
	PROCEDIMIENTO DE GESTIÓN DE LOS TRABAJOS FIN DE TITULACIÓN DE LA FACULTAD DE CIENCIAS DE LA UEX (PR/CL002_FC)	
	Asunto: Anexo I PROPUESTA DE TRABAJO FIN DE GRADO	

ANEXO I PROPUESTA DE TRABAJO FIN DE GRADO

-DEPARTAMENTO DE LA UEX RESPONSABLE DE LA OFERTA: Matemáticas

-GRADO: Grado en Matemáticas

CARACTERÍSTICAS DEL TRABAJO									
TÍTULO	Bases de Gröbner y programación entera								
TIPO DE TRABAJO (señalar con una cruz el que proceda)									
Teórico	X	Investigación bibliográfica	X	Númérico		Informes		Computacional	X
Experimental		Proyectos de diseño industrial (tipo A)		Estudios e informes técnicos (tipo B)		Trabajos de investigación o de investigación y desarrollo (tipo C)			
Otros (especificarse)									
DESCRIPCIÓN (Objetivos, metodología, etc...)									
<p>El objetivo principal de este trabajo consiste en obtener una formación adecuada en lo relativo a los rudimentos del Álgebra Conmutativa Computacional, centrada en la manipulación de ecuaciones algebraicas con la ayuda de paquetes de cálculo específicos usando la teoría de bases de Gröbner y conocer su aplicación en la resolución de problemas de programación entera.</p> <p>En primer lugar, se estudiarán los rudimentos necesarios para definir y calcular la base de Gröbner de un ideal del anillo de polinomios en n indeterminadas con coeficientes en un cuerpo algebraicamente cerrado, usando, por ejemplo, [1] ó [3], así como los apuntes proporcionados por el tutor. A continuación, se aplicarán la técnicas de bases de Gröbner desarrolladas para resolver determinados problemas de programación (lineal) entera, siguiendo principalmente [2]. Finalmente, se expondrán simulaciones computacionales simples usando algún software de Cálculo Simbólico.</p> <p>[1] Cox, D., Little, J., and O'Shea, D.: Ideals, Varieties, and Algorithms, Springer-Verlag, New York, 1996, Second edition.</p> <p>[2] Thoma, R.: Integer Programming: Algebraic Methods. In: Floudas C., Pardalos P. (eds) Encyclopedia of Optimization. Springer, Boston, MA. https://doi.org/10.1007/978-0-387-74759-0_285.</p> <p>[3] Sturmfels, B.: Gröbner Bases and Convex Polytopes, American Mathematical Society, Providence, RI, 1995.</p>									
OBSERVACIONES									
DATOS DEL TUTOR O TUTORES (*)									
APELLIDOS, NOMBRE	Ignacio Ojeda Martínez de Castilla								
Área de conocimiento	Álgebra								



*(Los trabajos que se desarrollen en empresas o instituciones externas deben contar al menos con dos tutores: uno pertenecerá a la plantilla de la entidad externa, y el otro será un profesor de la UEX perteneciente al departamento que avala la oferta). Si hay más de un tutor de la UEX y uno de ellos no es profesor, deberá especificar el tipo de vinculación con la Universidad.

Fecha de aprobación del Consejo del Departamento: Noviembre de 2021

Vº Bº y Firma del Director del Dpto


Vº Bº y Firma del Tutor/es

DECANATO DE LA FACULTAD DE CIENCIAS

	PROCEDIMIENTO DE GESTIÓN DE LOS TRABAJOS FIN DE TITULACIÓN DE LA FACULTAD DE CIENCIAS DE LA UEX (PR/CL002_FC)	 Facultad de Ciencias
	Asunto: Anexo I PROPUESTA DE TRABAJO FIN DE GRADO	

ANEXO I PROPUESTA DE TRABAJO FIN DE GRADO

-DEPARTAMENTO DE LA UEX RESPONSABLE DE LA OFERTA: Matemáticas

-GRADO: Matemáticas

CARACTERÍSTICAS DEL TRABAJO										
TÍTULO	La estructura Lipschitz de un espacio de Hilbert									
TIPO DE TRABAJO (señalar con una cruz el que proceda)										
Teórico	<input checked="" type="checkbox"/>	Investigación bibliográfica	<input checked="" type="checkbox"/>	Numérico	<input type="checkbox"/>	Informes	<input type="checkbox"/>	Computacional	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Experimental	<input type="checkbox"/>	Proyectos de diseño industrial (tipo A)	<input type="checkbox"/>	Estudios e informes técnicos (tipo B)	<input type="checkbox"/>	Trabajos de investigación o de investigación y desarrollo (tipo C)		<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Otros (especifíquese)	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
DESCRIPCIÓN (Objetivos, metodología, etc...)										
<p>Dados dos espacios de Banach separables X e Y, decimos que son isomorfos si hay una biyección lineal y continua T entre ellos. Ésta es nuestra noción de igualdad en esta categoría. Que T sea lineal tiene sentido ya que X e Y poseen una estructura lineal, y del mismo modo que X e Y son espacios topológicos, le requerimos continuidad a T. Ahora bien, si eliminamos la linealidad de T, ¿pueden ser dos espacios de Banach simplemente homeomorfos? Un teorema de Kadets nos asegura que cualesquiera dos espacios de Banach (separables) son homeomorfos. Así que la estructura topológica de un espacio de Banach no guarda ningún tipo de información sobre la estructura lineal. Por otro lado, un teorema de Mazur nos dice que si X e Y son isométricos entonces son linealmente isométricos. De modo que las isometrías conservan toda la información lineal. Se abre un mundo de interrogantes ahora, por ejemplo ¿qué ocurre si X e Y son Lipschitz isomorfos? Las aplicaciones Lipschitz vienen a estar a medio camino entre las continuas a secas y las isometrías, así que la respuesta a esta pregunta no es fácil en general aunque sabemos la respuesta en muchos casos.</p> <p>PROPÓSITO: El propósito de este trabajo es conocer la clasificación no lineal actual de los espacios de Banach y responder a preguntas similares a la anterior sobre la clasificación no lineal. En particular, para los espacios clásicos l_p (de sucesiones p-sumables) para $1 < p < \infty$. Un primer paso es estudiar el teorema clásico de Rademacher que dice que en dimensión finita, toda función Lipschitz es derivable salvo a lo más en un conjunto de medida nula. Un segundo paso es estudiar cómo este teorema se extiende a espacios reflexivos. Una vez hecho, podremos linearizar funciones de Lipschitz. Y de aquí se obtiene que la estructura lineal de los l_p con $1 < p < \infty$ está totalmente determinada por su</p>										

estructura Lipschitz. Si se quiere, redondeando:

El único espacio Lipschitz isomorfo a un Hilbert es el propio Hilbert.

Se puede seguir ahondando de varias maneras, una de las cuales, por ejemplo, es ver como usar "límites de Banach" para linearizar funciones.

El lector interesado puede ampliar información en el siguiente texto de Kalton que da una visión general del tema.

Nigel J. Kalton, The nonlinear geometry of Banach spaces. Revista Matemática Complutense, 21 (2008), número 1, 7-60.

Una versión de libre distribución puede encontrarse en el siguiente enlace.

<https://kaltonmemorial.missouri.edu/assets/docs/rmc2008.pdf>

OBSERVACIONES

DATOS DEL TUTOR O TUTORES (*)

**APELLIDOS,
NOMBRE**

Suárez de la Fuente

**Área de
conocimiento**

Análisis Matemático

**APELLIDOS,
NOMBRE**



**Área de
conocimiento**

*(Los trabajos que se desarrollen en empresas o instituciones externas deben contar al menos con dos tutores: uno pertenecerá a la plantilla de la entidad externa, y el otro será un profesor de la UEx perteneciente al departamento que avala la oferta). Si hay más de un tutor de la UEx y uno de ellos no es profesor, deberá especificar el tipo de vinculación con la Universidad.

Fecha de aprobación del Consejo del Departamento:

Vº Bº y Firma del Director del Dpto

Vº Bº y Firma del Tutor/es

	PROCEDIMIENTO DE GESTIÓN DE LOS TRABAJOS FIN DE TITULACIÓN DE LA FACULTAD DE CIENCIAS DE LA UEx (PR/CL002_FC)	 Facultad de Ciencias
	Asunto: Anexo I PROPUESTA DE TRABAJO FIN DE GRADO	



ANEXO I PROPUESTA DE TRABAJO FIN DE GRADO

-DEPARTAMENTO DE LA UEX RESPONSABLE DE LA OFERTA:

-GRADO: Matemáticas

CARACTERÍSTICAS DEL TRABAJO							
TÍTULO		Formulación Variacional de Problemas de Contorno					
TIPO DE TRABAJO (señalar con una cruz el que proceda)							
Teórico	x	Revisión bibliográfica		Numérico		Informes	Computacional
Experimental		Proyectos de diseño industrial (tipo A)		Estudios e informes técnicos (tipo B)		Trabajos de investigación o de investigación y desarrollo (tipo C)	
Otros (especificuese)							
DESCRIPCIÓN (Objetivos, metodología, etc...)							
<p>Cuando se abordan problemas de la Física Matemática modelados por Problemas de Contorno para Ecuaciones en Derivadas Parciales EDPs (problemas de conductividad y ondas, por ejemplo) aparecen condiciones no regulares. Pensemos por ejemplo, en una cuerda sometida a un fuerte plegamiento. en una masa puntual que cuelga de una viga o en una carga eléctrica situada en un punto determinado. Este tipo de ecuaciones no se entienden dentro de la teoría clásica de EDPs. Aparecen entonces los conceptos de distribución y formulación variacional de problemas de contorno para dichas EDPs que permiten introducir el concepto de solución débil de los mismos.</p>							
OBSERVACIONES							
DATOS DEL TUTOR O TUTORES (*)							
APELLIDOS, NOMBRE		Calvo Jurado, Carmen					
Área de conocimiento		Matemática Aplicada					
APELLIDOS, NOMBRE		García Merino, José Carlos					
Área de conocimiento		Matemática Aplicada					

*(Los trabajos que se desarrollen en empresas o instituciones externas deben contar al menos con dos tutores: uno pertenecerá a la plantilla de la entidad externa, y el otro será un profesor de la UEx perteneciente al departamento que avala la oferta). Si hay más de un tutor de la UEx y uno de ellos no es profesor, deberá especificar el tipo de vinculación con la Universidad.

	PROCEDIMIENTO DE GESTIÓN DE LOS TRABAJOS FIN DE TITULACIÓN DE LA FACULTAD DE CIENCIAS DE LA UEx (PR/CL002_FC)	
	Asunto: Anexo I PROPUESTA DE TRABAJO FIN DE GRADO	

ANEXO I PROPUESTA DE TRABAJO FIN DE GRADO

-DEPARTAMENTO DE LA UEX RESPONSABLE DE LA OFERTA:

-GRADO:

CARACTERÍSTICAS DEL TRABAJO							
TÍTULO	Existencia de soluciones del problema de valor inicial						
TIPO DE TRABAJO (señalar con una cruz el que proceda)							
Teórico	x	Revisión bibliográfica		Numérico		Informes	Computacional
Experimental		Proyectos de diseño industrial (tipo A)		Estudios e informes técnicos (tipo B)		Trabajos de investigación o de investigación y desarrollo (tipo C)	
Otros (especifíquese)							
DESCRIPCIÓN (Objetivos, metodología, etc...)							
<p>El objetivo es probar que bajo la hipótesis de continuidad de la función que define un sistema diferencial, la intersección con un hiperplano del conjunto de soluciones del problema de valor inicial es un conjunto compacto y conexo. La primera parte del trabajo consiste en la descripción de un método para aproximar todas las soluciones del problema de valor inicial en el caso de una ecuación diferencial, que incluye el teorema de existencia de Cauchy Peano. La segunda parte consiste en la prueba de un teorema de H. Kneser sobre la existencia de soluciones del problema de valor inicial en el caso de no unicidad.</p> <p>Referencias P. Hartman, Ordinary Differential Equations, John Wiley & Sons, Inc., 1964 L.C. Piccinini, G. Stampacchia, G. Vidossich, Ordinary Differential Equations in R^n, Applied Mathematical Sciences, 39, Springer-Verlag, 1984</p>							
OBSERVACIONES							
<p>El trabajo debe ser realizado necesariamente en el segundo semestre del curso 21-22.</p> <p>Para que el trabajo pueda ser defendido en julio de 2022, el estudiante debe presentar el trabajo completamente redactado al tutor para su revisión antes del 31 de mayo de 2022.</p> <p>Para que el trabajo pueda ser defendido en septiembre de 2022, el estudiante debe presentar el trabajo completamente redactado al tutor para su revisión antes del 30 de junio de 2022.</p>							
DATOS DEL TUTOR O TUTORES (*)							
APELLIDOS, NOMBRE	FERNÁNDEZ GARCÍA-HIERRO, MANUEL						
Área de conocimiento	ANÁLISIS MATEMÁTICO						
APELLIDOS, NOMBRE							
Área de conocimiento							

*(Los trabajos que se desarrollen en empresas o instituciones externas deben contar al menos con dos tutores: uno

Manuel Ferrer



PROCEDIMIENTO DE GESTIÓN DE LOS TRABAJOS FIN DE TITULACIÓN DE LA FACULTAD DE CIENCIAS DE LA UEX (PR/CL002_FC)

Asunto: Anexo I
PROPUESTA DE TRABAJO FIN DE GRADO





ANEXO I PROPUESTA DE TRABAJO FIN DE GRADO

-DEPARTAMENTO DE LA UEX RESPONSABLE DE LA OFERTA:

-GRADO: Matemáticas

CARACTERÍSTICAS DEL TRABAJO									
TÍTULO	Compacidad en Matemáticas								
TIPO DE TRABAJO (señalar con una cruz el que proceda)									
Teórico X	<input type="checkbox"/>	Revisión bibliográfica	<input type="checkbox"/>	Númérico	<input type="checkbox"/>	Informes	<input type="checkbox"/>	Computacional	<input type="checkbox"/>
Experimental	<input type="checkbox"/>	Proyectos de diseño industrial (tipo A)	<input type="checkbox"/>	Estudios e informes técnicos (tipo B)	<input type="checkbox"/>	Trabajos de investigación o de investigación y desarrollo (tipo C)	<input type="checkbox"/>		<input type="checkbox"/>
Otros (especifíquese)	<input type="checkbox"/>		<input type="checkbox"/>		<input type="checkbox"/>		<input type="checkbox"/>		<input type="checkbox"/>
DESCRIPCIÓN (Objetivos, metodología, etc...)									
<p>La noción de compacidad es importante en matemáticas. El proyecto tiene como esquema general: establecer la definición y significado de la noción de compacidad, ofrecer los tres ejemplos que es posible ofrecer (y ojo que cada uno de ellos es un teorema con nombre) y a continuación presentar algunas aplicaciones.</p>									
OBSERVACIONES									
DATOS DEL TUTOR O TUTORES (*)									
APELLIDOS, NOMBRE	Fernández Castillo, Jesús								
Área de conocimiento	Análisis Matemático								
APELLIDOS, NOMBRE									
Área de conocimiento									

*(Los trabajos que se desarrollen en empresas o instituciones externas deben contar al menos con dos tutores: uno pertenecerá a la plantilla de la entidad externa, y el otro será un profesor de la UEx perteneciente al departamento que avala la oferta). Si hay más de un tutor de la UEx y uno de ellos no es profesor, deberá especificar el tipo de vinculación con la Universidad.

	PROCEDIMIENTO DE GESTIÓN DE LOS TRABAJOS FIN DE TITULACIÓN DE LA FACULTAD DE CIENCIAS DE LA UEx (PR/CL002_FC)	
	Asunto: Anexo I PROPUESTA DE TRABAJO FIN DE GRADO	



ANEXO I PROPUESTA DE TRABAJO FIN DE GRADO

-DEPARTAMENTO DE LA UEX RESPONSABLE DE LA OFERTA:

-GRADO:

CARACTERÍSTICAS DEL TRABAJO							
TÍTULO	Límites						
TIPO DE TRABAJO (señalar con una cruz el que proceda)							
Teórico X		Revisión bibliográfica		Númérico		Informes	Computacional
Experimental		Proyectos de diseño industrial (tipo A)		Estudios e informes técnicos (tipo B)		Trabajos de investigación o de investigación y desarrollo (tipo C)	
Otros (especificarse)							
DESCRIPCIÓN (Objetivos, metodología, etc...)							
<p>La noción de límite es esencial en matemáticas. Pese a que su origen está en el Análisis, se ha filtrado a prácticamente todas las partes de matemáticas. El trabajo ocntendrá un estudio de las diferentes nociones de límite que se encuentran en Análisis clásico, Topología, Análisis Funcional, Teoría de Categorías o Lógica.</p>							
OBSERVACIONES							
DATOS DEL TUTOR O TUTORES (*)							
APELLIDOS, NOMBRE	Fernández Castillo, Jesús						
Área de conocimiento	Análisis Matemático						
APELLIDOS, NOMBRE							
Área de conocimiento							

*(Los trabajos que se desarrollen en empresas o instituciones externas deben contar al menos con dos tutores: uno pertenecerá a la plantilla de la entidad externa, y el otro será un profesor de la UEx perteneciente al departamento que avala la oferta). Si hay más de un tutor de la UEx y uno de ellos no es profesor, deberá especificar el tipo de vinculación con la Universidad.



	PROCEDIMIENTO DE GESTIÓN DE LOS TRABAJOS FIN DE TITULACIÓN DE LA FACULTAD DE CIENCIAS DE LA UEX (PR/CL002_FC)	 Facultad de Ciencias
	Asunto: Anexo I PROPUESTA DE TRABAJO FIN DE GRADO	

ANEXO I PROPUESTA DE TRABAJO FIN DE GRADO

-DEPARTAMENTO DE LA UEX RESPONSABLE DE LA OFERTA:

-GRADO: Grado en Matemáticas

CARACTERÍSTICAS DEL TRABAJO									
TÍTULO	Introducción a la Teoría de Modelos								
TIPO DE TRABAJO (señalar con una cruz el que proceda)									
Teórico	<input checked="" type="checkbox"/>	Revisión bibliográfica		Numérico		Informes		Computacional	
Experimental		Proyectos de diseño industrial (tipo A)		Estudios e informes técnicos (tipo B)		Trabajos de investigación o de investigación y desarrollo (tipo C)			
Otros (especificuese)									
DESCRIPCIÓN (Objetivos, metodología, etc...)									
<p>La Teoría de Modelos es una de las disciplinas más potentes de la lógica matemática. El objeto de la teoría es el estudio de las relaciones entre los lenguajes formales y las realidades de que hablan dichos lenguajes. Su estudio permite analizar los sistemas axiomáticos recurriendo a la idea de modelo como aquellas entidades que satisfacen ciertos axiomas.</p> <p>En este trabajo se sentarán las bases de la teoría, se demostrarán teoremas clásicos como el teorema de compacidad o el teorema de Löwenheim-Skolem, y se estudiarán las consecuencias de los mismos relativas a las limitaciones de la lógica de primer orden de cara a representar la realidad matemática.</p>									
OBSERVACIONES									
DATOS DEL TUTOR O TUTORES (*)									
APELLIDOS, NOMBRE		García Merino, José Carlos							
Área de conocimiento		Estadística e Investigación Operativa							
APELLIDOS, NOMBRE									

	PROCEDIMIENTO DE GESTIÓN DE LOS TRABAJOS FIN DE TITULACIÓN DE LA FACULTAD DE CIENCIAS DE LA UEx (PR/CL002_FC)	 Facultad de Ciencias
	Asunto: Anexo I PROPUESTA DE TRABAJO FIN DE GRADO	

ANEXO I PROPUESTA DE TRABAJO FIN DE GRADO

**-DEPARTAMENTO DE LA UEX RESPONSABLE DE LA OFERTA:
MATEMÁTICAS**

-GRADO: MATEMÁTICAS, FÍSICA

CARACTERÍSTICAS DEL TRABAJO								
TÍTULO	Soluciones exactas de ecuaciones diferenciales no lineales empleando series modales							
TIPO DE TRABAJO (señalar con una cruz el que proceda)								
Teórico	x	Revisión bibliográfica		Numérico		Informes		Computacional
Experimental		Proyectos de diseño industrial (tipo A)		Estudios e informes técnicos (tipo B)		Trabajos de investigación o de investigación y desarrollo (tipo C)		
Otros (especifíquese)								
DESCRIPCIÓN (Objetivos, metodología, etc...)								
<p><u>INTRODUCCIÓN:</u></p> <p>En trabajos, ya clásicos, Jean Ecalte [1] y Peter Göring [2] definieron el cuerpo ordenado diferenciable de las transseries que extiende y generaliza los desarrollos asintóticos de Fourier basados en funciones trigonométricas elementales. El primero en conexión con la prueba de la conjetura de Dulac sobre campos vectoriales en el plano y el segundo (junto con Dahn) en relación al problema de la función exponencial de Tarski en teoría de modelos.</p> <p>Aparte de su origen fundamental ha habido intentos de emplear algunos tipos de transseries en la solución de ecuaciones diferenciales. En ese sentido, son de interés el caso particular de las series modales correspondientes al desarrollo en una función base y sus potencias enteras.</p> <p>Basándose en este tipo de series se han hallado, recientemente, soluciones exactas de algunas ecuaciones diferenciales no lineales de interés en matemática aplicada y diversas ramas de la física, química, biología o ingeniería: la ecuación o sistema de ecuaciones de Kermack-Mckendrik para la evolución del número de susceptibles, infectados y recuperados en una población en la que circula un determinado agente infeccioso [3], la ecuación de la dinámica</p>								

enzimática de Michaelis-Menten [4], el sistema de las ecuaciones de Lorenz en el régimen no caótico [5], o las ondas gravitatorias predichas por la teoría general de la relatividad de Einstein [6].

El interés en este tipo de técnicas analíticas y semi-analíticas se ha incrementado en los últimos años debido al desarrollo de métodos como la descomposición Adomian [7] o el análisis de homotopías de Liao en 1990 [8]. En todo caso, estos métodos, aunque pretenden ser generales, conducen únicamente a aproximaciones numéricas.

Sin embargo, la técnica del análisis mediante series modales conduce a soluciones en serie exactas que pueden implementarse hasta un nivel de precisión tan alto como se quiera. Por el contrario, tienen el inconveniente de que, en cada ecuación, su dominio de convergencia no está muy bien estudiado. Asimismo, dependiendo de cada caso no existe un procedimiento de elección claro para la función base del desarrollo.

OBJETIVOS:

En este TFG se aplicaría el método de las series modales a una clase de ecuaciones diferenciales de una variable de interés en física e ingeniería como son los osciladores anarmónicos, en los que la anarmonicidad se manifiesta a través de un término de fuerza polinómico. El objetivo es hallar soluciones exactas de estas ecuaciones siguiendo este procedimiento y, alternativamente, comparar con otros métodos que se hallan en la literatura. En particular, los mencionados métodos de Adomian y Liao.

Por otra parte, se estudiaría la ecuación diferencial del péndulo forzado y amortiguado, como prototipo del sistema más simple que manifiesta comportamiento caótico [9].

METODOLOGÍA:

Las transseries se definen recurrentemente en términos de transmonomios que, por otra parte, dependen de las transseries para su definición (ver Edgar [10]). Un transmonomio sin logaritmos se define como una expresión de la forma $x^b e^L$, donde $L = \sum_j c_j g_j$ es una suma sobre transmonomios, g_j , y c_j son coeficientes reales. El conjunto de transmonomios G forma un grupo ordenado de acuerdo con la definición:

$$X^a e^M < X^b e^L$$

Si $L > M$ cuando $x \rightarrow \infty$ o $L = M$ y $b > a$. Las transseries $T(G)$ forman un cuerpo diferenciable bajo las operaciones usuales de suma, multiplicación y derivación término a término.

Para este trabajo solo se necesitará un tipo particular de transseries generadas por el transmonomio $f[x]$ en la forma:

$$\sum c_j f[x]^j$$

El conjunto de todas las transseries de esta forma (llamadas modales), $T(f[x])$ es un subcuerpo diferenciable de $T(G)$. Toda ecuación diferencial puede expresarse en la forma:

$$O[y[x]] = 0$$

Donde O es un operador, en general, no lineal. Los transmonomios de interés serían aquellos

para los cuales toda transserie generada por los mismos verifica que:

$O(\sum c_j f[x]^j)$ está en $T(f[x])$

Esta última condición permite hallar una relación de recurrencia para los coeficientes y determinar la solución exacta para ciertos valores de los coeficientes de orden más bajo. En el caso de soluciones convergentes el conjunto de transmonomios e^{-nt} con n entero ha resultado, especialmente, útil [3]. Por otra parte, en los osciladores es posible experimentar con otros conjuntos como $(\sin(\omega t))^n$, $(\cos(\omega t))^n$.

Otro posible desarrollo de este trabajo incluiría el estudio de las funciones modales intrínsecas propuestas por R. E. Huang [11] en 1998 como una representación de series temporales no lineales y no estacionarias. Esta discusión podría incluirse dependiendo de la temporización del TFG y el interés del alumno.

BIBLIOGRAFÍA:

- [1] Ecalle, Jean, *Introduction aux fonctions analyzables et preuve constructive de la conjecture de Dulac*, Actualités mathématiques (Paris), Hermann, 1992.
- [2] Dahn, Bernd and Göring, Peter, *Notes on exponential-logarithmic terms*, Fundamenta Mathematicae, 1987.
- [3] Acedo, L; González-Parra, G. and Arenas A. J., *An exact global solution for the classical SIRS epidemic model*, Nonlinear analysis: Real World Applications, Vol. 11, N. 3, 2010.
- [4] González-Parra, G.; L. Acedo and Arenas A. J., *Accuracy of analytical-numerical solutions of the Michaelis-Menten equation*, Computational & Applied Mathematics, Vol. 30, n. 2, 2011.
- [5] González-Parra, G.; L. Acedo and Arenas A. J., *A novel approach to obtain analytical-numerical solutions of the nonlinear Lorenz system*, Numerical Algorithms, Vol. 67, n. 1, 2014.
- [6] Acedo, L. *Modal series expansions for plane gravitational waves*. Gravitation and Cosmology 22(3): 251-257, 2016.
- [7] Adomian, G. (1994). Solving Frontier problems of Physics: The decomposition method. Kluwer Academic Publishers.
- [8] Liao, S.J. (2003), *Beyond Perturbation: Introduction to the Homotopy Analysis Method*, Boca Raton: Chapman & Hall/ CRC Press.
- [9] Hubbard, J. H., *The forced damped pendulum: chaos, complication and control*, The American Mathematical Monthly, Vol. 106, n. 8, 1999.
- [10] Edgar, G. A. (2010), *Transseries for beginners*, Real Analysis Exchange, **35**: 253–310.
- [11] Huang, R.E. et al. *The empirical mode decomposition and the Hilbert spectrum for nonlinear and non-stationary time series analysis*. Proc. R. Soc. Lond. A, 454:903–995, 1998.

OBSERVACIONES	
El tutor de este trabajo está adscrito al Centro Universitario de Plasencia. Las reuniones para el seguimiento del trabajo se realizarían, principalmente, por Zoom con alguna reunión presencial.	
DATOS DEL TUTOR O TUTORES (*)	
APELLIDOS, NOMBRE	Acedo Rodríguez, LUis
Área de conocimiento	Matemática Aplicada
APELLIDOS, NOMBRE	
Área de conocimiento	

*(Los trabajos que se desarrollen en empresas o instituciones externas deben contar al menos con dos tutores: uno pertenecerá a la plantilla de la entidad externa, y el otro será un profesor de la UEx perteneciente al departamento que avala la oferta). Si hay más de un tutor de la UEx y uno de ellos no es profesor, deberá especificar el tipo de vinculación con la Universidad.

Fecha de aprobación del Consejo del Departamento:

Vº Bº y Firma del Director del Dpto

Vº Bº y Firma del Tutor/es
FDD: LUIS ACEDO RODRÍGUEZ

Decanato de la Facultad de Ciencias