



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.

LÍNEA(S) DE INVESTIGACIÓN (verificable en el SAEW):
 1. Fundamentos de Física
 2.

1	<p>Proyecto de Investigación</p> <p>Estudio de flujo de energía turbulenta en plasmas espaciales: disipación de energía</p> <p>Resumen del proyecto</p> <p>Este proyecto plantea el uso de dos <i>proxies</i> de transporte de energía turbulenta local, para estudiar las propiedades de disipación y calentamiento de plasmas espaciales poco colisionales. El proyecto está basado, por una parte, de un estudio teórico (definición del proxy en Hall-MHD). Por otra parte, del análisis de datos experimentales (provenientes principalmente de satélites de la NASA) y, finalmente, del análisis de datos numéricos (simulaciones de turbulencia en plasmas). Este acercamiento múltiple, permitirá describir las propiedades estadísticas de la disipación turbulenta en plasmas espaciales, con relevancia en posibles aplicaciones en el campo de clima espacial e interacciones Sol-Tierra. Además, las propiedades locales del plasma en regiones de alta transferencia de energía ayudarán a identificar los procesos físicos de plasma, responsables de la disipación energética (e.g. en interacciones resonantes, relevantes en la física de plasmas astrofísicos y de laboratorio).</p> <p align="right"><i>Disciplina científica objetivo socioeconómico</i></p> <p>Palabras clave (4-6): Turbulencia, plasmas espaciales, disipación energética, magnetosfera</p>
----------	--

2	Objetivos, relevancia, productos y resultados esperados de esta propuesta de investigación
----------	---



2.1 Objetivos

2.1.1 Objetivo General

Estudiar la importancia de la transferencia de energía turbulenta a través de diferentes escalas, para determinar los fenómenos disipativos a pequeña escala, tanto en el espacio interplanetario como en la magnetosfera.

2.1.2 Objetivos Específicos

- Definición de un proxy heurístico de transporte y disipación local de energía turbulenta en plasmas no colisionales del espacio circumterrestre e interplanetario, en régimen MHD y Hall-MHD.
- Identificación y análisis de datos del satélite NASA/MMS, aptos para la descripción de la disipación.
- Estudio de las propiedades estadísticas del proxy de disipación/transporte de energía en el viento solar y/o en la magnetosfera.
- Estudio de medidas de MMS y de simulaciones numéricas, para determinar las propiedades locales de las distribuciones de velocidad de partículas (protones) en sitios de alta disipación, baja disipación y de cascada inversa.
- Determinación de correlaciones entre el transporte de energía turbulenta local y los efectos cinéticos de plasma a escala sub-magnetohidrodinámica.

2.2 Detalle de los resultados esperados (con relación a los objetivos)

- Obtener un proxy viable, a partir de las leyes de Politano-Pouquet para plasmas Hall-MHD.
- Determinar las propiedades estadísticas del campo de disipación en plasmas espaciales.
- Obtener evidencias de que hay una correlación entre el transporte de energía turbulenta y los procesos disipativos de plasmas.
- Identificar procesos disipativos específicos en plasmas espaciales, determinar su naturaleza, y determinar cuantitativamente los efectos de la cascada de energía turbulenta, en función de las distribuciones de velocidad de protones.

3 Relevancia de la propuesta de investigación y su relación con la(s) líneas de investigación

El estudio de los procesos físicos en el espacio interplanetario tiene vigencia desde las primeras misiones espaciales, en los años 60. Gracias a más de 50 años de investigación, el conocimiento de estos procesos ha progresado increíblemente. Además, con el desarrollo creciente de la era espacial (telecomunicaciones, viajes espaciales, etc.) se han identificado las posibles aplicaciones de tales conocimientos. En este contexto, todavía hay muchos problemas no resueltos; entre ellos, los mecanismos de disipación de la energía en el viento solar, y en las magnetosferas planetarias, junto con el calentamiento de estos plasmas [1].

Estos procesos son extremadamente importantes para las posibles aplicaciones de clima espacial, y de la interacción Sol-Tierra, cuyos mecanismos solo se podrán describir correctamente tras la comprensión de sus procesos fundamentales. Además, dado que los procesos disipativos no son exclusivos de los plasmas del Sistema Solar, sino que los resultados de este proyecto tienen importancia para todos los plasmas astrofísicos turbulentos, y para aquellos de laboratorio y de fusión.

El interés actual en este tema es de alta relevancia, por sus consecuencias, no solo en astrofísica y en física espacial, sino en la fusión nuclear y otras aplicaciones tecnológicas. El Departamento de Física de la EPN fortalecerá estudios previos en física de plasmas, física de los sistemas complejos y física computacional.



4	Productos esperados
	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

1 actividad

5	Descripción y metodología y diseño del proyecto
---	--



5.1 Descripción, metodología y diseño del proyecto

Los plasmas espaciales son un excelente ejemplo de flujo turbulento magnetizado, con baja colisionalidad [2]. Entre los plasmas astrofísicos, solo los del Sistema Solar pueden ser medidos directamente gracias a los satélites científicos, que producen enormes cantidades de datos de campo magnético y de partículas. Tales medidas muestran la naturaleza turbulenta del plasma interplanetario [3], que a escalas suficientemente grandes se puede describir según una aproximación magnetohidrodinámica (MHD) [4]. Un acercamiento fenomenológico a la turbulencia, de tipo Kolmogorov, resulta en espectros magnéticos, y de velocidad, en ley de potencia, y en la intermitencia de las fluctuaciones magnéticas [5]. La intermitencia resulta del transporte inhomogéneo de la energía a través de las escalas, provocando la formación de raras y pequeñas regiones del espacio con alta concentración de energía, en forma de capas de corriente u otras discontinuidades. El proceso de cascada de energía turbulenta es controlado por la ley de Politano y Pouquet [6], que describe una relación lineal entre el momento del tercer orden de las fluctuaciones acopladas de campo magnético y velocidad, y la escala. Esta ley, aunque de validez de ensamble, nos permite definir un proxy *local* del transporte de energía turbulenta (LET) a través de las escalas espaciales [7]. Por medio de este proxy, que identifica sitios de transporte de energía más intenso, es posible estudiar los efectos de este transporte sobre los procesos de interacción campos-partículas. En particular, es posible buscar información sobre la función de distribución protónica, que representa un instrumento diagnóstico importante para identificar los procesos que están disipando la energía turbulenta.

En este proyecto nos proponemos, inicialmente, a utilizar este proxy para la descripción de plasmas experimentales y de simulaciones numéricas. En un segundo momento, trataremos de mejorar la definición del proxy LET, incluyendo efectos de Hall-MHD. Basados en la extensión de la ley de Politano-Pouquet a plasmas en régimen de Hall [8], según un acercamiento fenomenológico-teórico (meses 4-5).

Tanto la versión existente del proxy (MHD), como la nueva (Hall-MHD), se usarán para estudiar cuatro bases de datos: dos series temporales experimentales, y dos campos resultados de simulaciones numéricas. Las dos primeras serán medidas de satélites en el viento solar (Wind/NASA y MMS/NASA) y en la magnetosfera terrestre (MMS/NASA); las bases de datos numéricas consistirán en simulaciones 2D de turbulencia en plasmas en aproximación híbrida Vlasov-Maxwell, y Hall-MHD. Ambas simulaciones están disponibles para el análisis de datos [9]. Los datos se almacenarán durante el primer mes del proyecto.

Se analizarán inicialmente las propiedades estadísticas del proxy de disipación en el caso MHD, y en las cuatro bases de datos (meses 1-4). Esto será posible gracias a técnicas de análisis de series temporales y ensambles espaciales, como distribución de probabilidad, medida multifractal y distribución de tiempos de espera. En particular, las funciones de distribución de probabilidad se modelizarán con dos funciones: log-normal y stretched-exponential, para validar modelos teóricos de disipación en plasmas turbulentos. Una selección de los resultados de esta investigación se presentarán en al menos un artículo indexado internacionalmente (preparación del artículo: meses 3-5).

Sucesivamente, se identificarán sitios de alto contenido energético, y se estudiarán las propiedades de escala sub-protónica, i.e. los detalles de la función de distribución de velocidad de los protones, sus momentos (temperatura, flujo de calor, etc.), su anisotropía, y la presencia de "proton beams". Estos se estudiarán en relación a procesos de energización resonante [9], que es un posible mecanismo de disipación de la energía turbulenta. La comparación entre datos espaciales y simulaciones numéricas nos permitirán comprender la física del fenómeno, y obtener una medida cuantitativa de la importancia de los fenómenos de resonancia en el calentamiento de plasmas no colisionales (meses 1-4).

La segunda parte del proyecto, después de obtener una definición del proxy en Hall-MHD, consiste en la repetición de los análisis previos en este nuevo régimen. Los resultados obtenidos serán una mejor descripción del transporte de energía y, consecuentemente, una mejor identificación de las regiones de alto contenido energético, donde estudiar las propiedades del plasma y los procesos disipativos (meses 6-10). Los resultados de esta parte del proyecto se presentarán en uno o más artículos indexados internacionalmente (meses 9-12).



6	<p>Referencias</p> <p>[1] O. Alexandrova et al., Space Science Reviews 178, 101 (2013). [2] R. Bruno and V. Carbone, Liv. Rev. in Solar Phys. 10, 2 (2013). [3] E. Marsch and C. Tu, Nonlinear Proc. in Geophys. 4, 101 (1997). [4] D. Biskamp, Nonlinear Magnetohydrodynamics, Cambridge University Press (1997). [5] L. Sorriso-Valvo et al., Geophys. Res. Lett. 26, 1801 (1999). [6] H. Politano and A. Pouquet, Geophys. Res. Lett. 25, 273 (1998). [7] L. Sorriso-Valvo et al., Solar Phys. 293, 10 (2018). [8] P. Heilingner et al., Astrophys. J. Lett. 857, L19 (2018). [9] F. Valentini et al., Phys. Rev. Lett. 101, 025006 (2008).</p>																									
6	<p>Tiempo de dedicación de docentes, infraestructura, equipos y fondos adicionales.</p> <p>6.1 Tiempo máximo de dedicación semestral del Director del proyecto, de los docentes participantes y otros colaboradores. El tiempo de dedicación máximo será de acuerdo al tipo de proyecto:</p> <table border="1" style="margin-left: auto; margin-right: auto; border-collapse: collapse;"> <thead> <tr> <th>Proyecto</th> <th>Director</th> <th>Colaboradores</th> </tr> </thead> <tbody> <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> </tbody> </table> <table border="1" style="margin-left: auto; margin-right: auto; border-collapse: collapse;"> <thead> <tr> <th>Nombre</th> <th>Rol (director o colaborador)</th> <th>Horas de dedicación</th> <th>Departamento</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>Luca Sorriso-Valvo</td> <td>Director</td> <td>12</td> <td>Física</td> </tr> <tr> <td>Christian Vásquez</td> <td>Colaborador</td> <td>6</td> <td>Física</td> </tr> <tr> <td> </td> <td> </td> <td> </td> <td> </td> </tr> </tbody> </table>	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	Luca Sorriso-Valvo	Director	12	Física	Christian Vásquez	Colaborador	6	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																							
Luca Sorriso-Valvo	Director	12	Física																							
Christian Vásquez	Colaborador	6	Física																							
	<p>6.2 Infraestructura y equipos</p> <p>Computadores de escritorio.</p> <p>6.3 Breve justificación del equipo requerido</p> <p>N/A</p> <p>6.4 Fondos Adicionales</p> <p>N/A</p> <p>6.5 Fecha inicio y fin:</p> <p>Fecha inicio: 1 de febrero 2019. Fecha finalización: 31 de enero 2020</p>																									

7	Declaración del Director del Proyecto
----------	--



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.

DIRECTOR DEL PROYECTO
Nombre: Luca Sorriso-Valvo
Pasaporte: AA5396411

Quito, 24 de enero de 2019

DECLARACIÓN DEL JEFE DE DEPARTAMENTO

Esta propuesta ha sido aprobada por el Consejo del Departamento de Física, en sesión del día 24-01-2019 mediante resolución No. 3. 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.

JEFE DEL DEPARTAMENTO
Nombre: Dr. César Costa U.
CC: 1102550801

Quito, 24 de enero de 2019





ESCUELA POLITÉCNICA NACIONAL
Proyecto de Investigación Interno
CRONOGRAMA DE ACTIVIDADES DEL PROYECTO



Título del Proyecto: Estudio de flujo de energía turbulenta en plasmas espaciales: disipación de energía

Nº	Actividad	AÑO 1																																																			
		Mes 1				Mes 2				Mes 3				Mes 4				Mes 5				Mes 6				Mes 7				Mes 8				Mes 9				Mes 10				Mes 11				Mes 12							
		1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4				
1	Recolección de bases de datos experimentales y numéricas	█	█	█	█																																																
2	Estudio de bases de datos experimentales y numéricas con proxy MHD: propiedades estadísticas					█	█	█	█																																												
3	Estudio de bases de datos experimentales y numéricas con proxy MHD: propiedades locales									█	█	█	█																																								
4	Escritura resultados estadísticos y locales													█	█	█	█																																				
5	Trámites de publicación																																																				
6	Nueva definición de proxy Hall-MHD																																																				
7	Uso del proxy MHD en datos espaciales y numéricos: propiedades estadísticas																																																				
8	Uso del proxy MHD en datos espaciales y numéricos: propiedades locales																																																				
9	Escritura de texto para artículo																																																				
10	Trámites de publicación																																																				

Firma del Director del Proyecto
 Nombre del Director del Proyecto
 PhD. Luca Sorriso Valvo.



VICERRECTORADO DE INVESTIGACIÓN Y PROYECCIÓN SOCIAL
DIRECCIÓN DE INVESTIGACION Y PROYECCION SOCIAL
PRESUPUESTO PROYECTOS DE INVESTIGACION



Director del proyecto	Título del proyecto
Luca Sorriso-Valvo	Estudio de flujo de energía turbulenta en plasmas espaciales: disipación de energía

Presupuesto consolidado sin IVA

AÑO	Contratación de servicios personales por contrato	Maquinaria y equipo	Reactivos y materiales de laboratorio	Literatura especializada	Viajes técnicos y de muestreo	Presentación de ponencias en congresos internacionales y publicaciones	Total sin IVA
1	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -
TOTAL	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -

Presupuesto consolidado con IVA

AÑO	Contratación de servicios personales por contrato	Maquinaria y equipo	Reactivos y materiales de laboratorio	Literatura especializada	Viajes técnicos y de muestreo	Presentación de ponencias en congresos internacionales y publicaciones	Total con IVA
1	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -
TOTAL	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -


Firma
Ph.D. Luca Sorriso Valvo