida o implementada;</td><td><input type="checkbox"/></td></tr><tr><td>f. Patente presentada;</td><td><input type="checkbox"/></td></tr><tr><td>g. Perfil de proyecto de mayor impacto científico, técnico, pedagógico o de innovación.</td><td>X</td></tr></table>	a. Publicaciones científicas (obligatorio);	X	b. Disertación a la Comunidad Politécnica;	<input type="checkbox"/>	c. Proyecto de Titulación;	<input type="checkbox"/>	d. Tesis de Grado (maestría o doctorado);	<input type="checkbox"/>	e. Aplicación tecnológica construida o implementada;	<input type="checkbox"/>	f. Patente presentada;	<input type="checkbox"/>	g. Perfil de proyecto de mayor impacto científico, técnico, pedagógico o de innovación.	X
a. Publicaciones científicas (obligatorio);	X														
b. Disertación a la Comunidad Politécnica;	<input type="checkbox"/>														
c. Proyecto de Titulación;	<input type="checkbox"/>														
d. Tesis de Grado (maestría o doctorado);	<input type="checkbox"/>														
e. Aplicación tecnológica construida o implementada;	<input type="checkbox"/>														
f. Patente presentada;	<input type="checkbox"/>														
g. Perfil de proyecto de mayor impacto científico, técnico, pedagógico o de innovación.	X														



5	<b>Descripción y metodología y diseño del proyecto</b>
	<p><b>5.1 Descripción, metodología y diseño del proyecto</b></p> <p>Bajo condiciones de suficientemente alta temperatura y alta densidad bariónica, quarks y gluones pueden ser extraídos de los hadrones que los continen para formar una suerte de "sopa" en la que tanto quarks como gluones están deconfinados. Este nuevo estado de la materia se ha bautizado como Plasma de Quarks y Gluones (QGP por sus siglas en inglés). Hipótesis razonables señalan el QGP como un componente relevante en los primeros instantes del universo y el interior de estrellas compactas.</p> <p>Experimentalmente, se ha logrado producir QGP en colisiones de iones pesados a muy alta energía en los aceleradores RHIC y LHC como una bola de plasma alrededor de la colisión que rápidamente hadroniza. Las medidas realizadas muestran que la transición de fase confinamiento-QGP ocurre en una región en la que QCD presenta aún un acoplamiento fuerte. Este hecho invalida el uso de las herramientas perturbativas habituales para entender la termalización de plasmas de quarks y gluones. A este respecto, la dualidad AdS/CFT se ha revelado como una herramienta efectiva en la descripción del régimen hidrodinámico de plasmas fuertemente acoplados [1, 2].</p> <p>Resultados recientes han logrado, mediante la correspondencia AdS/CFT, construir duales gravitacionales para colisiones de iones ultrarrelativistas en teorías supersimétricas mediante el uso de ondas gravitacionales de choque [3-5]. Básicamente la búsqueda de superficies atrapadas en el cono de luz de la colisión se toma como indicativo de la formación de un horizonte de eventos posterior a la colisión, y por tanto de una termalización en la frontera del espacio de anti-de Sitter. Para ello se han utilizado colisiones entre ondas gravitacionales de tipo Aichelburg-Sexl (AS) obtenidas a partir de la solución de Schwarzschild en AdS. A partir de estos duales gravitacionales, aspectos como la dependencia de la termalización con el parámetro de impacto, la distribución transversal de energía de las ondas gravitacionales y la dimensión han sido analizados [6, 7] encontrándose interesantes umbrales en la producción de plasmas fuertemente acoplados.</p> <p>Los modelos basados en ondas de choque obtenidas a partir de la solución de Schwarzschild en AdS mediante un boost de AS, si bien proporcionan una primera aproximación al problema, necesitan ser mejorados. En concreto, se ha encontrado que el tensor de energía-momento holográfico en estos modelos tiene un perfil Lorentziano, lejos del esperado perfil que se obtendría para un boost ultrarrelativista del potencial de Wood-Saxon [3, 4]. Así, algunos autores se han lanzado a probar con nuevas soluciones para incorporar aspectos más realistas a las colisiones [8-10].</p> <p>A día de hoy, un aspecto tan relevante como el espín de las partículas antes de la colisión no ha sido aún incorporado a los distintos modelos que se han ido desarrollando. Este es precisamente el objetivo principal del proyecto que se presenta. Para ello, se pretende desarrollar el modelo en base a boost de AS de la solución de Kerr (Myers-Perry) y giratones en el espacio de AdS. Un punto fundamental será determinar con claridad la teoría en la frontera conforme de AdS y comprobar la presencia de momento angular previo a la colisión. El estudio del grupo de isometrías de las ondas gravitacionales y su grupo asintótico será suficiente. Una vez establecido el modelo, la colisión y búsqueda de superficies atrapadas sobre el cono de luz de la colisión (donde conocemos aún la métrica) se llevará a cabo mediante la implementación de métodos numéricos adecuados. La aparición de superficies atrapadas se tomará como señal de termalización, acorde a los trabajos anteriormente presentados. A este respecto, cabe la posibilidad de la aparición de superficies atrapadas con distintas topologías (junto con umbrales de termalización), indicando la existencia de transiciones de fase en la teoría supersimétrica de la frontera de AdS.</p>



<b>6</b>	<p><b>Tiempo de dedicación de docentes, infraestructura, equipos y fondos adicionales.</b></p> <p><b>6.1 Tiempo máximo de dedicación semestral del Director del proyecto, de los docentes participantes y otros colaboradores.</b>                      El tiempo de dedicación máximo será de acuerdo al tipo de proyecto:</p> <table border="1" style="margin-left: auto; margin-right: auto;"> <tr> <th>Proyecto</th> <th>Director</th> <th>Colaboradores</th> </tr> <tr> <td>PII y PIS</td> <td>16 HSS</td> <td>8 HSS</td> </tr> <tr> <td>PIJ y PIMI</td> <td>20 HSS</td> <td>10 HSS</td> </tr> </table> <table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <thead> <tr> <th style="width: 40%;">Nombre</th> <th style="width: 20%;">Rol (director o colaborador)</th> <th style="width: 15%;">Horas de dedicación</th> <th style="width: 25%;">Departamento</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>Álvaro Dueñas Vidal</td> <td>Director</td> <td>16</td> <td>Departamento de Física</td> </tr> <tr> <td> </td> <td> </td> <td> </td> <td> </td> </tr> <tr> <td> </td> <td> </td> <td> </td> <td> </td> </tr> <tr> <td> </td> <td> </td> <td> </td> <td> </td> </tr> </tbody> </table> <p><b>6.2 Infraestructura y equipos</b></p> <p><b>6.3 Breve justificación del equipo requerido</b></p> <p><b>6.4 Fondos Adicionales</b></p> <p><b>6.5 Fecha inicio y fin:</b></p> <p>Fecha inicio: 10 Abril 2017. Fecha finalización: 9 Abril 2018</p>	Proyecto	Director	Colaboradores	PII y PIS	16 HSS	8 HSS	PIJ y PIMI	20 HSS	10 HSS	Nombre	Rol (director o colaborador)	Horas de dedicación	Departamento	Álvaro Dueñas Vidal	Director	16	Departamento de Física												
Proyecto	Director	Colaboradores																												
PII y PIS	16 HSS	8 HSS																												
PIJ y PIMI	20 HSS	10 HSS																												
Nombre	Rol (director o colaborador)	Horas de dedicación	Departamento																											
Álvaro Dueñas Vidal	Director	16	Departamento de Física																											

<b>7</b>	<p><b>Declaración del Director del Proyecto</b></p> <p>Declaro que la presente propuesta es de mi autoría y de los colaboradores mencionados y que no ha sido presentada en ninguna convocatoria de otra institución pública o privada solicitando el financiamiento total del proyecto.</p> <div style="text-align: center;">               _____              DIRECTOR DEL PROYECTO              Nombre: Álvaro Dueñas Vidal              CC: 1757278948         </div> <div style="text-align: right; margin-top: 20px;">             Quito, 10 de Febrero de 2017         </div>
----------	---

<b>DECLARACIÓN DEL JEFE DE DEPARTAMENTO</b>	
<p>Esta propuesta ha sido aprobada por el Consejo del Departamento de <u>Física</u>, en sesión del día <u>28-03-2017</u> mediante resolución No. <u>3</u>. Las instalaciones, incluyendo personal, edificios, equipo y recursos financieros están a disposición del proponente y sus colaboradores de acuerdo con las especificaciones que se encuentran en esta propuesta.</p> <div style="display: flex; justify-content: space-between; align-items: center;"> <div style="width: 40%;">               _____              JEFE DEL DEPARTAMENTO              Nombre: Dr. Cesar Cortez              CC: 1102550901         </div> <div style="width: 30%; text-align: center;">  </div> <div style="width: 25%; text-align: right;">             Quito, <u>28</u> de <u>Marzo</u> de 2017         </div> </div>	