



## A. PROPUESTA PROYECTO DE INVESTIGACIÓN INTERNO SIN FINANCIAMIENTO O AUTOGESTIONADO

### 1. TIPO DE INVESTIGACIÓN

<b>Básica</b>	<b>X</b>	<b>Aplicada</b>	
---------------	----------	-----------------	--

### 2. DEPARTAMENTO O INSTITUTO

1. Física

2.

### 3. LINEA(S) DE INVESTIGACIÓN:

1. Astropartículas y gravitación

2.

### 4. TÍTULO DEL PROYECTO (*mínimo 10 palabras*):

Simulación de espectros de sistemas estrella-exoplaneta a ser observados por el JWST con el MIRI-LRS

### 5. RESUMEN (*máximo 200 palabras*)

En el 2021, se lanzará al espacio el telescopio James Webb Space Telescope (JWST). Este telescopio tiene varias misiones científicas, una de ellas es la detección, observación y caracterización de exoplanetas. El telescopio espacial está compuesto por cuatro instrumentos: NIRSpec, NIRISS, NIRCAM y MIRI.

En preparación para el momento de la recepción de los primeros datos del JWST en el 2021, se plantea el presente proyecto, enfocado en la simulación de los datos que podría producir el telescopio espacial durante sus observaciones. En particular, es importante y nos interesa conocer los límites de detección, tanto para el registro como para la caracterización de exoplanetas.

Nuestro trabajo se centra en el uso del instrumento MIRI, el cual trabaja entre 5 y 26 micrómetros. Usaremos un simulador de este instrumento, el denominado MiriSim. En el proyecto, se plantea estudiar los datos simulados de sistemas estrella-exoplaneta. Para esto, previamente, es necesario simular espectros de estrellas y planetas para usarlos en la entrada del simulador y posteriormente estudiar los espectros de salida, que debería corresponder a los espectros a ser observados por el JWST.



## 6. PALABRAS CLAVE (4-6)

Exoplanetas - Telescopio - JWST – MIRI – Simulación - Espectro

## 7. DISCIPLINA CIENTÍFICA (Marque X, solamente una opción)

Ciencias Naturales y Exactas;	X
Ingeniería y Tecnologías;	
Ciencias Médicas;	
Ciencias Agrícolas;	
Ciencias Sociales;	
Humanidades	

## 8. OBJETIVO SOCIECONOMICO (Marque X, solamente una opción)

Exploración y explotación del medio terrestre;	
Ambiente;	
Exploración y Explotación del espacio;	X
Transporte, telecomunicaciones y otras infraestructuras;	
Energía;	
Producción y tecnología industrial;	
Salud;	
Agricultura;	
Educación;	
Cultura, ocio, religión y medios de comunicación;	
Sistemas políticos y sociales, estructuras y procesos;	
Defensa;	
Avance general del conocimiento: I+D financiada con los Fondos Generales de Universidades (FGU);	
Avance general del conocimiento: I+D financiados con otras fuentes.	

## 9. OBJETIVOS

### 9.1. OBJETIVO GENERAL

Simulación de espectros de sistemas estrella-exoplaneta a ser observados por el telescopio JWST con el instrumento MIRI.

### 9.2. OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Entender mejor el funcionamiento del instrumento MIRI del telescopio JWST; entender mejor su simulador MiriSim.
- Simular espectros de estrellas tomando en cuenta el tipo de estrella.
- Simular espectros de exoplanetas tomando en cuenta las diferentes posibles composiciones de la atmósfera.
- Crear escenas posibles para Mirisim con los espectros precedentes.



e. Estudiar los datos generados por el simulador MiriSim.

## 10. HIPÓTESIS (opcional)

a. La detección de líneas de absorción o de emisión de los elementos constituyentes de las atmósferas de los exoplanetas, debe ser posible en función del límite de detección del telescopio.

b. En particular se sabe que el telescopio debería detectar líneas de emisión del H<sub>2</sub>O, pero no son claros los límites para tal detección.

...

## 11. DETALLE DE LOS RESULTADOS ESPERADOS (con relación a los objetivos)

a. Se espera entender mejor el instrumento MIRI del telescopio JWST, así como de su simulador Mirisim.

b. Se espera entender como simular espectros de estrellas.

c. Se espera entender como simular espectros de planetas.

d. Se espera realizar escenas de observación.

e. Se espera realizar la simulación de datos a ser producidos por el JWST, a partir de las escenas precedentes.

## 12. PRODUCTOS ESPERADOS

Tipo de Producto:	Marcar con una "X"
a. Disertación a la Comunidad Politécnica (obligatorio);	X
b. Presentación de un artículo en formato de la Revista Politécnica (obligatorio)	X
c. Proyecto de Titulación;	
d. Aplicación tecnológica construida o implementada;	
e. Patente presentada;	
f. Perfil de proyecto de mayor impacto científico, técnico, pedagógico o de innovación.	
g. Publicaciones científicas indexada en SCIMAGO-SCOPUS/WoS/SCIELO/Latindex Catálogo o un artículo en congreso indexado en SCOPUS.	



### 13. IMPACTO DE LA INVESTIGACIÓN (*científico, social, económico u otros*)

El desarrollo del presente proyecto beneficiará el planteamiento y ejecución de nuevos proyectos de investigación con respecto al tema de la caracterización de exo-planetas. Podrá servir también a otros grupos del Observatorio Astronómico de Quito que trabajan en otros temas astrofísicos y que requieran del uso de los datos de este telescopio (JWST).

Se trata de un estudio sin precedentes en el Ecuador, inmerso en el campo de la Astrofísica, ligado a investigaciones contemporáneas de importancia para la caracterización y tratamiento de los datos observacionales del futuro telescopio espacial James Webb. Trabajos que permitirán procesar los datos, para nuestro interés particular, de estudio de exoplanetas y sus atmósferas.

### 14. ESTADO DEL ARTE, E INVESTIGACIONES PREVIAS DEL EQUIPO (*máximo tres carillas*)

Los primeros exoplanetas detectados fueron en 1992, alrededor de un pulsar (Aleksander Wolszczan, púlsar PSR B1257+12) y en 1995 alrededor de una estrella en su secuencia principal (Michel Mayor y Didier Queloz, 51 Pegasi b).

Esas 2 detecciones, después de 150 años o más de detecciones falsas (1855 Jacob, 1890 See, 1950 Peter van de Kamp, 1991 Lyne, Bailes y Shemar) han sido toda una revolución. La idea no era nueva sino que tenía raíces ya en la antigüedad con Epicuro por ejemplo y al final de la Edad Media con Giordano Bruno y más tarde con Newton que creían en la existencia de un número infinito de mundos.

En menos de 30 años (1992 -2020) se ha descubierto más de 4000 planetas, confirmados por varios métodos. Miles planetas están en espera de ser descubiertos.

Los dos métodos de detección más importantes son:

-El método de la velocidad radial, el cual busca detectar el movimiento radial de la estrella debido a un planeta que la orbita. Es el método que permitió descubrir la mayoría de los exoplanetas hasta el 2009 y es el que permite conocer la masa de los planetas conociendo la masa de las estrellas.

-El método del tránsito, que consiste en buscar los eclipses de estrellas provocados por los planetas. Es el método que permitió descubrir el número más grande de exoplanetas, gracias entre otros, a los telescopios espaciales CoRoT y Kepler.

Podríamos también citar los métodos: de imágenes directas, de astrometría, de efectos de lentes gravitacionales, que son también usados para la detección de exoplanetas.

En el año 2017 hemos empezado a trabajar sobre el tema de los exoplanetas, tanto en el Departamento de Física, como en el Observatorio Astronómico de Quito, de la Escuela Politécnica Nacional, enfocándonos en el método de tránsito [2] con el estudio de los datos del telescopio Kepler. Iniciamos con el análisis de las curvas de fase para una deducción de parámetros como la masa del cuerpo que orbita la estrella anfitriona.



Continuamos nuestro estudio extrapolando nuestro trabajo al Sistema Solar, el cual fue concebido como un sistema de exoplanetas no compacto, medido por un observador exterior [1].

Hasta la fecha hay poco espectros de exoplanetas, no son completos y son de resolución baja. La puesta en órbita del telescopio JWST debería remediar este problema, permitiéndonos acceder a datos con una resolución espectral sin precedentes que nos llevará a un entendimiento más profundo de la naturaleza de la formación de planetas en otros sistemas solares y a una mejor comprensión de sus atmósferas.

Experiencia investigativa y en ejecución de proyectos		
Año	Título del proyecto	Cargo /Actividades realizadas
2016-2018	Estudio del efecto Doppler boosting aplicado a los exoplanetas detectados por el telescopio Kepler para la medición de la velocidad radial.	Director
2018-2019	Estudio y caracterización de las diferencias en las curvas de luz entre los sistemas compactos y no compactos	Director

- *Publicaciones previas relacionadas con el proyecto:*

1.	Hugo Barbier , Ericson D. López, “Kepler Planetary Systems: Doppler Beaming Effect Significance”. Aceptado para publicación a finales del 2020, RMAA
2.	Hugo Barbier , Ericson D. López, Bryan Tipán, and Christian L. Vásquez, “SUN FLUX VARIATIONS DUE TO ORBITING PLANETS THE SOLAR SYSTEM AS A NON-COMPACT PLANETARY SYSTEM”, Publicado en JKAS journal, 2020
3.	E.D. Lopez, Pulsar Radio Emission Cutoffs, in Magnetic Fields In The Universe: From Laboratory and Stars to Primordial Structures. AIP Conference Proceedings, Volume 784, pp. 697-704 (2005).

## 15. DESCRIPCIÓN DETALLADA DEL PROYECTO, INCLUIDO METODOLOGÍA (máximo tres carillas)



El estudio de los exoplanetas es parte de la física fundamental y es una línea de investigación que se puede desarrollar fácilmente en nuestro medio, ya que no precisa de instrumental, ni material alguno, más que estudiar los datos que provienen de telescopios como el JWST. Para esto, es importante tener un buen entendimiento de los datos producidos por el telescopio y de las técnicas involucradas en su procesamiento y análisis.

Este trabajo es la continuación de un proyecto anterior de nuestra autoría, el cual consistió en realizar unas primeras simulaciones de los datos del instrumento MIRI del telescopio JWST. Ahora, en el presente proyecto, se trata de enfocarse en simular datos de estrellas reales y de planetas en la entrada del simulador Mirisim del instrumento MIRI, con el fin de producir y poder estudiar datos que sean muy similares a los datos que producirá el telescopio JWST, cuando este entre en funcionamiento a final del 2021.

Antes todo, es necesario entender mejor los diferentes instrumentos que componen el telescopio JWST [1] y en particular el que más nos interesa en este proyecto, es decir, el instrumento MIRI (Mid InfraRed Imager) [5]. Para el MIRI, es posible hacer imágenes, espectroscopia con rendijas o no, o espectroscopia integral (IFU); se puede escoger entre 15 filtros posibles, usar o no coronografía (existen solamente cuatro coronógrafos en este instrumento). Cada modo tiene sus ventajas y desventajas (diferentes resoluciones, posibilidad o no de usar otros modos al mismo tiempo, diferentes niveles de señal-ruido...etc).

Luego, se planifica realizar simulaciones de espectros de estrellas y de planetas. Existen varios simuladores de tales espectros, se tiene que identificar cuales son los más adecuados para nuestro estudio o los más convenientes (facilidad de uso, resolución, simulación de datos en el IR ...etc).

Nuestro trabajo se enfocará en el instrumento MIRI el cual trabaja entre 5 y 26 micrómetros, usando el modo LRS (Low Resolución Spectroscopy) [8] [9]. Usaremos el simulador MiriSim en este modo, modo que hemos identificado en el 2019 y 2020 como el modo más interesante para nuestro estudio de espectros de exoplanetas [4] [6] [7].

Pensamos así, que lograremos simular datos correspondientes a diferentes escenas de observación, para estudiar la posibilidad de detectar diferentes tipos de composición de las atmósferas de los planetas.

[1] Greenhouse, M. (2013). MacEwen, Howard A; Breckinridge, James B (eds.). "The JWST science instrument payload: mission context and status". Proceedings of SPIE. UV/Optical/IR Space Telescopes and Instruments: Innovative Technologies and Concepts VI. **8860**: 886004. [doi:10.1117/12.2023366](https://doi.org/10.1117/12.2023366)

[2] Ferruit, P.; et al. (2012). "The JWST near-infrared spectrograph NIRSpec: status". Proceedings of SPIE. Space Telescopes and Instrumentation 2012: Optical, Infrared, and Millimeter Wave. **8442**: 844220. [Bibcode:2012SPIE.8442E..2OF](https://doi.org/10.1117/12.925810). [doi:10.1117/12.925810](https://doi.org/10.1117/12.925810)



[3] Posselt, W.; et al. (2004). "NIRSpec - Near Infrared Spectrograph for the JWST". Proceedings of SPIE. Optical, Infrared, and Millimeter Space Telescopes. **5487**: 688–697.

[Bibcode:2004SPIE.5487..688P](#). [doi:10.1117/12.555659](#)

[4] Greene, T., Beichman, C., Eisenstein, D., Horner, S., Kelly, D., Maorf, Y., ... Shi, F. (2007). Observing Exoplanets with the JWST NIRCams grisms. Society of Photo-Optical Instrumentation Engineers (SPIE) Conference Series, 6693, 15. <https://doi.org/10.1117/12.732506>

[5] Bouchet, P., Garcia-Marin, M., Lagage, P.-O., Amiaux, J., Augeres, J.-L., Bauwens, E., ... Wright, G. S. (2015). The Mid-Infrared Instrument for the James Webb Space Telescope, III: MIRIM, The MIRI Imager, 612–622. <https://doi.org/10.1086/682254>

[6] Danielski, C., Baudino, J.-L., Lagage, P.-O., Boccaletti, A., Gastaud, R., Coulais, A., & Bézard, B. (2018). Atmospheric characterization of directly imaged exoplanets with JWST/MIRI. The Astronomical Journal, 156(6), 276. <https://doi.org/10.3847/1538-3881/aae651>

[7] Schlawin, E., Greene, T. P., Line, M., Fortney, J. J., & Rieke, M. (2018). Clear and Cloudy Exoplanet Forecasts for JWST: Maps, Retrieved Composition and Constraints on Formation with MIRI and NIRCams. Retrieved from <http://arxiv.org/abs/1803.08173>

[8] Consortium, M. E. (2018). MIRISim Documentation

[9] Gastaud, R., Cossou, C., & Coulais, A. (2018). MIRI European Consortium James Webb Space Telescope ( JWST ) Mid-Infrared Instrument ( MIRI ) Flight Model MIRISIM Imsim Report

## 16. INFRAESTRUCTURA Y EQUIPOS

- Indicar la infraestructura y equipos **disponibles** para la ejecución del proyecto, con la ubicación actual de los mismos

Infraestructura	Equipos	
Laboratorio ZZ	Nombre del Equipo	Ubicación del Equipo
Departamento de física	Laptop Lenovo	Departamento de física – residencia propia (Director)
Departamento de física	Laptop Lenovo	Departamento de física – residencia propia (colaborador)



## B. DATOS INFORMATIVOS

### 1. INFORMACIÓN DEL DIRECTOR, COLABORADORES Y COLABORADORES TÉCNICOS

Apellidos y nombres	No. de Cédula	HSS*	Departamento**	Rol	Título de mayor nivel y mención.
BARBIER Hugo Jean-Marc Paul	1753377447	8	Física	Director	Maestría
López Izurieta Ericson Daniel	1708590813	6	Física	Colaborador	Doctorado

\*HSS =Horas Semana Semestre: Es el número de horas que se dedica por semana a la investigación.

\*\* En el caso de que los colaboradores sean de otro departamento se debe adjuntar el aval de las horas de dedicación del Jefe de Departamento.

## C. DECLARACIÓN FINAL DECLARACIÓN DEL DIRECTOR DEL PROYECTO

El equipo de investigadores, representado por el Director del Proyecto declara lo siguiente:

- Que el presente proyecto es una creación original de mi autoría y del equipo de investigadores, y por tanto asumimos la completa responsabilidad legal en caso de que un tercero alegue la titularidad de los derechos intelectuales del proyecto, exonerando a la EPN de cualquier acción legal que se derive por esta causa.





- Que el presente proyecto no ha sido presentado en ninguna convocatoria de otra institución pública o privada. El incumplimiento será causal para que el proyecto no sea tomado en consideración.
- Que si el proyecto genera algún producto o procedimiento susceptible de obtener derechos de propiedad intelectual, de los cuales se deriven beneficios, aceptamos que éstos serán compartidos entre los investigadores y la institución o las instituciones participantes en el proyecto, conforme a lo establecido en el COESC.
- Que el equipo de investigadores y/o instituciones participantes se comprometen a mantener la confidencialidad de la información si ésta podría ser susceptible de protección por patentes, y solicitar la valoración de propiedad intelectual respectiva previa a cualquier publicación o difusión.
- Que para el caso de derechos de autor otorgamos una licencia de uso exclusivo con fines académicos para la o las instituciones participantes en el proyecto.
- Que aceptamos conocer y cumplir con la normativa vigente para la gestión de proyectos.

-----  
-----  
Firma del Director del

Proyecto

Nombre: Barbier Hugo Jean-Marc Paul  
C.I.: 1753377447

