

2014

UTN * SANTA FE

Valeria Bertossi

DIRECTORAS:

Mg. Sonia Pastorelli

Dra. Mariel Ale

PROYECTO FINAL DE CARRERA

*Desarrollo de un software educativo para la comprensión de
Sistemas lineales de ecuaciones diferenciales de primer orden*

Tabla de contenidos

CAPÍTULO I: Introducción	6
1.1. Estructura general del informe	7
CAPÍTULO II: Definición de secuencias de enseñanza y análisis de material bibliográfico y didáctico	9
2.1. Análisis de la metodología de enseñanza del tema “Ecuaciones diferenciales” en la cátedra AM II de la UTN-FRSF	9
2.1.1. Planificación de cátedra	9
2.1.1.1. Objetivos específicos	9
2.1.1.2. Contenidos	9
2.1.2. Material bibliográfico	10
2.1.2.1. Básico	10
2.1.2.2. Complementario	10
2.1.3. Desarrollo de la unidad	10
2.1.4. Conclusiones	14
2.2. Investigación concerniente al uso de TIC en la enseñanza de Ecuaciones Diferenciales	16
2.2.1. XVII EMCI Nacional y IX EMCI Internacional	16
2.2.1.1. La modelización de problemas y su implementación en las clases de matemática	16
2.2.1.2. Uso de recursos informáticos en temas de ecuaciones diferenciales	17
2.2.2. XIV EMCI Nacional y VI EMCI Internacional	17
2.2.2.1. Una clase de EDO con uso de nuevas tecnologías	17
2.2.3. XIII EMCI Nacional y V EMCI Internacional	18
2.2.3.1. Campos de pendientes en la solución de ecuaciones diferenciales	18
2.2.4. Conclusiones	18
CAPÍTULO III: Análisis de plataformas de desarrollo de SW	19
3.1. Evaluación de plataformas	19
3.2. Fundamentos de la selección	21
3.2.1. Valoración cuantitativa	22
3.2.2. Valoración cualitativa	22
CAPÍTULO IV: Especificación de requisitos de software	25
4.1. Introducción	25
4.1.1. Propósito	25
4.1.2. Alcance	25
4.1.3. Definiciones, siglas y abreviaturas	26
4.1.4. Visión general del documento	26
4.2. Descripción general	26
4.2.1. Perspectiva del producto	26
4.2.1.1. Interfaz de usuario	27
4.2.1.2. Interfaz de software	27
4.2.1.3. Interfaz de comunicación	27

4.2.1.4. Restricciones de memoria _____	27
4.2.2. Funciones del producto _____	28
4.2.2.1. Diagrama de casos de uso _____	28
4.2.3. Características del usuario _____	30
4.2.4. Restricciones _____	31
4.2.5. Suposiciones y dependencias _____	31
4.3. Atributos de calidad del software _____	31
4.3.1. Portabilidad _____	31
4.3.2. Extensibilidad _____	31
4.3.3. Disponibilidad _____	31
4.3.4. Usabilidad _____	31
4.4. Requisitos específicos _____	32
4.4.1. Modos de operación _____	32
4.4.2. Especificación de casos de uso _____	32
<i>CAPÍTULO V: Descripción de la Arquitectura _____</i>	59
5.1. Introducción _____	59
5.1.1. Propósito _____	59
5.1.2. Alcance _____	59
5.1.3. Definiciones, siglas y abreviaturas _____	59
5.2. Representación Arquitectónica _____	60
5.3. Objetivos Arquitectónicos y Restricciones _____	60
5.4. Vista de Caso de Uso _____	61
5.5. Vista Lógica _____	61
5.5.1. Perspectiva General _____	61
5.5.2. Paquetes de Diseño importantes _____	62
5.6. Vista de Procesos _____	63
5.7. Vista Física _____	63
5.8. Vista de Desarrollo _____	64
5.8.1. Perspectiva General _____	64
5.8.2. Elementos del MVC _____	64
<i>CAPÍTULO VI: Diseño _____</i>	66
6.1. Estructura de la aplicación _____	66
6.2. Interfaz de usuario _____	67
6.2.1. Esquema general de la pantalla _____	67
6.2.2. Plano de las Series de Tiempo _____	67
6.2.3. Plano de Fase _____	67
6.2.4. Ecuaciones diferenciales _____	67
6.2.5. Controles A _____	68
6.2.6. Controles B _____	69
6.2.7. Controles C _____	69

6.2.8. Controles D _____	71
6.2.9. Información de estado _____	71
6.3. Comportamiento _____	72
6.3.1. Modos de operación _____	72
6.3.2. Dinámica de la aplicación _____	72
CAPÍTULO VII: Pruebas _____	74
7.1. Pruebas de unidad _____	74
7.2. Pruebas de sistema _____	75
7.3. Pruebas de aceptación _____	76
CAPÍTULO VIII: Uso de DaVinci en el aula _____	78
8.1. Sistemas dinámicos _____	78
8.1.1. Método de resolución por eliminación _____	78
8.1.2. Teoría cualitativa _____	81
<i>Ejercicio 8.1.2.1 (matriz del sistema con autovalores imaginarios puros) _____</i>	<i>82</i>
<i>Ejercicio 8.1.2.2 (matriz del sistema con autovalores reales distintos y positivos) _____</i>	<i>82</i>
<i>Ejercicio 8.1.2.3 (matriz del sistema con autovalores reales distintos y negativos) _____</i>	<i>83</i>
<i>Ejercicio 8.1.2.4 (matriz del sistema con autovalores reales y de distinto signo) _____</i>	<i>84</i>
<i>Ejercicio 8.1.2.5 (matriz del sistema no diagonalizable con autovalor negativo) _____</i>	<i>85</i>
<i>Ejercicio 8.1.2.6 (matriz del sistema no diagonalizable con autovalor positivo) _____</i>	<i>86</i>
<i>Ejercicio 8.1.2.7 (matriz del sistema con autovalores complejos con parte real negativa) _____</i>	<i>87</i>
<i>Ejercicio 8.1.2.8 (matriz del sistema con autovalores complejos con parte real positiva) _____</i>	<i>87</i>
<i>Ejercicio 8.1.2.9 _____</i>	<i>88</i>
<i>Ejercicio 8.1.2.10 (sistema masa-resorte) _____</i>	<i>90</i>
<i>Ejercicio 8.1.2.11 _____</i>	<i>92</i>
<i>Ejercicio 8.1.2.12 _____</i>	<i>93</i>
8.2. Otros usos _____	95
8.2.1. Unidad IV "Campos vectoriales" _____	95
<i>Ejercicio 8.2.1.1 _____</i>	<i>96</i>
<i>Ejercicio 8.2.1.2 _____</i>	<i>97</i>
<i>Ejercicio 8.2.1.3 _____</i>	<i>98</i>
<i>Ejercicio 8.2.1.4 _____</i>	<i>101</i>
<i>Ejercicio 8.2.1.5 _____</i>	<i>103</i>
8.2.2. Métodos de resolución de EDO de primer orden (Unidad V) _____	104
<i>Ejercicio 8.2.2.1 _____</i>	<i>105</i>
<i>Ejercicio 8.2.2.2 _____</i>	<i>106</i>
8.2.3 Unidad I "Funciones vectoriales" _____	108
CAPÍTULO IX: Conclusiones y líneas futuras _____	110
ANEXO _____	112
A.1. Plan de gestión de riesgos _____	112
A.1.1. Aplicación del método TBQ (Taxonomy Based Questionary) _____	113
A.1.2. Evaluación de los riesgos _____	119

A.1.3. Plan de contingencia	122
A.2. Planificación del proyecto	125
A.2.1. Estructura de descomposición de tareas	126
A.2.2. Diagrama de Gantt	127
A.2.3. Asignación horaria detallada por tarea	128
A.2.4. Asignación horaria detallada semanalmente	129
A.3. Casos de prueba unitaria	130
A.3.1. Pruebas sobre los campos de entrada de las ecuaciones diferenciales	130
A.3.2. Pruebas sobre los campos vectoriales y direccionales	136
A.3.3. Pruebas sobre las curvas	150
A.3.4. Pruebas sobre el Plano Fase	175
A.3.5. Pruebas sobre el Plano de las Series de Tiempo	180
A.3.6. Pruebas sobre la galería de ejemplos	183
A.3.7. Pruebas sobre las animaciones	184
A.3.8. Pruebas sobre el cambio de modo de operación	187
A.4. Casos de prueba de sistema	189
A.4.1. Pruebas funcionales	189
A.4.2. Pruebas en el navegador	212
A.4.3. Pruebas de usabilidad	212
A.5. Instrucciones de instalación	214
BIBLIOGRAFÍA	216

CAPÍTULO I: Introducción

En Ingeniería son habituales las situaciones en las que es necesario encontrar la solución de un sistema de ecuaciones diferenciales. Normalmente estos sistemas aparecen en modelos que involucran determinar más de una función de la misma variable independiente, la que normalmente suele ser el tiempo. En su labor profesional, es fundamental que el ingeniero tenga dominio de esta temática, pero es en la instancia de su formación académica donde salen a la luz dificultades de comprensión que merecen ser atendidas.

Sobrados son los ejemplos que exhiben los exámenes de Análisis Matemático II (AM II), en los que los alumnos hacen prevalecer tediosos métodos analíticos, habilidades de rutina aplicadas mecánicamente, que conducen incluso a resultados visiblemente incorrectos, sin detectar siquiera que su respuesta es imposible, producto de un error algebraico menor, un signo, un error en una suma o una distracción a la hora de hacer las cuentas. Dichas evaluaciones ponen de manifiesto desempeños que están basados en conocimientos y modos de pensar no disciplinarios, que en algunos casos llegan al extremo de ser intuitivos, poco reflexivos y no estructurados. No son integradores ni críticos, revelan que la validación del trabajo propio no es autorregulada, sino que depende de autoridad externa y demuestran un uso poco flexible de conceptos a los que les cuesta transferir a otros contextos. Seguramente esta forma de proceder replica y se deriva del tratamiento cuantitativo que hacen los libros de texto y pone de manifiesto un conocimiento ingenuo, ritual e inerte, que caracteriza a la categoría más baja de la comprensión [21].

En la actualidad existe un gran consenso respecto del uso de la tecnología en el ámbito académico. Stone Wiske [25] afirma que las nuevas tecnologías pueden perfeccionar y enriquecer los desempeños de comprensión de diversas maneras. Por su parte, el National Council Teacher Math menciona en el libro *Principles and Standards for School Mathematics* (2000): “La tecnología es esencial en el aprendizaje y la enseñanza de las matemáticas. Este medio puede influenciar positivamente en lo que se enseña y, a su vez, incrementar el aprendizaje de los estudiantes.” Posteriormente, en el documento “*The Use of Technology in the Learning and Teaching of Mathematics*” (2003) amplía que la tecnología proporciona visualizaciones convenientes, exactas y dinámicas permitiéndole a los estudiantes ampliar la gama y calidad de sus investigaciones matemáticas.

Bajo un enfoque cualitativo, y en línea con los intereses del proyecto de investigación “El Uso de Sistemas Algebraicos de Cómputos (SAC), Análisis de su Incidencia en la Comprensión de Matemática en Carreras de Ingeniería de la FRSF” (PID 25/O154) dirigido por la Mg. Sonia Pastorelli, la cátedra de AM II ha realizado algunas experiencias en el aula y en talleres usando el SAC Mathematica. Pero esta facultad cuenta con unas pocas licencias, lo que constituye un obstáculo para que los alumnos lo utilicen libremente. Además, la producción de las visualizaciones es llevada a cabo por el docente, y no por los estudiantes, porque el dominio de la sintaxis requerida impone una agenda inviable. Lo expuesto justifica la necesidad de una aplicación que satisfaga no sólo los requerimientos de funcionalidad, sino también de usabilidad.

Este proyecto final de carrera (PFC) tiene por objetivo la investigación del uso que actualmente se hace de las TIC en la educación superior en el tema “Ecuaciones diferenciales” y el desarrollo de una aplicación capaz de realizar simulaciones de modelos matemáticos de sistemas dinámicos lineales bidimensionales, autónomos y no autónomos. Dichas simulaciones consisten en la visualización dinámica, a partir de condiciones iniciales dadas, del campo vectorial/direccional asociado al sistema, de su trayectoria solución y de las series de tiempo. Como metodología de desarrollo se ha optado por el ciclo de vida en cascada. Las razones de la elección se sustentan en que los requisitos funcionales son estables y tienen una probabilidad muy baja de volatilidad. Además, quien suscribe es la única participante de este PFC, conoce el dominio del problema por el hecho de ser integrante de la cátedra AM II en carácter de auxiliar de segunda desde hace dos años y tiene una fluida comunicación con el resto del plantel docente, lo que disminuye el riesgo de ambigüedades en las interpretaciones. El plan de gestión de riesgos y la planificación del proyecto se detallan en los anexos A.1 y A.2, respectivamente.

1.1. Estructura general del informe

El presente informe se estructura en nueve capítulos y un anexo. A continuación se realiza una breve descripción del contenido de cada uno:

Capítulo I: “Introducción”. Se explica la problemática abordada, los objetivos y alcances del proyecto.

Capítulo II: “Definición de secuencias de enseñanza y análisis de material bibliográfico y didáctico”. Se analizan las secuencias de enseñanza del tema “Ecuaciones Diferenciales” llevadas a cabo por la cátedra AM II y se presenta una conclusión de lo investigado en trabajos publicados en los últimos diez congresos de Enseñanza de Matemática en Carreras de Ingeniería (EMCI) sobre la utilización de TIC en dicho tema.

Capítulo III: “Análisis de plataformas de desarrollo de SW”. Se presenta un cuadro comparativo de las tres plataformas de desarrollo específicas para aplicaciones matemáticas investigadas: Geogebra, Descartes y Octave, y se exponen las razones de la elección del entorno Descartes para la construcción de la aplicación.

Capítulos IV a VI. Reúnen la documentación correspondiente a los entregables de las etapas de análisis y diseño: especificación de requisitos de software, descripción de la arquitectura, diagrama de clases, diagramas de transición de estados y diseño de la GUI.

Capítulo VII: “Pruebas”. Se describe el proceso de pruebas llevado a cabo.

Capítulo VIII: “Uso de DaVinci en el aula”. Se exponen algunos ejemplos de uso del software durante el desarrollo de las clases de AM II.

Capítulo IX: “Conclusión y líneas futuras”. Se explican las principales contribuciones de este proyecto, se mencionan algunos aspectos de la experiencia que se consideró pertinente destacar y se comentan las futuras acciones previstas.

Anexo. Se incorpora el plan de gestión de riesgos y la planificación del proyecto; se recopilan los casos de prueba ejecutados y se indican las instrucciones de instalación de la aplicación.

Bibliografía. Se listan las referencias bibliográficas consultadas.

CAPÍTULO II: Definición de secuencias de enseñanza y análisis de material bibliográfico y didáctico

2.1. Análisis de la metodología de enseñanza del tema “Ecuaciones diferenciales” en la cátedra AM II de la UTN-FRSF

2.1.1. Planificación de cátedra

Los objetivos específicos de la asignatura AM II y los contenidos de la unidad “Ecuaciones diferenciales” extractados de la planificación de cátedra son los siguientes:

2.1.1.1. Objetivos específicos

- Recuperar y aplicar los conceptos del álgebra, geometría y cálculo adquiridos en el primer nivel, para el desarrollo de los nuevos contenidos de Análisis Matemático II.
- Utilizar los nuevos tópicos en la resolución de ejercicios y problemas.
- Integrar los conceptos adquiridos en la asignatura con contenidos de otras áreas o disciplinas.
- Resolver situaciones problemáticas presentadas en las materias troncales.
- Analizar críticamente los resultados obtenidos en los problemas.
- Estimular el uso de software SAC (Sistemas Algebraicos de Cómputos: Mathematica o similar) en la resolución de problemas de la asignatura.

2.1.1.2. Contenidos

- Ecuaciones diferenciales ordinarias. Ecuaciones diferenciales ordinaria y parcial.
- Solución general, particular y singular de ecuaciones diferenciales.
- Ecuaciones diferenciales de primer orden: métodos de resolución para ecuaciones de variables separables, homogéneas, exactas, lineales, con factor integrante.
 - Aplicaciones de ecuaciones diferenciales de primer orden: trayectorias ortogonales, campo direccional, líneas de flujos, etc.
 - Ecuaciones diferenciales ordinarias lineales de orden n con coeficientes constantes: solución de ecuación homogénea y de una no homogénea: métodos de variación de los parámetros y coeficientes indeterminados.
 - Aplicaciones de las ecuaciones diferenciales ordinarias: movimiento de un proyectil con y sin fuerzas de rozamiento, movimiento armónico simple, movimiento vibratorio amortiguado y forzado, circuitos eléctricos, enfriamientos, mezclas químicas, etc.

- Sistemas de ecuaciones diferenciales lineales de primer orden.
- Sistemas homogéneos y no homogéneos.
- Resolución de sistemas de ecuaciones diferenciales lineales de primer orden por método de reducción a una ecuación diferencial de orden superior.
- Resolución de sistemas de ecuaciones diferenciales lineales de primer orden usando la matriz exponencial.
- Teoría cualitativa: puntos de equilibrio, estabilidad de sistemas lineales.

2.1.2. Material bibliográfico

La bibliografía básica y complementaria para el desarrollo de la unidad “Ecuaciones diferenciales” que consta en la planificación de cátedra se transcribe a continuación:

2.1.2.1. Básico

- “Ecuaciones diferenciales”, apunte de cátedra redactado por la Mg. Sonia Pastorelli.

2.1.2.2. Complementario

- Zill, Dennis. “Ecuaciones diferenciales con aplicaciones”. 6ª Edición. Internacional Thomson Editores. Madrid. 1987. Cantidad de ejemplares en biblioteca: 3
- Spiegel, Murray. Ecuaciones diferenciales aplicadas. 3ª edición. Prentice–Hall. México. 1987. Cantidad de ejemplares en biblioteca: 1.
- Ayres, F: Teoría y Problemas de Ecuaciones Diferenciales. 1952 y 1973. Serie Schaum. Mc Graw-Hill. Madrid. Cantidad de ejemplares en biblioteca: 1 y 8 respectivamente.
- Derrick- Grossman, “Ecuaciones Diferenciales con Aplicaciones” – Fondo Educativo-1984. Cantidad de ejemplares en biblioteca: 1
- Apóstol, Tom. “Calculus” Tomo 1 (Ediciones 1965 y 1999.) y Tomo 2 (Ediciones 1967 y 2001). Editorial Reverté. Cantidad de ejemplares de cada tomo en biblioteca: 3 y 1 respectivamente.

2.1.3. Desarrollo de la unidad

Para el desarrollo de la unidad “Ecuaciones diferenciales”, la cátedra lleva a cabo las actividades que hacen al proceso de enseñanza-aprendizaje mediante clases teórico-prácticas, además de la atención de consultas en horario extra-clase.

En el marco de la propuesta metodológica del Nuevo Diseño Curricular de la UTN que explicita “La enseñanza será motivada y no axiomática” y siguiendo el hilo conductor de sus objetivos específicos, la cátedra propone el siguiente esquema:

- Presentar el tema relacionándolo con algo familiar al alumno, planteando alguna situación problemática.
- Enunciar, sobre esta base, los objetivos del tema.
- Definir nuevos conceptos, demostrar e interpretar algunas de las proposiciones enunciadas.
- Vincular el tema, mediante ejemplos, a algunas aplicaciones específicas de la ingeniería.

Cuando el docente introduce el tema “Ecuaciones diferenciales”, plantea el problema de estimar cuántos afectados de una enfermedad contagiosa habrá dentro de un año sabiendo que la cantidad de nuevos infectados es proporcional a los que hay. Modela la situación con una ecuación que le es familiar al alumno, la ecuación de Abel: $y' = ky$. Para resolverla, supone $k = 1$ y pregunta qué función es igual a su derivada. Finalmente, concluye formalizando la solución para todo k y explicando que la misma es utilizada para conocer la antigüedad de restos fósiles y aplicada en otras disciplinas como economía y medicina.

Los contenidos de la unidad son desarrollados según el orden establecido en la planificación, con el apoyo de visualizaciones que ha codificado el docente con el SAC Mathematica y otras provistas por objetos de aprendizaje disponibles en la web como applets y demostraciones interactivas.

En el tema “Sistemas lineales de ecuaciones diferenciales ordinarias”, el docente utiliza Mathematica para graficar un campo de velocidades de un sistema autónomo. Presentándose a los alumnos, les plantea el interrogante “si se suelta una partícula en dicho campo, ¿dónde se hallará luego de transcurrido un determinado lapso de tiempo?, ¿qué trayectoria seguirá?”. Luego de un debate, superpone al campo vectorial la gráfica de la línea de flujo representativa de la solución (Figura 2.1). También se apoya con visualizaciones aportadas por objetos de aprendizaje interactivos (Figura 2.2 y 2.3). Para un sistema no autónomo plantea el mismo interrogante, pero ya no muestra el campo sino sólo las trayectorias, que son distintas para momentos distintos, y entre todos argumentan el porqué (Figura 2.4).

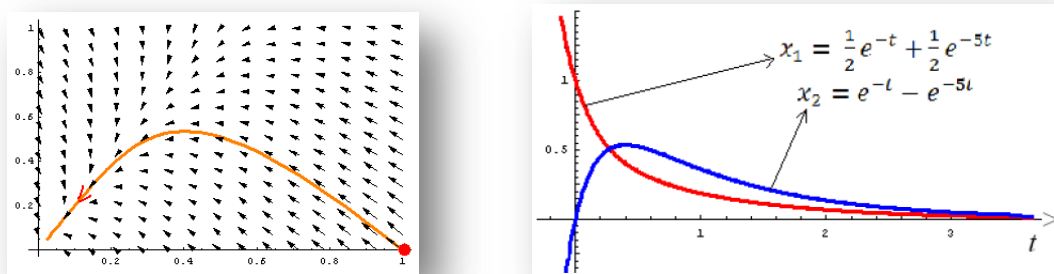


Figura 2.1. Visualizaciones realizadas con el SAC Mathematica del sistema autónomo

$$\begin{pmatrix} x_1' \\ x_2' \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} -3 & 1 \\ 4 & -3 \end{pmatrix} \begin{pmatrix} x_1 \\ x_2 \end{pmatrix} \text{ con las condiciones iniciales } \begin{pmatrix} x_1(0) \\ x_2(0) \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} 1 \\ 0 \end{pmatrix}$$

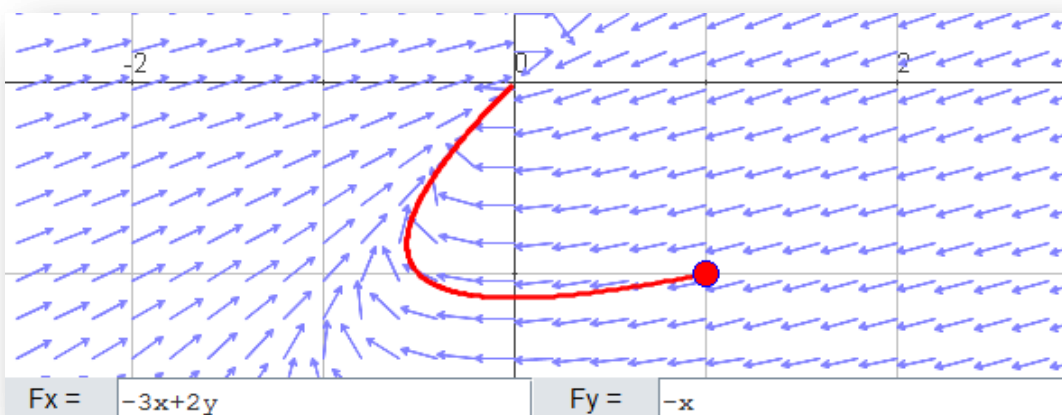


Figura 2.2. Sistema autónomo graficado con un objeto de aprendizaje de la Universidad de Belgrano disponible en

<http://www.ub.edu.ar/catedras/ingenieria/AnalisisIII/ECDIF/ECDIF1/sisauto1.htm>

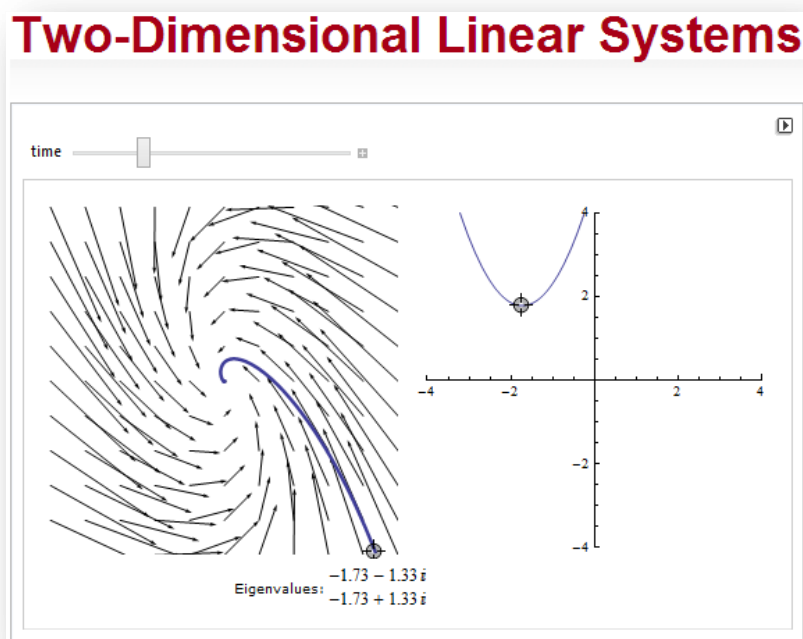


Figura 2.3. Sistema autónomo graficado con el objeto de aprendizaje del Wolfram

Demonstrations Project disponible en

<http://demonstrations.wolfram.com/TwoDimensionalLinearSystems/>

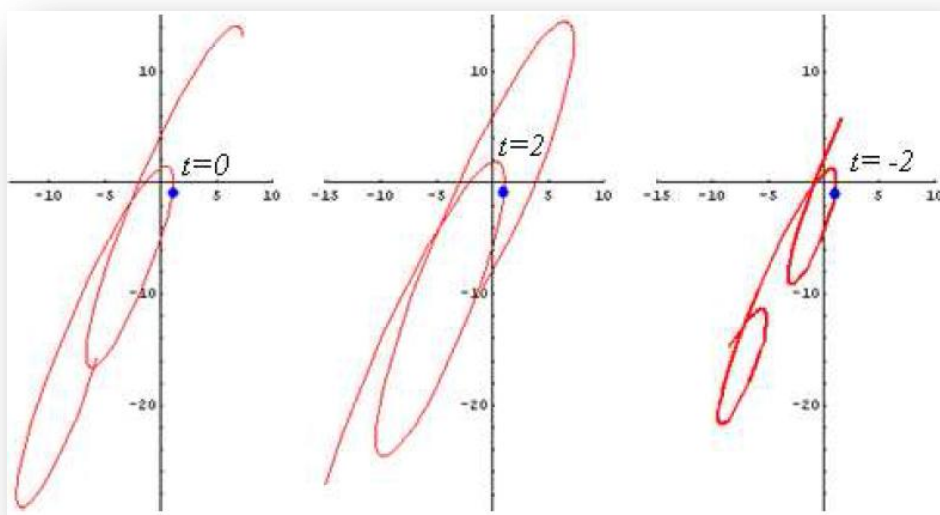


Figura 2.4. Visualizaciones realizadas con el SAC Mathematica del sistema no autónomo

$$\begin{pmatrix} x' \\ y' \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} 2 & -1 \\ 5 & -2 \end{pmatrix} \begin{pmatrix} x \\ y \end{pmatrix} + \begin{pmatrix} -2 \\ t \end{pmatrix} \text{ con las condiciones iniciales } \begin{pmatrix} x(t_0) \\ y(t_0) \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} 1 \\ -1 \end{pmatrix},$$

particularizando con $t_0 = 0$, $t_0 = 2$ y $t_0 = -2$

En el desarrollo de la teoría cualitativa, la cátedra considera fundamental apoyarse en

visualizaciones al momento de realizar el tratamiento conceptual de la estabilidad de un sistema (autónomo o no), así como la discusión de la forma de su trayectoria solución, dado que hallarla analíticamente en algunos casos no es posible y en otros, necesita de numerosos teoremas y de tediosos cálculos concretos.

2.1.4. Conclusiones

A modo de síntesis, la figura 2.5 ilustra el uso intensivo que hace la cátedra de las interpretaciones gráficas provistas por software a lo largo del desarrollo de toda la asignatura, con el objetivo de mejorar la comprensión y la construcción de aprendizaje significativo, ya que ofrecen la posibilidad de trabajar con una amplia gama de ejemplos en el período destinado al tratamiento de los contenidos, que por restricciones de cronograma resulta bastante ajustado.

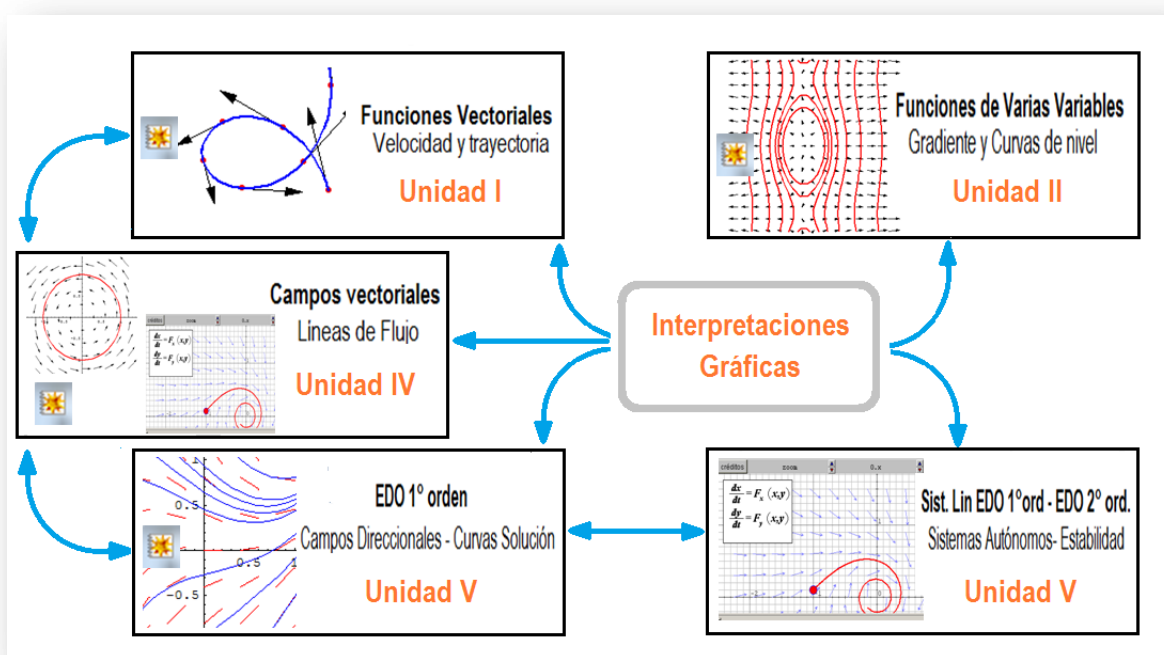


Figura 2.5. Interpretaciones gráficas utilizadas en el desarrollo de la asignatura AM II.

El análisis de los instrumentos empleados para obtener las visualizaciones durante el tratamiento de los temas correspondientes a la unidad V se resume en la tabla 2.1.

Tabla 2.1. Fortalezas y debilidades de los recursos TIC utilizados en la enseñanza de ecuaciones diferenciales.

	FORTALEZAS	DEBILIDADES
<i>SAC Mathematica</i>	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Grafica el campo vectorial o direccional de cualquier sistema autónomo. ▪ Obtiene la expresión analítica de las funciones incógnita. ▪ Grafica las series de tiempo. ▪ Calcula los autovalores y autovectores de la matriz del sistema. 	<ul style="list-style-type: none"> ▪ No grafica el campo vectorial ni direccional de sistemas no autónomos. ▪ Requiere conocer la sintaxis del lenguaje. Cada uno de los ítems enumerados en las fortalezas deben ser programados por el usuario. ▪ No es interactivo. ▪ La UTN-FRSF sólo tiene licencias para uso demostrativo en el aula.
<i>Objeto de aprendizaje de la Universidad de Belgrano</i>	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Es interactivo, el usuario puede manipular gráficamente las condiciones iniciales e ingresar las ecuaciones del sistema dinámico y el lapso de tiempo de observación, sin necesidad de programar. ▪ Grafica el campo vectorial de sistemas autónomos ▪ Grafica la trayectoria solución de sistemas autónomos. ▪ Permite hacer zoom. 	<ul style="list-style-type: none"> ▪ No siempre está disponible en la Web. ▪ No grafica el campo direccional del sistema autónomo. ▪ No permite el ingreso de las ecuaciones de un sistema no autónomo. ▪ No grafica las series de tiempo. ▪ Las condiciones iniciales no pueden establecerse con precisión debido a que su manipulación es exclusivamente gráfica.

	FORTALEZAS	DEBILIDADES
Objeto de aprendizaje de Wolfram Demonstrations Project	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Es interactivo, no requiere programar. ▪ Muestra el campo vectorial y la trayectoria solución de un sistema autónomo. ▪ Pueden manipularse las condiciones iniciales mediante un control gráfico. ▪ Puede establecerse el tiempo de observación del sistema mediante un deslizador. ▪ Permite ingresar los autovalores del sistema moviendo sobre un sistema de ejes cartesianos una parábola que representa el polinomio característico, de modo que puedan observarse gráficamente sus raíces. ▪ Muestra los autovalores del sistema. 	<ul style="list-style-type: none"> ▪ No opera sobre sistemas no autónomos. ▪ No grafica las series de tiempo. ▪ Trabaja sobre un sistema autónomo establecido por defecto. No permite editarlo, sólo pueden manipularse los autovalores. ▪ No muestra explícitamente las ecuaciones del sistema. ▪ No muestra los ejes del plano fase, ni escala. ▪ No pueden conocerse las coordenadas del punto que representa las condiciones iniciales. ▪ No muestra el intervalo de tiempo de observación. ▪ No permite hacer zoom. ▪ No grafica ciertas trayectorias solución si el intervalo de tiempo de observación es muy grande y el equilibrio del sistema es inestable.

2.2. Investigación concerniente al uso de TIC en la enseñanza de Ecuaciones Diferenciales

De la indagación en los anales de los últimos diez congresos EMCI se han encontrado en las ediciones 2012, 2008 y 2006 publicaciones que dan cuenta del uso que se hace de las TIC en la enseñanza de ecuaciones diferenciales.

2.2.1. XVII EMCI Nacional y IX EMCI Internacional

2.2.1.1. La modelización de problemas y su implementación en las clases de matemática

Autores: Silvina Cafferata Ferri, Andrea Campillo, Yalile Srour.

Esta publicación socializa el uso de diferentes softwares para realizar gráficas:

- Graphmatica: campo de direcciones de una ecuación diferencial y superposición a dicha gráfica la de la solución particular para un valor inicial.
- Maxima: campo vectorial de una ecuación diferencial y superposición a dicha gráfica la de la solución particular para un valor inicial.
- Graphmatica y Geogebra: gráfica de soluciones particulares de una ecuación diferencial no lineal.

2.2.1.2. Uso de recursos informáticos en temas de ecuaciones diferenciales

Autores: Elisabet Haye, Luis Córdoba.

Esta comunicación presenta el uso de recursos informáticos para diferentes propósitos:

- Matlab/Octave: gráfico de campos direccionales (donde se usa el comando quiver o archivo dfield.m), curvas solución, obtención de raíces de un polinomio para la ecuación característica, resolución de sistemas de ecuaciones lineales, resolución de ecuaciones diferenciales usando ode2.
- Graphmatica: gráficos de familia de curvas de nivel y curva de nivel particular.
- Graph: gráfico de curvas soluciones.
- Jode: campos direccionales y curvas solución.
- Winplot: campos direccionales, curvas solución, soluciones por tramos, gráficas de isoclinas, ceroquinas, curvas de nivel.
- WxMaxima: gráfica de soluciones variando distintos parámetros, resolución de ecuaciones diferenciales con la función ode2, gráfica de campos direccionales junto con soluciones, resolución de sistemas de ecuaciones.
- Mathematica: campos vectoriales, calculo de Transformadas.
- www.wolframalpha.com: resolución de una integral online.

2.2.2. XIV EMCI Nacional y VI EMCI Internacional

2.2.2.1. Una clase de EDO con uso de nuevas tecnologías

Autores: Patricia Cuadros, Zulma Millán, Yolanda Gil.

Se presenta la utilización del software matemático MAPLE en el análisis, comparación y creación de modelos propios del trabajo conceptual en matemática. Los alumnos codifican en

MAPLE para resolver un sistema de dos ecuaciones diferenciales ordinarias y graficar las series de tiempo.

2.2.3. XIII EMCI Nacional y V EMCI Internacional

2.2.3.1. *Campos de pendientes en la solución de ecuaciones diferenciales*

Autores: Nélidea Beatriz Priemer, Graciela del Carmen Lazarte.

La publicación comunica el uso de MAPLE bajo un enfoque cualitativo de las ecuaciones diferenciales y socializa el trabajo de los alumnos en el que grafican con dicho programa la solución de una ecuación diferencial superpuesta sobre su campo de pendientes para pronosticar el comportamiento del sistema a largo plazo.

2.2.4. Conclusiones

En general, las publicaciones analizadas coinciden en que hay un aporte de las TIC, desde su carácter de herramienta ágil, que es importante resaltar: el alumno realiza un análisis detallado de un contenido matemático complejo en cuanto a su procedimiento de resolución en un lapso de tiempo mucho menor y sin temor a usar el método de prueba y error hasta lograr la solución buscada, profundizando en la relación entre conceptos y reglas de operación. El uso de TIC permite al estudiante explorar, inferir, hacer conjeturas, justificar, poner a prueba argumentos y de esta forma construir su propio conocimiento.

No obstante, estas comunicaciones evidencian que el alumno debe usar las convenciones del lenguaje matemático en conjunto con las convenciones propias del software que esté utilizando. Esto es, debe codificar en el propio lenguaje de programación con la consecuente carga extra de aprender su sintaxis dificultando la posibilidad de hacer foco en lo conceptual.

Los docentes reconocen que sería ingenuo pensar que el uso de la informática y la tecnología en educación, por sí misma, representa una mejora en el aprendizaje de la Matemática. En gran medida depende del profesor el éxito o fracaso de su uso. Es el docente, con su labor, quien tiene la responsabilidad de plantear las actividades en función del curso que está impartiendo a fin de utilizar racionalmente esta herramienta. El desafío radica en ceder un paso al protagonismo en la transmisión y apropiación de contenidos, para transformarse en un organizador de instancias de aprendizaje y colaborador de un proceso de construcción conjunta con los estudiantes.




CAPÍTULO III: Análisis de plataformas de desarrollo de SW


3.1. Evaluación de plataformas

Las particularidades del producto de software que se plantea en este PFC requieren de una plataforma específica para aplicaciones matemáticas, con soporte de las funciones del cálculo, resolución de sistemas de ecuaciones diferenciales y capacidad gráfica para visualización de planos cartesianos, curvas y campos vectoriales y direccionales. En la planificación del PFC se especificó, además, que cumpliera el requisito de licencia libre y gratuita.

En la tabla 3.1 se consigna información general de tres plataformas que fueron evaluadas para la posterior selección de una de ellas. Se preseleccionaron Descartes y Geogebra porque son herramientas de autor, es decir, están especialmente diseñadas para la elaboración de recursos didácticos interactivos con capacidad multimedia. Freemat, Octave, y Scilab son muy similares entre sí ya que todas están inspiradas en MatLab. El último release (liberación) de Freemat data del 31/06/2013; el de Octave es del 06/08/2014 y el de Scilab, del 10/02/2014. Por restricciones de cronograma y debido a la similitud entre estas últimas se optó por evaluar Octave ya que tiene las actualizaciones más recientes.

Tabla 3.1. Plataformas para el desarrollo de aplicaciones matemáticas.

PLATAFORMAS ANALIZADAS			
	 Geogebra	 Descartes	 Octave
<i>Versión</i>	4.4	5	3.8
<i>SO</i>	Windows/Mac/Linux	Windows/Mac/Linux	Windows/Mac/Linux
<i>Licencia</i>	GNU GPL	EUPL v.1.1	GNU GPL
<i>Lenguaje</i>	Java	Java	C++
<i>Web</i>	http://www.geogebra.org	http://www.descartesjs.org/	http://www.gnu.org/software/octave/




En la tabla 3.2 se resume el estudio comparativo de las plataformas de desarrollo atendiendo a las diversas características y funcionalidades que son de interés, a su accesibilidad e inmediatez. La asignación de una cruz  significa que el recurso objeto de análisis no es ofrecido directamente por la plataforma, aunque pueda ser emulado mediante algún artificio o suplantado por una serie de procedimientos.

Dado que el objetivo de la aplicación matemática es el uso como recurso didáctico durante el desarrollo de la unidad “Ecuaciones diferenciales”, se puso especial énfasis en la potencialidad para diseñar la GUI (Graphic User Interface). Se considera que el layout (esquema de distribución de los elementos dentro de la interfaz) debe inducir al estudiante a la asociación intuitiva de la funcionalidad de la aplicación, de modo que su esfuerzo esté centrado en los contenidos conceptuales y su atención no se desvíe por dificultades en el aprendizaje de la herramienta.

Tabla 3.2. Estudio comparativo de las plataformas analizadas.

ESTUDIO COMPARATIVO					
Criterio de benchmarking	Plataforma				
<i>Ayuda</i>	Foros/tutoriales/manuales	✓	✓	✓	
<i>Programación</i>	Interfaz gráfica de programación	✓	✓	✗	
	Manejo de excepciones	✗	✗	✓	
	Estructuras de control	If-Else	✗	✗	✓
		Do-While	✗	✓	✓
		For	✗	✗	✓
Repeat-Until		✗	✗	✓	
<i>Instalación</i>	Se libera al alumno de la instalación del intérprete	✓	✓	✗	
<i>Funcionalidad núcleo</i>	Graficador de campo vectorial	✗	✓	✓	
	Escalamiento de los vectores del campo	✗	✓	✓	
	Normalización de los vectores del campo	✗	✓	✗	
	Configuración de la densidad del campo	✗	✓	✗	
	Graficador de campo direccional	✗	✗	✗	
	Implementación de algoritmo de resolución numérica de sistemas dinámicos autónomos.	✓	✓	✓	
	Implementación de algoritmo de resolución numérica de sistemas dinámicos no autónomos.	✗	✗	✗	
<i>Facilidades para diseño de la GUI</i>	Elementos de control	Botón	✓	✓	✗
		Lista desplegable	✗	✓	✗
		Campo editable	✓	✓	✗
		Control gráfico ¹	✓	✓	✗
		Deslizador	✓	✓	✗
		Pulsador	✗	✓	✗
		Checkbox	✓	✗	✗

¹ Objeto que, al ser manipulado por el usuario moviéndolo en la pantalla, actualiza parámetros de los gráficos visualizados respetando las relaciones geométricas subyacentes. Este recurso es de especial utilidad para que la interacción con el punto que representa las condiciones iniciales del sistema dinámico se vea reflejada en la trayectoria solución.

ESTUDIO COMPARATIVO					
Criterio de benchmarking	Plataforma				
	Tab ²	✓	✓	✗	
	Tooltip ³	✗	✓	✗	
	Ayuda contextual	✗	✓	✗	
	Zoom del espacio asignado a la representación gráfica	✓	✓	✓	
	Desplazamiento del plano coordenado dentro del espacio asignado a la representación gráfica	✓	✓	✓	
	Visualización de más de un plano coordenado en la misma ventana	✓	✓	✓	
<i>Tipos de objetos y atributos</i>	Implementación del objeto gráfico “Vector”	✓	✓	✗	
	Implementación del objeto gráfico “Segmento”	✓	✓	✓	
	Implementación del objeto gráfico “Punto”	✓	✓	✓	
	Estilos aplicables a los objetos (grosor, color, transparencia)	✓	✓	✓	
	Capacidad para manipular la razón de aspecto entre los ejes coordenados	✓	✗	✓	
<i>Otras funcionalidades</i>	Soporte de animaciones	✓	✓	✗	
	Inserción de imágenes (png/gif/jpg)	✓	✓	✓	
	Exportación a páginas Web	✓	✓	✗	
	Inserción de enlaces URL	✗	✓	✗	
	Reproducción de videos	✗	✓	✗	

3.2. Fundamentos de la selección

El proceso de selección se llevó a cabo mediante dos actividades complementarias: la valoración cuantitativa y la valoración cualitativa. Este esquema de trabajo se diagramó con la intención de que cada actividad subsane las falencias de la otra.

En la primera, se asigna una calificación a cada plataforma en base a los resultados objetivos de la sección precedente. Con esto se pretende restringir las posibilidades de subjetividad en la actividad de valoración cualitativa.

En la segunda, se valora la importancia para el desarrollo de la aplicación de cada elemento de comparación entre plataformas.

² Posibilidad de desplazamiento entre campos mediante la tecla Tab.

³ Descripción emergente que aparece al situar el cursor sobre algún elemento gráfico proporcionando una breve ayuda sobre la finalidad del elemento, sin necesidad de que el usuario lo solicite de forma activa.

3.2.1. Valoración cuantitativa

A modo de síntesis, la tabla 3.3 compendia una valoración cuantitativa de cada criterio de benchmarking sumando una unidad por cada tilde ✓ y cero por cada cruz ✗ del estudio comparativo de la sección 3.1. Si bien se reconoce que éste es un método de puntuación muy elemental, puesto que carece de la ponderación de cada criterio, constituye un primer elemento a tener en cuenta en la decisión final de selección. Esta falencia será subsanada por la valoración cualitativa que se describe en la subsección 3.2.2.

Tabla 3.3. Valoración cuantitativa de las plataformas analizadas.

PUNTUACIÓN				
Criterio de benchmarking				
<i>Ayuda</i>	1	1	1	
<i>Programación</i>	1	2	5	
<i>Instalación</i>	1	1	0	
<i>Funcionalidad núcleo</i>	1	6	3	
<i>Facilidades para diseño de la GUI</i>	9	12	3	
<i>Tipos de objetos y atributos</i>	5	4	4	
<i>Otras funcionalidades</i>	3	5	1	
	Σ	21	31	17

3.2.2. Valoración cualitativa

La valoración cualitativa de las plataformas fue realizada mediante un procedimiento top-down, explorando en primera instancia las capacidades prioritarias macro, para luego adentrarse en facilidades específicas.

Haciendo foco en el núcleo de funcionalidad, necesaria para la resolución numérica e interpretación geométrica de sistemas lineales de ecuaciones diferenciales, se ha comprobado que las tres plataformas la satisfacen. Si bien Geogebra no implementa un graficador de campos vectoriales, esta capacidad es fácilmente codificable. También se observó una limitación en Octave que no se logró subsanar dentro de los plazos establecidos por cronograma: ante el desplazamiento del plano coordenado se perdía de vista el campo.

En cuanto al soporte de estructuras de control y manejo de excepciones, Octave es el más completo.

Por su parte, Descartes admite la codificación de bucles sólo mediante la estructura *Do-While* y cuenta con la construcción

Condición ? ValorPorCondiciónVerdadera : ValorPorCondiciónFalsa, que corresponde parcialmente a la estructura *If-Else* ya que sólo permite asignaciones condicionales. La combinación de ambos recursos ofrece posibilidades razonables para la programación de cálculos relativamente complejos.

En Geogebra, las estructuras de control deben emularse mediante una combinación de tres comandos, lo que agrega cierta complejidad a la programación:

Si[condición,
objetoDevueltoPorCondiciónVerdadera,
objetoDevueltoPorCondiciónFalsa]
Secuencia[expresión Variable, inicio, fin]
Ejecuta[cadenaDeComandosArgumento]

Con respecto a que estas dos últimas plataformas no manejan excepciones, se podría asumir el riesgo del cierre abrupto de la aplicación por situaciones de error que no se hubieren hallado en la etapa de pruebas. Aunque un hecho de esta naturaleza no es “elegante”, dado que la finalidad de uso es académica, no se presentarán problemas de seguridad crítica ni de inconsistencia de bases de datos.

Luego de analizada la capacidad de programación y el soporte de funcionalidades núcleo, se procedió a explorar el esfuerzo requerido por parte del usuario para ejecutar la aplicación resultante. Octave sólo admite interacción por línea de comandos. Lo que implica que el usuario debe tener instalado el intérprete (para lo cual se requiere que previamente lo descargue de la página web oficial) y ejecute la aplicación desde el entorno Octave. En cambio, en Descartes y Geogebra, la comunicación entre la aplicación y el intérprete es transparente para el usuario porque se realiza mediante una sentencia de código. Esta particularidad, sumada a las posibilidades casi nulas para diseñar la GUI, llevaron a desestimar Octave como plataforma de desarrollo factible.

Circunscripta ahora la tarea en decidirse por Descartes o Geogebra, la evaluación se centró en la potencialidad para diseño de la GUI, factor elemental para cubrir necesidades de usabilidad teniendo en cuenta que los principales usuarios serán los alumnos.

Un inconveniente encontrado en Geogebra es la pérdida de referencia de los ejes coordenados cuando se efectúa un desplazamiento del plano cartesiano.

Para el diseño del layout general de la GUI, Descartes es más flexible. Permite disponer sectores para controles (botones, pulsadores y campos de edición) separados de los sectores asignados para la visualización de resultados (gráficas). En cambio, en Geogebra, dentro de la misma vista gráfica deben ubicarse los elementos de control, resultando un efecto visual de aglomeración de elementos de diferente naturaleza que actúa en detrimento de la legibilidad y comprensión.

Otra cuestión que inclina la balanza a favor de Descartes, dado que contribuye a la facilidad de uso de la aplicación, es la disponibilidad de mecanismos de asistencia al usuario como tooltips y ayuda contextual accesible mediante el botón auxiliar del mouse.

Dentro de las funcionalidades extra, ambas plataformas soportan animaciones e importación de archivos de imagen. Las primeras constituyen un recurso de gran utilidad en la simulación de sistemas no autónomos ya que deben apreciarse los cambios que experimenta el campo vectorial/direccional a medida que transcurre el tiempo. En tanto que con la importación de archivos gif y png (en Geogebra, también jpg) pueden asociarse a los botones imágenes icónicas diseñadas específicamente para satisfacer la dimensión semántica, esto es, la relación ícono-significado-función. En Geogebra, la exportación a páginas web requiere de varios pasos; mientras que en la otra plataforma el proceso es transparente para el programador porque el editor Descartes genera directamente el archivo html. Además, con miras a la producción futura de otros materiales didácticos hipermediales, Descartes provee otros dos recursos: la posibilidad de enlaces a otras páginas web y la reproducción de videos que podrían utilizarse como instrumento motivacional en la introducción de una unidad.

Un aspecto a destacar, que también incidió en la elección definitiva de Descartes como herramienta de desarrollo, es haber establecido contacto, vía e-mail, con José R. Galo Sánchez, uno de los desarrolladores de Descartes, profesor universitario en la provincia de Córdoba, España, y actual presidente de la Red Educativa Digital Descartes. El trato directo para el esclarecimiento de dudas, solución de problemas, e inmediatez de las respuestas a la hora de la capacitación en el uso de la plataforma se ha considerado una ventaja sobre la utilidad que pudieran ofrecer los foros.

CAPÍTULO IV: Especificación de requisitos de software

4.1. Introducción

Este capítulo es una especificación de requisitos de software (ERS) para el sistema de información para la comprensión de sistemas lineales de ecuaciones diferenciales ordinarias de primer orden. La ERS se ha estructurando según los lineamientos del estándar ISO/IEC/IEEE 29148:2011.

4.1.1. Propósito

El objeto de esta especificación es definir de manera clara y precisa todas las funcionalidades y restricciones del sistema que se desea construir y reunir la documentación completa correspondiente al análisis de la aplicación.

Se dirige en primer término al responsable del diseño arquitectónico y de la aplicación, que en este caso particular, se trata de la misma persona por ser un proyecto de carácter unipersonal. A posteriori, constituirá una justificación, ante el tribunal que lo evalúe, de las decisiones tomadas al desarrollar este PFC.

4.1.2. Alcance

El sistema *DaVinci* graficará campos vectoriales y direccionales de sistemas de ecuaciones diferenciales ordinarias de primer orden, así como la línea de flujo que representa su solución para determinadas condiciones iniciales y las curvas representativas del comportamiento de las variables de estado. El tratamiento se limitará sólo a sistemas lineales bidimensionales, pudiendo éstos ser homogéneos o inhomogéneos.

El objetivo es contar con un recurso didáctico interactivo en la enseñanza de la unidad n° 5 “Ecuaciones diferenciales” de la cátedra AM II de la UTN-FRSF. Su incidencia en los desempeños de comprensión de los estudiantes será sometida a análisis por el proyecto de investigación PID 25/O154, que estudia el impacto de las TIC en la comprensión de Matemática en carreras de ingeniería de la FRSF.

4.1.3. Definiciones, siglas y abreviaturas

Tabla 4.1. *Definiciones, siglas y abreviaturas.*

Término	Descripción
<i>EDO</i>	Ecuación diferencial ordinaria.
<i>SL EDO</i>	Sistema lineal de ecuaciones diferenciales ordinarias.
<i>SA</i>	Sistema autónomo (también llamado homogéneo).
<i>SNA</i>	Sistema no autónomo (también llamado inhomogéneo).
<i>UNAM</i>	Universidad Nacional Autónoma de México.

4.1.4. Visión general del documento

Este documento de especificación consta de cuatro secciones. La primera, es una introducción al mismo.

En la segunda sección se realiza una descripción general de los factores que afectan al producto de software y sus requisitos. Ofrece un marco o contexto para una mejor comprensión de los requisitos que serán especificados en la cuarta sección.

En la tercera sección se describen los atributos de calidad que constituirán las restricciones del diseño arquitectónico.

En la cuarta sección se definen detalladamente los requisitos de software con el objeto de documentar la información necesaria para que en la siguiente etapa del proceso de desarrollo se establezca un diseño que se ajuste a dichos requisitos y en la etapa de pruebas se pueda testear si el sistema los satisface.

4.2. Descripción general

4.2.1. Perspectiva del producto

El sistema *DaVinci* será un producto diseñado para ser embebido en una página html y operar en entornos Web. Para su ejecución, deberá invocar al intérprete Descartes, que es un applet de Java alojado en el servidor Arquímedes de la UNAM. En la figura 4.1. se muestra un esquema general.

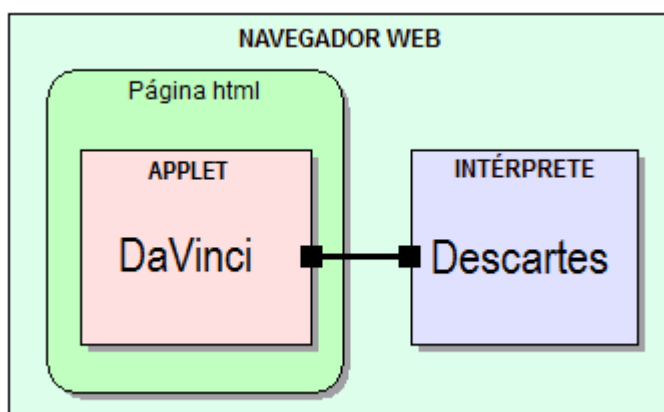


Figura 4.1. *Perspectiva del producto*

4.2.1.1. Interfaz de usuario

Dado que la finalidad del sistema es su utilización como recurso didáctico la interfaz de usuario cobra central importancia. En la subsección 4.3.4 se listan las características lógicas y de aspecto que debe reunir.

4.2.1.2. Interfaz de software

El sistema debe interactuar con otro producto de software, el intérprete Descartes mediante el envío de parámetros xml.

4.2.1.3. Interfaz de comunicación

Se utilizará el protocolo http para establecer conexión con el servidor Arquímedes cuyo URL es <http://arquimedes.matem.unam.mx/> e invocar al intérprete Descartes.

4.2.1.4. Restricciones de memoria

Para las configuraciones actuales de hardware, el sistema no impondrá restricciones de uso de memoria principal ni secundaria.

4.2.2. Funciones del producto

4.2.2.1. Diagrama de casos de uso

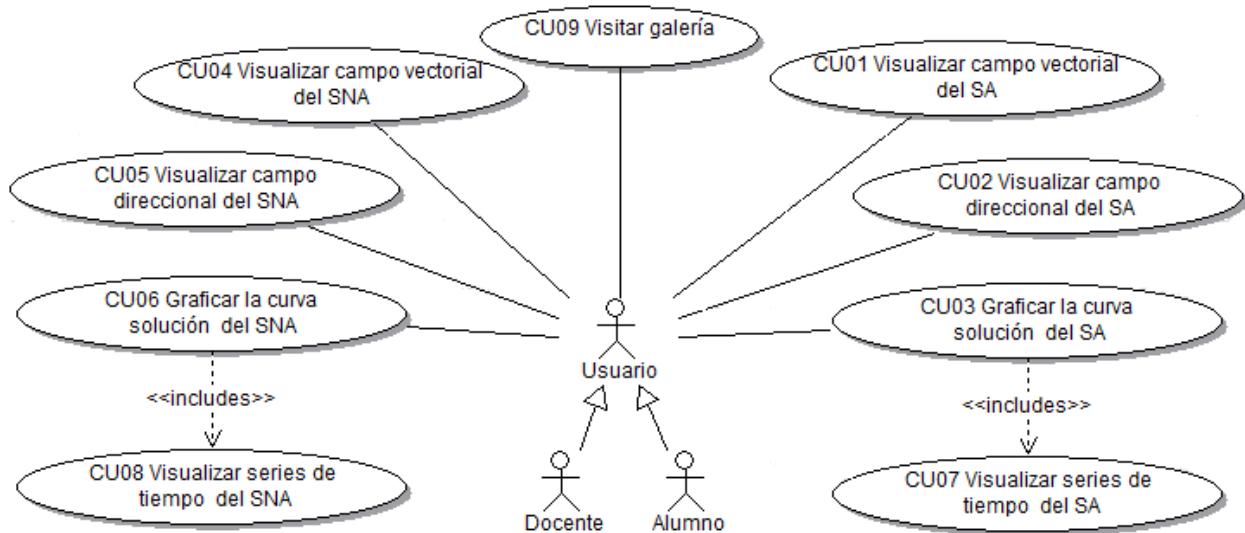


Figura 4.2. Diagrama de casos de uso.

CU01 Visualizar campo vectorial del SA: Grafica el campo vectorial asociado al sistema autónomo ingresado por el usuario, cuya forma genérica es:

$$\begin{cases} x'(t) = f(x, y) \\ y'(t) = g(x, y) \end{cases}$$

CU02 Visualizar campo direccional del SA: Grafica el campo de pendientes correspondiente al sistema autónomo ingresado por el usuario, cuya forma genérica es:

$$\begin{cases} x'(t) = f(x, y) \\ y'(t) = g(x, y) \end{cases}$$

CU03 Graficar la curva solución del SA: Muestra la curva plana representativa de la solución del sistema autónomo a partir de las condiciones iniciales que haya ingresado el usuario, cuya expresión genérica es:

$$\begin{cases} x'(t) = f(x, y) \\ y'(t) = g(x, y) \\ x(t_0) = x_0 \\ y(t_0) = y_0 \end{cases}$$

CU04 Visualizar campo vectorial del SNA: Grafica el campo vectorial asociado al sistema no autónomo ingresado por el usuario, cuya forma genérica es:

$$\begin{cases} x'(t) = f(x, y, t) \\ y'(t) = g(x, y, t) \end{cases}$$

CU05 Visualizar campo direccional del SNA: Grafica el campo de pendientes correspondiente al sistema no autónomo ingresado por el usuario, cuya forma genérica es:

$$\begin{cases} x'(t) = f(x, y, t) \\ y'(t) = g(x, y, t) \end{cases}$$

CU06 Graficar la curva solución del SNA: Muestra la curva plana representativa de la solución del sistema no autónomo a partir de las condiciones iniciales y del instante de tiempo que haya ingresado el usuario, cuya expresión genérica es:

$$\begin{cases} x'(t) = f(x, y, t) \\ y'(t) = g(x, y, t) \\ x(t_0) = x_0 \\ y(t_0) = y_0 \end{cases}$$

CU07 Visualizar series de tiempo del SA: Grafica las curvas representativas de las variables de estado del sistema autónomo ingresado por el usuario, cuya expresión genérica es:

$$\begin{cases} x'(t) = f(x, y) \\ y'(t) = g(x, y) \\ x(t_0) = x_0 \\ y(t_0) = y_0 \end{cases}$$

CU08 Visualizar series de tiempo del SNA: Grafica las curvas representativas de las variables de estado del sistema no autónomo ingresado por el usuario, cuya expresión genérica es:

$$\begin{cases} x'(t) = f(x, y, t) \\ y'(t) = g(x, y, t) \\ x(t_0) = x_0 \\ y(t_0) = y_0 \end{cases}$$

CU09 Visitar galería: Ofrece una biblioteca de ejemplos de SA que contempla los distintos tipos de soluciones que refieren a diferentes tipos de equilibrio (estables, asintóticamente estables e inestables) según los autovalores que posea la matriz del sistema:

- Autovalores complejos con parte real negativa
- Autovalores complejos con parte real positiva
- Autovalores imaginarios puros
- Autovalores reales negativos y distintos
- Autovalores reales positivos y distintos
- Autovalores reales de distinto signo
- Autovalores reales nulos
- Un autovalor real negativo y otro nulo
- Un autovalor real positivo y otro nulo
- Un único autovalor negativo
- Un único autovalor positivo

También ofrece una biblioteca de ejemplos de SNA con las clases de autovalores citados precedentemente y diferentes tipos de equilibrio.

4.2.3. Características del usuario

Alumno: estudiante de segundo año de las carreras de Ingeniería de la UTN-FRSF. Se lo califica como usuario principiante, con dominio de las herramientas tecnológicas en general. Utilizará la aplicación al tiempo que irá adquiriendo el conocimiento del dominio durante el cursado de la unidad “Ecuaciones diferenciales”. Tendrá acceso a todas las funcionalidades de la herramienta.

Docente: usuario calificado, con alto nivel de conocimiento y experiencia. Tendrá acceso a todas las funcionalidades del sistema y actuará como facilitador del alumno en el aprendizaje de la herramienta.

4.2.4. Restricciones

El software deberá implementarse en la plataforma de licencia libre y gratuita Descartes. Ésta consiste en una de las herramientas de autoría a las que se recurre en el campo de la educación por estar optimizada para la elaboración de cursos, tutoriales y otros materiales educativos.

4.2.5. Suposiciones y dependencias

La aplicación requerirá de un navegador Web con conexión a Internet. Se asume que los servidores del campus virtual de UTN-FRSF y Arquímedes de la UNAM estarán operativos. El primero, para acceder a la aplicación; y el segundo, para invocar el intérprete Descartes.

4.3. Atributos de calidad del software

4.3.1. Portabilidad

La aplicación deberá soportar multiplataforma para el acceso de los usuarios. Ésta será ejecutada a través de un navegador Web.

4.3.2. Extensibilidad

El sistema deberá admitir el agregado de futuras funcionalidades de manera modular.

4.3.3. Disponibilidad

El sistema deberá estar operacional cuando sea requerido y ejecutando correctamente.

4.3.4. Usabilidad

Según el estándar ISO 9241-11:1998, la usabilidad es el grado en el que un producto puede ser utilizado por usuarios específicos para lograr objetivos específicos con eficacia, eficiencia y satisfacción en un determinado contexto de uso.

En la especificación de cada caso de uso se deberá proporcionar al menos una medida de alguno de los criterios de eficacia, eficiencia y satisfacción, en función de la importancia relativa de cada medida en los objetivos de usabilidad perseguidos dentro del contexto específico del caso de uso.

En general, los aspectos que deberá contemplar el software para facilitarle al usuario una experiencia satisfactoria en el uso de la herramienta, fundamentalmente al usuario-alumno, son:

- Interactividad: todas las funcionalidades provistas deben hacer uso intensivo de la interacción a través del teclado y mouse, que es la esencia de un software didáctico.
- Carácter intuitivo: de fácil aprendizaje a través de una interfaz cuyo diseño gráfico y de interacción resulten familiares a los alumnos, tanto desde el punto de vista del lenguaje matemático como del tecnológico.
- Asistencia: sistema de ayuda sensible al contexto.
- Simpleza: la interfaz deberá ser “limpia”, mostrará nada más que lo necesario para una comprensión correcta y se evitará la acumulación de objetos.
- Mínimo contenido textual: las indicaciones deberán ser mínimas y efectivas.
- Consistencia interna.
- El contenido icónico de la interfaz deberá satisfacer:
 - Dimensión semántica: El ícono debe guardar relación entre imagen y significado, ser unívoco, que no genere confusiones por error de concepto o tipo de resolución y debe representar el mensaje de la manera más concisa posible.
 - Dimensión sintáctica: Todos los íconos de la aplicación deben compartir un conjunto de aspectos formales coherentes.
 - Dimensión funcional: El ícono debe guardar relación con el contexto aplicado para facilitar su legibilidad.

4.4. Requisitos específicos

4.4.1. Modos de operación

El sistema tendrá dos modos de operación:

- Modo Ejemplo: aportará todas las funcionalidades sobre un conjunto de ejemplos de SL EDO definidos por defecto, que el usuario no podrá modificar.
- Modo Edición: permitirá al usuario editar el SL EDO y aportará todas las funcionalidades sobre dicho sistema.

4.4.2. Especificación de casos de uso

Las funcionalidades del producto de software modeladas mediante el diagrama de casos de uso de la sección 2 se describen aquí en forma detallada para precisar el flujo básico y alternativo de los pasos que permiten llevarlos a cabo. Se indican, además, las métricas de

usabilidad a las que deben ajustarse, de modo que el proceso de diseño esté orientado al cumplimiento de las mismas.

CU01	Visualizar campo vectorial del SA	
Versión	1.0	
Actor	Docente/Alumno	
Precondición	El sistema puede estar en cualquier modo de operación ("Ejemplo" o "Edición"). Las ecuaciones diferenciales correspondientes a un sistema autónomo se han ingresado. El selector de campo a graficar está seteado en "Vectorial".	
Postcondición	El campo vectorial del SA se grafica en pantalla.	
Descripción	Grafica el campo vectorial asociado al sistema autónomo ingresado por el usuario, cuya forma genérica es: $x'(t) = f(x,y)$; $y'(t) = g(x,y)$	
	Flujo Normal	Flujo Alternativo
	1- El sistema grafica en un sistema de ejes cartesianos el campo vectorial con sus vectores normalizados, zoom, densidad y factor de escala establecidos por defecto.	<p>1.A- El usuario modifica la densidad del campo.</p> <p>1.A.1- El sistema grafica el campo con la densidad establecida por el usuario.</p> <p>1.B- El usuario modifica el factor de escala de los vectores del campo.</p> <p>1.B.1- El sistema grafica el campo con el nuevo tamaño de vector.</p> <p>1.C- El usuario modifica el zoom.</p> <p>1.C.1- El sistema actualiza la gráfica del campo vectorial con el nuevo zoom establecido por el usuario.</p> <p>1.D- El usuario elige visualizar los vectores sin normalizar.</p> <p>1.D.1- El sistema muestra la gráfica del campo vectorial con sus vectores sin normalizar, escalados de acuerdo al factor de escala actual.</p> <p>1.E- El usuario realiza desplazamientos del plano coordinado en la escena de</p>

CU01	Visualizar campo vectorial del SA
	visualización. 1.E.1-El sistema actualiza la gráfica del campo vectorial y la posición de los ejes coordenados. 1.F- El usuario posiciona el origen de coordenadas en el centro de la escena de visualización. 1.F.1- El sistema actualiza la gráfica del campo vectorial y la posición de los ejes coordenados.
2- El caso de uso termina.	
Asociaciones de inclusión	
CU	
No contempla	
Asociaciones de extensión	
CU	
No contempla.	
Requisitos de calidad	
Usabilidad: 1- El sistema debe proveer ayuda para la introducción sintácticamente correcta de las ecuaciones diferenciales. 2- Cada elemento de interacción tendrá asociado un tooltip con un mensaje de hasta 5 palabras que proporcione información sobre el elemento o la acción que desencadene. 3- Cada elemento de interacción deberá proporcionar, con un clic derecho sobre el mismo, ayuda adicional a la ofrecida por el tooltip. 4- El sistema debe informar en todo momento el modo en el que está operando. 5- El aprendizaje del caso de uso por parte de un usuario principiante no debería superar los 7 minutos. 6- Con el cumplimiento de los puntos previamente establecidos y el diseño de la interfaz se	

CU01

Visualizar campo vectorial del SA

espera lograr un nivel de satisfacción del 90%.

CU02	Visualizar campo direccional del SA	
Versión	1.0	
Actor	Docente/Alumno	
Precondición	El sistema puede estar en cualquier modo de operación ("Ejemplo" o "Edición"). Las ecuaciones diferenciales correspondientes a un sistema autónomo se han ingresado. El selector del campo a graficar está seteado en "Direccional".	
Postcondición	El campo direccional del SA se grafica en pantalla.	
Descripción	Grafica el campo de pendientes asociado al sistema autónomo ingresado por el usuario, cuya forma genérica es: $x'(t) = f(x,y)$; $y'(t) = g(x,y)$	
	Flujo Normal	Flujo Alternativo
	1- El sistema grafica en un sistema de ejes cartesianos el campo direccional con sus segmentos de pendiente, zoom, densidad y factor de escala establecidos por defecto.	<p>1.A- El usuario modifica la densidad del campo.</p> <p>1.A.1- El sistema grafica el campo con la densidad establecida por el usuario.</p> <p>1.B- El usuario modifica el factor de escala de los segmentos de pendiente del campo.</p> <p>1.B.1- El sistema grafica el campo con el nuevo tamaño de segmento.</p> <p>1.C- El usuario modifica el zoom.</p> <p>1.C.1- El sistema actualiza la gráfica del campo direccional con el nuevo zoom establecido por el usuario.</p> <p>1.D- El usuario realiza desplazamientos del plano coordinado en la escena de visualización.</p> <p>1.D.1- El sistema actualiza la gráfica del campo direccional y la posición de los ejes coordinados.</p> <p>1.E- El usuario posiciona el origen de coordenadas en el centro de la escena de</p>

CU02	Visualizar campo direccional del SA
	visualización. 1.E.1- El sistema actualiza la gráfica del campo direccional y la posición de los ejes coordenados.
2- El caso de uso termina.	
Asociaciones de inclusión	
CU	
No contempla	
Asociaciones de extensión	
CU	
No contempla.	
Requisitos de calidad	
Idem CU01 Visualizar campo vectorial del SA	

CU03	Graficar la curva solución del SA	
Versión	1.0	
Actor	Docente/Alumno	
Precondición	El sistema puede estar en cualquier modo de operación ("Ejemplo" o "Edición"). Las ecuaciones diferenciales correspondientes a un sistema autónomo se han ingresado. Las condiciones iniciales, lapso de tiempo T , zoom, grosor y definición tienen valores por defecto.	
Postcondición	La trayectoria solución del SA se grafica en pantalla.	
Descripción	Grafica la trayectoria solución del sistema autónomo ingresado por el usuario, cuya forma genérica es: $x'(t) = f(x,y)$; $y'(t) = g(x,y)$; $x(t_0) = x_0$; $y(t_0) = y_0$	
	Flujo Normal	Flujo Alternativo
	1- El usuario acciona el botón que permite visualizar la curva completa.	1.A- El usuario inicia la animación que permite visualizar la curva dinámicamente.
	2- El sistema invoca el CU07.	
	3- En el mismo sistema de ejes coordenados destinado a graficar el campo vectorial o direccional, el sistema grafica la trayectoria solución completa si el usuario realizó el paso 1, o lo hace mediante una animación durante el lapso de tiempo T si el usuario realizó el paso 1.A.	Si el usuario realizó el paso 1.A: 3.A- El usuario pausa la animación en el instante t . 3.A.1- El sistema congela la imagen de la curva. 3.A.2- El usuario realiza alguna, ninguna o varias acciones desde 3.B hasta 3.H. 3.A.3- El usuario reanuda la animación. 3.A.4- El sistema continúa graficando la curva desde el instante t hasta transcurrido el lapso T . 3.A.5- El caso de uso continúa en el paso 4. 3.B.- El usuario detiene la animación. 3.B.1.- El caso de uso continúa en el

CU03	Graficar la curva solución del SA
	<p>paso 4.</p> <p>Si el usuario realizó el paso 1 o 3.A:</p> <p>3.B- El usuario modifica las condiciones iniciales.</p> <p>3.B.1- El sistema actualiza la trayectoria solución según las nuevas condiciones iniciales.</p> <p>3.C- El usuario modifica el lapso de tiempo T durante el que se observa el comportamiento del sistema.</p> <p>3.C.1- El sistema modifica la longitud de la trayectoria solución.</p> <p>3.D- El usuario modifica el zoom.</p> <p>3.D.1- El sistema actualiza la gráfica de la curva con el nuevo zoom establecido por el usuario.</p> <p>3.E- El usuario elige un nuevo grosor de la curva.</p> <p>3.E.1- El sistema engrosa/afina la curva.</p> <p>3.F- El usuario modifica la definición de la curva.</p> <p>3.F.1- El sistema actualiza la gráfica de la curva con la definición establecida por el usuario.</p> <p>3.G- El usuario posiciona el punto inicial de la trayectoria en el centro de la escena de visualización.</p> <p>3.G.1- El sistema desplaza la gráfica de</p>

CU03	Graficar la curva solución del SA
	la curva solución. 3.H- El usuario posiciona el punto final de la trayectoria en el centro de la escena de visualización. 3.H.1- El sistema desplaza la gráfica de la curva solución.
4- El caso de uso termina.	
Asociaciones de inclusión	
CU	
CU07 Visualizar series de tiempo del SA.	
Asociaciones de extensión	
CU	
No contempla.	
Requisitos de calidad	
Usabilidad: 1- Las condiciones iniciales podrán ser modificadas mediante un campo de texto o un control gráfico de manera dinámica. 2- El usuario no debería cometer más de 5 errores en sus intentos de ejecutar el caso de uso. 3- Cada elemento de interacción tendrá asociado un tooltip con un mensaje de hasta 5 palabras que proporcione información sobre el elemento o la acción que desencadene. 4- Cada elemento de interacción deberá proporcionar, con un clic derecho sobre el mismo, ayuda adicional a la ofrecida por el tooltip. 5- El aprendizaje del caso de uso por parte de un usuario principiante no debería superar los 10 minutos. 6- Con el cumplimiento de los puntos previamente establecidos y el diseño de la interfaz se espera lograr un nivel de satisfacción del 90%.	

CU04	Visualizar campo vectorial del SNA	
Versión	1.0	
Actor	Docente/Alumno	
Precondición	El sistema puede estar en cualquier modo de operación ("Ejemplo" o "Edición"). Las ecuaciones diferenciales correspondientes a un sistema no autónomo se han ingresado. El tiempo inicial t_0 , el lapso de tiempo T , el factor de escala, la densidad del campo vectorial, la pausa de animación, el zoom del plano cartesiano y posición de los ejes tienen valores por defecto.	
Postcondición	El campo vectorial del SNA se grafica dinámicamente en pantalla.	
Descripción	Grafica mediante una animación el campo vectorial asociado al sistema no autónomo ingresado por el usuario, cuya forma genérica es: $x'(t) = f(x,y,t)$; $y'(t) = g(x,y,t)$	
	Flujo Normal	Flujo Alternativo
1. El sistema grafica el campo vectorial correspondiente al instante $t = t_0$.	<p>1.A- El usuario modifica el lapso de tiempo T.</p> <p>1.B- El usuario modifica el factor de escala.</p> <p>1.B.1- El sistema grafica el campo con el nuevo tamaño de vector.</p> <p>1.C- El usuario modifica la densidad del campo.</p> <p>1.C.1- El sistema grafica el campo con la densidad establecida por el usuario.</p> <p>1.D- El usuario establece un valor para la pausa de la animación.</p> <p>1.E- El usuario establece un nuevo valor de zoom.</p> <p>1.E.1- El sistema actualiza la gráfica del campo vectorial con el nuevo zoom establecido por el usuario.</p> <p>1.F- El usuario realiza desplazamientos del plano coordenado en la escena de</p>	

CU04	Visualizar campo vectorial del SNA
	<p>visualización.</p> <p>1.F.1-El sistema actualiza la gráfica del campo vectorial y la posición de los ejes coordenados.</p> <p>1.G- El usuario posiciona el origen de coordenadas en el centro de la escena de visualización.</p> <p>1.G.1- El sistema actualiza la gráfica del campo vectorial y la posición de los ejes coordenados.</p> <p>1.H-El usuario establece un nuevo valor de t_0.</p> <p>1.H.1- El sistema actualiza la gráfica del campo vectorial.</p>
<p>2- El usuario inicia la animación.</p>	
<p>3- El sistema muestra la variabilidad del campo vectorial durante el lapso de tiempo T, con sus vectores escalados según el factor de escala, la densidad, el zoom y posición de los ejes cartesianos establecidos.</p>	<p>3.A- El usuario pausa la animación en un determinado instante de tiempo $t > t_0$.</p> <p>3.A.1- El sistema congela la imagen del campo vectorial correspondiente al instante t.</p> <p>3.A.2- El usuario realiza alguna acción del flujo alternativo del paso 1.</p> <p>3.A.3- El usuario reanuda la animación.</p> <p>3.A.4- El caso de uso continúa en el paso 3 del flujo normal.</p> <p>3.B- El usuario reinicia la animación desde $t = t_0$.</p> <p>3.B.1- El caso de uso continúa en el paso 3 del flujo normal.</p> <p>3.C- El usuario detiene la animación.</p>

CU04	Visualizar campo vectorial del SNA
	3.C.1- El caso de uso continúa en el paso 4.
4- El caso de uso termina.	
Asociaciones de inclusión	
CU	
No contempla	
Asociaciones de extensión	
CU	
No contempla.	
Requisitos de calidad	
<p>Usabilidad:</p> <ol style="list-style-type: none"> 1- La interfaz de usuario debe ofrecer facilidades para que la alternancia entre flujo normal y flujo alternativo fluya intuitivamente, de modo que un usuario principiante, o uno experto que ha dejado de utilizar el sistema de un ciclo lectivo al otro, no cometa más de 5 errores en sus intentos de ejecutar el caso de uso. 2- El sistema debe proveer ayuda para la introducción sintácticamente correcta de las ecuaciones diferenciales. 3- Cada elemento de interacción tendrá asociado un tooltip con un mensaje de hasta 5 palabras que proporcione información sobre el elemento o la acción que desencadene. 4- Cada elemento de interacción deberá proporcionar, con un clic derecho sobre el mismo, ayuda adicional a la ofrecida por el tooltip. 5- El sistema debe informar en todo momento el modo en el que está operando. 6- El aprendizaje del caso de uso por parte de un usuario principiante no debería superar los 10 minutos. 7- Con el cumplimiento de los puntos previamente establecidos y el diseño de la interfaz se espera lograr un nivel de satisfacción del 90%. 	

CU05	Visualizar campo direccional del SNA	
Versión	1.0	
Actor	Docente/Alumno	
Precondición	El sistema puede estar en cualquier modo de operación ("Ejemplo" o "Edición"). Las ecuaciones diferenciales correspondientes a un sistema no autónomo se han ingresado. El tiempo inicial t_0 , el lapso de tiempo T , el factor de escala, la densidad del campo direccional, la pausa de animación, el zoom del plano cartesiano y posición de los ejes tienen valores por defecto.	
Postcondición	El campo direccional del SNA se grafica dinámicamente en pantalla.	
Descripción	Grafica mediante una animación el campo direccional asociado al sistema no autónomo ingresado por el usuario, cuya forma genérica es: $x'(t) = f(x,y,t)$; $y'(t) = g(x,y,t)$	
	Flujo Normal	Flujo Alternativo
	1. El sistema grafica el campo direccional correspondiente al instante $t = t_0$.	1.A- El usuario modifica el lapso de tiempo T . 1.B- El usuario modifica el factor de escala. 1.B.1- El sistema grafica el campo con el nuevo tamaño de segmento. 1.C- El usuario modifica la densidad del campo. 1.C.1- El sistema grafica el campo con la densidad establecida por el usuario. 1.D- El usuario establece un valor para la pausa de la animación. 1.E- El usuario establece un nuevo valor de zoom. 1.E.1- El sistema actualiza la gráfica del campo direccional con el nuevo zoom establecido por el usuario.

CU05	Visualizar campo direccional del SNA
	<p>1.F- El usuario realiza desplazamientos del plano coordinado en la escena de visualización.</p> <p>1.F.1-El sistema actualiza la gráfica del campo direccional y la posición de los ejes coordinados.</p> <p>1.G- El usuario posiciona el origen de coordenadas en el centro de la escena de visualización.</p> <p>1.G.1- El sistema actualiza la gráfica del campo direccional y la posición de los ejes coordinados.</p> <p>1.H-El usuario establece un nuevo valor de t_0.</p> <p>1.H.1- El sistema actualiza la gráfica del campo direccional.</p>
<p>2- El usuario inicia la animación.</p>	
<p>3- El sistema muestra la variabilidad del campo direccional durante el lapso de tiempo T, con sus segmentos escalados según el factor de escala, densidad, el zoom y posición de los ejes cartesianos establecidos.</p>	<p>3.A- El usuario pausa la animación en un determinado instante de tiempo $t > t_0$.</p> <p>3.A.1- El sistema congela la imagen del campo direccional correspondiente al instante t.</p> <p>3.A.2- El usuario realiza alguna acción del flujo alternativo del paso 1.</p> <p>3.A.3- El usuario reanuda la animación.</p> <p>3.A.4- El caso de uso continúa en el paso 3 del flujo normal.</p> <p>3.B- El usuario reinicia la animación desde $t = t_0$.</p>

CU05	Visualizar campo direccional del SNA
	3.B.1- El caso de uso continúa en el paso 3 del flujo normal. 3.C- El usuario detiene la animación. 3.C.1- El caso de uso continúa en el paso 4.
4- El caso de uso termina.	
Asociaciones de inclusión	
CU	
No contempla	
Asociaciones de extensión	
CU	
No contempla.	
Requisitos de calidad	
Idem CU04 Visualizar campo vectorial del SNA.	

CU06	Graficar la curva solución del SNA	
Versión	1.0	
Actor	Docente/Alumno	
Precondición	El sistema puede estar en cualquier modo de operación ("Ejemplo" o "Edición"). Las ecuaciones diferenciales correspondientes a un sistema no autónomo se han ingresado. El lapso de tiempo T , las condiciones iniciales, el zoom, definición y grosor de la curva tienen valores por defecto.	
Postcondición	La trayectoria solución del SNA se grafica en pantalla.	
Descripción	Grafica mediante una animación la trayectoria solución del sistema no autónomo ingresado por el usuario, cuya forma genérica es: $x'(t) = f(x,y,t)$; $y'(t) = g(x,y,t)$; $x(t_0) = x_0$; $y(t_0) = y_0$.	
	Flujo Normal	Flujo Alternativo
	1. El sistema invoca el CU08	1.A- El usuario modifica el valor de t_0 . 1.B- El usuario modifica el valor de $x(t_0)$. 1.C- El usuario modifica el valor de $y(t_0)$. 1.D- El usuario modifica el zoom. 1.E- El usuario modifica el grosor de la curva. 1.F- El usuario modifica la definición de la curva. 1.G- El usuario modifica el lapso de tiempo T durante el que se observará el comportamiento del sistema. 1.H- El usuario elige ver la curva completa sin animación. 1.H.1- El sistema grafica la trayectoria solución correspondiente al intervalo de tiempo $[t_0, t_0+T]$ en el Plano Fase. 1.I- El usuario elige ocultar la curva visualizada en el paso 1.H.

CU06	Graficar la curva solución del SNA
	1.I.1- El sistema oculta la trayectoria.
2- El usuario inicia la animación.	
3- En el mismo sistema de ejes coordenados destinado a graficar el campo vectorial o direccional, el sistema comienza a graficar la trayectoria solución para las condiciones iniciales, lapso de tiempo T , zoom, grosor y definición establecidos.	<p>3.A- El usuario pausa la animación en un determinado instante de tiempo $t > t_0$.</p> <p>3.A.1- El sistema congela la imagen de la trayectoria trazada hasta el instante t.</p> <p>3.A.2- El usuario reanuda la animación.</p> <p>3.A.3- El sistema continúa trazando la trayectoria a partir del instante t.</p> <p>3.B- El usuario reinicia la animación desde $t = t_0$.</p> <p>3.B.1- El caso de uso continúa en el paso 3 del flujo normal.</p> <p>3.C- El usuario detiene la animación.</p> <p>3.C.1- El caso de uso continúa en el paso 4.</p>
4- El caso de uso termina.	
Asociaciones de inclusión	
CU	
CU08 Graficar series de tiempo del SNA.	
Asociaciones de extensión	
CU	
No contempla.	
Requisitos de calidad	
Usabilidad:	
1- La interfaz de usuario debe ofrecer facilidades para que la alternancia entre flujo normal y flujo alternativo fluya intuitivamente, de modo que un usuario principiante, o uno experto que ha dejado de utilizar el sistema de un ciclo lectivo al otro, no cometa más de 5 errores en	

CU06

Graficar la curva solución del SNA

sus intentos de ejecutar el caso de uso.

2- Las coordenadas del punto inicial de la trayectoria podrán ser modificadas mediante un campo de texto o un control gráfico de manera dinámica.

3- El usuario no debería cometer más de 5 errores en sus intentos de ejecutar el caso de uso.

4- Cada elemento de interacción tendrá asociado un tooltip con un mensaje de hasta 5 palabras que proporcione información sobre el elemento o la acción que desencadene.

5- Cada elemento de interacción deberá proporcionar, con un clic derecho sobre el mismo, ayuda adicional a la ofrecida por el tooltip.

6- El aprendizaje del caso de uso por parte de un usuario principiante no debería superar los 10 minutos.

7- Con el cumplimiento de los puntos previamente establecidos y el diseño de la interfaz se espera lograr un nivel de satisfacción del 90%.

CU07	Visualizar series de tiempo del SA	
Versión	1.0	
Actor	Docente/Alumno	
Precondición	El caso de uso es invocado por el CU03 Graficar la curva solución del SA.	
Postcondición	Las series de tiempo se grafican en pantalla.	
Descripción	<p>Grafica las curvas representativas de las funciones solución $x(t)$ e $y(t)$ del sistema autónomo ingresado por el usuario, cuya forma genérica es:</p> $x'(t) = f(x,y) ; y'(t) = g(x,y) ; x(t_0) = x_0 ; y(t_0) = y_0$	
	Flujo Normal	Flujo Alternativo
	<p>1- El sistema muestra en un sistema de ejes cartesianos las gráficas de las funciones solución $x(t)$ e $y(t)$ para las condiciones iniciales, lapso de tiempo T, zoom, grosor y definición de curva establecidos.</p>	<p>1.A- El usuario modifica las condiciones iniciales.</p> <p>1.A.1- El sistema presenta las gráficas de $x(t)$ e $y(t)$ según las nuevas condiciones iniciales.</p> <p>1.B- El usuario modifica el lapso de tiempo T durante el que se observa el comportamiento del sistema.</p> <p>1.B.1- El sistema grafica $x(t)$ e $y(t)$ en el intervalo $[t_0, T]$.</p> <p>1.C- El usuario modifica el zoom.</p> <p>1.C.1- El sistema actualiza las gráficas de $x(t)$ e $y(t)$ con el nuevo zoom establecido por el usuario.</p> <p>1.D- El usuario elige un nuevo grosor para las curvas.</p> <p>1.D.1- El sistema engrosa/afina las curvas $x(t)$ e $y(t)$.</p> <p>1.E- El usuario modifica la definición de las curvas.</p> <p>1.E.1- El sistema actualiza la gráfica de $x(t)$ e $y(t)$ con la definición establecida</p>

CU07	Visualizar series de tiempo del SA
	<p>por el usuario.</p> <p>1.F- El usuario selecciona visualizar sólo $x(t)$.</p> <p>1.F.1- El sistema oculta la gráfica de $y(t)$.</p> <p>1.G- El usuario elige visualizar el tramo final de $x(t)$.</p> <p>1.G.1- El sistema desplaza la gráfica de $x(t)$ de modo que el punto final de la curva quede centrado en la escena de visualización.</p> <p>1.H- El usuario selecciona visualizar sólo $y(t)$.</p> <p>1.H.1- El sistema oculta la gráfica de $x(t)$.</p> <p>1.I- El usuario elige visualizar el tramo final de $y(t)$</p> <p>1.I.1- El sistema desplaza la gráfica de $y(t)$ de modo que el punto final de la curva quede centrado en la escena de visualización.</p> <p>3.J- El usuario realiza desplazamientos del plano coordenado en la escena de visualización.</p> <p>3.J.1-El sistema actualiza las gráficas de $x(t)$, $y(t)$ y la posición de los ejes coordenados.</p>
2- El caso de uso termina.	
Asociaciones de inclusión	
CU	

CU07	Visualizar series de tiempo del SA
No contempla.	
Asociaciones de extensión	
CU	
No contempla.	
Requisitos de calidad	
<p>Usabilidad:</p> <ol style="list-style-type: none"> 1- Las curvas deberán graficarse en dos colores diferentes para favorecer la identificación de cada función. 2- El usuario no debería cometer más de 3 errores en sus intentos de ejecutar el caso de uso. 3- Cada elemento de interacción tendrá asociado un tooltip con un mensaje de hasta 5 palabras que proporcione información sobre el elemento o la acción que desencadene. 4- Cada elemento de interacción deberá proporcionar, con un clic derecho sobre el mismo, ayuda adicional a la ofrecida por el tooltip. 5- El aprendizaje del caso de uso por parte de un usuario principiante no debería superar los 5 minutos. 6- Con el cumplimiento de los puntos previamente establecidos y el diseño de la interfaz se espera lograr un nivel de satisfacción del 90%. 	

CU08	Visualizar series de tiempo del SNA	
Versión	1.0	
Actor	Docente/Alumno	
Precondición	El caso de uso es invocado por el CU06 Graficar la curva solución del SNA.	
Postcondición	Las series de tiempo se grafican en pantalla.	
Descripción	<p>Grafica dinámicamente las curvas representativas de las funciones solución $x(t)$ e $y(t)$ del sistema no autónomo ingresado por el usuario, cuya forma genérica es:</p> $x'(t) = f(x,y,t) ; y'(t) = g(x,y,t) ; x(t_0) = x_0 ; y(t_0) = y_0$	
	Flujo Normal	Flujo Alternativo
	<p>1- El sistema muestra en un sistema de ejes cartesianos las gráficas de las funciones solución $x(t)$ e $y(t)$ para las condiciones iniciales, lapso de tiempo, zoom, grosor y definición de curva establecidos.</p>	<p>1.A- El usuario modifica el valor de t_0.</p> <p>1.A.1- El sistema presenta las gráficas de $x(t)$ e $y(t)$ según el nuevo valor de t_0.</p> <p>1.B- El usuario modifica las condiciones iniciales.</p> <p>1.B.1- El sistema presenta las gráficas de $x(t)$ e $y(t)$ según las nuevas condiciones iniciales.</p> <p>1.C- El usuario modifica el zoom.</p> <p>1.C.1- El sistema actualiza las gráficas de $x(t)$ e $y(t)$ con el nuevo zoom establecido por el usuario.</p> <p>1.D- El usuario elige un nuevo grosor para las curvas.</p> <p>1.D.1- El sistema engrosa/afina las curvas $x(t)$ e $y(t)$.</p> <p>1.E- El usuario modifica la definición de las curvas.</p> <p>1.E.1- El sistema actualiza la gráfica de $x(t)$ e $y(t)$ con la definición establecida por el usuario.</p>

CU08	Visualizar series de tiempo del SNA
	<p>1.F- El usuario selecciona visualizar sólo $x(t)$.</p> <p>1.F.1- El sistema oculta la gráfica de $y(t)$.</p> <p>1.G- El usuario elige visualizar el tramo final de $x(t)$</p> <p>1.G.1- El sistema desplaza la gráfica de $x(t)$ de modo que el punto final de la curva quede centrado en la escena de visualización.</p> <p>1.H- El usuario selecciona visualizar sólo $y(t)$.</p> <p>1.H.1- El sistema oculta la gráfica de $x(t)$.</p> <p>1.I- El usuario elige visualizar el tramo final de $y(t)$</p> <p>1.I.1- El sistema desplaza la gráfica de $y(t)$ de modo que el punto final de la curva quede centrado en la escena de visualización.</p> <p>3.J- El usuario realiza desplazamientos del plano coordenado en la escena de visualización.</p> <p>3.J.1-El sistema actualiza las gráficas de $x(t)$, $y(t)$ y la posición de los ejes coordenados.</p> <p>1.K- El usuario modifica el lapso de tiempo T durante el que se observa el comportamiento del sistema.</p> <p>1.K.1- El sistema grafica $x(t)$ e $y(t)$ en</p>

CU08	Visualizar series de tiempo del SNA
	el intervalo $[t_0, T]$.
2- El caso de uso termina.	
Asociaciones de inclusión	
CU	
No contempla.	
Asociaciones de extensión	
CU	
No contempla.	
Requisitos de calidad	
Idem CU07 Visualizar series de tiempo del SA.	

CU09	Visitar galería	
Versión	1.0	
Actor	Docente/Alumno	
Precondición	El sistema está en modo "Ejemplo"	
Postcondición	Se grafica el campo vectorial/direccional, trayectoria solución y series de tiempo del ejemplo elegido por el usuario.	
Descripción	Ofrece una galería de ejemplos de sistemas autónomos y no autónomos que contempla los distintos tipos de soluciones que refieren a diferentes tipos de equilibrio (estables, asintóticamente estables e inestables).	
	Flujo Normal	Flujo Alternativo
	1- El sistema ignora el valor de los campos de edición de las EDO.	
	2- El sistema ofrece una lista de ejemplos de sistemas autónomos que refieren a distintos tipos de equilibrio según sus autovalores y otra de sistemas no autónomos.	
	3- El usuario elige un ejemplo de sistema .	
	4- El sistema permite ejecutar todos los casos de uso asociados al tipo de sistema seleccionado (autónomo o no autónomo).	
	5- El caso de uso termina.	
	Asociaciones de inclusión	
	CU	
	No contempla	
	Asociaciones de extensión	
	CU	
	No contempla.	
	Requisitos de calidad	

CU09

Visitar galería

Usabilidad:

- 1- El sistema debe informar en todo momento el modo en el que está operando.
- 2- El sistema debe mostrar las EDO del sistema correspondiente al ejemplo seleccionado por el usuario.
- 3- El usuario no debería cometer más de 3 errores en sus intentos de ejecutar el caso de uso.
- 4- Cada elemento de interacción tendrá asociado un tooltip con un mensaje de hasta 5 palabras que proporcione información sobre el elemento o la acción que desencadene.
- 5- Cada elemento de interacción deberá proporcionar, con un clic derecho sobre el mismo, ayuda adicional a la ofrecida por el tooltip.
- 6- El aprendizaje del caso de uso por parte de un usuario principiante no debería superar los 5 minutos.
- 7- Con el cumplimiento de los puntos previamente establecidos y el diseño de la interfaz se espera lograr un nivel de satisfacción del 90%.

CAPÍTULO V: Descripción de la Arquitectura

5.1. Introducción

5.1.1. Propósito

Este capítulo está estructurado según los lineamientos del Modelo de vistas “4+1” [17] para generar el documento de la arquitectura. Las diferentes vistas mostrarán los aspectos que constituyen la columna vertebral sobre la que se construirá el software para alcanzar los atributos de calidad definidos.

5.1.2. Alcance

Se analizará la arquitectura desde el punto de vista de los usuarios y los desarrolladores, principalmente sus intereses frente al sistema. También se tendrán en cuenta definiciones más detalladas tales como funcionalidades y conexiones entre los diferentes elementos de la arquitectura propuesta.

5.1.3. Definiciones, siglas y abreviaturas

Tabla 5.1. *Definiciones, siglas y abreviaturas.*

Término	Descripción
<i>Vista</i>	Representación de un conjunto relevante de elementos y las relaciones entre éstos que da soporte a determinados objetivos y usos de diferentes stakeholders.
<i>JVM</i>	Java Virtual Machine.
<i>MVC</i>	Modelo-Vista-Controlador. Patrón arquitectónico que divide las responsabilidades de la aplicación. El Modelo contiene el núcleo de la funcionalidad del dominio de la aplicación; la Vista se encarga de presentar el Modelo al usuario; el Controlador reacciona a eventos producidos por el usuario invocando peticiones al Modelo y seleccionando la Vista adecuada cuando cambia el Modelo.
<i>UML</i>	Unified Model Language

5.2. Representación Arquitectónica

A los efectos de representar los elementos arquitectónicamente relevantes, se proveen distintas vistas de la arquitectura que ofrecen un panorama de la estructura del sistema. A un alto nivel de abstracción, se consideró conveniente representar el mapeo físico de los componentes de software con el hardware recurriendo a estereotipos que simplifiquen la comprensión de la vista Física. Bajando un poco el nivel de abstracción, se presenta la vista de Desarrollo siguiendo el patrón MVC. La vista Lógica, a un nivel de abstracción aún menor que la de Desarrollo, muestra, desde un punto de vista estático, los paquetes de diseño y clases más importantes que soportan la funcionalidad que el sistema provee al usuario final. La vista de Caso de Uso comprende los escenarios de casos de uso que son soportados por la arquitectura. Las dos últimas vistas mencionadas se modelaron en UML con la herramienta UMLStudio.

5.3. Objetivos Arquitectónicos y Restricciones

Portabilidad: La aplicación debe soportar multiplataforma para el acceso de los usuarios. Ésta será ejecutada a través de un navegador Web. La JVM y el Intérprete Descartes (desarrollado en Java) ofrecen la capa de portabilidad para que se ejecute en cualquier plataforma de SW o HW, a excepción de los dispositivos móviles. Si se cambia dicho intérprete por otro desarrollado en JavaScript, que actualmente está en versión beta, podrá prescindirse de la JVM y será factible ejecutar la aplicación también en smartphones y tablets.

Extensibilidad: Que tenga la capacidad de admitir el agregado de nuevas funcionalidades. Por lo que debe exhibir una estructura de componentes altamente cohesivos y débilmente acoplados. Esto se garantizará con la utilización del patrón arquitectónico MVC.

Disponibilidad: Que el sistema esté operacional cuando es requerido y ejecutando correctamente. Para ello, la aplicación estará disponible para ser descargada desde el sitio asignado a la cátedra AM II en el Campus de la FRSF y ejecutada en el navegador del usuario.

Usabilidad: Aspectos que debe satisfacer el software:

- **Interactividad:** Altamente interactivo, que es la esencia de un software didáctico.

- Aprendizaje: Interfaz intuitiva y con elementos que resulten familiares a los alumnos tanto desde el punto de vista del lenguaje matemático como del tecnológico. Debe mostrar el estado del sistema.
- Asistencia: Sistema de ayuda sensible al contexto.

5.4. Vista de Caso de Uso

A los efectos de cumplimentar la documentación de esta vista se retoma el diagrama de casos de uso de la subsección “4.2.2. Funciones del producto”. Remitirse a la misma para obtener la descripción de cada caso de uso.

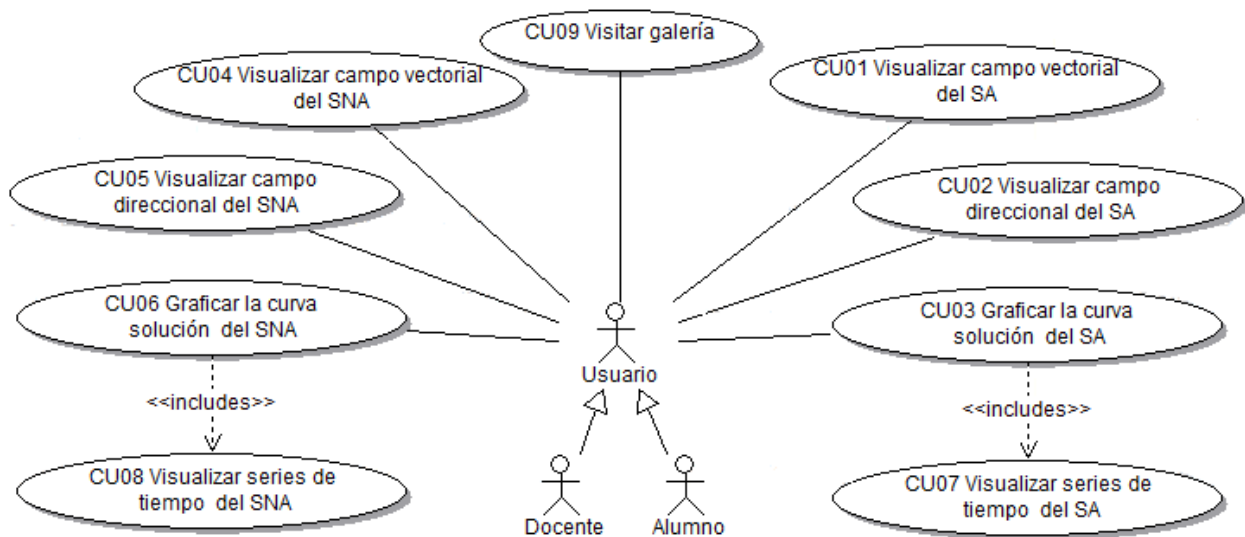


Figura 5.1. Diagrama de casos de uso.

5.5. Vista Lógica

5.5.1. Perspectiva General

En esta sección se describen las partes más significativas del modelo de diseño agrupadas en paquetes, tanto los de desarrollo propio (en la figura 5.2 se muestran en rosa) como los construidos por terceros (en la figura 5.2 se muestran en azul).

5.5.2. Paquetes de Diseño importantes

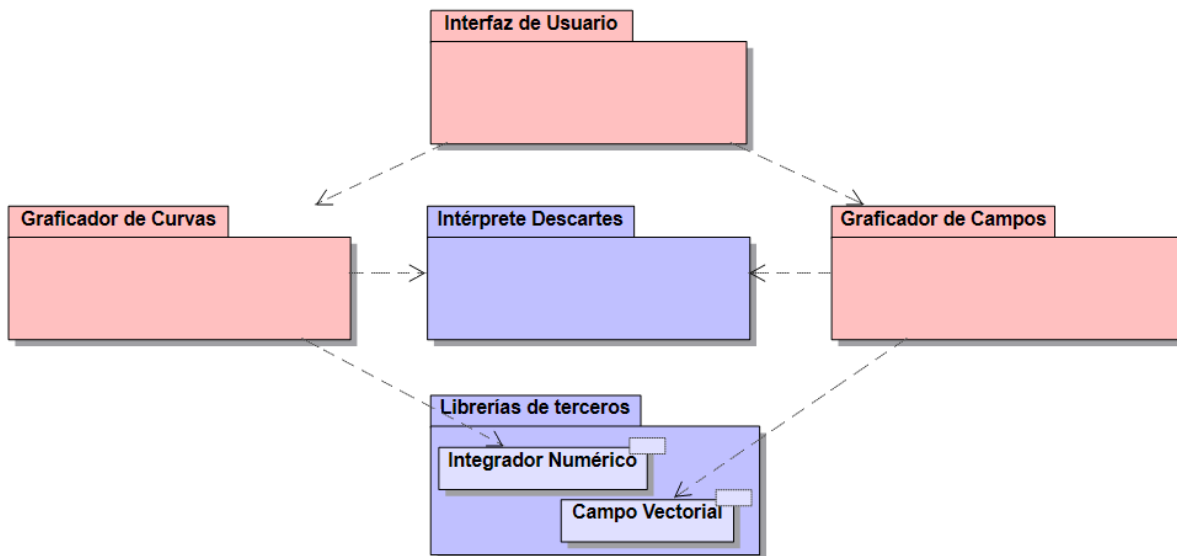


Figura 5.2. Vista lógica de la arquitectura.

- Interfaz de usuario: Es un componente relevante de la arquitectura debido a la cualidad altamente interactiva del sistema. Incluye todas las clases necesarias para la interacción del usuario como para la presentación de los resultados obtenidos de los paquetes graficadores.
- Graficador de campos: tiene la responsabilidad de graficar el campo vectorial y direccional de un sistema de ecuaciones diferenciales bidimensional. Usa la clase *Campo Vectorial* y el paquete *Intérprete Descartes*.
- Graficador de curvas: es responsable de graficar la trayectoria solución del sistema dinámico para las condiciones iniciales ingresadas por el usuario, así como las curvas representativas de las variables de estado. Usa la clase *Integrador Numérico* y el paquete *Intérprete Descartes*.
- Librerías de terceros: incluye clases codificadas por terceros que son utilizadas por los paquetes graficadores.
- Intérprete Descartes: es un componente, también creado por terceros, que interpretará los objetos cartesianos codificados para que el usuario pueda visualizarlos e interactuar.

5.6. Vista de Procesos

Esta vista no es procedente porque no existen mecanismos de sincronización ni concurrencia que deban ser contemplados por la arquitectura.

5.7. Vista Física

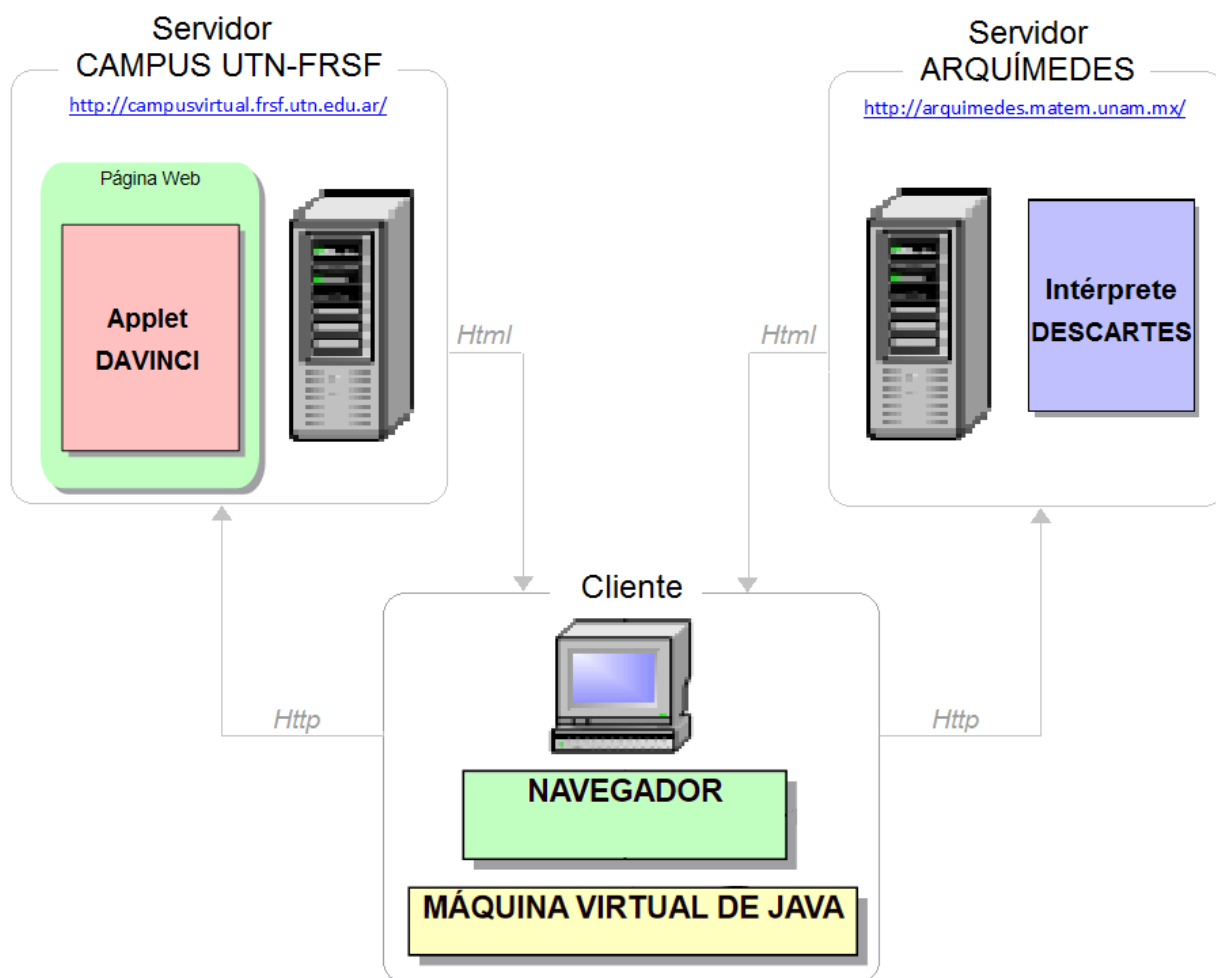


Figura 5.3. Vista Física de la arquitectura.

El *Applet DaVinci*, que aporta toda la funcionalidad modelada en la vista de Caso de Uso, está embebido en el código html de una página Web que se aloja en el *Servidor del Campus de la UTN-FRSF*, en el espacio asignado a la cátedra AM II.

Para que el código pueda ser interpretado ha de referenciarse y descargar el *Intérprete Descartes* del directorio de distribución ubicado en el *Servidor Arquímedes* de la UNAM.

Dicho intérprete es un applet de Java que fue desarrollado en forma conjunta por el Instituto de Matemáticas de la UNAM y el Ministerio de Educación, Cultura y Deporte de España.

Como todo applet Java, para poder ejecutar, requiere de un contenedor: el *Navegador Web del Cliente*, quien debe tener habilitado el plugin de Java para que la JVM haga posible que el applet proporcione las funciones interactivas en el navegador.

5.8. Vista de Desarrollo

5.8.1. Perspectiva General

Se ha optado por seguir el patrón de diseño MVC porque ya está verdaderamente probado que convierte una aplicación en un paquete modular factible de mantener y mejora la rapidez del desarrollo. Además, la separación de las responsabilidades en modelos, vistas y controladores hace que la aplicación sea fácil de entender. Las nuevas características se añaden fácilmente y agregar funcionalidades a código ya existente se hace muy sencillo. Por otra parte, el diseño modular incluye la capacidad de construir prototipos rápidos.

La separación también permite hacer cambios en una parte de la aplicación sin afectar a los demás.

5.8.2. Elementos del MVC

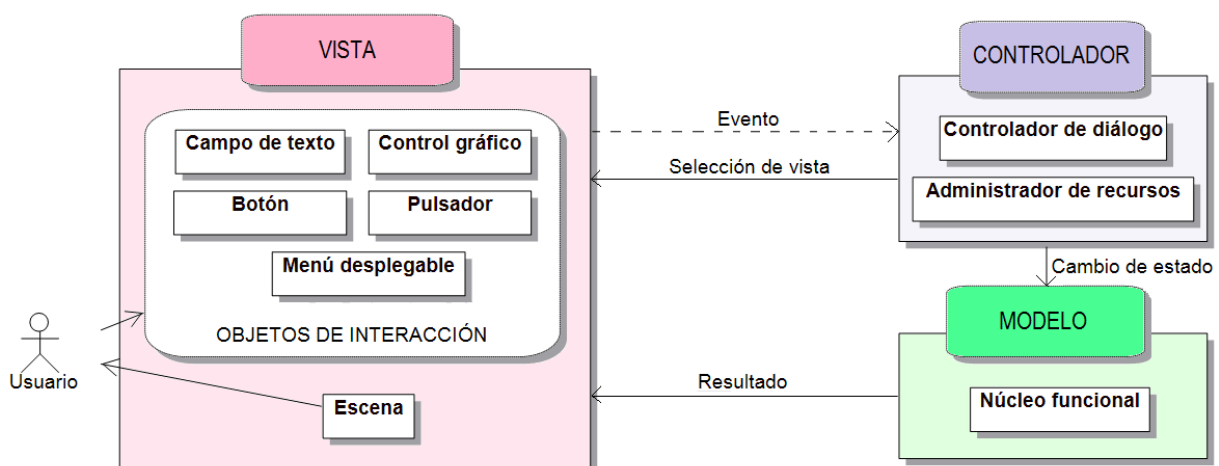


Figura 5.4. Vista de desarrollo de la arquitectura.

Los elementos básicos que debe reunir el sistema, dada su característica altamente interactiva, son:

- Objetos de interacción: son entidades perceptibles y manipulables por el usuario
- Escena: es la presentación visible al usuario de los resultados de sus acciones
- Controlador de diálogo: controla el secuenciamiento lógico de las acciones del usuario. Determina la lógica de la interacción, por ejemplo, cuándo un objeto de interacción es accesible al usuario.
- Administrador de recursos: controla los recursos involucrados en la interacción, por ejemplo, ventanas.
- Núcleo funcional: implementa el conocimiento del dominio.

CAPÍTULO VI: Diseño

6.1. Estructura de la aplicación

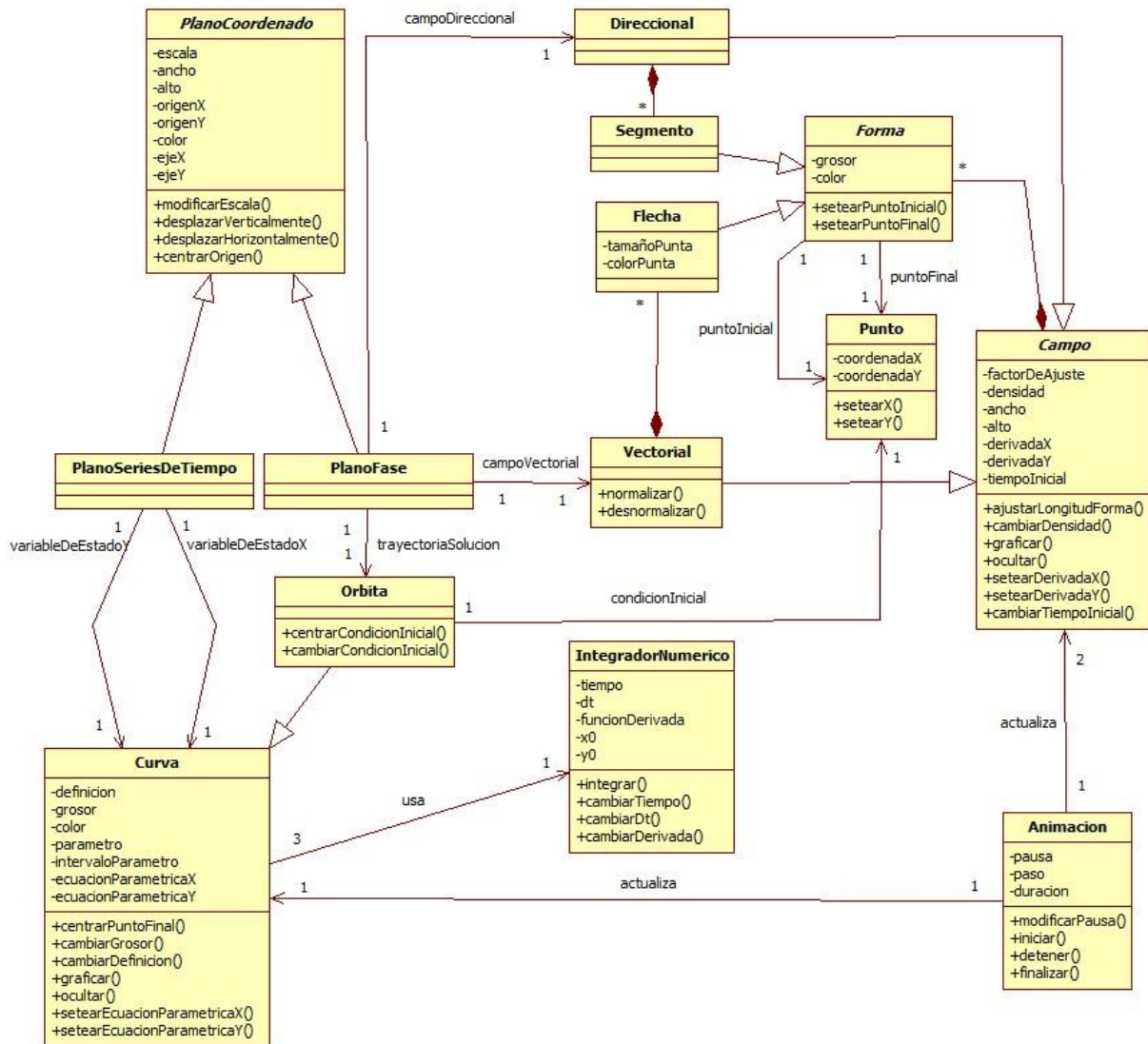


Figura 6.1. Diagrama de clases.

6.2. Interfaz de usuario

6.2.1. Esquema general de la pantalla

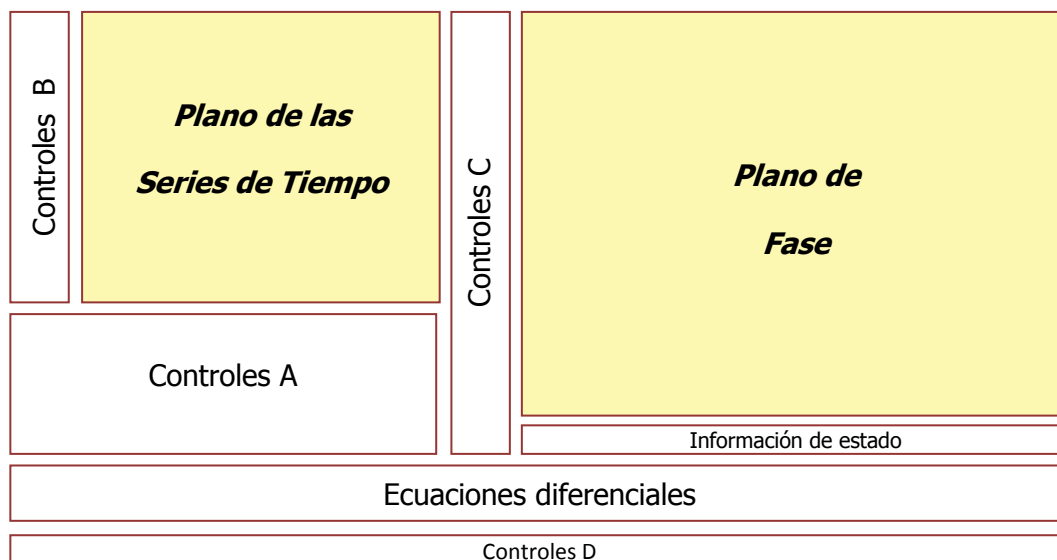


Figura 6.2. Diseño de interfaz de usuario.

6.2.2. Plano de las Series de Tiempo

Escena donde se visualiza un plano coordenado con las gráficas de las variables de estado $x(t)$ e $y(t)$.

Color del fondo: blanco.

Color de $x(t)$: naranja.

Color de $y(t)$: azul.

6.2.3. Plano de Fase

Escena donde se visualiza un plano coordenado con la gráfica del campo vectorial/direccional y la trayectoria solución.

Color del fondo: negro.

Color del campo vectorial: verde.

Color del campo direccional: beige.

Color de la trayectoria: amarillo.

Color del punto inicial de la trayectoria: rojo.

6.2.4. Ecuaciones diferenciales

Región de edición que contiene dos campos de texto para las ecuaciones diferenciales x' e y' .

6.2.5. Controles A

La tabla 6.1 detalla la región de campos numéricos y selectores de opciones cuya acción tiene efecto sobre el Plano de las Series de Tiempo y el Plano de Fase.

Tabla 6.1. Descripción de los controles A.

Etiqueta	Tipo	Dominio	Descripción
Lapso de tiempo	Numérico	real ≥ 0	Establece las unidades de tiempo durante las que se observará el comportamiento del sistema dinámico.
t_0	Numérico	real	Setea el valor inicial de la variable independiente tiempo.
x_0	Numérico	real	Setea el valor inicial de la variable de estado $x(t)$.
y_0	Numérico	real	Setea el valor inicial de la variable de estado $y(t)$.
Tipo	Selector	[“Vectorial” “Direccional” ”Ninguno”]	Selector que permite elegir el tipo de campo que se visualizará en el Plano de Fase.
Normalizar vectores	Selector	[“Sí” “No”]	Selector que ofrece las opciones de normalizar el campo vectorial o no. Estará visible si el tipo de campo seleccionado es “Vectorial”.
Tamaño	Numérico	real > 0	Factor de ajuste que permite escalar la longitud de los vectores/segmentos del campo vectorial/direccional graficado.
Separación	Numérico	real > 0	Modifica la densidad del campo graficado estableciendo las unidades de separación entre los vectores/segmentos.

6.2.6. Controles B

En la tabla 6.2 se describe el conjunto de botones y pulsadores cuya acción tendrá efecto sobre el Plano de las Series de Tiempo.

Tabla 6.2. Descripción de los controles B.


Etiqueta	Tipo	Acción
	Botón Pulsador	Restablece el zoom al 100%. Modifica la escala produciendo el efecto de aumento/disminución en un 10% del zoom actual.
	Botón Pulsador	Restablece el grosor por defecto de las curvas $x(t)$ e $y(t)$. Modifica el grosor de las curvas representativas de $x(t)$ e $y(t)$.
	Botón Pulsador	Restablece la definición por defecto de las curvas $x(t)$ e $y(t)$. Modifica la definición de las curvas representativas de $x(t)$ e $y(t)$.
	Botón	Provoca un desplazamiento del plano coordenado ubicando el origen temporal contra el margen izquierdo de la escena.
	Botón	Posiciona en el centro de la escena el punto final de la gráfica de $x(t)$, ocasionado el desplazamiento de los ejes coordenados.
	Botón	Muestra sólo la gráfica de $x(t)$. Habilita  y deshabilita  .
	Botón	Muestra las gráficas ambas variables de estado $x(t)$ e $y(t)$. Habilita los botones  y  .
	Botón	Muestra sólo la gráfica de $x(t)$. Habilita  y deshabilita  .
	Botón	Posiciona en el centro de la escena el punto final de la gráfica de $y(t)$, ocasionado el desplazamiento de los ejes coordenados.

6.2.7. Controles C

En la tabla 6.3 se detalla el conjunto de botones y pulsadores cuya acción tendrá efecto sobre el Plano de Fase y sobre los modos de operación de la aplicación.

Tabla 6.3. Descripción de los controles C.





Etiqueta	Tipo	Acción
	Botón Pulsador	Restablece el zoom al 100%. Modifica la escala produciendo el efecto de aumento/disminución en un 10% del zoom actual.
	Botón Pulsador	Restablece el grosor por defecto de la trayectoria solución. Modifica el grosor de la trayectoria solución.
	Botón Pulsador	Restablece la definición por defecto de la trayectoria solución. Modifica la definición de la trayectoria solución.
	Pulsador	Produce el desplazamiento horizontal del origen de coordenadas.
	Pulsador	Produce el desplazamiento vertical del origen de coordenadas.
	Botón	Provoca un desplazamiento del plano coordenado ubicando el origen en el centro de la escena.
	Botón	Posiciona en el centro de la escena el punto inicial de la trayectoria solución.
	Botón	Posiciona en el centro de la escena el punto final de la trayectoria solución.
	Botón	Muestra la trayectoria solución completa sin ejecutar la animación. Habilita el botón  .
	Botón	Oculto la trayectoria solución. Habilita el botón  .
	Botón	El sistema entra en Modo Ejemplo. Se habilita una galería de ejemplos predeterminados entre los cuales el usuario podrá elegir para visualizar.
	Botón	El sistema entra en Modo Edición. Habilita la región de edición de las ecuaciones diferenciales.

Etiqueta	Tipo	Acción
	Botón	Ofrece información general sobre el funcionamiento de la aplicación.

6.2.8. Controles D

La tabla 6.4 describe el conjunto de controles relacionados con las animaciones.

Tabla 6.4. Descripción de los controles D.

Etiqueta	Tipo	Dominio	Descripción
	Botón		Inicia la animación que muestra el comportamiento de las variables de estado (en el Plano de las Series de Tiempo) y el del campo vectorial y trayectoria solución (en el Plano de Fase).
	Botón		Pausa la animación y desactiva todos los controles.
	Botón		Resetea todas las variables asociadas a la animación.
Pausa [ms]	Numérico	entero ≥ 0	Setea el tiempo (en milisegundos) entre cada paso de la animación.
	Botón		Permite activar todos los controles luego de pausar la animación.

6.2.9. Información de estado

Región destinada a brindar información al usuario durante la operación de la aplicación:

- Mensajes de error y de advertencia
- Indicación del Modo en el que está operando el sistema
- Valor actualizado de la variable independiente *tiempo* durante la ejecución de animaciones.

6.3. Comportamiento

6.3.1. Modos de operación

Los modos de operación del sistema se reflejan en el diagrama de transición de estados de la figura 6.3.

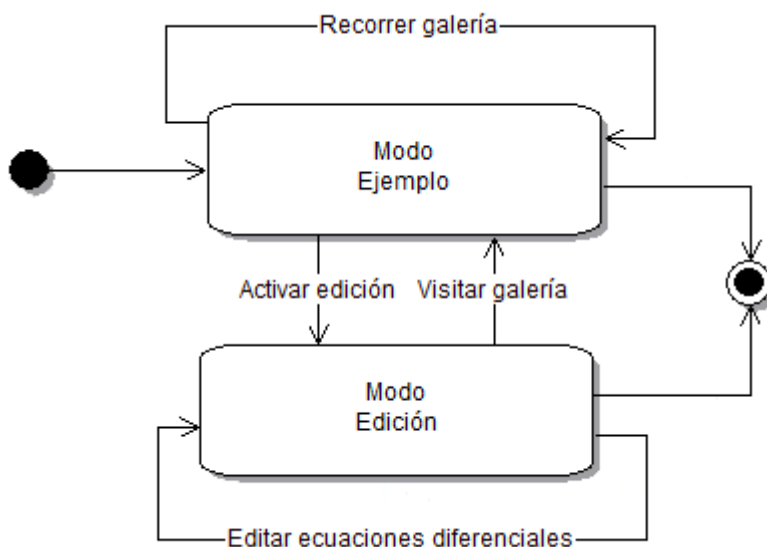


Figura 6.3. *Modos de operación del sistema.*

6.3.2. Dinámica de la aplicación

Tanto en el Modo Ejemplo como en el Modo Edición, el comportamiento de la aplicación se modela en el diagrama de transición de estados de la figura 6.4:

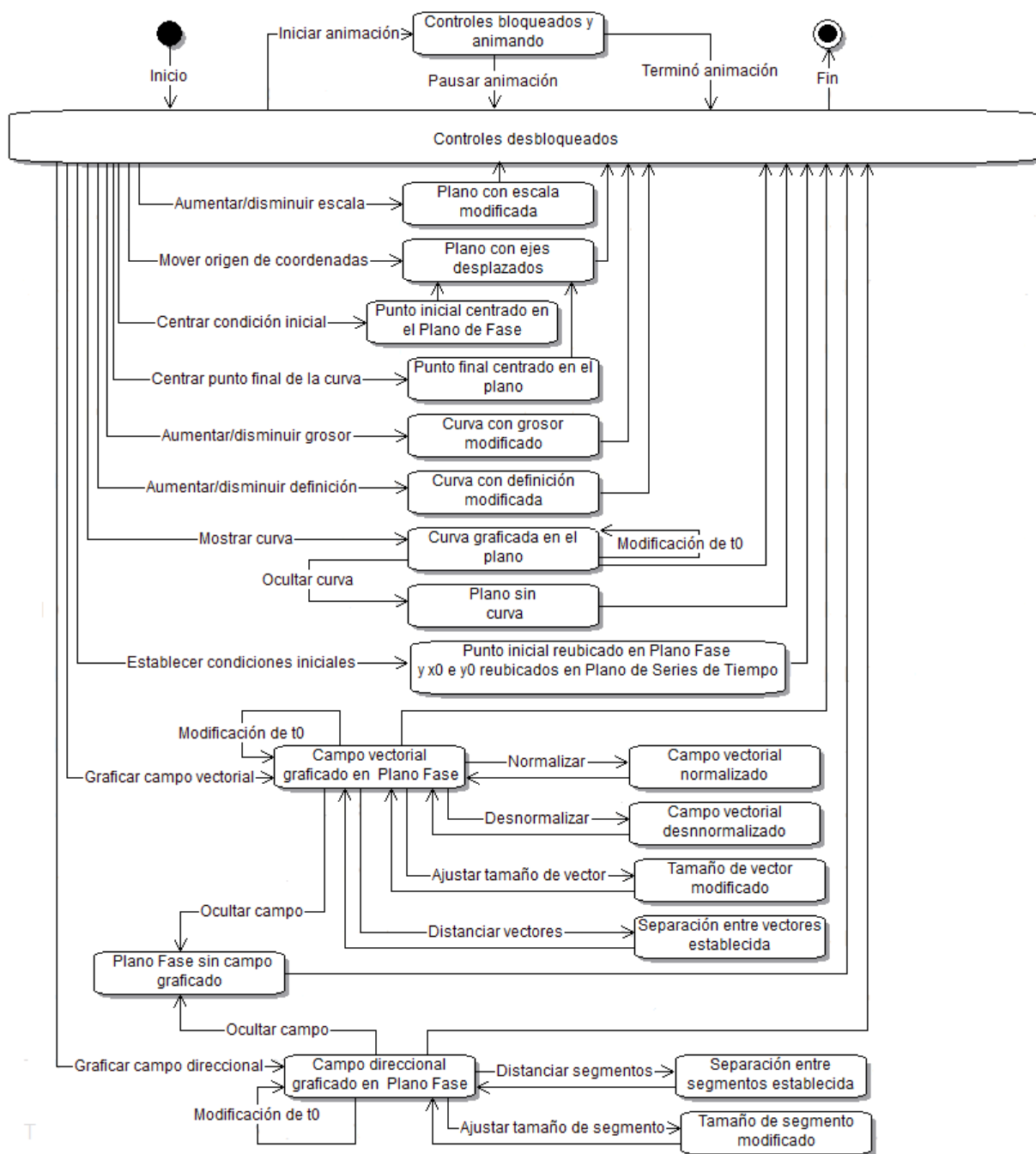


Figura 6.4. Dinámica de la aplicación.

CAPÍTULO VII: Pruebas

Los casos de prueba ejecutados, con su correspondiente información de depuración y screenshots (capturas de pantalla) generadas por el software, están recopilados en el Anexo. En este capítulo se realiza una somera descripción del proceso llevado a cabo.

7.1. Pruebas de unidad

Para detectar fallos en la lógica del proceso interno, los casos de prueba unitaria han sido diseñados a caja blanca. Se emplearon particiones de equivalencia, análisis de valores límite y también se recurrió a la conjetura de errores para idear las entradas.

Se utilizó el SAC Mathematica para contrastar las salidas obtenidas.

La documentación de cada caso de prueba se efectuó según la siguiente plantilla:

CPU _{xx}	Nombre del caso de prueba unitaria
Descripción	Enunciado de los objetivos de la prueba, indicando sus elementos, funcionalidades y acciones a ser ejercidas en el caso de prueba.
CU	Identificador del caso de uso vinculado al caso de prueba.
Estado	Nombre del estado vinculado al caso de prueba, según figura en el diagrama de la subsección 6.3.2.
Estados relacionados	Lista de estados por los que debió pasar la aplicación para ejecutar el caso de prueba.
Precondiciones	Condiciones que se deben cumplir para ejecutar el caso de prueba.
Dependencias con otros CP	Lista de los identificadores de los casos de prueba que deben ejecutarse antes de este caso o que deban volverse a ejecutar luego de las modificaciones introducidas en este caso de prueba. También se puede incluir una breve descripción de la naturaleza de estas dependencias.
Datos/acciones de entrada	Se especifica cada entrada que se requiere para ejecutar el caso de prueba. Estas entradas pueden ser valores o datos de entrada, y también secuencia acciones (por ejemplo presionar un botón). Cuando se requieran datos de entrada se indicarán las particiones de equivalencia y los valores límite.

CPU _{xx}	Nombre del caso de prueba unitaria
Resultado esperado	Se especifica la salida que se espera de la ejecución del caso de prueba con las entradas indicadas.
Resultado obtenido	Se describe el resultado real obtenido de la ejecución del caso de prueba. Si coincide con el resultado esperado se indicará la sigla IRE (Idem Resultado Esperado). Si difiere, se describirá el incidente encontrado. También se pueden incluir screenshots.
Información de debugging	Se indicará: <ul style="list-style-type: none"> ▪ “Corregido”, si luego del procedimiento de debugging pudieron corregirse los errores encontrados en el caso de prueba. ▪ “Pendiente”, si el debugging no fue realizado aún. ▪ “No corregido”, si el error no pudo detectarse o solucionarse durante el debugging. ▪ Comentarios que se consideren pertinentes.

Los casos de prueba unitaria ejecutados se detallan en el anexo A.3.

7.2. Pruebas de sistema

El conjunto de casos de pruebas de sistema se diseñaron con el objetivo de contrastar la funcionalidad y atributos de calidad de la aplicación contra la especificación formal de los requisitos del software. Se prepararon diferentes escenarios que involucran varios casos de uso para efectuar las pruebas funcionales, se realizaron pruebas de ejecución en diferentes navegadores (Chrome, FireFox e Internet Explorer) para comprobar la portabilidad de la aplicación y la correcta interacción con el intérprete Descartes, y se verificaron los aspectos de usabilidad especificados en los casos de uso.

Las pruebas funcionales se prepararon teniendo en cuenta el tipo de sistema dinámico (autónomo o no autónomo) y la clase de autovalores que posee. Cada caso de prueba consiste en una secuencia de acciones de interacción con la interfaz para detectar si frente a alguna combinación de eventos no puede lograrse la funcionalidad esperada de los casos de uso. Cada una de las acciones que deberán llevarse a cabo ya han sido probadas individualmente con el caso de prueba unitaria correspondiente. Por lo tanto, como resultado esperado de

cada caso de prueba de sistema debe obtenerse una secuencia de resultados esperados de prueba unitaria correspondientes a las acciones que se vayan ejecutando.

Las pruebas funcionales se documentaron según la siguiente plantilla:

CPS _{xx}	Nombre del caso de prueba de sistema
Descripción	Explicación del escenario que se está probando.
CU	Lista de casos de uso involucrados en el caso de prueba.
Precondiciones	Condiciones que deben cumplirse antes de ejecutar el caso de prueba.
Datos/acciones de entrada	Lista de acciones o seteos, uno por renglón, que deben realizarse.
Resultado obtenido	Se describe el resultado real obtenido de la ejecución del caso de prueba. Si coincide con el resultado esperado se indicará la sigla IRE (Idem Resultado Esperado). Si difiere, se describirá el incidente encontrado. También se pueden incluir screenshots.
Información de debugging	Se indicará: <ul style="list-style-type: none"> ▪ “Corregido”, si luego del procedimiento de debugging pudieron corregirse los errores encontrados en el caso de prueba. ▪ “Pendiente”, si el debugging no fue realizado aún. ▪ “No corregido”, si el error no pudo detectarse o solucionarse durante el debugging. ▪ Comentarios que se consideren pertinentes.

Los casos de prueba de sistema ejecutados se detallan en el anexo A.4.

7.3. Pruebas de aceptación

La cátedra de AM II ejecutó pruebas alfa para la validación de la funcionalidad y usabilidad de la aplicación.

En cuanto al cumplimiento de los requisitos funcionales, dio su aprobación total.

Respecto de la usabilidad, los casos de uso se han ejecutado dentro de los parámetros indicados en la especificación de cada uno de ellos. La documentación de ayuda y el lenguaje utilizado fue considerado apropiado y suficiente. El contenido icónico de la interfaz y el

layout general cubrió las expectativas de simpleza y consistencia interna. Los docentes observaron el problema que presentan las animaciones cuando se hace clic en la pantalla (ver CPU33 en el anexo A.3) y, ante la imposibilidad de corregir ese error, dieron su conformidad con la aparición del mensaje de advertencia.

CAPÍTULO VIII: Uso de DaVinci en el aula

Las demostraciones en el aula descritas en este capítulo pueden ser llevadas a cabo de dos formas, incluso, simultáneamente:

- El docente utiliza cañón para proyectar la aplicación en la pizarra blanca.
- El hecho de que los alumnos dispongan de esta herramienta permite que lleven sus notebooks al aula, y reuniéndose en grupos, puedan ellos mismos hacer experimentaciones.

Las posibilidades de uso no se agotan en los casos aquí expuestos. Una amplia gama de ejercicios van a ir surgiendo de la espontaneidad del docente y los alumnos durante el tratamiento de los temas.

A los efectos de que los screenshots se vean nítidos en la impresión del informe, el Plano Fase se muestra con fondo blanco y la trayectoria solución de color rojo.

8.1. Sistemas dinámicos

8.1.1. Método de resolución por eliminación

Cuando el docente explica el método de eliminación para resolver SL EDO puede plantear el siguiente ejercicio:

Dado el sistema bidimensional:

$$\begin{cases} x' = -3x + y & x_0 = 1 \\ y' = 4x - 3y & y_0 = 0 \end{cases}$$

- a) Resolverlo analíticamente mediante el método de eliminación.
- b) Dándole la interpretación física como campo de velocidad, donde para cada punto $(x; y)$ $\vec{v} = (-3x + y, 4x - 3y)$, graficarlo mediante el software y encontrar la trayectoria (en la unidad “Campos Vectoriales” este concepto se conoce como “línea de flujo”) que seguiría una partícula en el intervalo de tiempo $[0, 4]$ si se la suelta en $(1; 0)$ (Figura 8.1).
- c) ¿Por qué la partícula se fue desplazando cada vez más lentamente con el transcurso del tiempo?
- d) Comparar las gráficas de las series de tiempo con la solución analítica hallada (Figura 8.1).

- e) Ensayar con diferentes intervalos de tiempo: $[0; 5]$, $[0; 7]$ y $[0; 10]$. Utilizar el zoom para encontrar las coordenadas del punto final de la trayectoria en cada una de las simulaciones (Figuras 8.2, 8.3, 8.4 y 8.5).
- f) Buscar qué otras trayectorias seguiría la partícula en el intervalo de tiempo $[0; 10]$ si se la soltara en diferentes puntos del plano (Figuras 8.6, 8.7 y 8.8).
- g) ¿Qué se puede concluir si el tiempo tiende a infinito, independientemente de las condiciones iniciales (punto donde se suelta la partícula)?

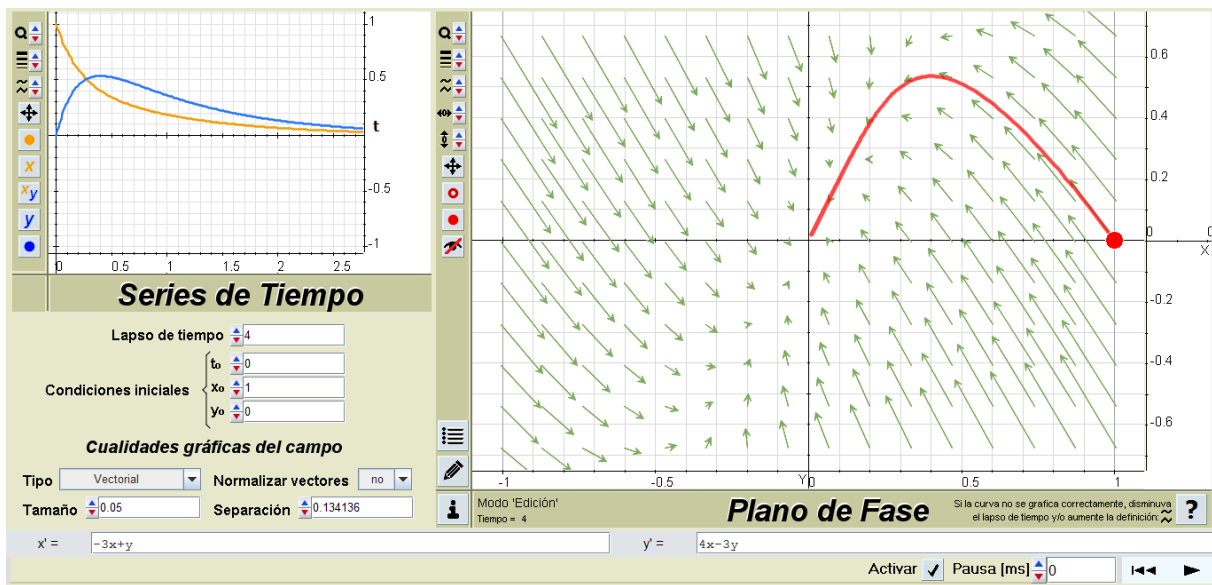


Figura 8.1. Trayectoria de la partícula en el intervalo $[0; 4]$.

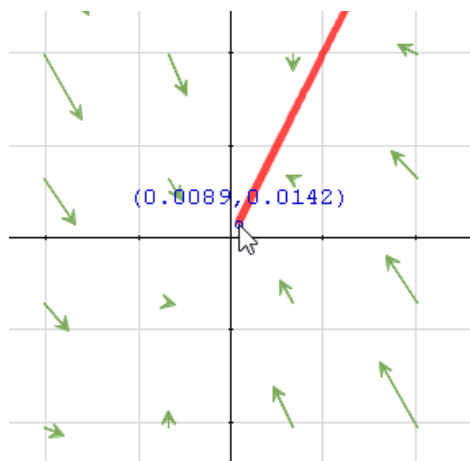


Figura 8.2. $t \in [0; 4]$.

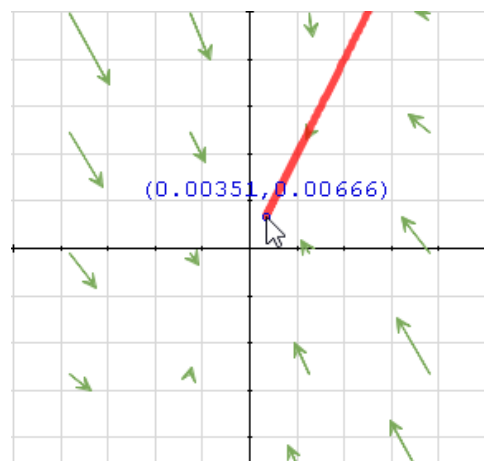


Figura 8.3. $t \in [0; 5]$.

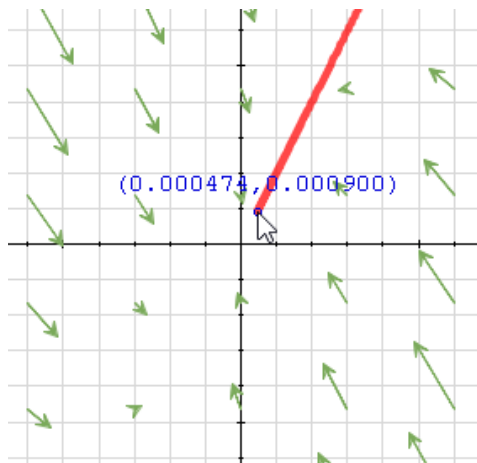


Figura 8.4. $t \in [0; 7]$.

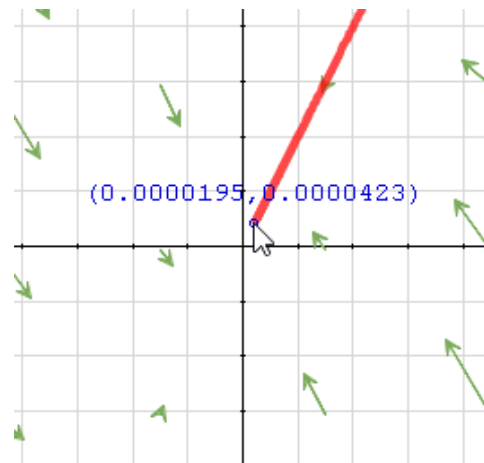


Figura 8.5. $t \in [0; 10]$.

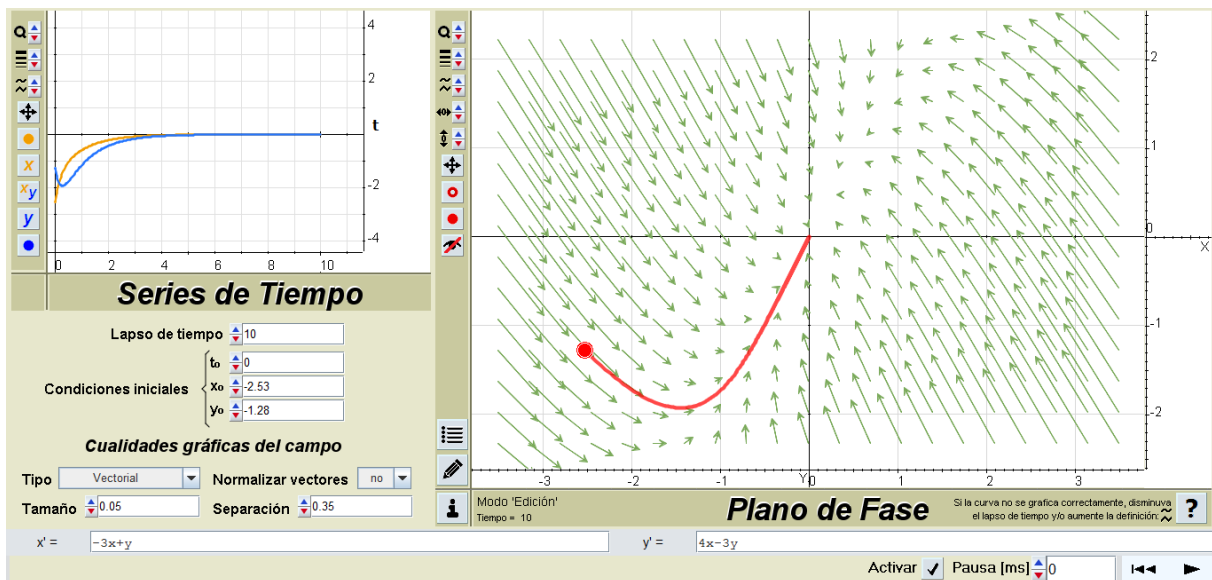


Figura 8.6. Trayectoria que pasa por el punto $(-2,53; -1,28)$.

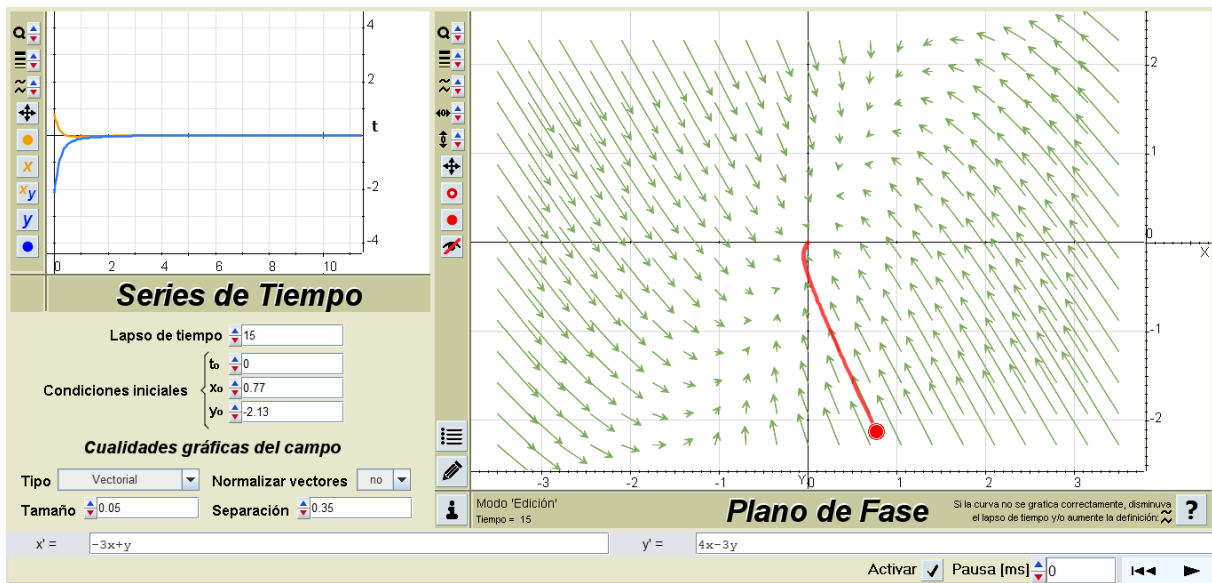


Figura 8.7. Trayectoria que pasa por el punto (0,77; -2,13).

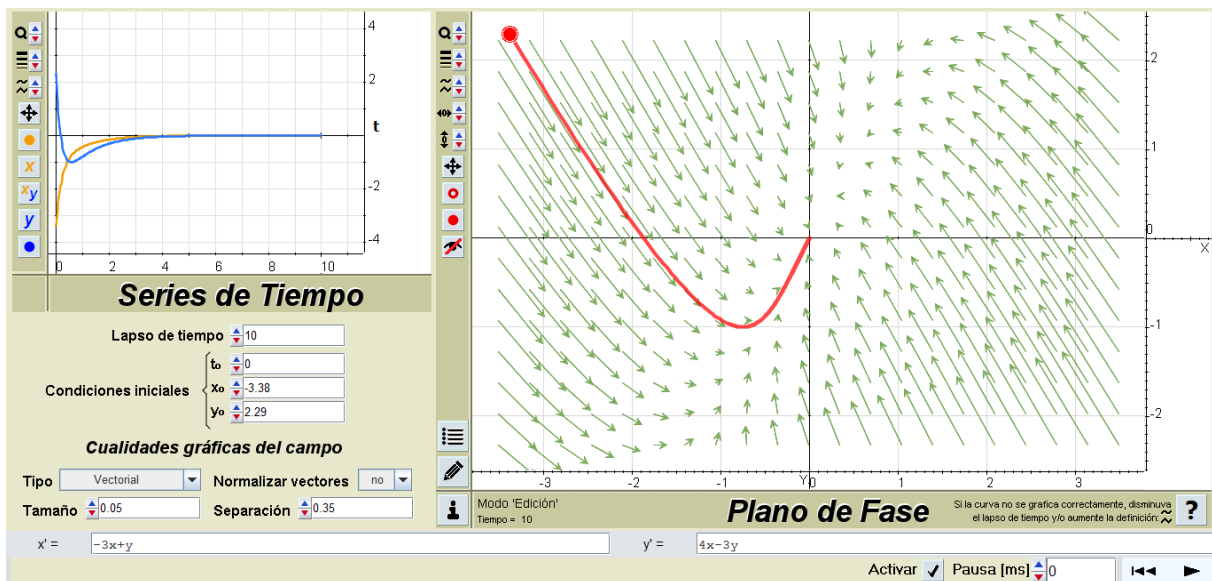


Figura 8.8. Trayectoria que pasa por el punto (-3,38; 2,29).

8.1.2. Teoría cualitativa

Durante el desarrollo de la teoría cualitativa, para analizar la estabilidad de los sistemas dinámicos autónomos, el docente puede plantear varios ejercicios para determinar la trayectoria (bajo la interpretación de línea de flujo) que seguirá una partícula que se suelta en el punto $P(x_0, y_0)$ quedando sujeta al campo de velocidad estacionario $\vec{v} = (x'; y')$ y pedirle a los alumnos que calculen los autovalores de la matriz del sistema y los relacionen con la forma de la trayectoria solución.

Ejercicio 8.1.2.1 (matriz del sistema con autovalores imaginarios puros)

$P(2,0)$; $\vec{v} = (4y; -x)$ (Figura 8.9).

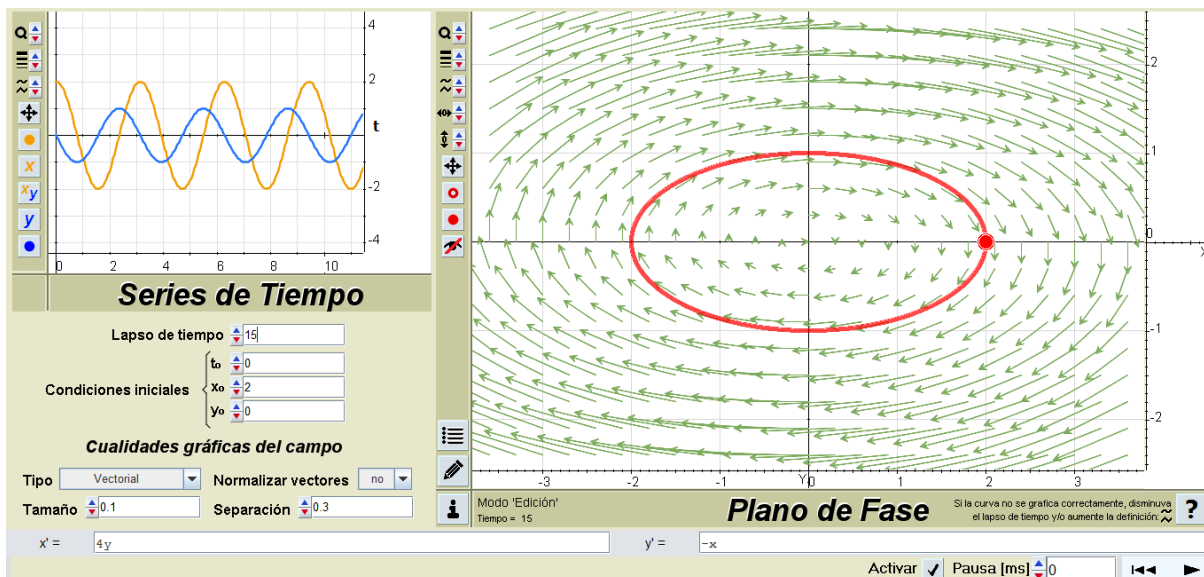


Figura 8.9. Matriz del sistema con autovalores imaginarios puros.

Ejercicio 8.1.2.2 (matriz del sistema con autovalores reales distintos y positivos)

$P(-1; 3)$; $\vec{v} = (3x - 2y; x)$ (Figura 8.10). El docente puede hacer notar que cualquiera sea (x_0, y_0) (el alumnado lo puede verificar moviendo en distintas direcciones el punto inicial de la trayectoria), si $t \rightarrow \infty$, entonces $|x| \rightarrow \infty$ y $|y| \rightarrow \infty$. La partícula se alejará del origen (Figuras 8.11, 8.12 y 8.13).

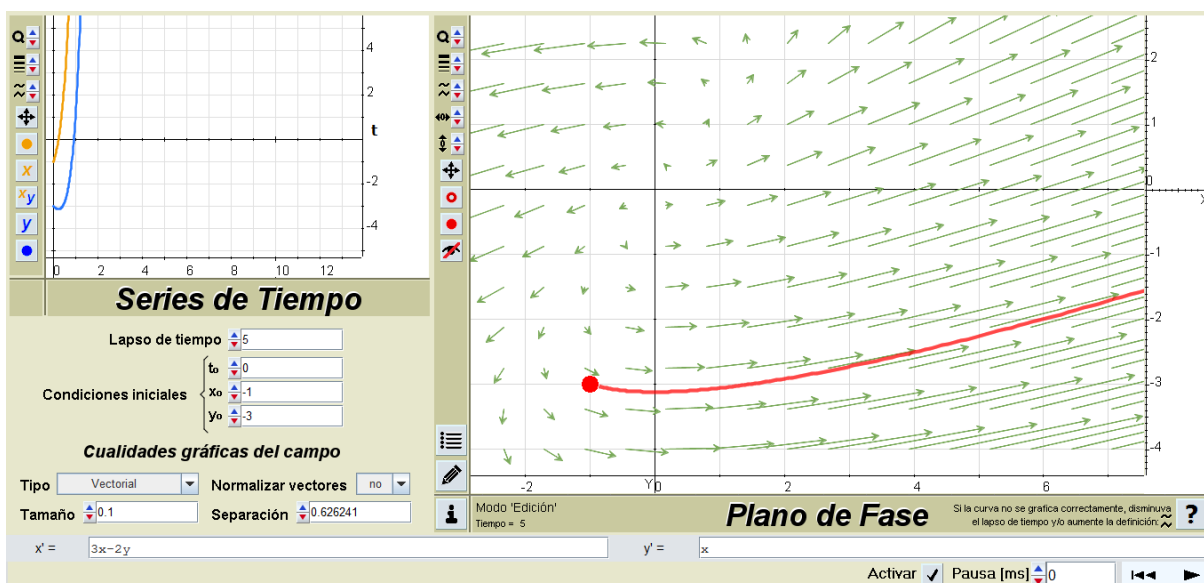
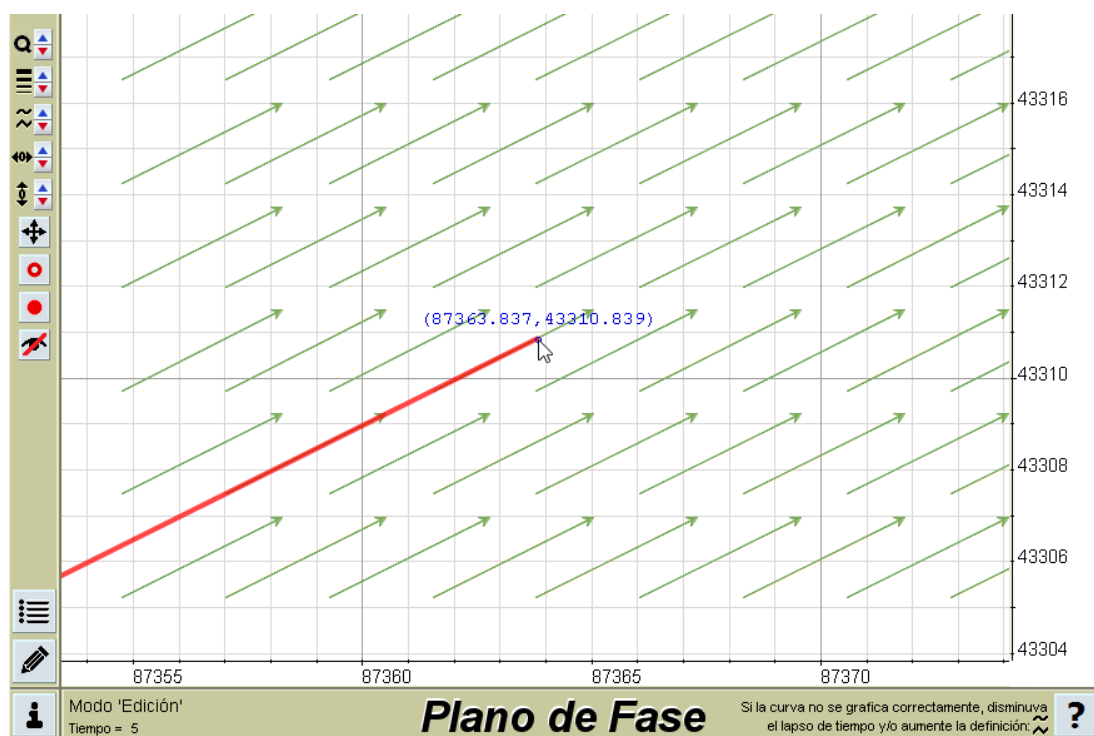


Figura 8.10. Matriz del sistema con autovalores reales distintos y positivos.



8.11. Posición de la partícula cuando $t = 5$.

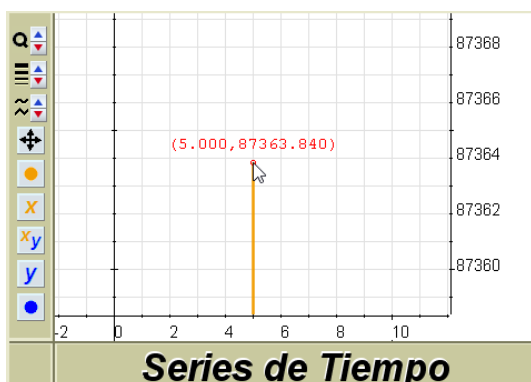


Figura 8.12. $x(5)$.

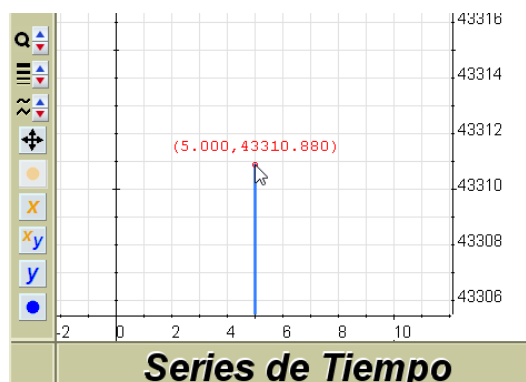


Figura 8.13. $y(5)$.

Ejercicio 8.1.2.3 (matriz del sistema con autovalores reales distintos y negativos)

$P(1; -2)$; $\vec{v} = (-3x + 2y; -x)$ (Figura 8.14). El docente puede mostrar que, cualquiera sea (x_0, y_0) , a medida que t aumenta, tanto x como y tienden a cero.

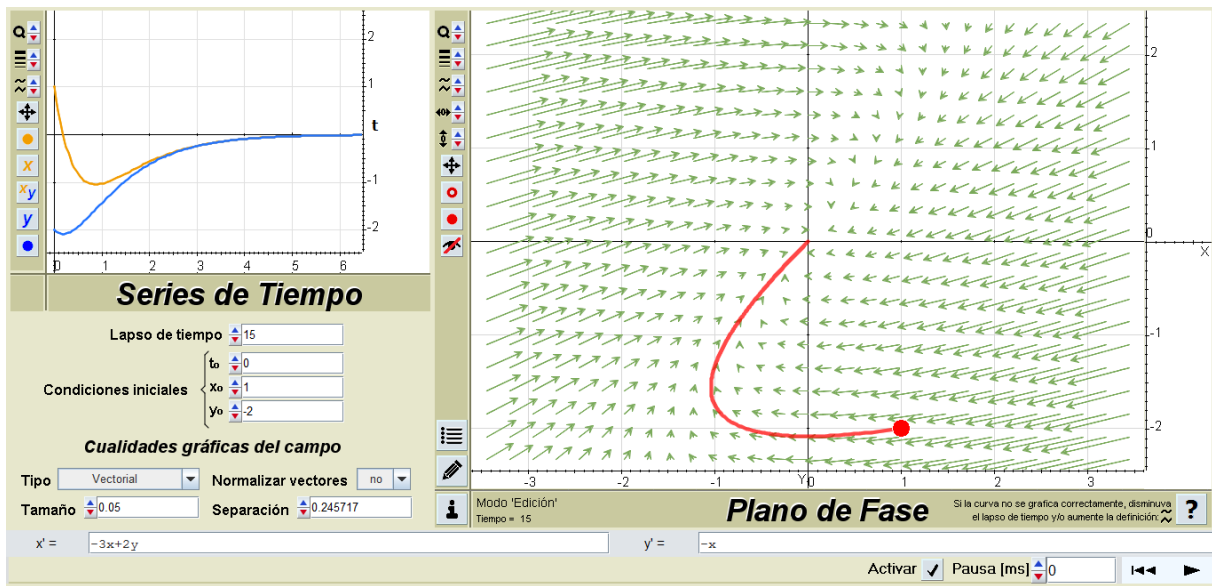


Figura 8.14. Matriz del sistema con autovalores reales distintos y negativos.

Ejercicio 8.1.2.4 (matriz del sistema con autovalores reales y de distinto signo)

$P(3; 1)$; $\vec{v} = (-3x + 4y; -2x + 3y)$ (Figura 8.15). El docente puede hacer notar que cualquiera sea (x_0, y_0) , a medida que t aumenta, tanto x como y aumentan en valor absoluto (Figura 8.16).

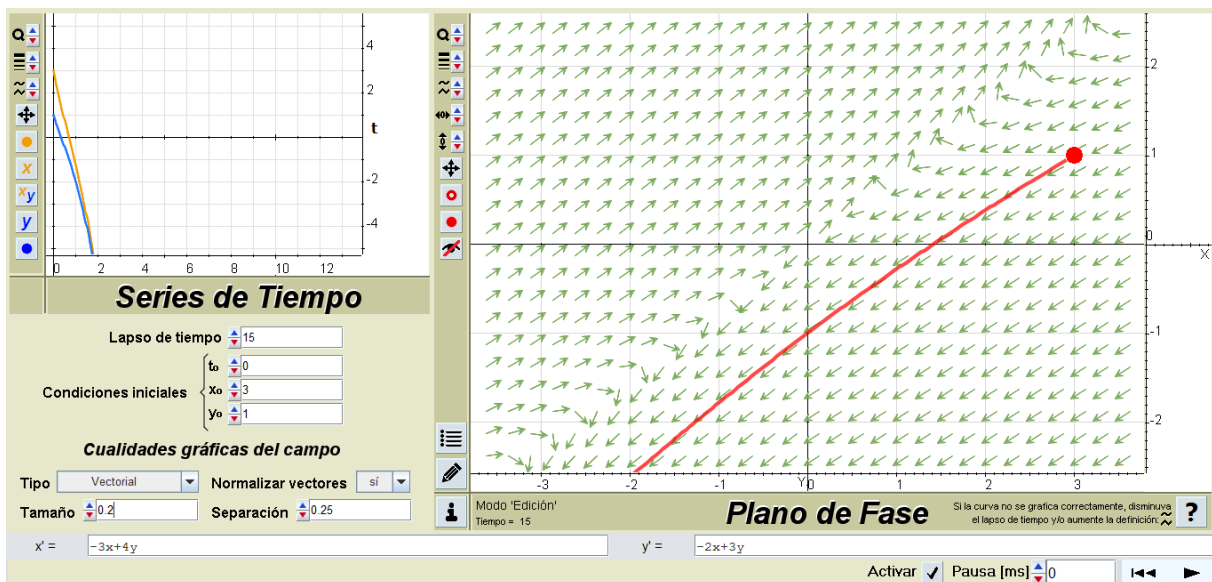


Figura 8.15. Matriz del sistema con autovalores reales y de distinto signo.

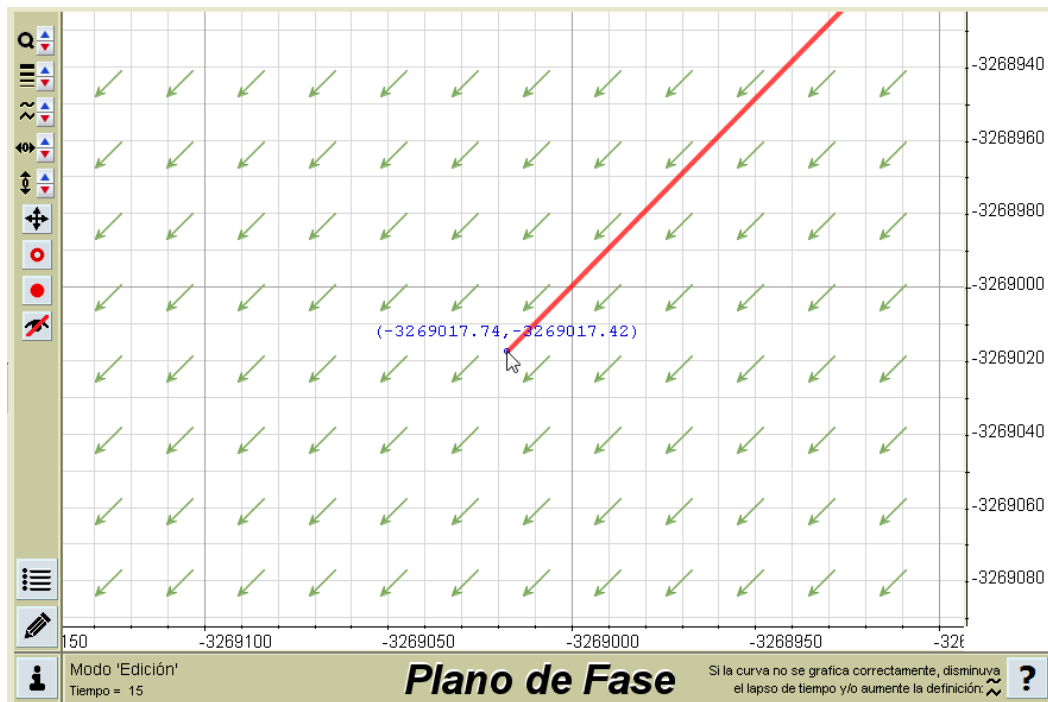


Figura 8.16. Cuando t tiende a infinito, x e y aumentan en valor absoluto.

Ejercicio 8.1.2.5 (matriz del sistema no diagonalizable con autovalor negativo)

$P(0; -2); \vec{v} = (3x - 2y; 8x - 5y)$ (Figura 8.17). Los alumnos pueden verificar manipulando el punto inicial que, cualquiera sea (x_0, y_0) , a medida que t aumenta, tanto x como y tienden a cero.

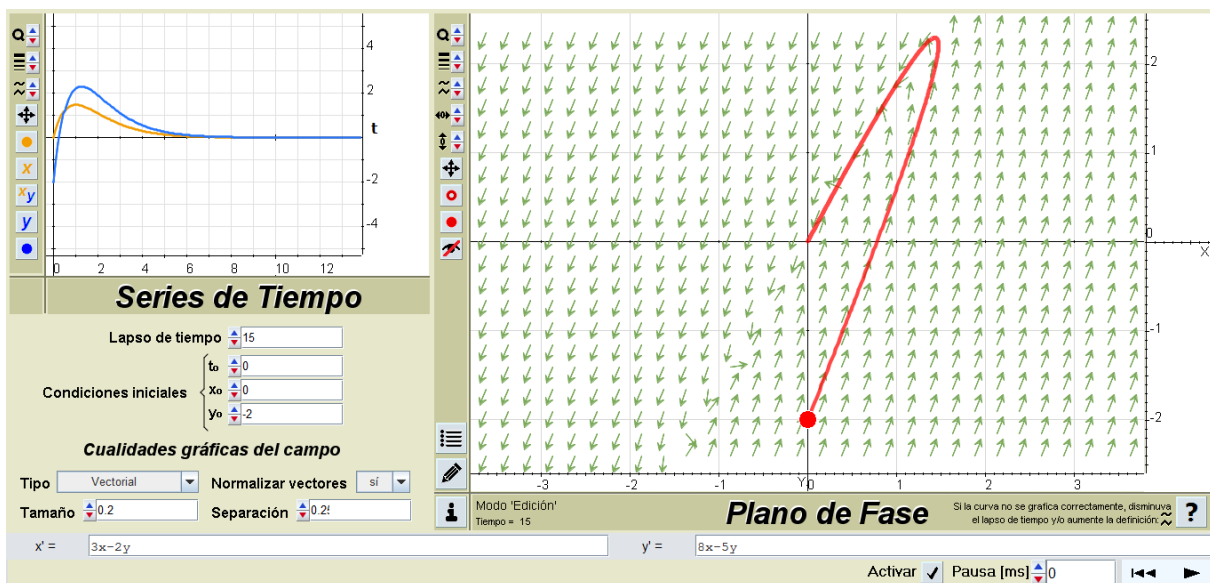


Figura 8.17. Matriz del sistema no diagonalizable con autovalor negativo.

Ejercicio 8.1.2.6 (matriz del sistema no diagonalizable con autovalor positivo)

$P(-0,65; 1,45)$; $\vec{v} = (-3x + 2y; -8x + 5y)$ (Figura 8.18). El docente puede hacer notar que cualquiera sea (x_0, y_0) , a medida que t aumenta, tanto x como y aumentan en valor absoluto (Figura 8.19).

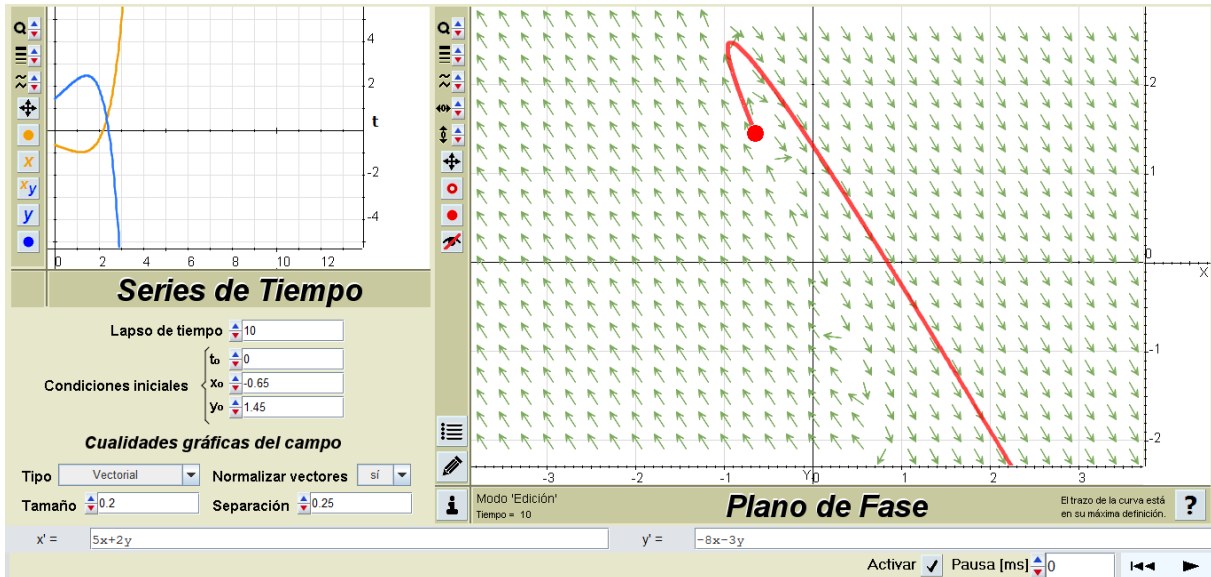


Figura 8.18. Matriz del sistema no diagonalizable con autovalor positivo.

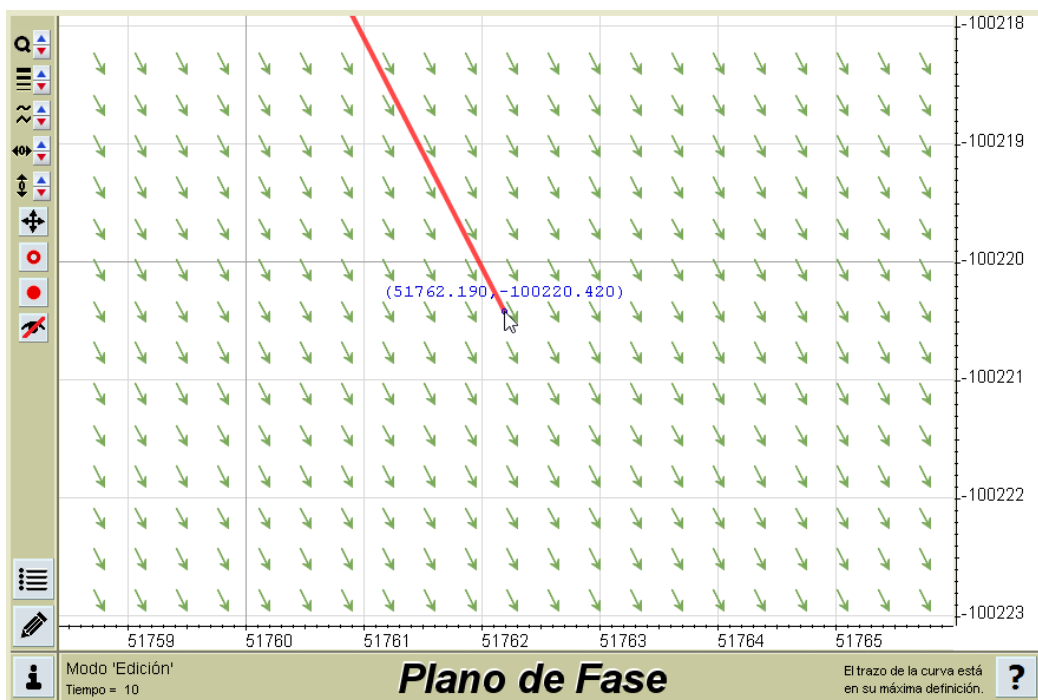


Figura 8.19. Cuando t tiende a infinito, x e y aumentan en valor absoluto.

Ejercicio 8.1.2.7 (matriz del sistema con autovalores complejos con parte real negativa)

$P(0; -2)$; $\vec{v} = (9x - 5y; 25x - 11y)$ (Figura 8.20). Los alumnos pueden verificar manipulando el punto inicial que, cualquiera sea (x_0, y_0) , a medida que t aumenta, tanto x como y tienden a cero.

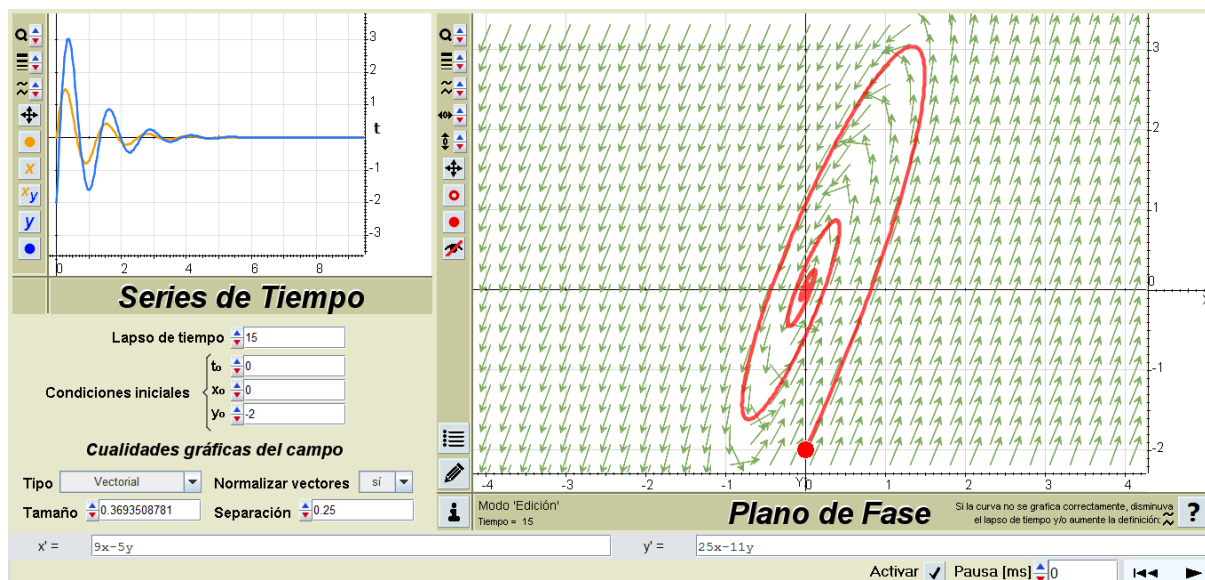


Figura 8.20. Matriz del sistema con autovalores complejos con parte real negativa.

Ejercicio 8.1.2.8 (matriz del sistema con autovalores complejos con parte real positiva)

$P(0; -2)$; $\vec{v} = (11x - 5y; 25x - 9y)$ (Figura 8.21). El docente puede hacer notar que cualquiera sea (x_0, y_0) , a medida que t aumenta, tanto x como y aumentan en valor absoluto.

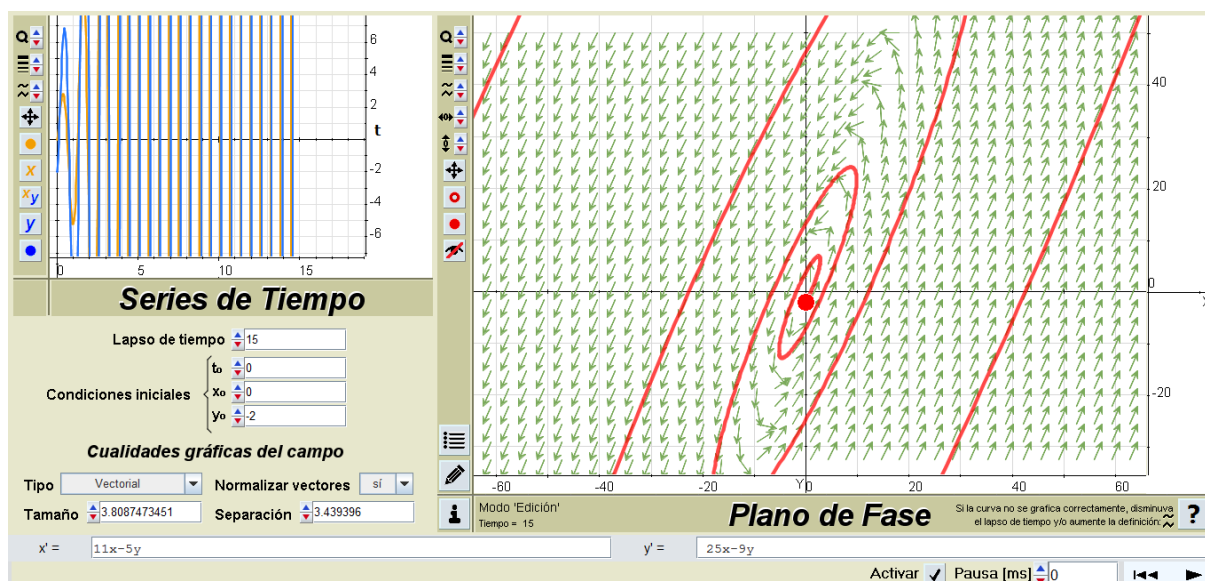


Figura 8.21. Matriz del sistema con autovalores complejos con parte real positiva.

Ejercicio 8.1.2.9

Cuando el docente explica que una característica de los sistemas autónomos es que la órbita (trayectoria solución del sistema) es independiente del valor de t_0 , los alumnos pueden verificarlo graficando, para $t_0 = 0$ (Screenshot 8.22), $t_0 = 2$ (Screenshot 8.23) y $t_0 = -2$ (Screenshot 8.24), la órbita del siguiente sistema:

$$\begin{cases} x' = 2x - y & (t_0) = 1 \\ y' = 5x - 2y & (t_0) = -1 \end{cases}$$

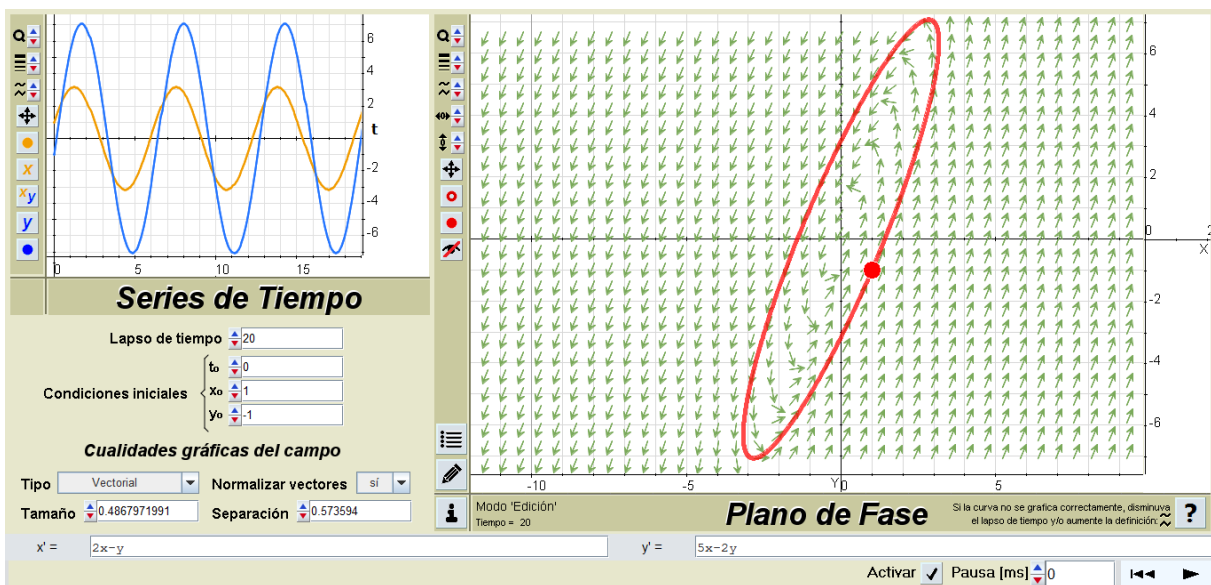


Figura 8.22. Trayectoria solución cuando $t_0 = 0$.

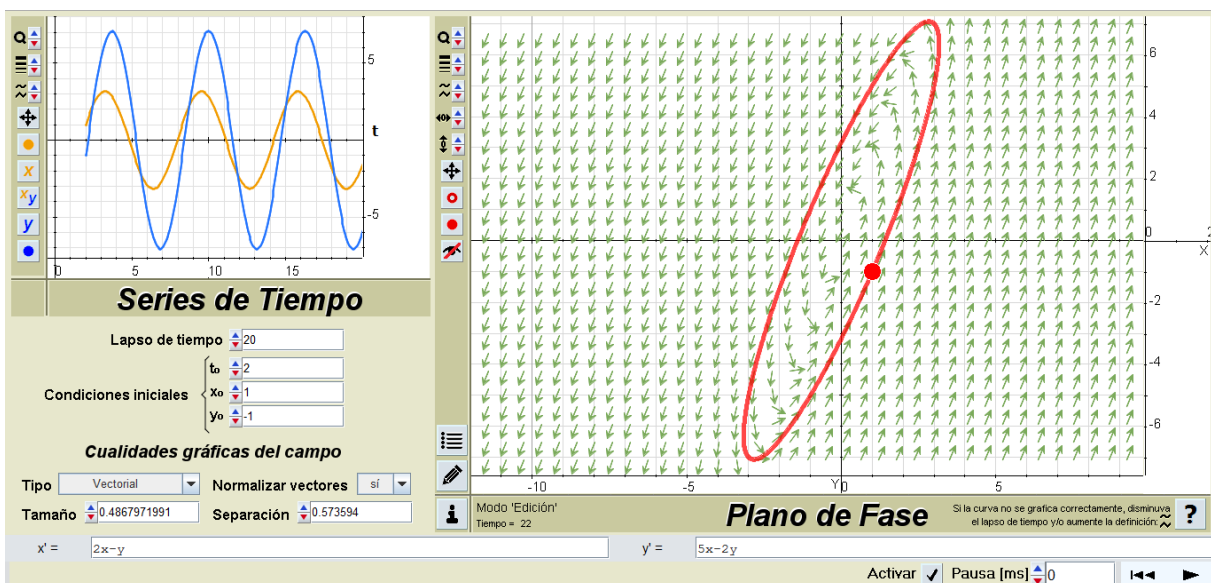


Figura 8.23. Trayectoria solución cuando $t_0 = 2$.

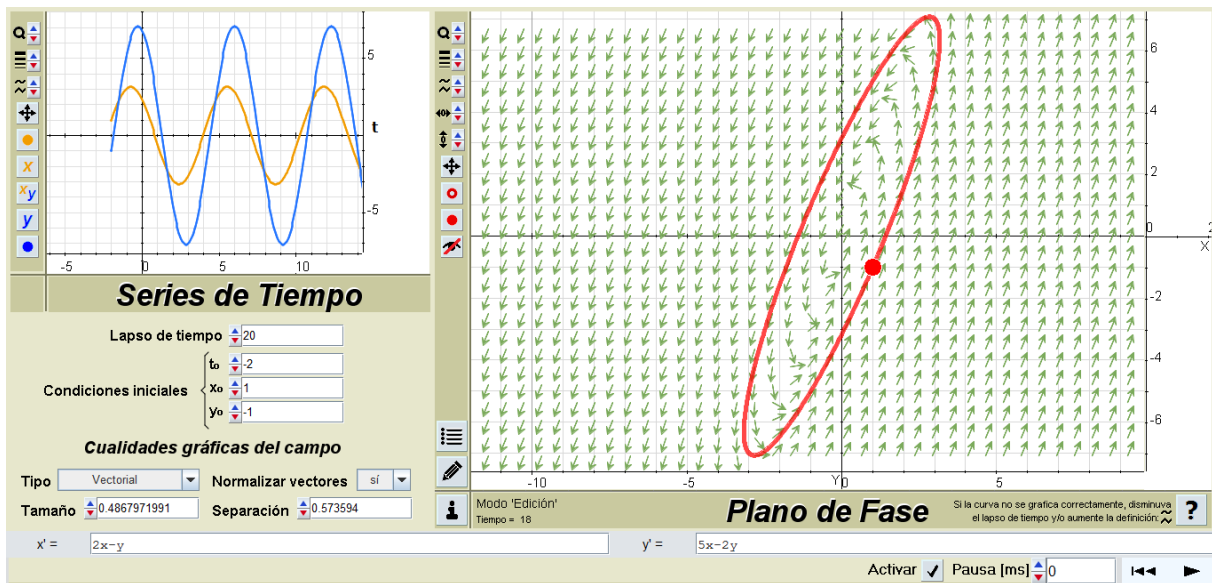


Figura 8.24. Trayectoria solución cuando $t_0 = -2$.

Los alumnos pueden comprobar mediante animaciones que si las gráficas correspondieran a trayectorias de tres móviles, éstos recorrerían el mismo camino, pero encontrándose cada uno en distintos puntos al mismo momento. En las figuras 8.25, 8.26 y 8.27 se muestra la posición de cada móvil en el momento $t \approx 4$.

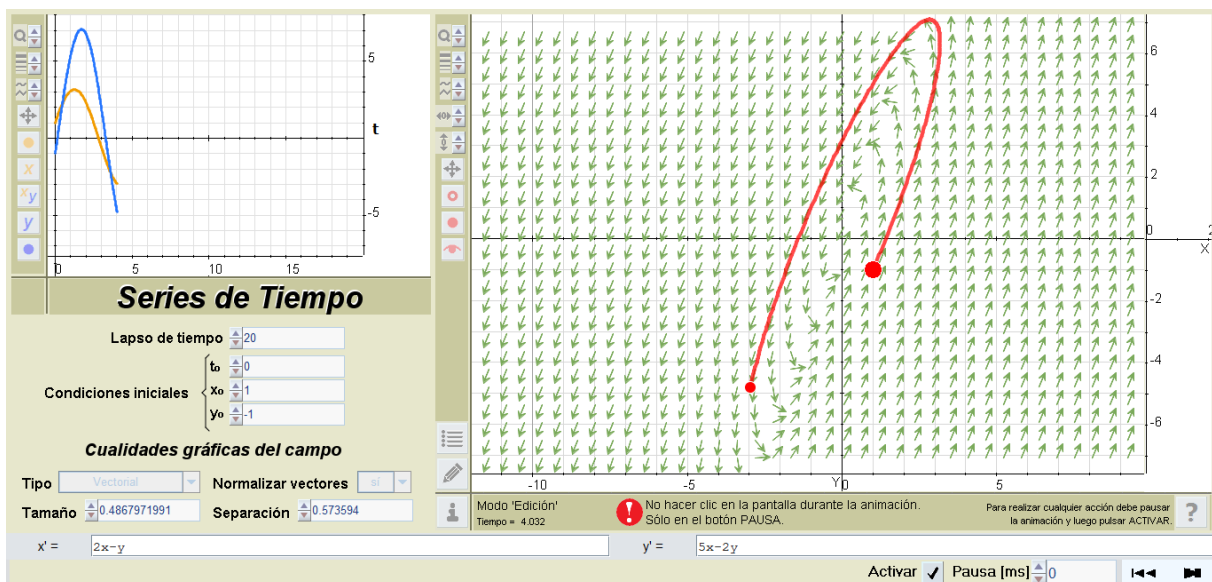


Figura 8.25. Posición del móvil en el instante $t \approx 4$, cuando $t_0 = 0$.

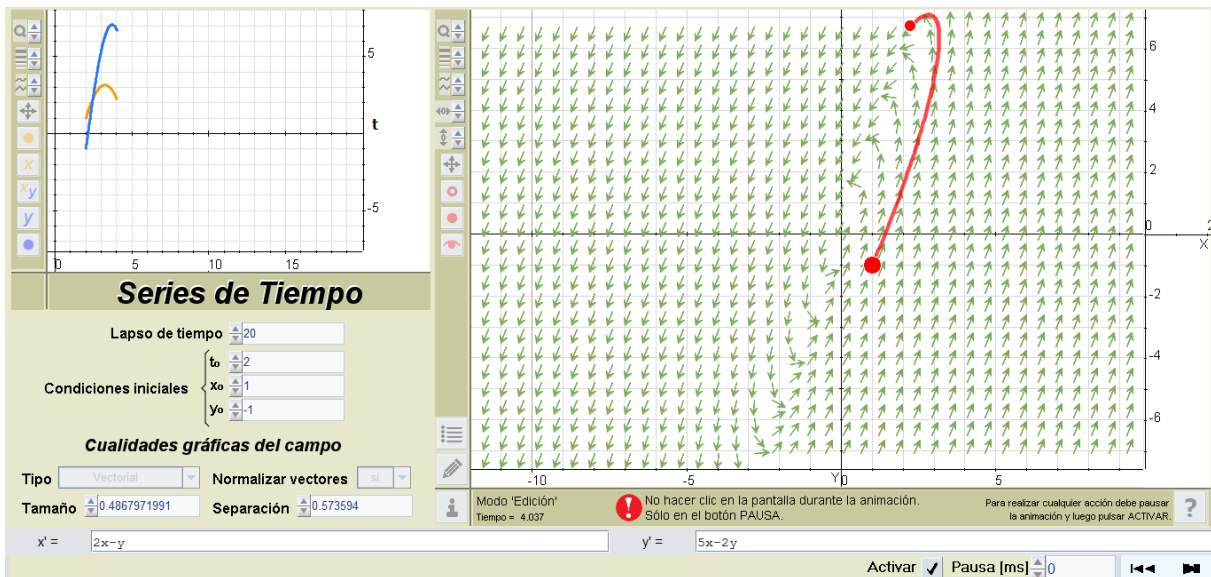


Figura 8.26. Posición del móvil en el instante $t \approx 4$, cuando $t_0 = 2$.

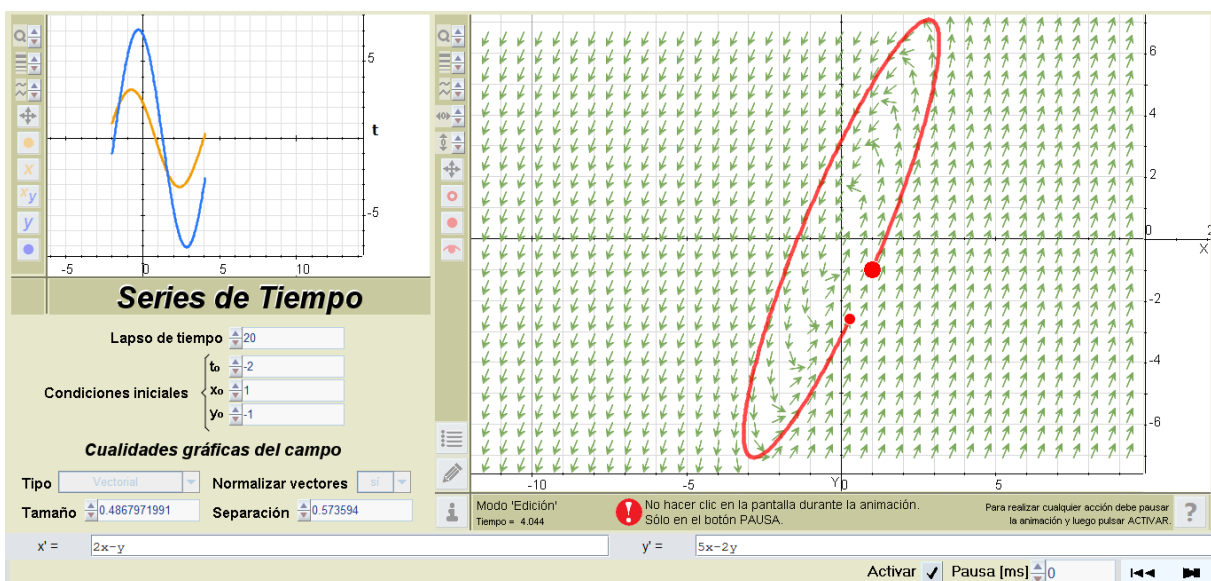


Figura 8.27. Posición del móvil en el instante $t \approx 4$, cuando $t_0 = -2$.

Ejercicio 8.1.2.10 (sistema masa-resorte)

Dada la ecuación $\frac{d^2x}{dt^2} + \frac{k}{m}x = 0$, que modela el movimiento armónico simple de una masa m unida a un resorte de constante elástica k sin considerar ninguna fuerza de fricción, el docente la reescribe como un sistema de ecuaciones diferenciales, explicando que y representa la velocidad de m y x representa su posición:

$$y = \frac{dx}{dt}$$

$$\frac{dy}{dt} = \frac{d^2x}{dt^2}$$

➔

$$\begin{cases} \frac{dx}{dt} = y \\ \frac{dy}{dt} = -\frac{k}{m}x \end{cases}$$

Suponiendo $\frac{k}{m} = 1$, la masa m en posición inicial 0 (esto es, $x_0 = 0$) y con velocidad inicial 1 (es decir, $y_0 = 1$), puede utilizarse DaVinci para analizar junto a los alumnos el comportamiento del resorte mediante una animación que el docente irá pausando para sacar conclusiones (Figuras 8.28, 8.29, 8.30 y 8.31).

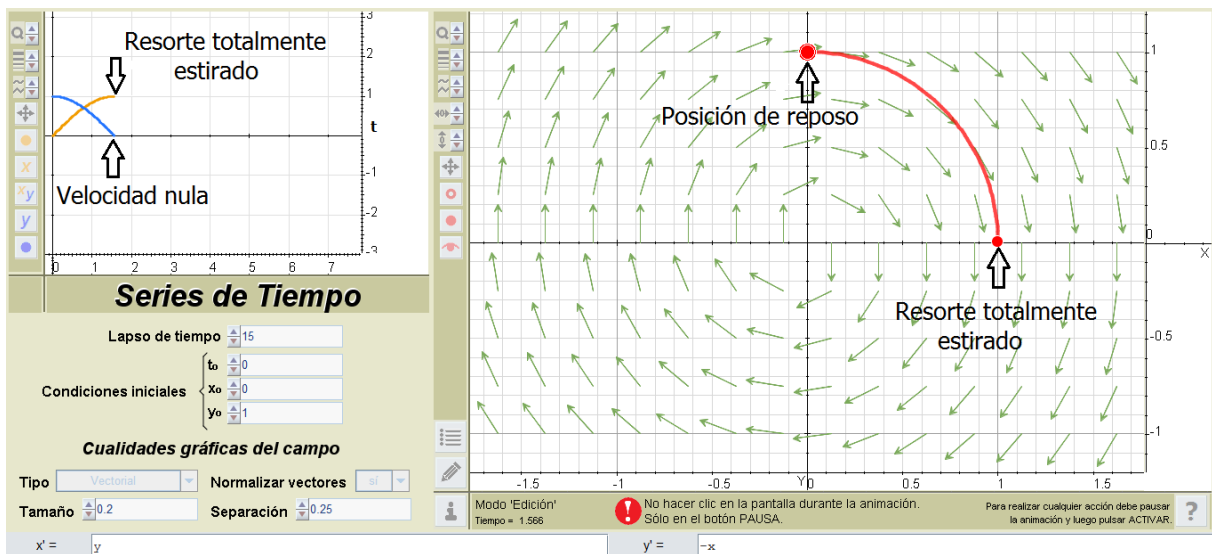


Figura 8.28. Resorte totalmente estirado.

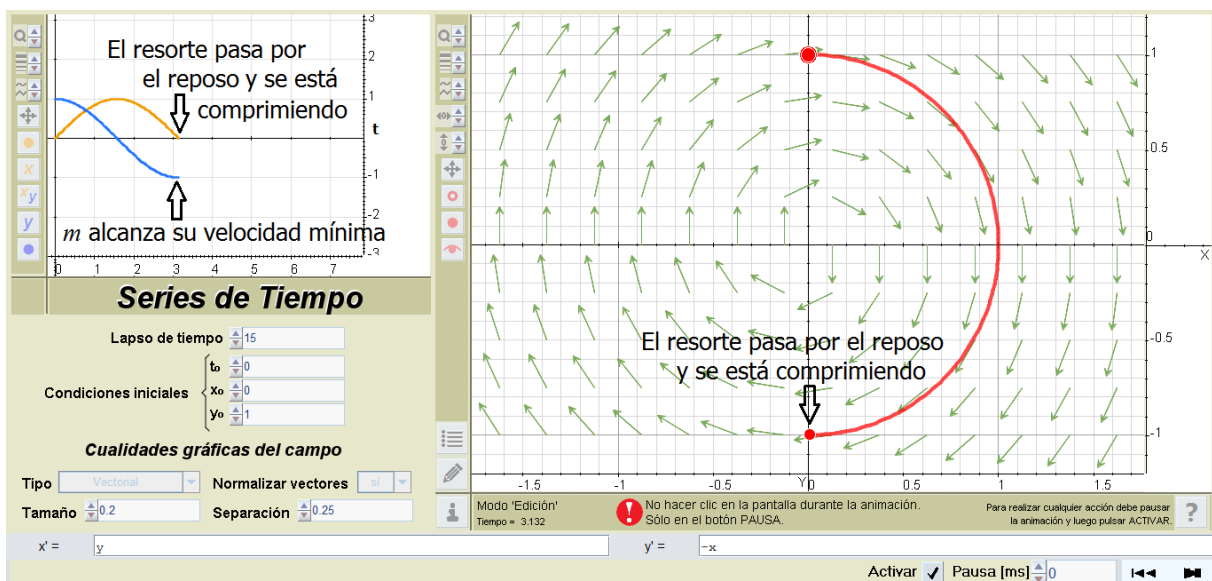


Figura 8.29. Resorte en reposo.

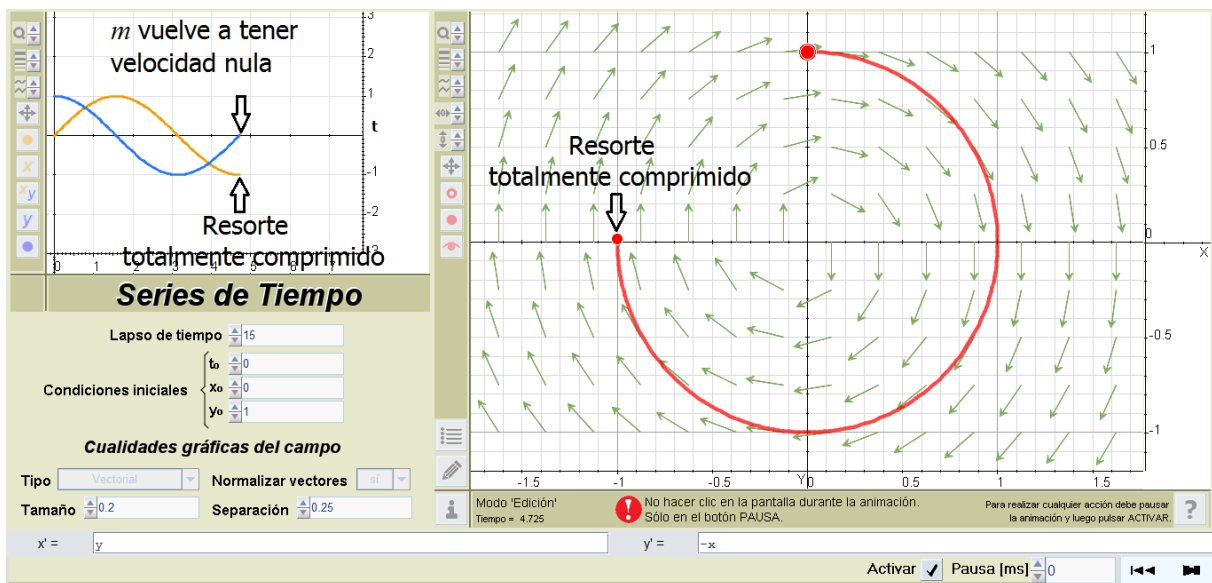


Figura 8.30. Resorte totalmente comprimido.

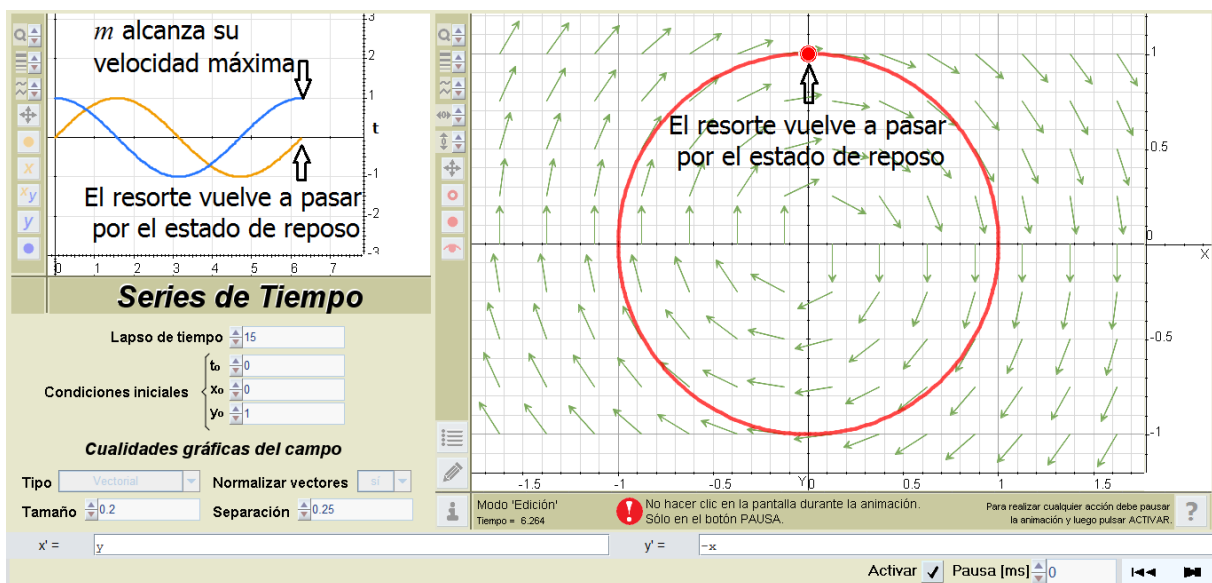


Figura 8.31. Resorte nuevamente en estado de reposo.

Ejercicio 8.1.2.11

Como actividad integradora y con el apoyo de la galería de ejemplos de sistemas autónomos, los alumnos completarán una tabla resumen, donde lo que deben consignar en cada columna es lo siguiente:

- $x(t)$ e $y(t)$: escribir la solución general
- $x(t) \rightarrow$: indicar ∞ , 0 u “oscilante”
- $y(t) \rightarrow$: indicar ∞ , 0 u “oscilante”

- Equilibrio: caracterizar como “inestable”, “estable” o “asintóticamente estable”
- Órbita: completar con “semejante a semirrecta o parábola”, “semejante a semirrecta o hipérbola”, “elipse” o “espiral”
- Punto crítico: indicar “nodo”, “punto de silla”, “centro” o “foco”

Tabla 8.1. Teoría cualitativa – Actividad integradora.

Autovalores	$x(t)$ e $y(t)$	$t \rightarrow \infty$		Equilibrio	Órbita	Punto crítico
		$x(t) \rightarrow$	$y(t) \rightarrow$			
Reales	$\lambda_1 > \lambda_2 > 0$					
	$\lambda_1 < \lambda_2 < 0$					
	$\lambda_1 = \lambda_2 < 0$					
	$\lambda_1 = \lambda_2 > 0$					
	$\lambda_1 < 0 < \lambda_2$					
Complejos $\lambda_{1,2} = \alpha \pm \beta i$	$\lambda_{1,2} = \pm \beta i$					
	$\alpha < 0$					
	$\alpha > 0$					

Ejercicio 8.1.2.12

Cuando el docente explica que los sistemas no autónomos tienen órbitas dependientes del valor de t_0 , los alumnos pueden verificarlo graficando mediante una animación, para $t_0 = 0$ (Figura 8.32), $t_0 = 2$ (Figura 8.33) y $t_0 = -2$ (Figura 8.34), la órbita del siguiente sistema (el campo no se muestra en ninguna de las figuras porque varía dinámicamente):

$$\begin{cases} x' = 0,1x - y - 2 & x(t_0) = 1 \\ y' = 5x - 0,2y + t & y(t_0) = -1 \end{cases}$$

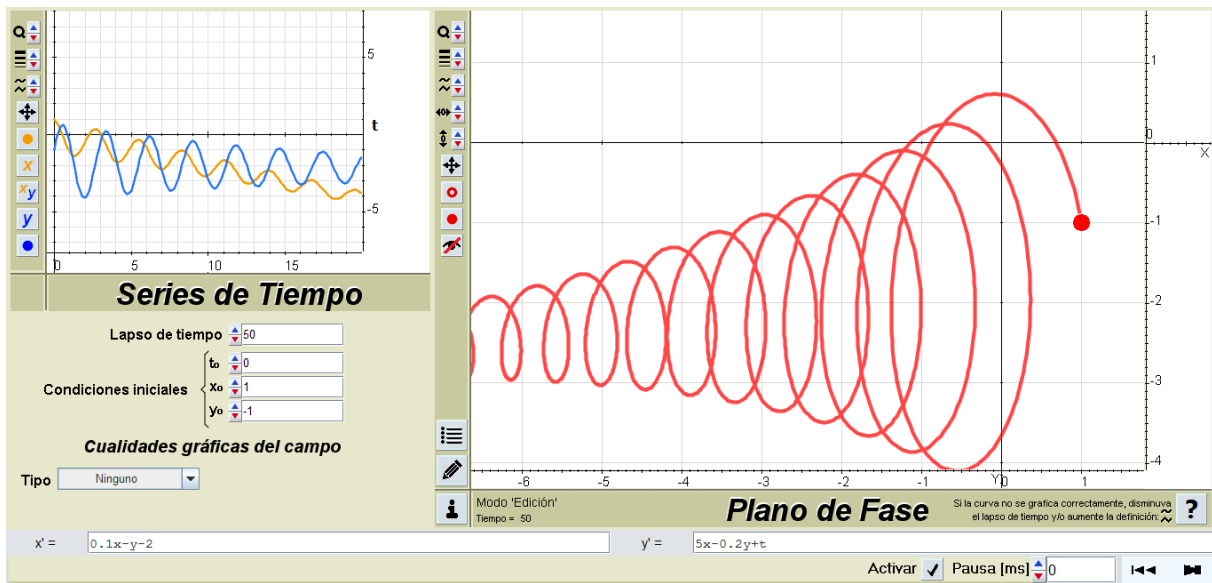


Figura 8.32. Trayectoria solución para $t_0 = 0$.

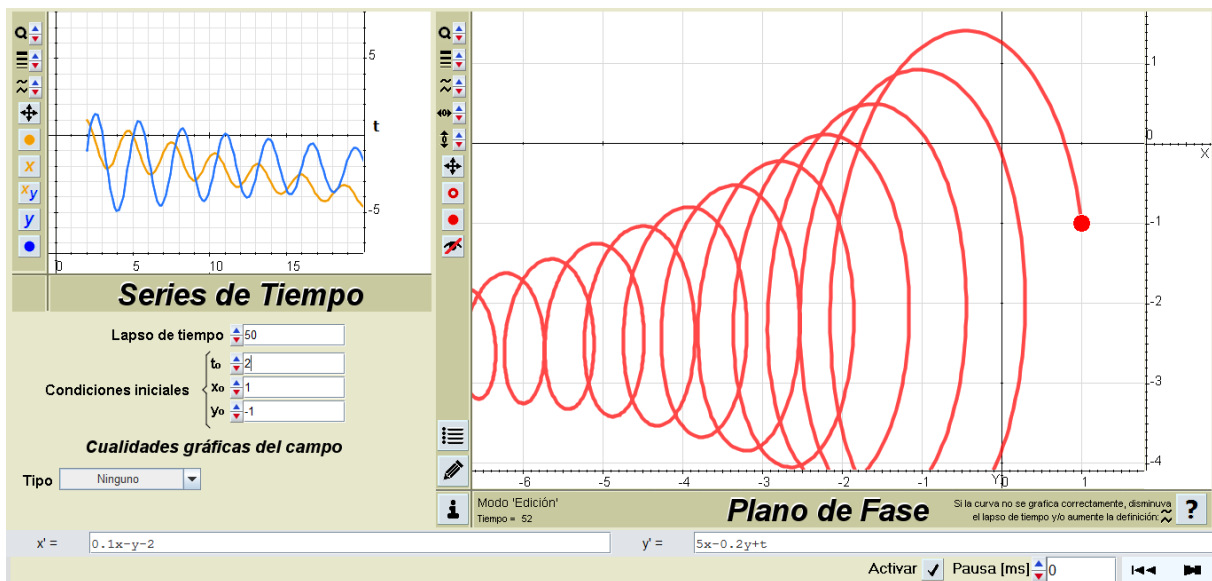


Figura 8.33. Trayectoria solución para $t_0 = 2$.

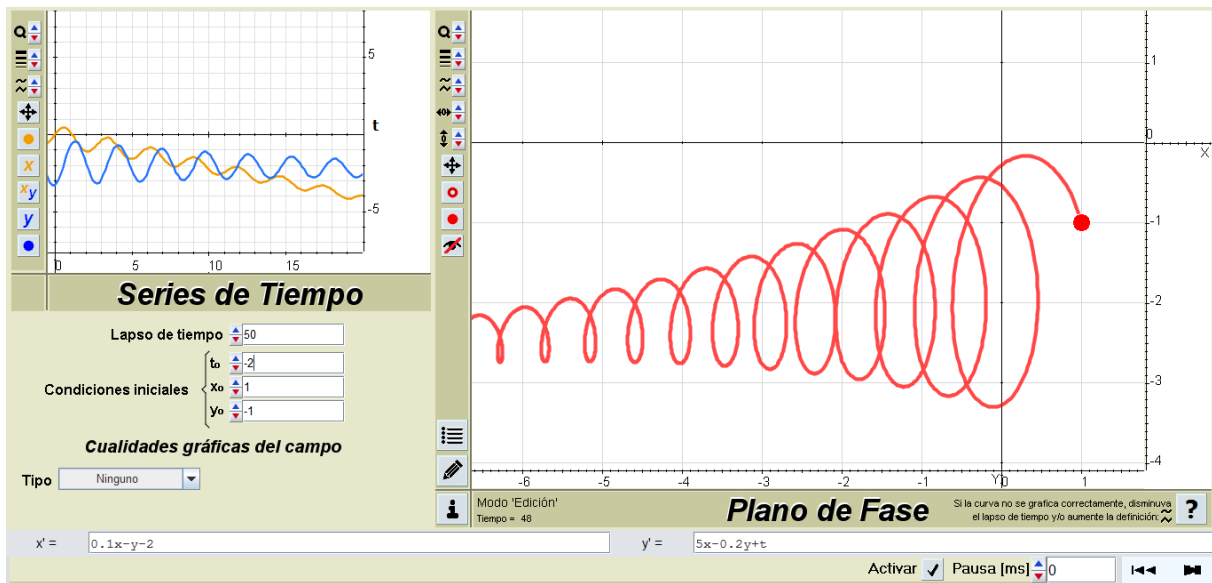


Figura 8.34. Trayectoria solución para $t_0 = -2$.

8.2. Otros usos

8.2.1. Unidad IV “Campos vectoriales”

Durante el desarrollo de esta unidad son necesarias las visualizaciones de campos vectoriales. Con el SAC Mathematica, el profesor podía solamente proyectarle a los alumnos campos de velocidades estacionarios (que no dependen del tiempo).

Por su relevancia en física, el concepto de campo vectorial no estacionario (aquél que varía con el tiempo) se incorporó en el material de la cátedra redactado por el ingeniero Pampiglioni en el 2009. A partir del 2015, al disponer de DaVinci, dichos campos podrán ser visualizados dinámicamente en clase (además de los que ya podían mostrarse con Mathematica). Esto permitirá sentar las bases para que a futuro se retome, a través del concepto de trayectorias de flujo de estos campos, el tema “sistemas de ecuaciones diferenciales no homogéneos o no autónomos” en la unidad V.

Para que el alumno pueda formar una idea cabal de la gráfica del campo obtenida con el software deberá trabajar con diferentes niveles de zoom; según la conveniencia, tendrá que setear que los vectores se normalicen o no, deberá escalarlos o modificar la densidad del campo para obtener visualizaciones satisfactorias. Si bien las gráficas son posibles únicamente en \mathbb{R}^2 , permitirán que el alumno pueda hacer las abstracciones de lo que sucede con campos en \mathbb{R}^3 .

En la guía de trabajos prácticos se propone graficar campos estacionarios bidimensionales cuyas ecuaciones son muy sencillas, de modo que el alumno pueda hacerlo con lápiz y papel. Con DaVinci, se amplía el abanico de posibilidades y se puede “jugar” interactivamente con las componentes del campo para obtener conclusiones entre la expresión algebraica de las mismas y la gráfica obtenida.

El software, además, puede constituirse en un medio para que el alumno (aún sin saber resolver ecuaciones y sistemas de ecuaciones diferenciales, ya sean lineales o no lineales) aprehenda el concepto de “líneas de flujo” o “líneas de corriente”. Dicho concepto es neurálgico en cualquier rama de la ingeniería, por ejemplo, electromagnetismo, flujo eléctrico (trazos hipotéticos que seguiría una carga de prueba si se coloca en la vecindad de una distribución de cargas) y líneas de presión (éstas son ortogonales a las que indican cómo escurre el agua en las presas).

Ejercicio 8.2.1.1

- Usar un diagrama del campo vectorial $\vec{F}(x, y) = (x, -y)$ para dibujar algunas líneas de flujo. A partir de los diagramas, ¿puede deducir las ecuaciones de las líneas de flujo?
- Si las ecuaciones paramétricas de una línea de flujo son $x = x(t)$, $y = y(t)$, explique por qué satisfacen las ecuaciones diferenciales $\frac{dx}{dt} = x$; $\frac{dy}{dt} = -y$. Después, resuelva estas últimas para determinar la ecuación de la línea de flujo que pasa por el punto (1,1) (Figura 8.35).

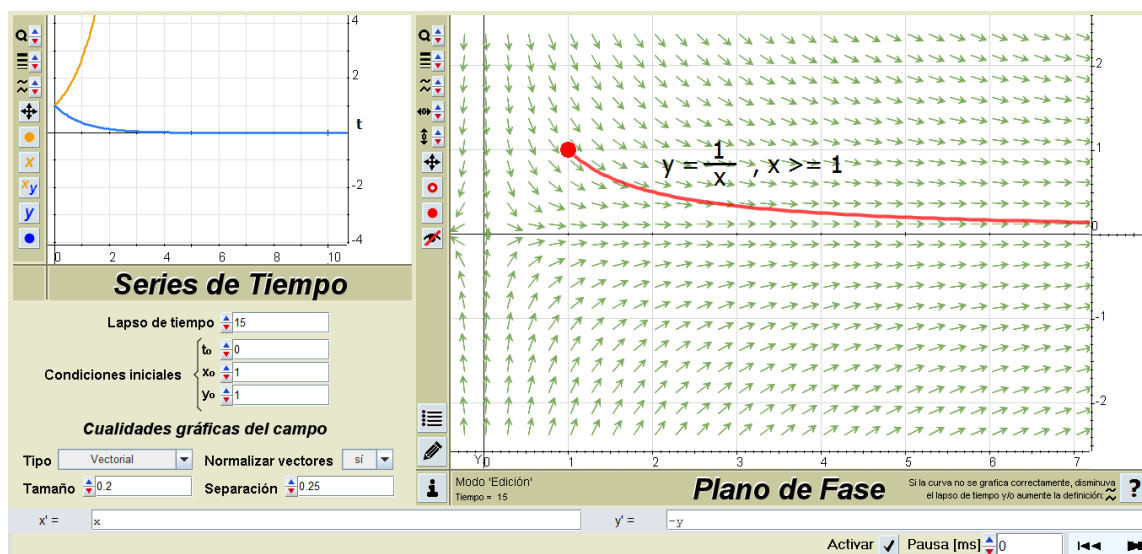


Figura 8.35. Línea de flujo del campo $\vec{F}(x, y) = (x, -y)$ que pasa por (1; 1).

Ejercicio 8.2.1.2

Dibuje el campo vectorial $\vec{F}(x, y) = (1, x)$ y luego dibuje algunas líneas de flujo. ¿Qué forma parecen tener estas líneas de flujo? (Figura 8.36).

- Si las ecuaciones paramétricas de las líneas de flujo son $x = x(t)$, $y = y(t)$, ¿qué ecuaciones diferenciales satisfacen estas funciones? Deduzca que $\frac{dy}{dx} = x$.
- Si una partícula parte del origen en el campo de velocidades dado por \vec{F} . Determine una ecuación de la trayectoria que sigue (Figura 8.37).

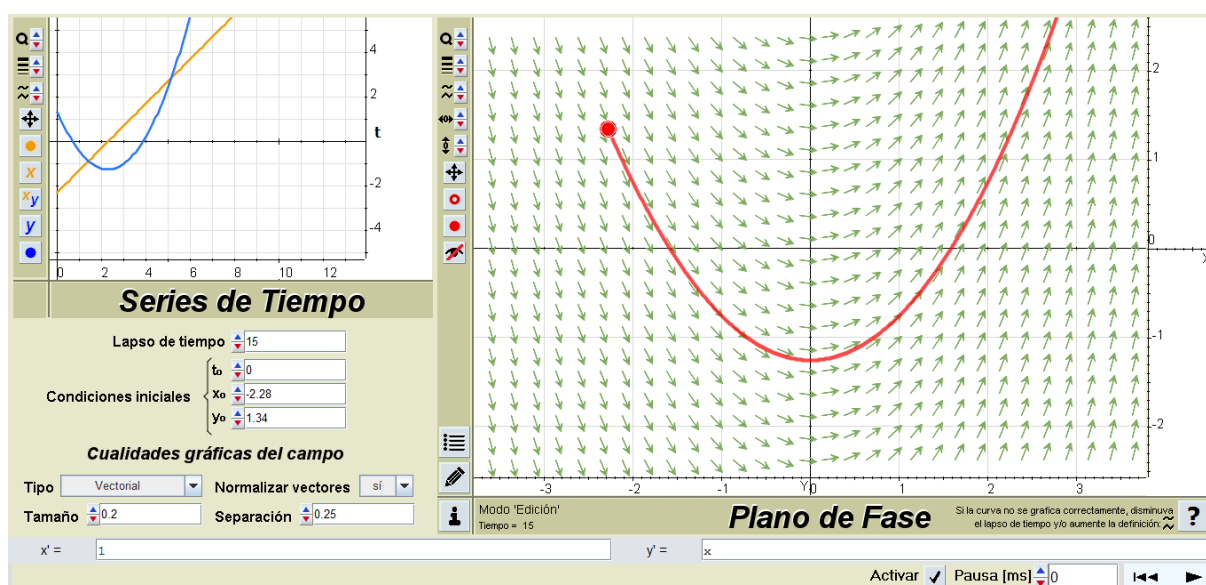


Figura 8.36. Una línea de flujo del campo $\vec{F}(x, y) = (1, x)$.

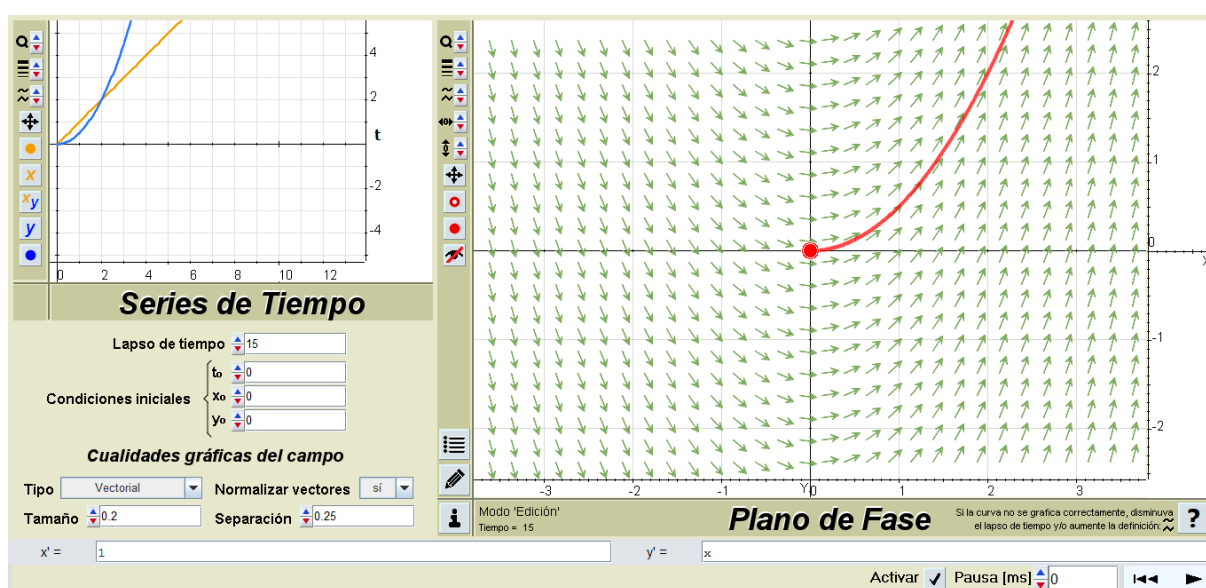


Figura 8.37. Trayectoria de la partícula que parte del origen.

Ejercicio 8.2.1.3

Manipular el punto inicial para “descubrir” diferentes líneas de flujo del campo $\vec{F}(x, y) = (y, \text{sen}(x))$ (Figuras 8.38, 8.39, 8.40, 8.41, 8.42, 8.43 y 8.44).

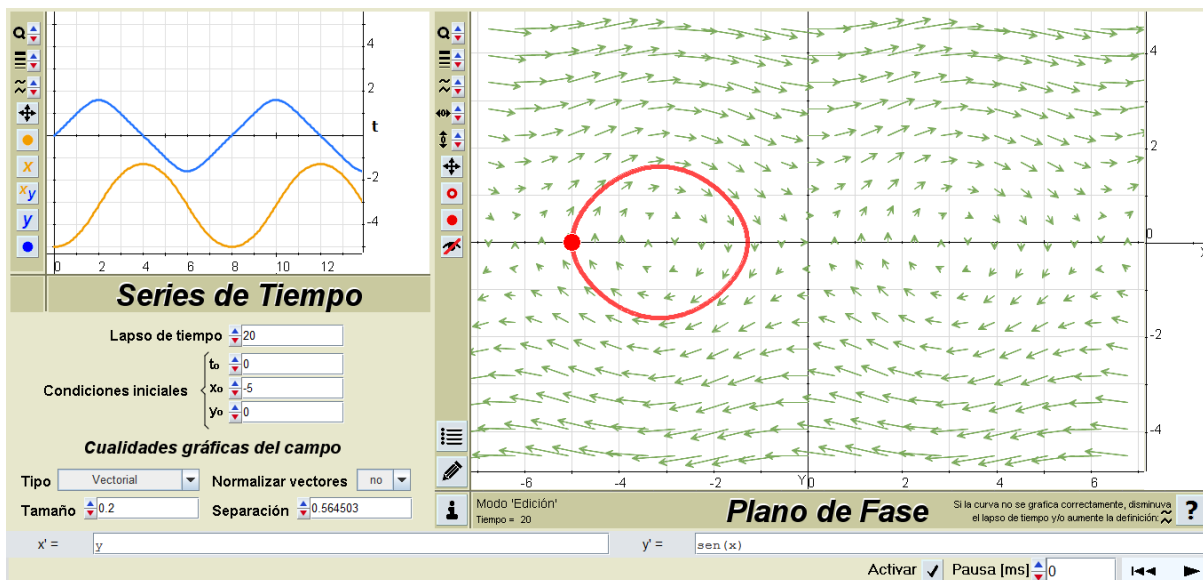


Figura 8.38. Línea de flujo del campo $\vec{F}(x, y) = (y, \text{sen}(x))$ que pasa por $(-5; 0)$.

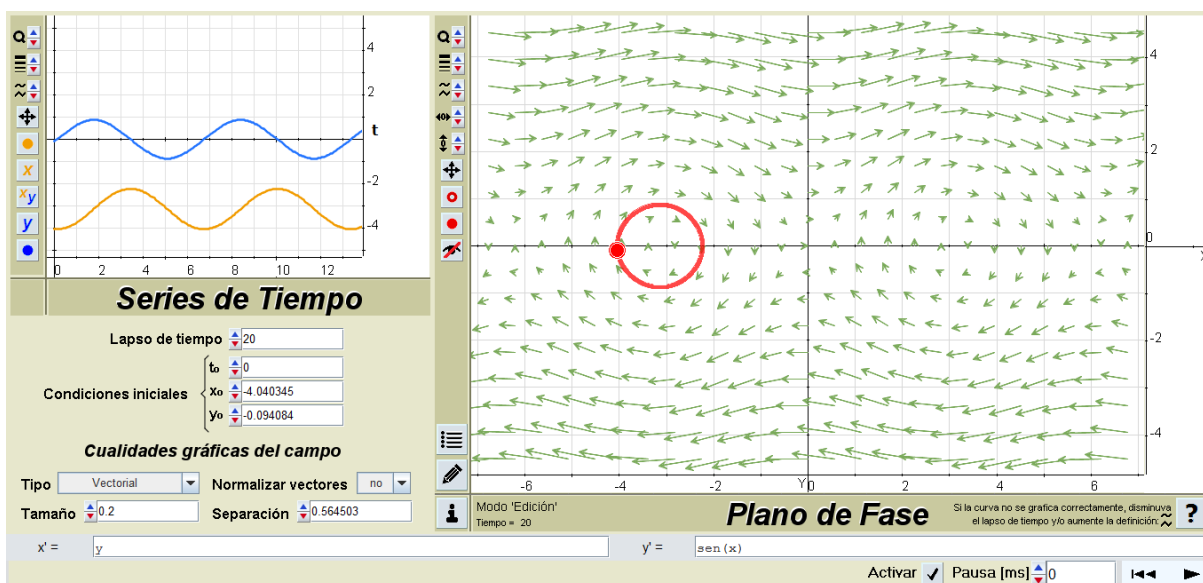


Figura 8.39. Línea de flujo del campo $\vec{F}(x, y) = (y, \text{sen}(x))$ que pasa por $(-4,040345; -0,094084)$.

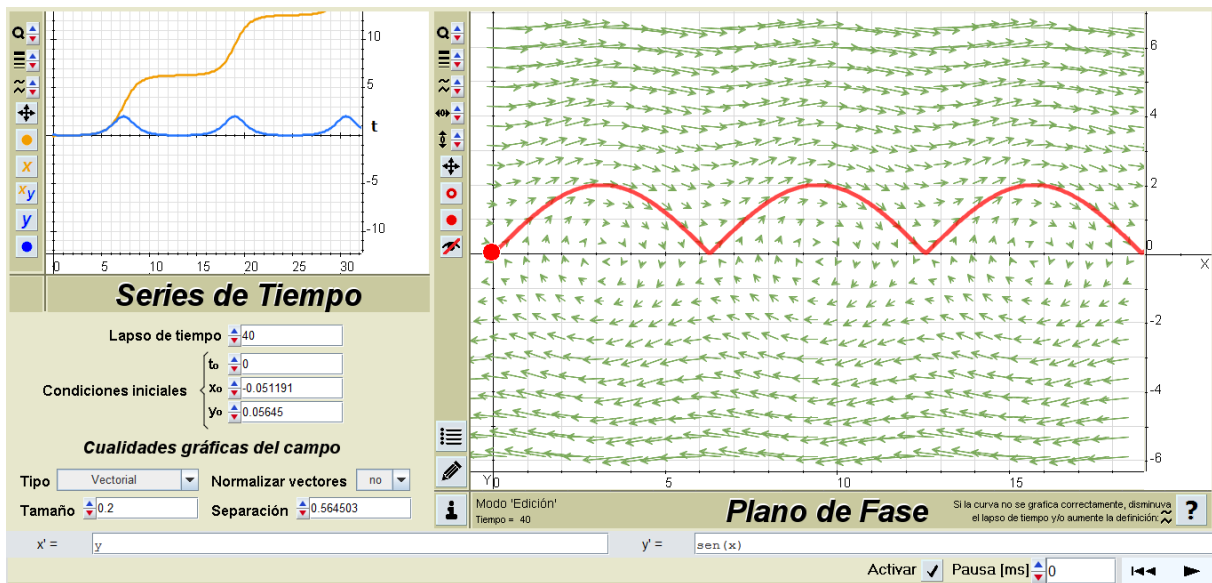


Figura 8.40. Línea de flujo del campo $\vec{F}(x, y) = (y, \text{sen}(x))$ que pasa por $(-0,051191; 0,5645)$.

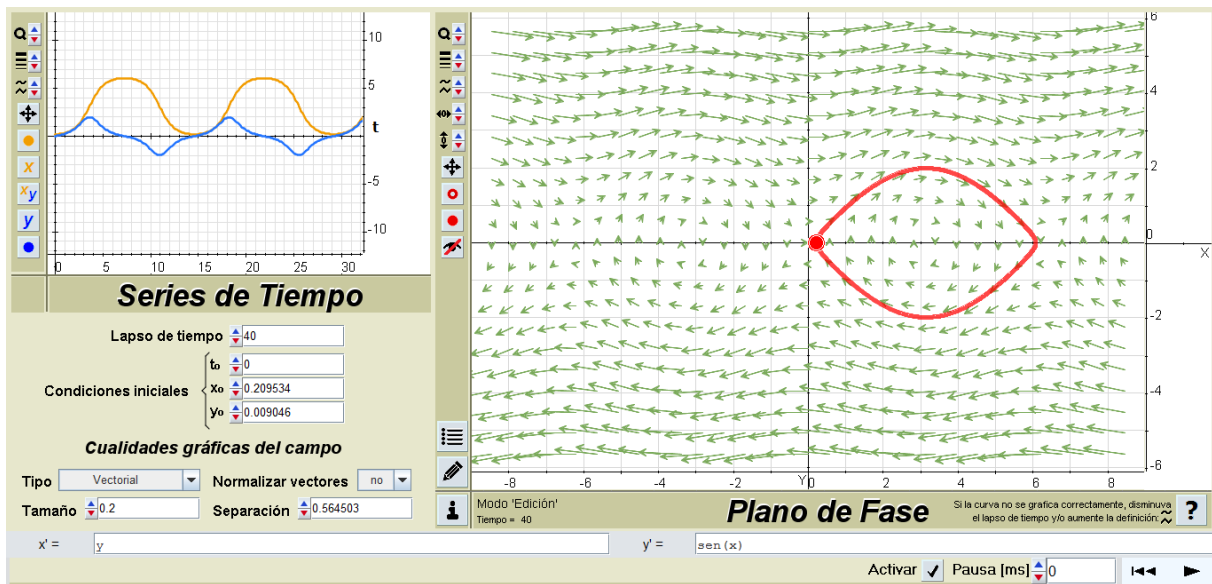


Figura 8.41. Línea de flujo del campo $\vec{F}(x, y) = (y, \text{sen}(x))$ que pasa por $(0,209534; 0,009046)$.

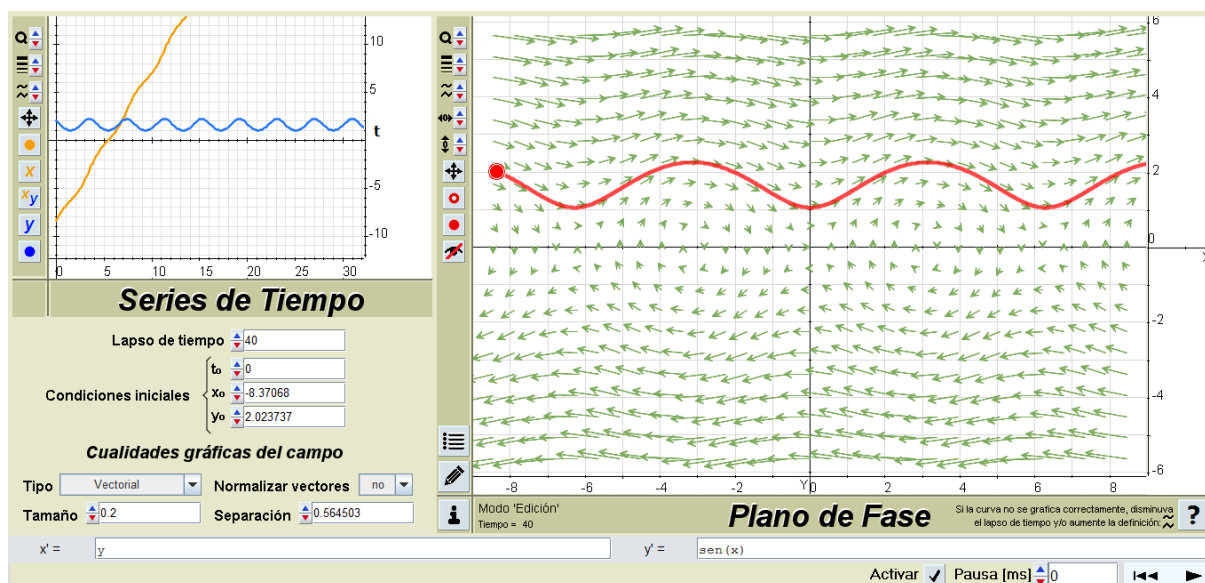


Figura 8.42. Línea de flujo del campo $\vec{F}(x, y) = (y, \text{sen}(x))$ que pasa por $(-8,37068; 2,023737)$.

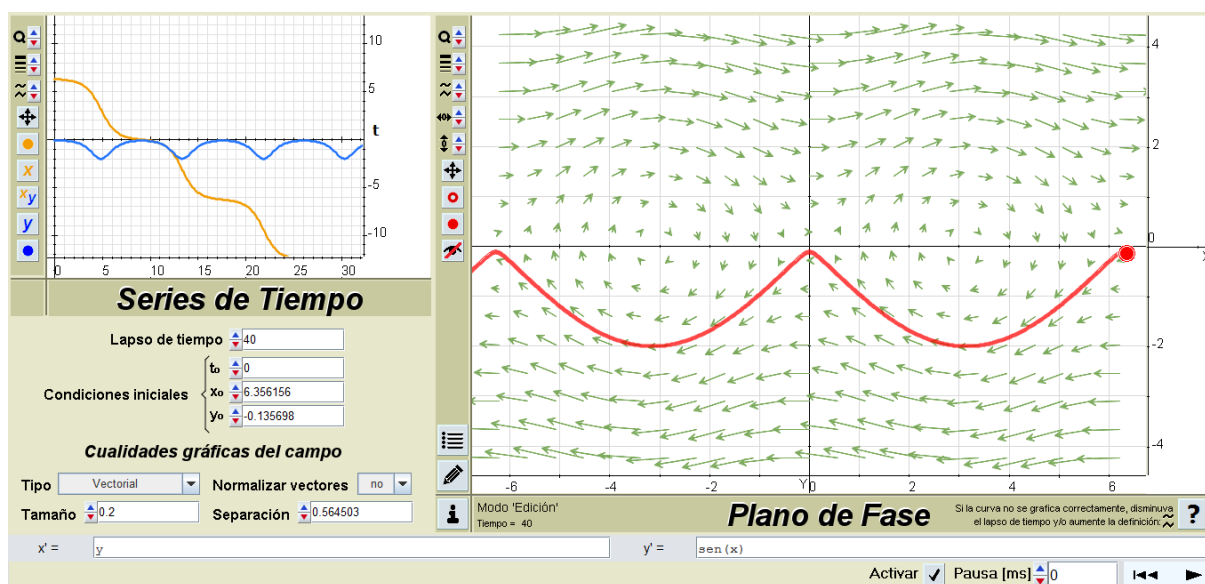


Figura 8.43. Línea de flujo del campo $\vec{F}(x, y) = (y, \text{sen}(x))$ que pasa por $(6,356156; -0,135698)$.

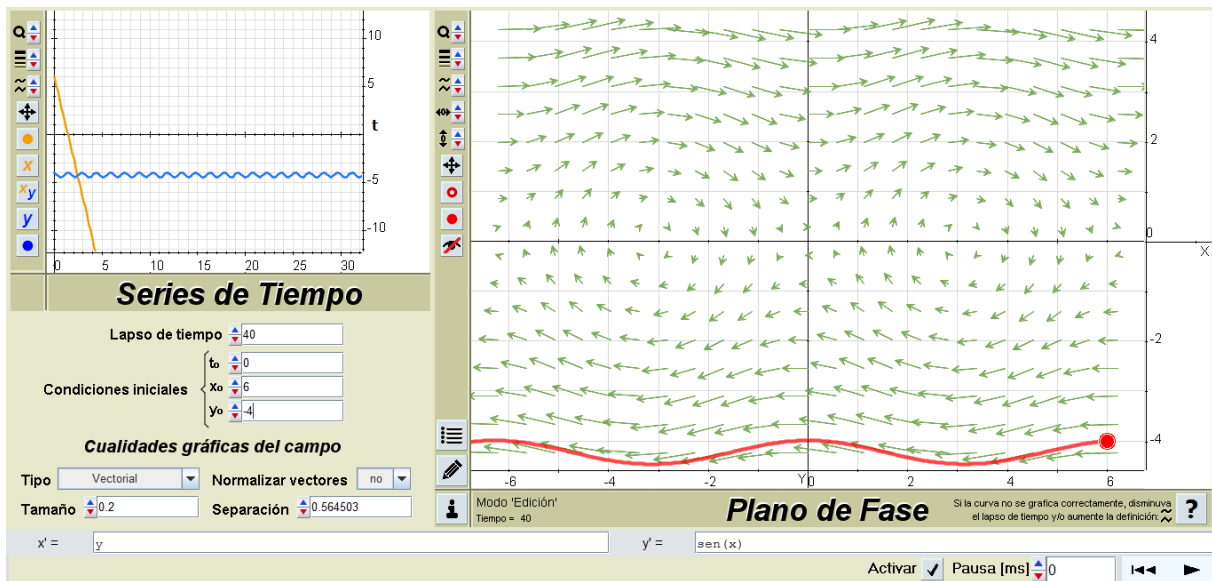


Figura 8.44. Línea de flujo del campo $\vec{F}(x, y) = (y, \text{sen}(x))$ que pasa por $(6; -4)$.

El docente puede explicar con una rica gama de ejemplos la apariencia gráfica de un campo a través de la divergencia en un punto. Los alumnos podrán intuir qué divergencia tendrá el campo a partir de su apariencia gráfica.

Ejercicio 8.2.1.4

La divergencia del campo vectorial, ¿es positiva, negativa o nula? (Figuras 8.45, 8.46 y 8.47).

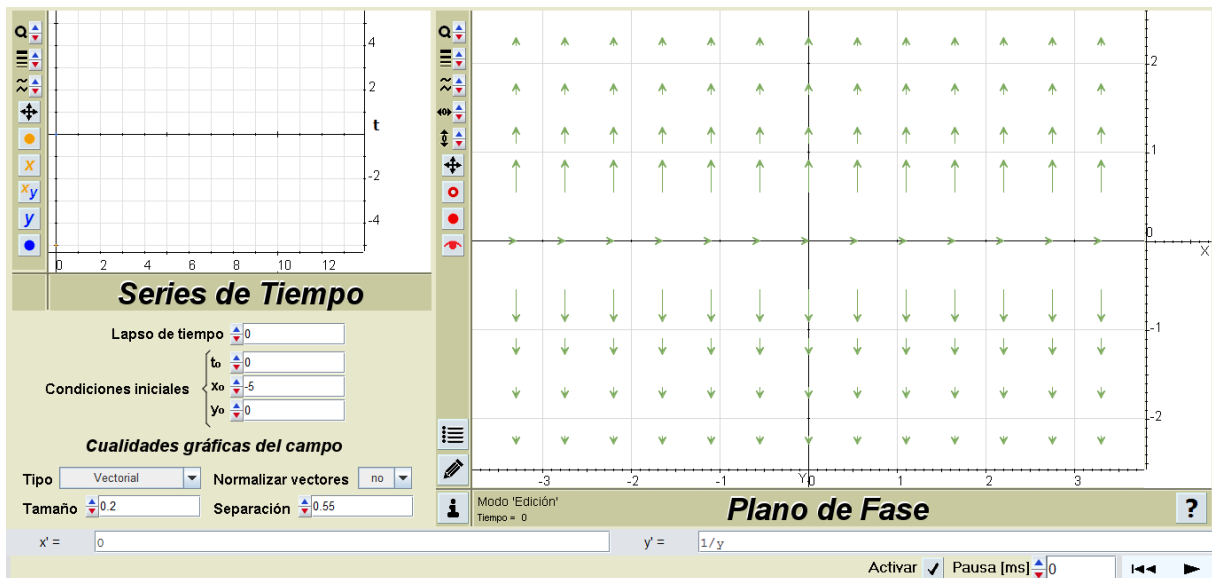


Figura 8.45. Campo con divergencia negativa.

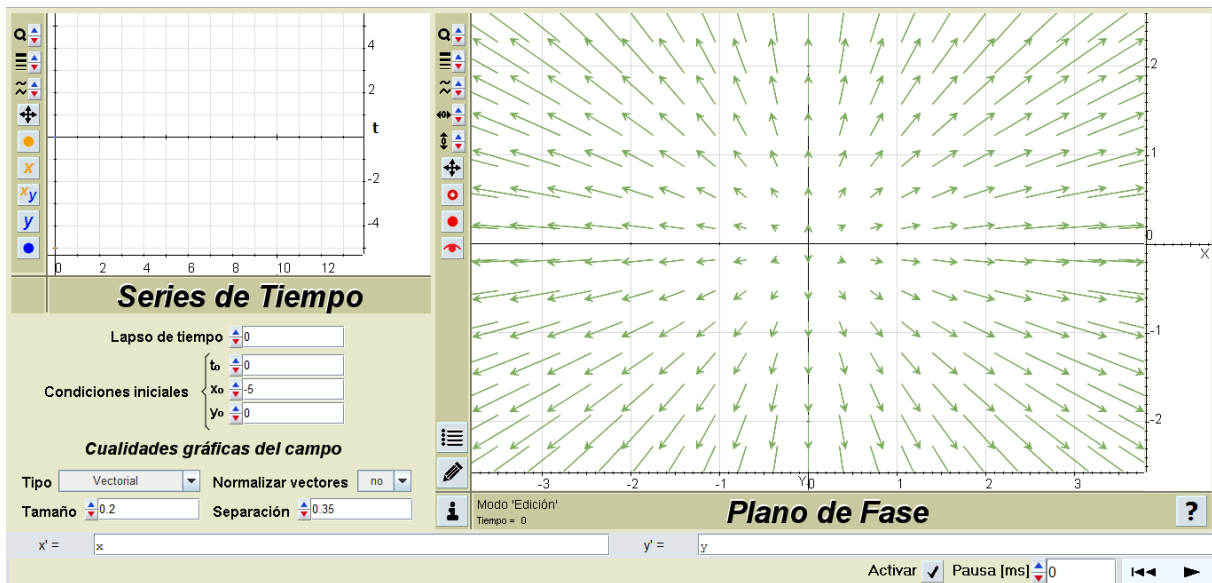


Figura 8.46. Campo con divergencia positiva.

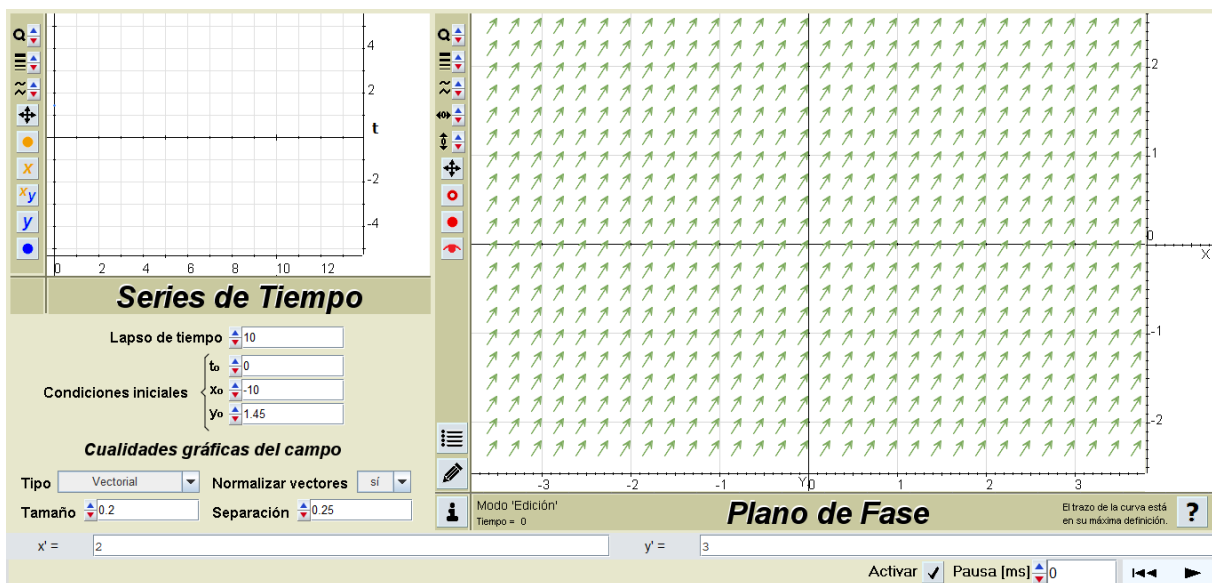


Figura 8.47. Campo con divergencia nula.

El docente puede también usar el software para explicar las implicancias gráficas de campos rotacionales e irrotacionales. Dado que los campos vectoriales graficados son de \mathbb{R}^2 , el rotor será un vector perpendicular al plano (tendrá solo la componente z) y el alumno podrá intuir su módulo si se imagina que se suelta una partícula en un punto y el sentido (común, intuitivo) indica que la partícula rotaría. Si la intuición dice "no gira", será porque el rotor es nulo.

Ejercicio 8.2.1.5

Graficar el campo indicado y varias líneas de flujo (el alumno debe experimentar con diferentes niveles de zoom para tener un panorama del campo completo). Extraer conclusiones sobre su campo rotacional.

a) $\vec{F}(x, y) = (\text{sen}(y), \text{sen}(x))$ (Figura 8.48).

b) $\vec{F}(x, y) = (\text{sen}(x), \text{sen}(y))$ (Figura 8.49).

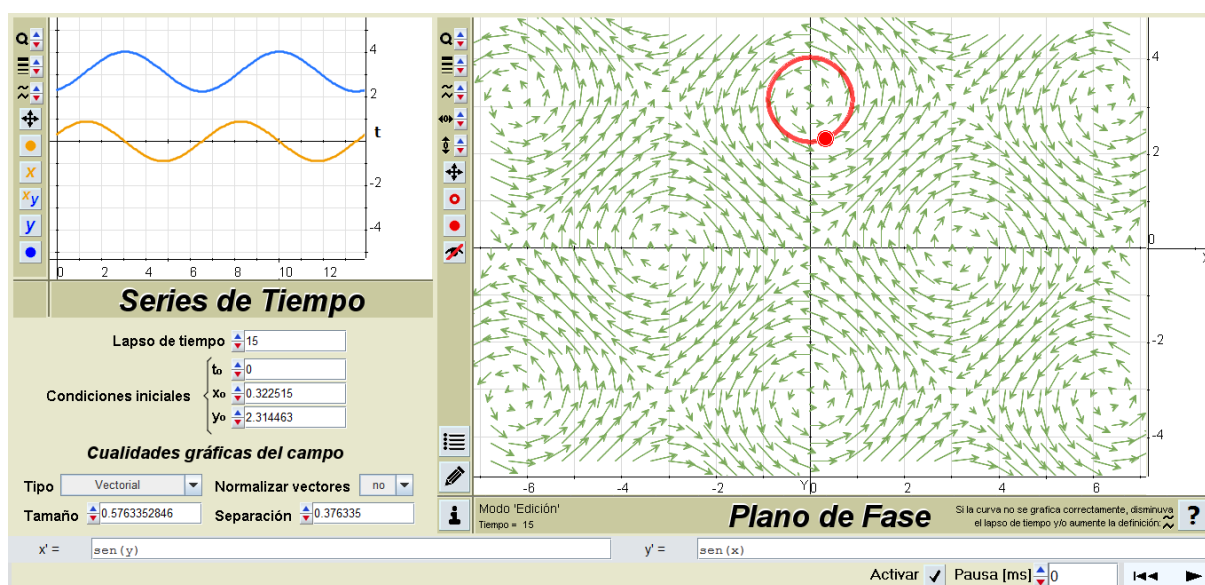


Figura 8.48. Campo vectorial con rotacional no nulo.

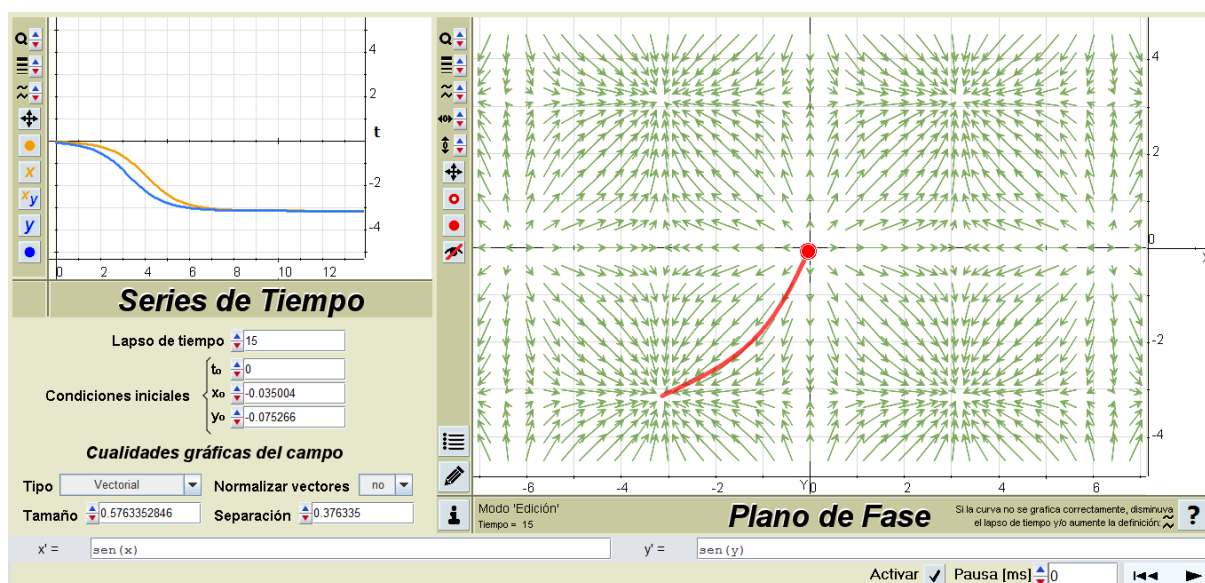


Figura 8.49. Campo irrotacional.

8.2.2. Métodos de resolución de EDO de primer orden (Unidad V)

Si bien la génesis de DaVinci son los SL EDO, también permite el tratamiento de sistemas no lineales. Al iniciar la unidad V, cuando se explica el método para determinar la solución de una EDO de primer orden de variables separables, el docente puede utilizar la aplicación para mostrar que las trayectorias solución de la ecuación $\frac{dy}{dx} = \frac{x\sqrt{x^2+1}}{y e^y}$, que también puede expresarse como $x' = y e^y$; $y' = x\sqrt{x^2+1}$, es similar a encontrar las líneas de flujo de su campo direccional (Figuras 8.49, 8.50 y 8.51).

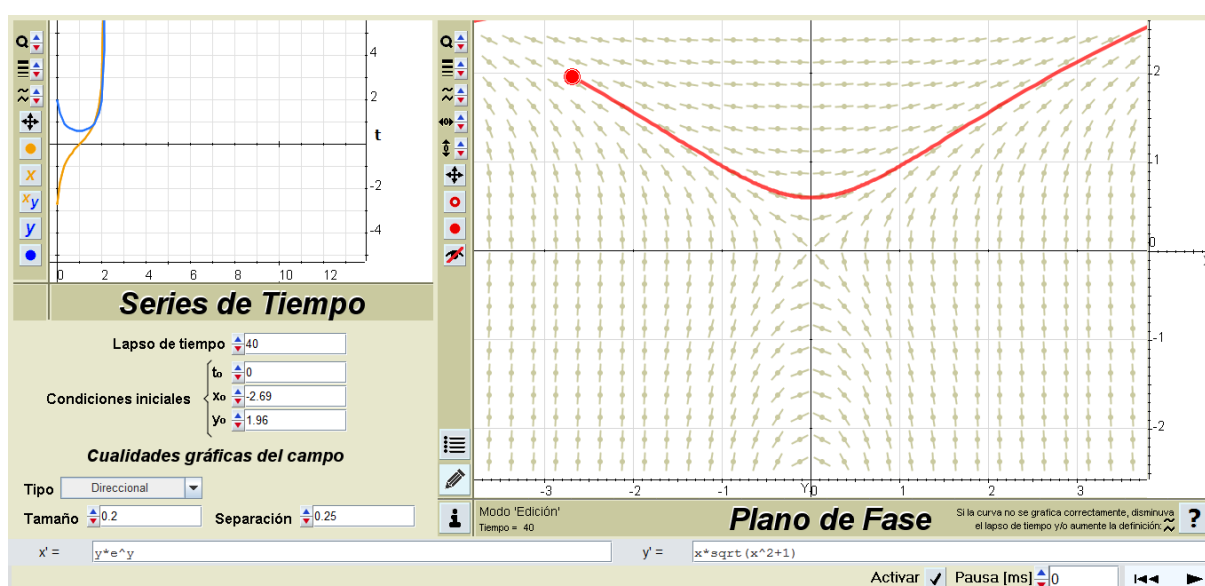


Figura 8.49. Línea de flujo del campo direccional de $\frac{dy}{dx} = \frac{x\sqrt{x^2+1}}{y e^y}$ que pasa por $(-2,69; 1,96)$.

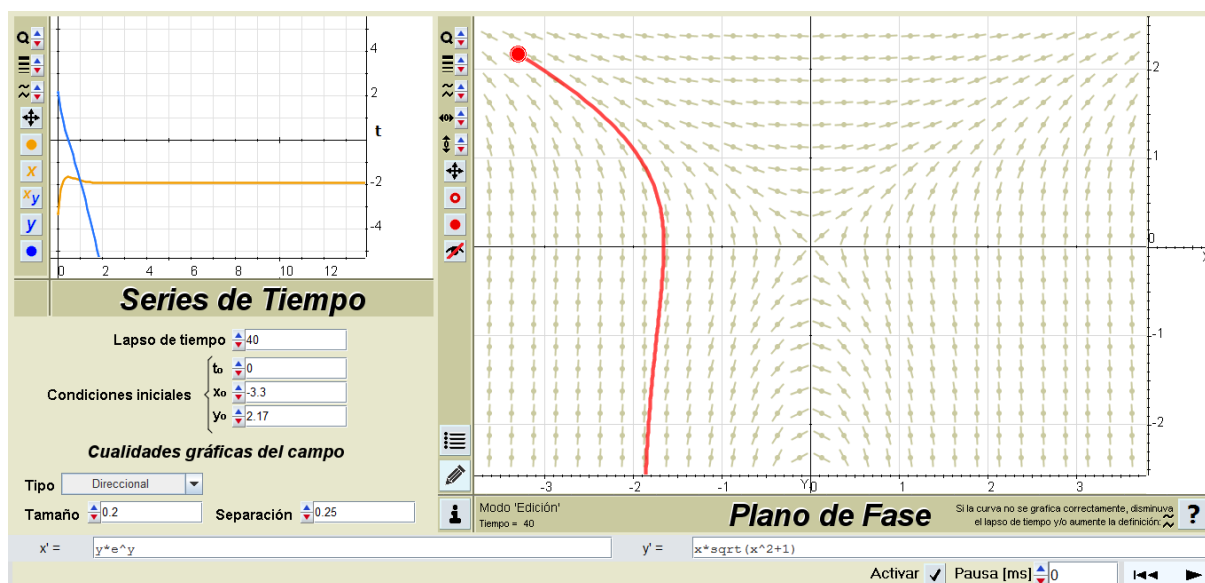


Figura 8.50. Línea de flujo del campo direccional de $\frac{dy}{dx} = \frac{x\sqrt{x^2+1}}{y e^y}$ que pasa por $(-3,3; 2,17)$.

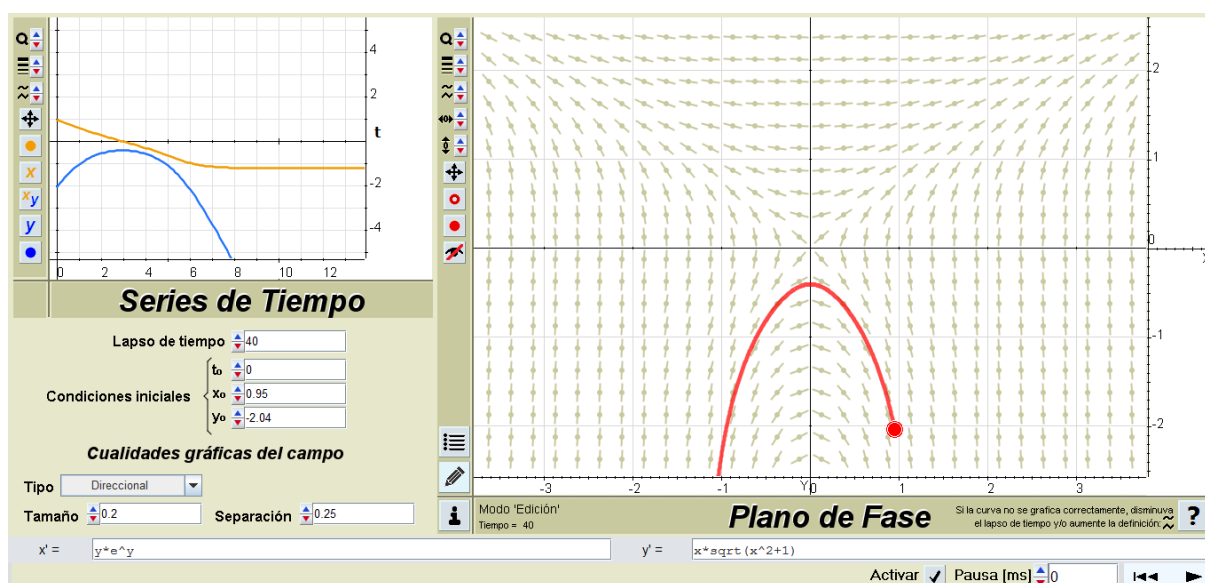


Figura 8.51. Línea de flujo del campo direccional de $\frac{dy}{dx} = \frac{x\sqrt{x^2+1}}{y e^y}$ que pasa por $(0,95; -2,04)$.

Ejercicio 8.2.2.1

Dibuje el campo direccional de la ecuación diferencial. Después utilícelo para dibujar una curva solución que pase a través del punto dado.

- $y' = y^2$; $P(0; 1)$ (Figura 8.52).
- $y' = x^2 + y^2$; $P(0; 0)$ (Figura 8.53).

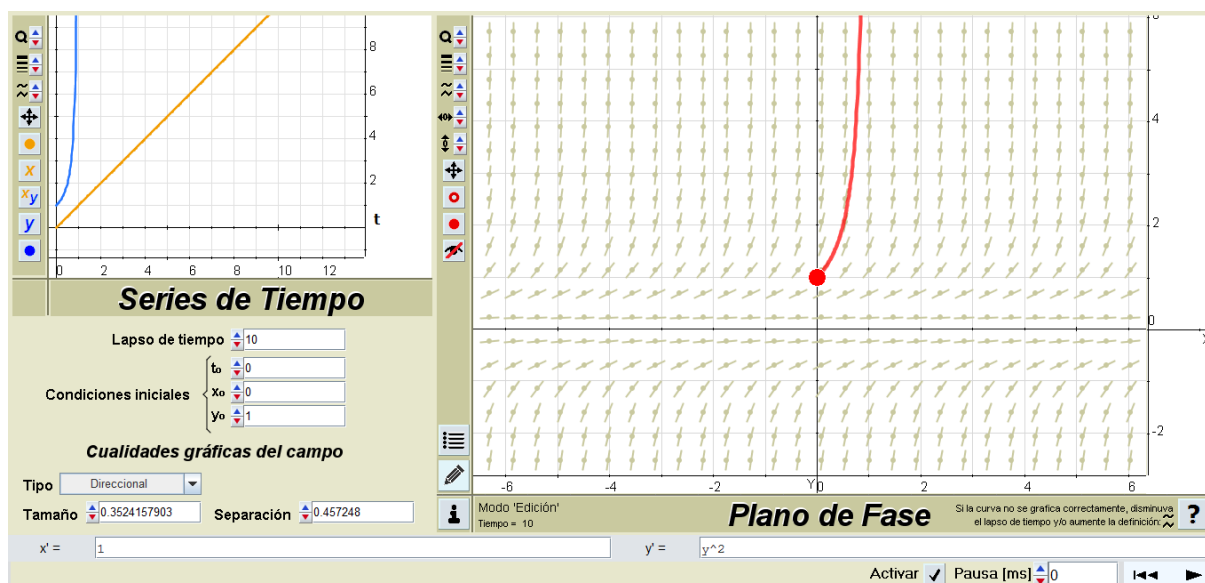


Figura 8.52. Curva solución de $y' = y^2$ que pasa por $P(0; 1)$.

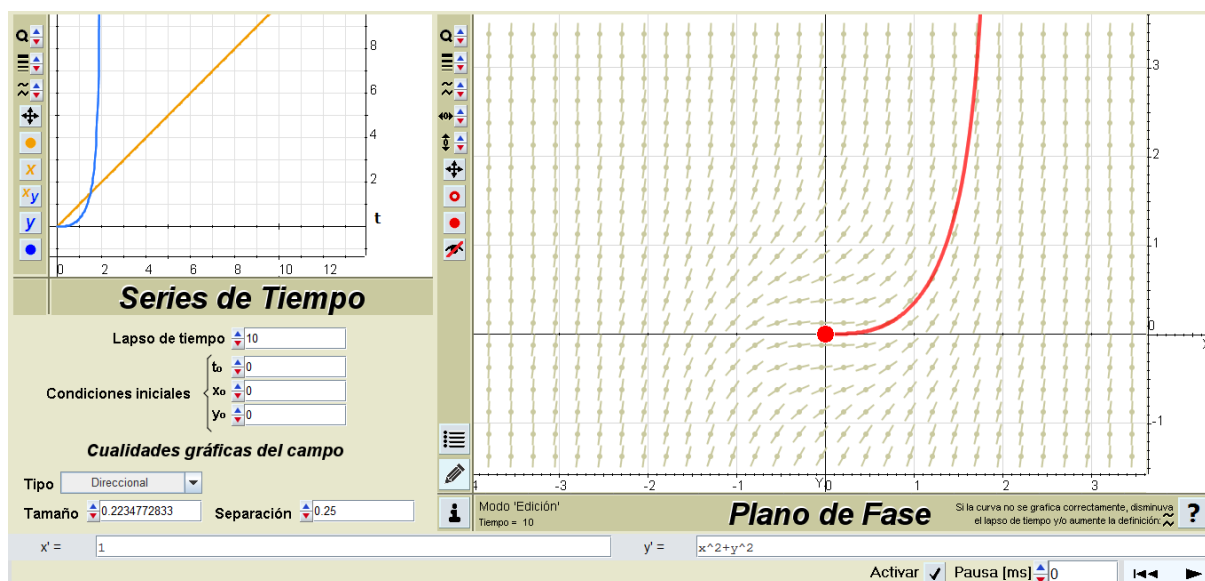


Figura 8.53. Curva solución de $y' = x^2 + y^2$ que pasa por $P(0; 0)$.

Ejercicio 8.2.2.2

Dada $y' = \frac{1}{x}$

- Dibuje el campo direccional
- Grafique algunas curvas solución sin resolver la ecuación diferencial (Figuras 8.53, 8.54, 8.55 y 8.56)
- Resuelva la ecuación diferencial

d) Dibuje las soluciones obtenidas en c) y compárelas con las gráficas del b)

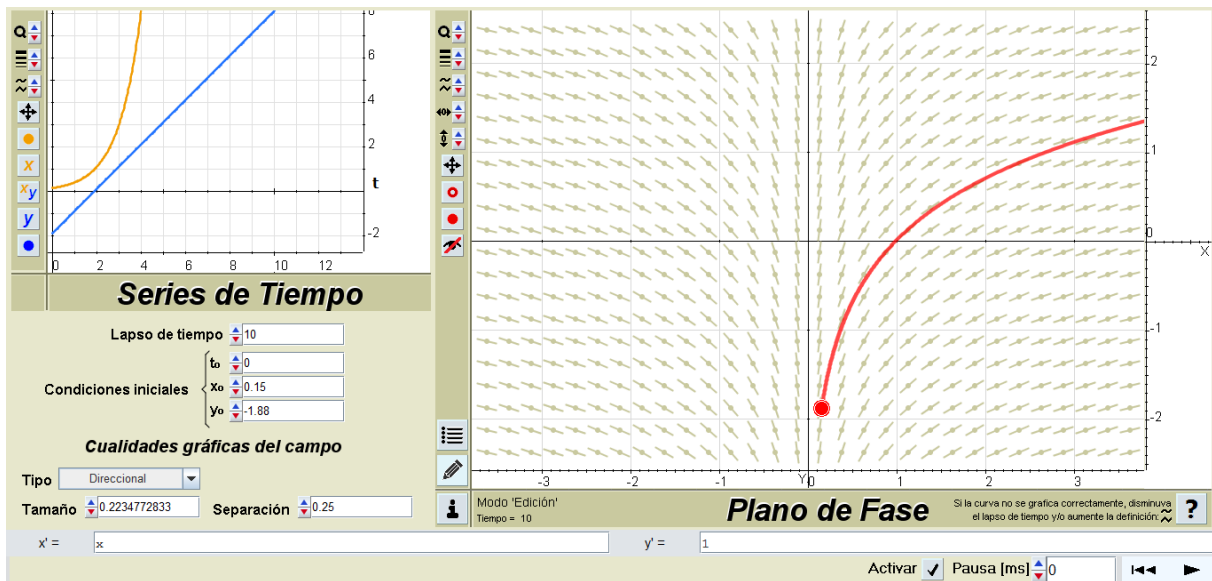


Figura 8.54. Curva solución de $y' = \frac{1}{x}$ que pasa por $P(0,15; -1,88)$.

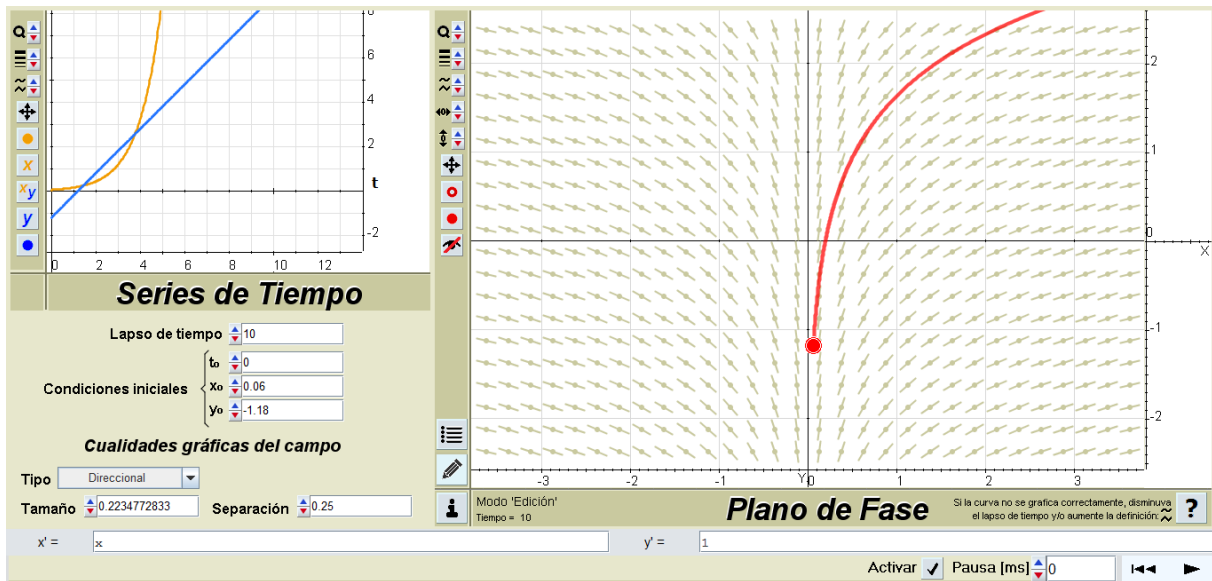


Figura 8.55. Curva solución de $y' = \frac{1}{x}$ que pasa por $P(0,15; -1,88)$.

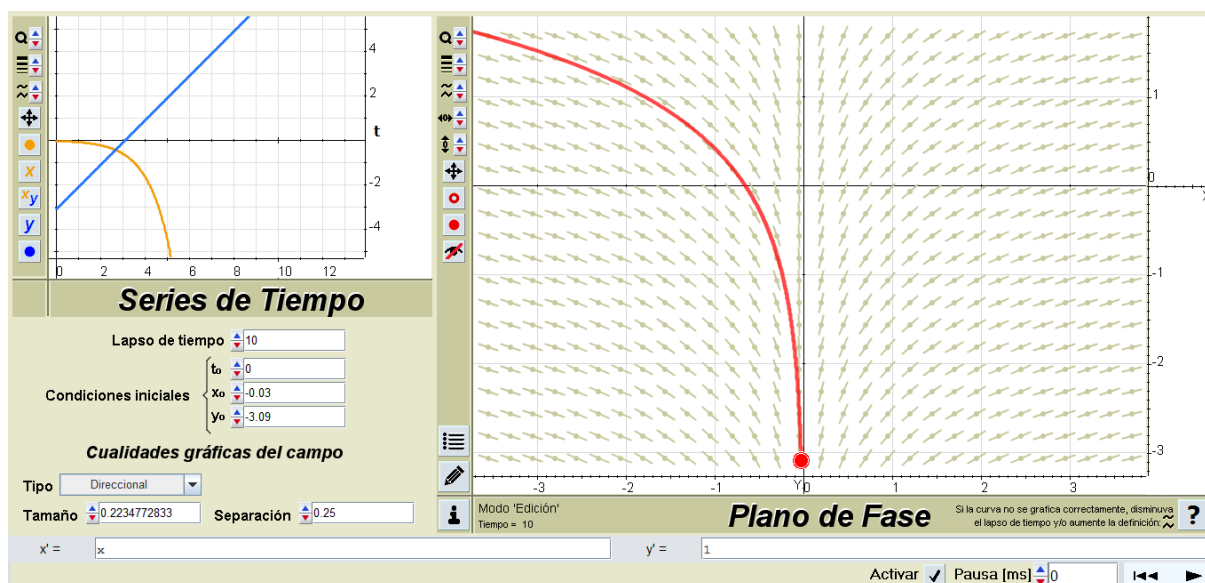


Figura 8.56. Curva solución de $y' = \frac{1}{x}$ que pasa por $P(-0,03; -3,09)$.

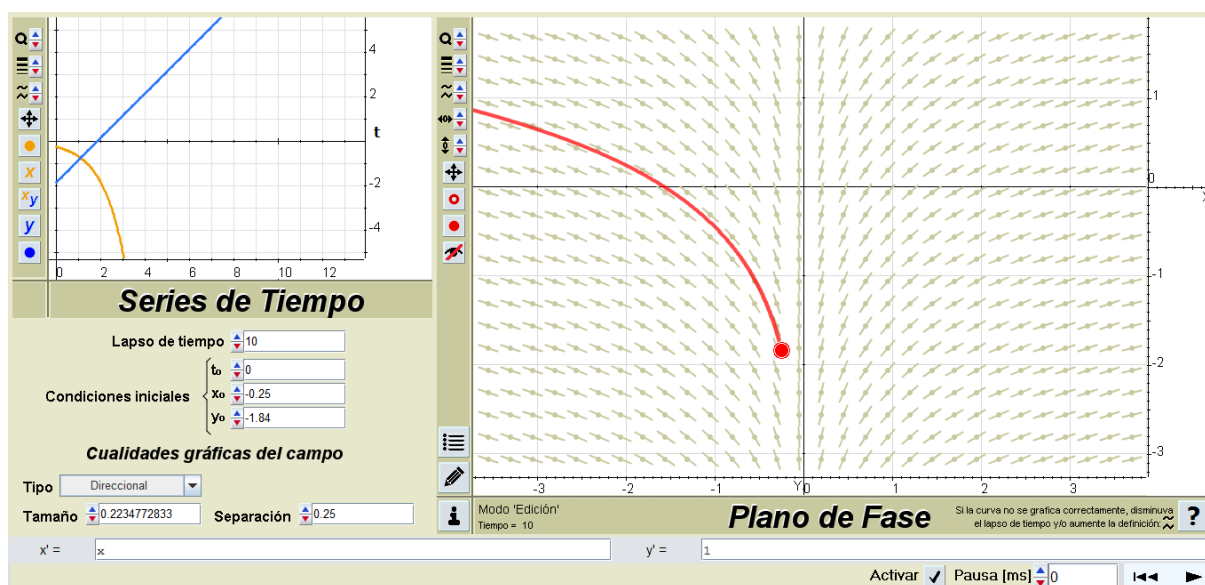


Figura 8.57. Curva solución de $y' = \frac{1}{x}$ que pasa por $P(-0,25; -1,84)$.

8.2.3 Unidad I “Funciones vectoriales”

Para que los alumnos puedan apreciar la tangencia del vector $\vec{r}'(t) = (x'(t), y'(t))$ a la curva determinada por el vector posición $\vec{r}(t) = (x(t), y(t))$ el docente puede proyectar diversos ejemplos. En esta instancia los alumnos no disponen aún del software. La figura 8.58 ejemplifica $\vec{r}(t) = (\text{sen}(t), \text{cos}(t))$ y se señalan dos vectores de la función vectorial $\vec{r}'(t) = (\text{cos}(t), -\text{sen}(t))$.

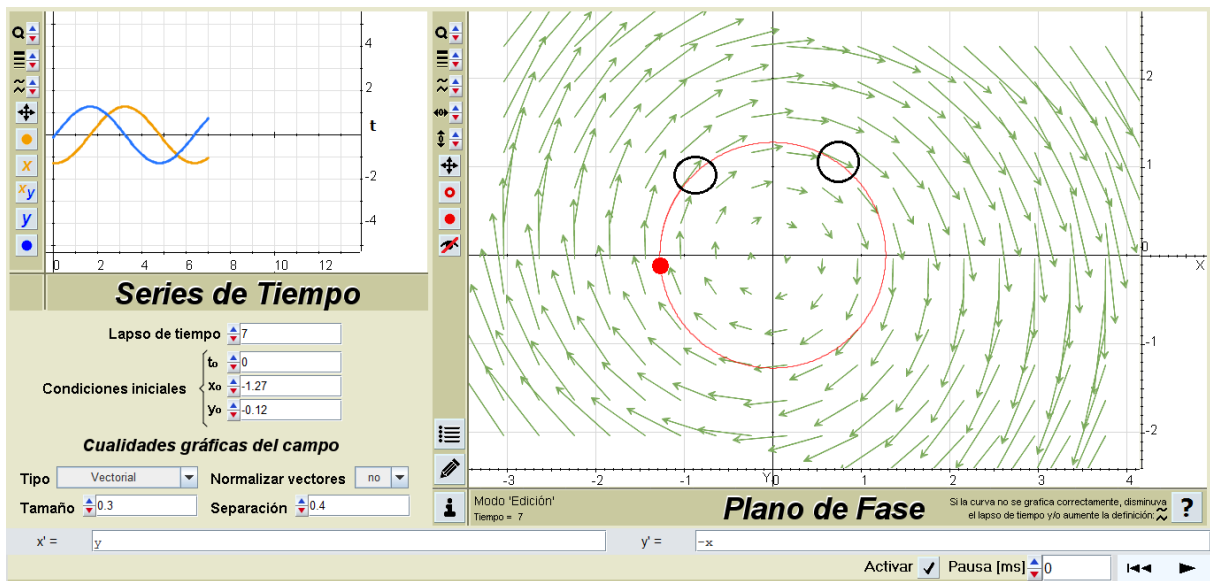


Figura 8.58. Funciones vectoriales.

CAPÍTULO IX: Conclusiones y líneas futuras

Este PFC aporta a la cátedra AM II una herramienta de simulación alineada con el objetivo consignado en su programa sintético dentro del plan de estudio de todas las carreras de Ingeniería [6], [7], [8], [9], [10] de la UTN: “capacitar al estudiante en el uso de herramientas computacionales que permitan la solución de los problemas de análisis, la presentación gráfica asociada a ellos y la simulación de modelos planteados con ecuaciones diferenciales. [...] Se usarán en las prácticas paquetes de computación que permitan cálculos numéricos y simbólicos con capacidad gráfica. En el caso de ecuaciones diferenciales se instruirá al alumno en el uso de un paquete interactivo que permita la simulación y el análisis de los resultados”.

Las expectativas de la cátedra son muy optimistas. Se considera que el uso de esta aplicación en la unidad “Ecuaciones diferenciales” permitirá optimizar el aprovechamiento de los tiempos académicos, mejorará los desempeños de comprensión actuales, e incluso servirá como un instrumento para determinar si los problemas de comprensión habituales son superados.

Además, la aplicación estará disponible de forma gratuita en el campus de la facultad en el espacio asignado a la asignatura, de modo que, con unos pocos y muy simples pasos de instalación, los alumnos podrán contar con una herramienta interactiva que les permitirá hacer sus propios ensayos y comprobaciones tanto en sus casas como en el aula, junto al docente.

Respecto del proceso de desarrollo de la aplicación en sí, cabe aclarar que se tuvo especial cuidado en el diseño de la interfaz. Ésta fue la actividad que implicó el mayor desafío dentro de la etapa de diseño. Se buscó armonía en las proporciones de los elementos que la componen, se pensó cuidadosamente en la distribución de los campos de entrada, botones, colores y diseño de los íconos; de modo que no sólo cuente con un componente estético visualmente agradable, sino que el layout contribuya a una navegabilidad lo más simple e intuitiva posible, máxime teniendo en cuenta que los principales usuarios serán alumnos de segundo año de ingeniería y lo que se pretende es que hagan foco en los aspectos conceptuales de los sistemas dinámicos y no que tengan que sortear escollos al usar un recurso informático cuya finalidad es, justamente, servirles de apoyo al estudio.

Descartes, la herramienta de desarrollo utilizada, ofrece un entorno muy simple para programar y hacer corridas de prueba, pero carece de un debugger. Razón por la cual, la tarea de depuración resultó muy laboriosa y prácticamente “artesanal”.

Como trabajo futuro, se planea construir un analizador léxico para validar los campos de entrada de las ecuaciones diferenciales y agregar la funcionalidad de devolver los autovalores del sistema dinámico ingresado por el usuario.

Además, se está pensando en realizar las adaptaciones necesarias para usar un intérprete Descartes diferente, desarrollado en Javascript, de manera que la aplicación pueda ser ejecutada en tablets y smartphones. Las intenciones de este cambio apuntan a que los alumnos puedan utilizar la herramienta en el aula a través de sus celulares, sin necesidad de llevar sus notebooks.

ANEXO

A.1. Plan de gestión de riesgos

Se define **riesgo** como una “condición adversa o evento que pueda afectar al proyecto” (Nyfjord 2009) o más llanamente “problemas potenciales” (Westfall 2001).

En el despliegue de este Plan de Gestión de Riesgos se detectan y reconocen tempranamente situaciones eventuales que constituyen un riesgo en potencia, con el objeto de minimizar sus consecuencias negativas y conservar, al mismo tiempo, la oportunidad para el desarrollo efectivo del proyecto.

De esta manera, se hace el foco en riesgos específicos que puedan hacerlo fracasar, haciendo lo posible para anticipar y evitar o —en caso de suceder— administrar eficientemente las contingencias y mitigar el efecto de las fallas, en línea con la convicción de que quien no evalúa riesgos en un proyecto no puede encarar seriamente su desarrollo.

De acuerdo al tipo de proyecto a desarrollar se opta por utilizar como técnica para la elicitación de riesgos el uso de la Taxonomía desarrollada por el SEI [19], con la modificación propuesta por la UCI [20], que extiende la original con la incorporación de una nueva clase, *Gestión de proyectos*, y algunos atributos extra en los elementos de las clases originales. Los eventos listados en estas taxonomías servirán de entrada al proceso de identificación y permitirán trazar un panorama cierto de las amenazas, actividad necesaria para planificar las acciones que deban implementarse en forma previa o posterior a cada evento.

La elección de esta técnica se fundamenta en el carácter unipersonal del proyecto a realizar, razón por la cual no se cuenta con un equipo de desarrollo que pueda llevar a cabo reuniones de “brainstorming”, ni se dispone de recursos humanos para intentar un “reporte voluntario”. Además, se considera que otras técnicas de análisis se verían teñidas de una subjetividad irreductible, propia de la realización individual del trabajo proyectado.

A.1.1. Aplicación del método TBQ (Taxonomy Based Questionary)

En las tablas A.1.1, A.1.2, A.1.3 y A.1.4 se resumen las amenazas identificadas para el presente PFC.

Tabla A.1.1. *Elicitación de riesgos relacionados a la Gestión del Proyecto.*

TAXONOMÍA DE RIESGOS			
Clase	Elemento	Atributo	Consideración
Gestión del Proyecto	<i>Gestión de la integración del proyecto</i>	Desarrollo del plan de gestión del proyecto.	El plan está trazado. La dirección, supervisión, control y cierre del proyecto son considerados elementos bajo control.
		Dirección y gestión de la ejecución del proyecto.	
		Supervisión y control del trabajo del proyecto.	
		Realización de un control integrado de cambios.	
		Cierre del proyecto o la fase.	
	<i>Gestión del alcance del proyecto</i>	Obtención de los requerimientos del proyecto	Los requerimientos están bien definidos. Los alcances planteados son claros y verificables.
		Definición del alcance del proyecto.	
		Creación de la estructura de desglose del trabajo del proyecto.	
		Verificación del alcance del proyecto.	
		Control del alcance del proyecto.	
	<i>Gestión del tiempo del proyecto</i>	Definición de las actividades del proyecto.	Se definieron en el Plan de Proyecto.
		Establecimiento de la secuencia de actividades del proyecto	Se establecieron en el diagrama de Gantt del Plan de Proyecto
		Estimación de recursos de las actividades del proyecto.	No se requieren recursos humanos ni materiales que estén fuera de control.
		Estimación de la duración de las actividades.	Se observa una amenaza en cuanto al tiempo real de desarrollo de las actividades definidas debido a que no existe un equipo de desarrollo que pueda trabajar en paralelo.
		Desarrollo del cronograma del proyecto.	
		Control del cronograma del proyecto.	
	<i>Gestión del costo del proyecto</i>	Estimación de costes del proyecto.	El proyecto no requiere de erogaciones monetarias, por lo que su gestión de costos resulta inexistente.
		Determinación del presupuesto del proyecto.	
		Control de costes del proyecto.	

TAXONOMÍA DE RIESGOS

Clase	Elemento	Atributo	Consideración
	<i>Gestión de la calidad del proyecto</i>	Planificación de la calidad del proyecto. Realización del control de la calidad del proyecto. Realización del aseguramiento de la calidad del proyecto.	No se prevé implementar un plan de gestión de calidad del proyecto.
	<i>Gestión de las personas del proyecto</i>	Planificación de los recursos humanos. Adquisición del equipo de trabajo del proyecto. Desarrollo del equipo del proyecto. Gestión del equipo del proyecto.	Como el desarrollo es unipersonal, las amenazas en la gestión de los RR.HH son inexistentes.
	<i>Gestión de las comunicaciones</i>	Identificación de los involucrados al proyecto. Planificación de las comunicaciones del proyecto. Distribución de la información del proyecto. Gestión de las expectativas de los involucrados. Información del rendimiento/estado del proyecto.	Se conocen claramente a las personas involucradas en el proyecto (director, desarrollador, usuarios y docentes de la cátedra "Proyecto"). Las comunicaciones se establecerán mediante reuniones y uso del correo electrónico. Como el desarrollo es unipersonal y las expectativas son claras, no se observan amenazas en cuanto a versionado, glosario, informes de avances, etc.
	<i>Gestión de adquisiciones del proyecto</i>	Planificación de las adquisiciones del proyecto Dirección de las adquisiciones. Administración de las adquisiciones. Cierre de las adquisiciones.	No se prevén adquisiciones necesarias para el normal desarrollo del proyecto

Tabla A.1.2. Elicitación de riesgos relacionados a la Ingeniería del Producto.

TAXONOMÍA DE RIESGOS			
Clase	Elemento	Atributo	Consideración
Ingeniería del Producto	<i>Negocio</i>	Modelo de dominio.	Al tratarse de un software educativo, el modelo de negocio define como clientes a docentes y alumnos. Como no existen intenciones de lucro, el negocio se restringe a la enseñanza proyectada.
		Modelo de negocio.	
		Glosario de términos.	
	<i>Requerimientos</i>	Estabilidad	Los requerimientos parecen estar fijados. Además, se definen completa y claramente y están validados por la directora de la cátedra AM II.
		Compleitud.	
		Claridad.	
		Validez.	
		Factibilidad.	Si bien existen precedentes de requerimientos de similares características que han sido abordados en algunos casos por SAC privativos (Mathematica, MatLab, etc.), se debe analizar particularmente la factibilidad de resolución de los mismos en los tiempos y formas fijados en una plataforma de desarrollo libre.
		Precedentes.	Se investigaron diversos precedentes, analizando las fortalezas y debilidades de cada uno. Se define una escala accesible en cuanto al ámbito de aplicación y límites del sistema.
		Escala.	
	Modelo de sistema.		
	<i>Diseño</i>	Funcionalidad	Los criterios funcionales y los niveles de interactividad que se pretenden no parecen ser riesgosos. Aspectos relativos a la navegación y performance no ofrecen amenazas al sistema.
		Dificultad.	
		Interfaces.	
		Rendimiento.	
		Capacidad de probarse.	Existe hardware que nos aseguraría la factibilidad de implementación del diseño
		Restricciones de hardware.	
		Software de terceras partes.	
	Desarrollo del análisis y diseño		
	<i>Gestión de pruebas</i>	Planificación de las pruebas	Se realizarán las pruebas de unidad para detectar comportamientos incorrectos o no deseados y se solicitará la intervención del usuario en el diseño de casos de prueba. No se observan amenazas al respecto.
		Diseño de caso de prueba.	
		Desarrollo de listas de chequeo.	
		Tratamiento de	

TAXONOMÍA DE RIESGOS				
Clase	Elemento	Atributo	Consideración	
		evaluaciones y elementos no conformes.		
		Pruebas de unidad.	Dada la envergadura del proyecto, se desestiman pruebas formales de unidad, ambientes de integración e integración del producto. Todo ello puede resolverse conjuntamente.	
		Factibilidad de las pruebas de unidad.		
		Ambiente de integración y pruebas.		
		Integración del producto.		
		Integración del sistema.		
	<i>Codificación</i>	Factibilidad	Restricciones de implementación	La gran especificidad del mismo obliga a poner foco en la factibilidad de codificación. Al usarse lenguajes “no convencionales”, sobre los que es más difícil capacitarse, se deben anticipar riesgos en cuanto a las restricciones de implementación. Este elemento de análisis está en estrecha relación con el atributo “Herramientas de desarrollo” del elemento “Sistemas de desarrollo” de la clase “Entorno de desarrollo”
		Mantenimiento		
		Fiabilidad	El sistema debe estar disponible una vez terminado el proyecto.	
		Implementación y satisfacción de la seguridad.	Experiencia para implementar los niveles de seguridad.	
	Interfaz de usuario.	Este punto es de suma importancia. La concreción acabada de la interfaz de usuario dependerá fuertemente del lenguaje y arquitectura que se seleccione.		
	<i>Arquitectura</i>	Especificaciones.	Definición de la arquitectura de software.	No se avizoran inconvenientes en estos puntos.
		Arquitectura de información.		

Tabla A.1.3. Elicitación de riesgos relacionados al Entorno de Desarrollo.

TAXONOMÍA DE RIESGOS			
Clase	Elemento	Atributo	Consideración
Entorno de Desarrollo	<i>Proceso de desarrollo</i>	Formalidad.	Se aplicará el desarrollo en cascada dando cabida a la participación intensiva de los usuarios en cada una de las etapas de esta metodología. El desarrollador está familiarizado con la metodología.
		Adecuación.	
		Control del proceso.	
		Familiaridad.	
		Control del producto.	
	<i>Sistemas de desarrollo</i>	Adecuación.	En cuanto a la capacidad del producto para proporcionar funciones apropiadas para satisfacer los objetivos de usuario, no se suponen inconvenientes.
		Usabilidad.	En cuanto a la capacidad del producto para ser entendido, aprendido y usado, no se suponen inconvenientes.
		Familiaridad.	En cuanto a la correlación que existe entre los conocimientos de los usuarios y los requeridos para la interacción con el sistema, no se suponen inconvenientes.
		Fiabilidad.	En cuanto a la capacidad del producto para mantener un nivel especificado de prestaciones, bajo ciertas condiciones de uso, no se suponen inconvenientes.
		Soporte.	En cuanto a mecanismos de corrección, adaptación y asistencia, con el sistema en producción, no se suponen inconvenientes.
		Entregas.	No se prevén problemas de entrega del sistema (entrega completa y única).
		Herramientas de desarrollo.	Dado que el sistema no es convencional, debe ser realizado con una herramienta específica para el desarrollo de aplicaciones matemáticas. El desconocimiento de herramientas de tales características que cumplan, además, el requisito de licencia libre (su utilización es uno de los objetivos planteados en el plan de proyecto) impone su búsqueda, evaluación y selección. La eventualidad de no encontrar una acarrea un riesgo en la concreción del proyecto.
	<i>Entorno de trabajo</i>	Actitud ante la calidad.	En virtud de que el sistema se desarrolla para una cátedra, en un ámbito académico, se supone un entorno de trabajo sin complicaciones interpersonales asociadas.
		Cooperación.	
		Comunicación.	
Moral.			

Tabla A.1.4. Elicitación de riesgos relacionados a las Restricciones del Programa.

TAXONOMÍA DE RIESGOS			
Clase	Elemento	Atributo	Consideración
<i>Restricciones del Programa</i>	<i>Recursos</i>	Cronograma.	No hay restricciones más allá de las autoimpuestas en el plan de proyecto.
		Personal	En estos apartados, no se observan restricciones que amenacen la concreción del proyecto
		Presupuesto	
	Facilidades	El riesgo inherente se reduce a la disponibilidad de uso del equipamiento de hardware.	
	<i>Contratos</i>	Tipo de contrato.	El análisis, desarrollo y uso del sistema no requiere de contratos económicos ni laborales.
		Restricciones.	
		Dependencias.	
	<i>Interfaces del programa</i>	Cliente.	Los clientes están claramente identificados, al igual que sus requerimientos. Se tiene una relación interpersonal fluida tanto con la directora del proyecto como con el resto plantel docente de la cátedra AM II. También con los alumnos, futuros usuarios de la aplicación, hay contacto semanal durante el dictado de clases. Se dispone de la documentación necesaria (bibliografía, apuntes de cátedra, publicaciones).
		Integrador	El proyecto será llevado a cabo por un único individuo. El riesgo inherente se reduce al estado de salud del mismo y a la disponibilidad de uso de sus herramientas
		Contratistas asociados.	No se utilizan contratistas en el proyecto.
		Subcontratistas.	
		Contratista principal.	
		Proveedor.	Se asume la utilización de software libre.
Política.		El proyecto se enmarca en una política académica institucional, dentro de un proyecto de investigación. No se aprecian riesgos al respecto.	

A.1.2. Evaluación de los riesgos

Habiendo analizado todos y cada uno de los elementos que podrían introducir factores de riesgo en la concreción del proyecto, bajo un enfoque cualitativo se someten a evaluación aquéllos que se detectaron como relevantes.

En primer término, en la tabla A.1.5 se definen las probabilidades de ocurrencia de un riesgo.

Tabla A.1.5. *Categorización de las probabilidades de ocurrencia de un riesgo*

CATEGORÍA	PROBABILIDAD
1	Ínfima
2	Baja
3	Media
4	Alta

Para la definición de los tipos de impacto se adoptará la clasificación realizada por Bracalenti [1], pero revirtiendo la categorización que propone. En la tabla A.1.6 se ilustran los tipos de impacto.

Tabla A.1.6. *Categorización del impacto que produce la ocurrencia de un riesgo*

CATEGORÍA	IMPACTO
1	Despreciable
2	Marginal
3	Crítico
4	Catastrófico

Para caracterizar cualitativamente el grado de exposición al riesgo (**ER**) se recurre a la ecuación de Bohem, que, dada su génesis cuantitativa, debe ser modificada para que sea aplicable bajo el enfoque de evaluación elegido: $ER = P * D$. Donde **P** es la categoría de *Probabilidad de ocurrencia* y **D** es la categoría del *Daño resultante*, definidos arriba.

En la tabla A.1.7 se muestran las categorías de nivel de riesgo [24] resultantes de aplicar esta ecuación y en la tabla A.1.8 se resume la evaluación realizada.

Tabla A.1.7. Niveles de riesgo según el valor de ER.

CATEGORÍA	ER	NIVEL DE RIESGO
1	$1 \leq \mathbf{ER} < 4$	Aceptable
2	$4 \leq \mathbf{ER} < 8$	Poco Riesgoso
3	$8 \leq \mathbf{ER} < 12$	Riesgoso
4	$12 \leq \mathbf{ER} \leq 16$	Muy Riesgoso

Tabla A.1.8. Evaluación de los riesgos del PFC.

PONDERACIÓN DE RIESGOS					
Elemento de la Taxonomía	Nº	Riesgo identificado	P	D	ER
Gestión del proyecto Gestión del tiempo del proyecto Estimación de la duración de las actividades. Desarrollo del cronograma del proyecto. Control del cronograma del proyecto	I	Imprecisión en la estimación del tiempo en que se llevarán a cabo las tareas definidas, en especial, las relativas a las etapas II y III de la metodología diseñada para la realización del proyecto. Actividades críticas de la etapa II: investigación, evaluación y selección de plataformas de desarrollo específicas para aplicaciones matemáticas, aprendizaje del lenguaje de programación de la plataforma elegida. Actividad crítica de la etapa III: codificación de la aplicación informática en el lenguaje seleccionado.	4	2	8 ⁴
Ingeniería de producto	II	La plataforma de desarrollo de licencia	2	4	8 ⁵

⁴ El valor de P se fijó en base a que las extralimitaciones en los tiempos han subido, desde 71% en 2010 al 74% en 2012, ocurriendo en 2.004 el punto más alto en los excesos de tiempo (84%) [3]. El valor de D está cargado de la subjetividad de considerar que las consecuencias que acarrea la prolongación de este proyecto final de carrera en sí es la postergación de la acreditación profesional.

⁵ En 2010 se completó el 74% de los requisitos especificados. Las características y funciones desarrolladas disminuyeron al 69 % en 2012. Se cree que se debe a que las organizaciones invierten más tiempo en focalizarse en los requisitos de alto valor, frente a la posibilidad de completar el 100% de los requisitos. El análisis sugiere que el 20 % de las funciones son de uso frecuente y el 50 % de las características son casi nunca o nunca utilizadas. La zona gris es de aproximadamente 30%, en donde las características y funciones se usan a veces o con poca frecuencia. En la recopilación de requisitos, selección e implementación no hay duda de que el centrarse en el 20% reeditaré el 80 % del valor de la inversión en desarrollo de software y mejorará la satisfacción general de los usuarios. Después de todo, nunca hay suficiente tiempo ni dinero para hacer todo. La expectativa natural es que los ejecutivos y las partes interesadas lo quieren todo y lo quieren todo ahora. Por lo tanto, la reducción de alcance y no hacer el 100 % de las características y funciones no es sólo una válida estrategia, sino una prudente. [3]

PONDERACIÓN DE RIESGOS

Elemento de la Taxonomía	N°	Riesgo identificado	P	D	ER
<i>Requerimientos</i> Factibilidad		libre no ofrece la funcionalidad necesaria para dar solución a la totalidad de los requerimientos del proyecto.			
<i>Ingeniería de producto</i> <i>Codificación</i> Factibilidad Restricciones de implementación	III	Demoras en la codificación introducidas por la falta de dominio del lenguaje de programación o por desconocimiento de facilidades ofrecidas por la herramienta de desarrollo.	4	3	12 ⁶
<i>Ingeniería de producto</i> <i>Arquitectura</i> Interfaz del usuario	IV	Dificultades en la concreción acabada de los requisitos de usabilidad de la interfaz de usuario.	4	3	12 ⁷
<i>Entorno de desarrollo</i> <i>Sistemas de desarrollo</i> Herramienta de desarrollo	V	No encontrar una plataforma de licencia libre específica para el desarrollo de aplicaciones matemáticas.	2	4	8 ⁸
<i>Restricciones del programa</i> <i>Interfaces del programa</i> Integrador	VI	Enfermedad del desarrollador que impida la realización normal de su trabajo y demás contingencias personales que acarreen consecuencias de la misma envergadura.	1	4	4 ⁹
<i>Restricciones de programa</i> <i>Recursos</i> Facilidades	VII	Fallos del equipo de hardware (notebook) o pérdida por robo o extravío.	3	2	6 ¹⁰

⁶ [18]

⁷ [3],[18]

⁸ El valor asignado a P se basa en el conocimiento personal de la existencia en la web de un sinnúmero de herramientas de software libre de distinto tipo para objetivos diferentes, por lo que la probabilidad de no encontrar una específica para aplicaciones matemáticas es baja. A D se le impone el máximo valor porque entre los objetivos específicos del proyecto final de carrera se explicita la necesidad de usar software libre.

⁹ La historia clínica de quien llevará adelante el proyecto da cuenta de que las chances de enfermedad son ínfimas. En caso de producirse tal evento, el impacto es catastrófico debido a que es la única persona que lleva adelante el proyecto.

¹⁰ Manuales y tutoriales Banghó [11]. Estadísticas de delitos [12], [13]. Nota: El equipo con el que se desarrollará el proyecto es una notebook Banghó adquirida en abril de 2013. Luego del cuarto mes de uso comenzó a fallar la batería. El servicio técnico oficial procedió a cambiarla y entregó el equipo reparado luego de transcurridos 45 días, existiendo el riesgo adicional de un mayor tiempo de reparación a raíz de la incertidumbre en la fecha de recepción de repuestos causada por las demoras de entrega desde fábrica.

A.1.3. Plan de contingencia

Criterios adoptados para la planificación de las acciones de contingencia:

- Los riesgos cuyo grado de exposición arrojó un resultado inferior a 8 en el proceso de *evaluación* serán asumidos o tolerados. Se les asignó las categorías más bajas del nivel de riesgo (1 y 2).
- Aquéllos en los que la ponderación del **ER** resultó igual a 8 o superior serán minimizados con medidas preventivas apropiadas y abordados, ante la eventualidad de hacerse efectivos, con acciones correctivas tendientes a asegurar la continuidad del proyecto y su consecución exitosa. Dichos riesgos corresponden a las categorías 3 y 4 de la definición de los niveles de exposición al riesgo realizada durante la actividad de *evaluación*.

El Plan de Contingencia se resume en la tabla A.1.9, preservando el n° identificatorio de cada riesgo asignado en la tabla A.1.8 y ordenados de manera decreciente según el valor de **ER** correspondiente.

Tabla A.1.9. Plan de Contingencia del PFC.

ER	RIESGO	MEDIDAS DE CONTINGENCIA	
		Preventivas	Correctivas
12	III	Se procederá a la auto capacitación, con los medios disponibles, a los efectos de lograr el “know-how” que permita la codificación correspondiente. El tiempo destinado a esta actividad deberá preverse en el cronograma con una asignación horaria diaria máxima. También se preverá un incremento de la carga horaria destinada a la actividad de codificación de modo que haya margen para resolver las dificultades que pudieran presentarse.	<p><i>Disparador:</i> Restan dos semanas para la culminación de la etapa de codificación y todavía no fueron implementadas todas las funcionalidades núcleo de la aplicación.</p> <p><i>Acción:</i> Se replanificará el cronograma de la fase de desarrollo de la aplicación.</p>
	IV	En la actividad de selección de la plataforma de desarrollo, establecer como otra de las prioridades del criterio de selección la potencialidad para desarrollo de la GUI.	<p><i>Disparador:</i> Las plataformas que se van evaluando exhiben capacidad gráfica elemental para el desarrollo de la GUI.</p> <p><i>Acción:</i> Reducir las expectativas en el diseño de la interfaz, adecuándolas a las</p>

ER	RIESGO	MEDIDAS DE CONTINGENCIA	
		Preventivas	Correctivas
			posibilidades ofrecidas por la plataforma de desarrollo y arquitectura seleccionadas.
8	I	Apoyarse en técnicas para la estimación de tareas: ponderación CPM/PERT, ponderación probabilística, diagramas de Gantt, etc. Utilizar herramientas de soporte como MS Project u Open Project, por ejemplo.	<i>Disparador:</i> La actividad está concretada entre un 60-80% , pero se avizora su culminación según el cronograma . <i>Alternativa de acción 1:</i> Reformular el cronograma si tal cosa es viable. <i>Alternativa de acción 2:</i> Aceptar el riesgo.
	II	Incrementar la carga horaria destinada a la selección de la herramienta de desarrollo. Establecer como una de las prioridades de los criterios de selección la potencialidad para codificar las funcionalidades mínimas de la aplicación.	<i>Disparador:</i> Resta una semana para la culminación de la actividad de selección prevista en el cronograma <i>Acción:</i> Reducir las expectativas de la totalidad de las especificaciones establecidas, haciendo foco en las funcionalidades núcleo.
	V	Asignar la máxima carga horaria a la etapa II del proyecto: “Análisis de plataformas de desarrollo de SW”, de modo que por cronograma esté previsto el tiempo destinado a la búsqueda, evaluación y selección de aquella que resulte más adecuada a los intereses del proyecto.	<i>Disparador 1:</i> Según el cronograma, quedan dos semanas para la culminación de la etapa. <i>Alternativa de acción 1:</i> Prorrogar la culminación de la misma si tal acción es factible en términos de cronograma (por ejemplo, en el caso que las actividades de la etapa I se hayan completado satisfactoriamente antes de lo estimado). <i>Alternativa de acción 2:</i> En caso de que la búsqueda y evaluación de plataformas de desarrollo no arroje resultados que satisfagan cabalmente todas las expectativas iniciales y estar apremiado por la culminación del cronograma destinado a la etapa II se optará por “el mal menor” adoptando aquella que cumpla con la mayor cantidad de los requisitos deseados. <i>Disparador 2:</i> El hallazgo de una

ER	RIESGO	MEDIDAS DE CONTINGENCIA	
		Preventivas	Correctivas
			<p>plataforma de software libre específica para el desarrollo de aplicaciones matemáticas es absolutamente infructuosa y no hay holguras en el cronograma.</p> <p><i>Acción:</i> Se deberá recurrir a una conocida, de licencia privativa, como última alternativa. En tal eventualidad, utilizar el software Mathematica, del cual la facultad tiene 20 licencias. La aplicación podría, de este modo, utilizarse en los laboratorios de Materias Básicas. Tal decisión aparece como una medida de contingencia no deseada pero factible.</p>

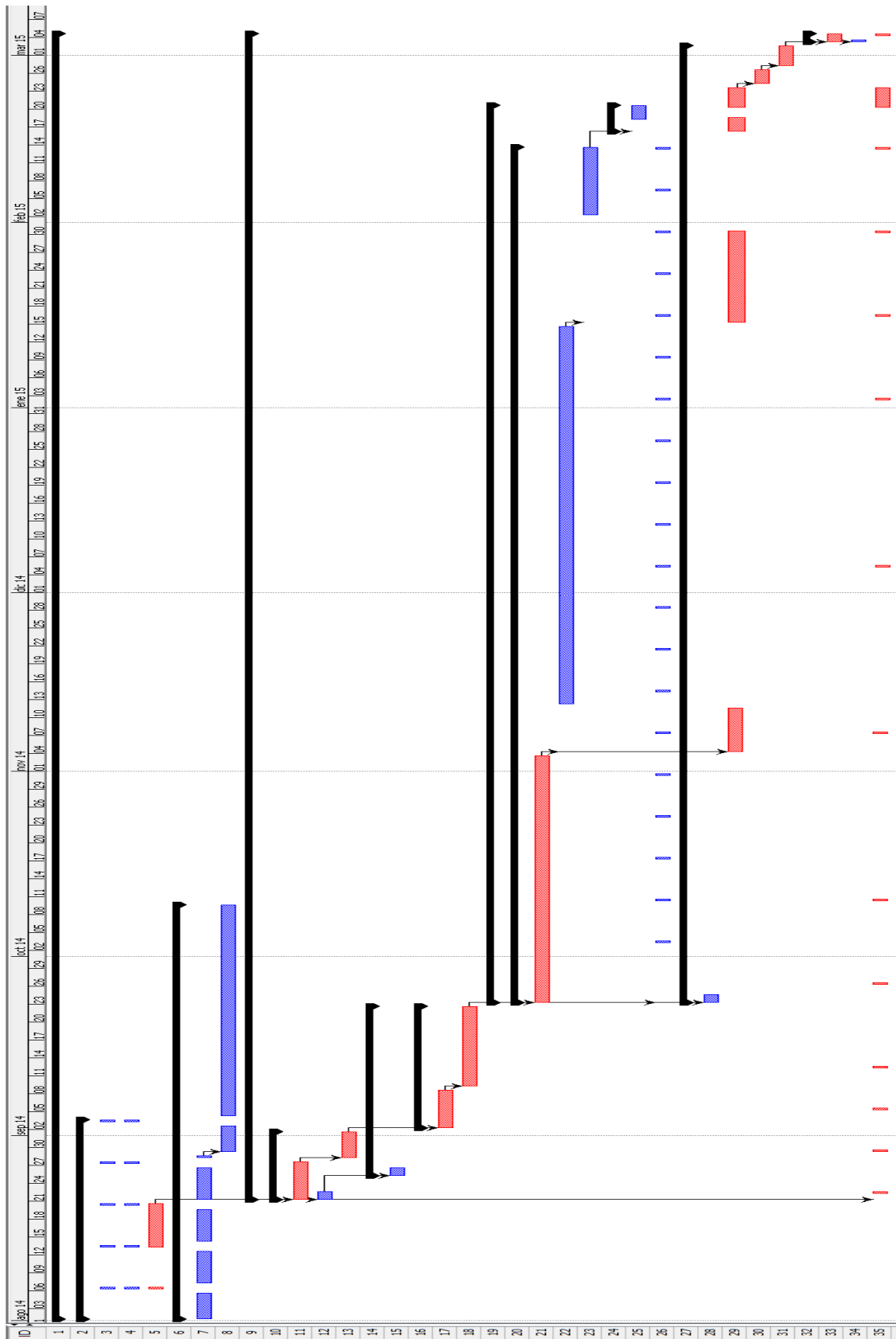
A.2. Planificación del proyecto

Las estimaciones del proyecto se compendian en la estructura de descomposición de tareas, diagrama de Gantt, asignación horaria detallada por tarea y asignación horaria detallada semanalmente.

A.2.1. Estructura de descomposición de tareas

ID	Estructura de descomposición de tareas	Duración	Inicio	Terminado	Predecesores
1	<input type="checkbox"/> PFC	154 days	01/08/14 08:00	04/03/15 17:00	
2	<input type="checkbox"/> Definir secuencias didácticas y analizar material bibliográfico y didáctico	24 days	01/08/14 08:00	03/09/14 17:00	
3	Definir secuencias didácticas para el tema "Sistemas de ecuaciones diferenciales lineales de primer orden"	21 days	01/08/14 08:00	03/09/14 17:00	
4	Explorar y estudiar material bibliográfico y apuntes de cátedra correspondientes a ecuaciones diferenciales	21 days	01/08/14 08:00	03/09/14 17:00	
5	Explorar y analizar publicaciones de los EMCI concernientes a la utilización de TIC en la enseñanza del tópico "Ecuaciones Diferenciales"	11 days	01/08/14 08:00	20/08/14 17:00	
6	<input type="checkbox"/> Analizar plataformas de desarrollo de SW	50 days	01/08/14 08:00	09/10/14 17:00	
7	Buscar, evaluar y seleccionar un entorno de programación de licencia libre, específico para el desarrollo de aplicaciones matemáticas	20 days	01/08/14 08:00	28/08/14 17:00	
8	Capacitar en el lenguaje de programación de la plataforma preseleccionada	30 days	29/08/14 08:00	09/10/14 17:00	7
9	<input type="checkbox"/> Desarrollar la aplicación informática	140 days	21/08/14 08:00	04/03/15 17:00	
10	<input type="checkbox"/> Realizar el análisis	8 days	21/08/14 08:00	01/09/14 17:00	
11	Elicitar requisitos funcionales	5 days	21/08/14 08:00	27/08/14 17:00	5
12	Elicitar requisitos no funcionales	2 days	21/08/14 08:00	22/08/14 17:00	5
13	Especificar los requisitos funcionales mediante el modelo de casos de uso	3 days	28/08/14 08:00	01/09/14 17:00	11
14	<input type="checkbox"/> Realizar el diseño	21 days	25/08/14 08:00	22/09/14 17:00	
15	Diseñar la arquitectura del sistema que satisfaga los requisitos no funcionales	2 days	25/08/14 08:00	26/08/14 17:00	12
16	<input type="checkbox"/> Realizar el diseño funcional	15 days	02/09/14 08:00	22/09/14 17:00	
17	Confeccionar en UML los modelos y diagramas relevantes del diseño	5 days	02/09/14 08:00	08/09/14 17:00	13
18	Construir prototipos y someterlos a validación por parte del usuario	10 days	09/09/14 08:00	22/09/14 17:00	17
19	<input type="checkbox"/> Codificar	109 days	23/09/14 08:00	20/02/15 17:00	
20	<input type="checkbox"/> Construir capa de negocio	104 days	23/09/14 08:00	13/02/15 17:00	
21	Codificar SA	30 days	23/09/14 08:00	03/11/14 17:00	18
22	Codificar SNA	46 days	04/11/14 08:00	14/01/15 17:00	21
23	Codificar ST	10 days	15/01/15 08:00	13/02/15 17:00	22
24	<input type="checkbox"/> Construir capa de presentación	5 days	16/02/15 08:00	20/02/15 17:00	
25	Codificar PW	3 days	16/02/15 08:00	20/02/15 17:00	23
26	Documentar el código	96 days	23/09/14 08:00	13/02/15 17:00	18
27	<input type="checkbox"/> Realizar las pruebas	115 days	23/09/14 08:00	02/03/15 17:00	
28	Diseñar los casos de prueba con la intervención del usuario y documentarlos	2 days	23/09/14 08:00	24/09/14 17:00	18
29	Ejecutar las pruebas de unidad y depurar	80 days	04/11/14 08:00	23/02/15 17:00	21
30	Ejecutar las pruebas de sistema y depurar	3 days	24/02/15 08:00	26/02/15 17:00	29
31	Realizar las pruebas de aceptación y depurar	2 days	27/02/15 08:00	02/03/15 17:00	30
32	<input type="checkbox"/> Realizar la entrega	2 days	03/03/15 08:00	04/03/15 17:00	
33	Instalar el sistema en las notebooks de la cátedra AM II	2 days	03/03/15 08:00	04/03/15 17:00	31
34	Publicar la aplicación en el campus de la UTN-FRSF para distribución entre los alumnos	1 day	03/03/15 08:00	03/03/15 17:00	31
35	Documentar el proyecto	139 days	21/08/14 08:00	04/03/15 17:00	5

A.2.2. Diagrama de Gantt



A.2.3. Asignación horaria detallada por tarea

ID	Nombre	Trabajo	Duración	Inicio	Terminado
1	<input type="checkbox"/> PFC	1.362 horas	154 days	01/08/14 08:00	04/03/15 17:00
2	<input type="checkbox"/> Definir secuencias didácticas y analizar material bibliográfico y didáctico	52 horas	24 days	01/08/14 08:00	03/09/14 17:00
3	Definir secuencias didácticas para el tema "Sistemas de ecuaciones diferenciales lineales de primer orden"	20 horas	21 days	01/08/14 08:00	03/09/14 17:00
4	Explorar y estudiar material bibliográfico y apuntes de cátedra correspondientes a ecuaciones diferenciales	11 horas	21 days	01/08/14 08:00	03/09/14 17:00
5	Explorar y analizar publicaciones de los EMCI concernientes a la utilización de TIC en la enseñanza del tópico "Ecuaciones Diferenciales"	21 horas	11 days	01/08/14 08:00	20/08/14 17:00
6	<input type="checkbox"/> Analizar plataformas de desarrollo de SW	251 horas	50 days	01/08/14 08:00	09/10/14 17:00
7	Buscar, evaluar y seleccionar un entorno de programación de licencia libre, específico para el desarrollo de aplicaciones matemáticas	106 horas	20 days	01/08/14 08:00	28/08/14 17:00
8	Capacitar en el lenguaje de programación de la plataforma preseleccionada	145 horas	30 days	29/08/14 08:00	09/10/14 17:00
9	<input type="checkbox"/> Desarrollar la aplicación informática	1.059 horas	140 days	21/08/14 08:00	04/03/15 17:00
10	<input type="checkbox"/> Realizar el análisis	31 horas	8 days	21/08/14 08:00	01/09/14 17:00
11	Elicitar requisitos funcionales	12 horas	5 days	21/08/14 08:00	27/08/14 17:00
12	Elicitar requisitos no funcionales	4 horas	2 days	21/08/14 08:00	22/08/14 17:00
13	Especificar los requisitos funcionales mediante el modelo de casos de uso	15 horas	3 days	28/08/14 08:00	01/09/14 17:00
14	<input type="checkbox"/> Realizar el diseño	41 horas	21 days	25/08/14 08:00	22/09/14 17:00
15	Diseñar la arquitectura del sistema que satisfaga los requisitos no funcionales	6 horas	2 days	25/08/14 08:00	26/08/14 17:00
16	<input type="checkbox"/> Realizar el diseño funcional	35 horas	15 days	02/09/14 08:00	22/09/14 17:00
17	Confecionar en UML los modelos y diagramas relevantes del diseño	15 horas	5 days	02/09/14 08:00	08/09/14 17:00
18	Construir prototipos y someterlos a validación por parte del usuario	20 horas	10 days	09/09/14 08:00	22/09/14 17:00
19	<input type="checkbox"/> Codificar	719 horas	109 days	23/09/14 08:00	20/02/15 17:00
20	<input type="checkbox"/> Construir capa de negocio	699 horas	104 days	23/09/14 08:00	13/02/15 17:00
21	Codificar SA	209 horas	30 days	23/09/14 08:00	03/11/14 17:00
22	Codificar SNA	403 horas	46 days	04/11/14 08:00	14/01/15 17:00
23	Codificar ST	87 horas	10 days	15/01/15 08:00	13/02/15 17:00
24	<input type="checkbox"/> Construir capa de presentación	20 horas	5 days	16/02/15 08:00	20/02/15 17:00
25	Codificar PW	20 horas	3 days	16/02/15 08:00	20/02/15 17:00
26	Documentar el código	20 horas	96 days	23/09/14 08:00	13/02/15 17:00
27	<input type="checkbox"/> Realizar las pruebas	235 horas	115 days	23/09/14 08:00	02/03/15 17:00
28	Diseñar los casos de prueba con la intervención del usuario y documentarlos	8 horas	2 days	23/09/14 08:00	24/09/14 17:00
29	Ejecutar las pruebas de unidad y depurar	182 horas	80 days	04/11/14 08:00	23/02/15 17:00
30	Ejecutar las pruebas de sistema y depurar	27 horas	3 days	24/02/15 08:00	26/02/15 17:00
31	Realizar las pruebas de aceptación y depurar	18 horas	2 days	27/02/15 08:00	02/03/15 17:00
32	<input type="checkbox"/> Realizar la entrega	13 horas	2 days	03/03/15 08:00	04/03/15 17:00
33	Instalar el sistema en las notebooks de la cátedra AM II	9 horas	2 days	03/03/15 08:00	04/03/15 17:00
34	Publicar la aplicación en el campus de la UTN-FRSF para distribución entre los alumnos	4 horas	1 day	03/03/15 08:00	03/03/15 17:00
35	Documentar el proyecto	24 horas	139 days	21/08/14 08:00	04/03/15 17:00

A.3. Casos de prueba unitaria

A.3.1. Pruebas sobre los campos de entrada de las ecuaciones diferenciales

CPU01	Edición de ecuaciones																																																																						
Descripción	Se comprueba la validación de los campos de entrada de las ecuaciones diferenciales																																																																						
CU	CU01, CU02, CU03, CU04, CU05, CU06, CU07, CU08																																																																						
Estado	Modo Edición																																																																						
Estados relacionados																																																																							
Precondiciones																																																																							
Dependencias con otros CP																																																																							
Datos/acciones de entrada	<table border="1"> <thead> <tr> <th>Nº</th> <th>x'</th> <th>y'</th> <th>Partición de equivalencia</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>1</td> <td>$-10x + 30y$</td> <td>$-4.5x + 9y$</td> <td>Derivadas dependiendo de $x(t)$ e $y(t)$</td> </tr> <tr> <td>2</td> <td>$-4y$</td> <td>x</td> <td>Derivadas dependiendo de una sola función</td> </tr> <tr> <td>3</td> <td>-2</td> <td>1</td> <td>Derivadas constantes</td> </tr> <tr> <td>4</td> <td></td> <td></td> <td>Entrada vacía</td> </tr> <tr> <td>5</td> <td>$\log(x)$</td> <td>$-x+3$</td> <td>x' no lineal</td> </tr> <tr> <td>6</td> <td>$2x-10y$</td> <td>e^y</td> <td>y' no lineal</td> </tr> <tr> <td>7</td> <td>$x*y$</td> <td>$\tan(x)$</td> <td>Ambas derivadas no lineales</td> </tr> <tr> <td>8</td> <td>$y+2\cos(t)$</td> <td>$-x + 2\sin(t)$</td> <td>Ambas derivadas dependiendo t</td> </tr> <tr> <td>9</td> <td>$x+e^{-t}$</td> <td>$-20y+x$</td> <td>Sólo x' dependiendo de t</td> </tr> <tr> <td>10</td> <td>$-4x+3y$</td> <td>$x+y+\log(t)$</td> <td>Sólo y' dependiendo de t</td> </tr> <tr> <td>11</td> <td>$sk-1\zeta$</td> <td>$-x$</td> <td>x' inválida</td> </tr> <tr> <td>12</td> <td>$-y$</td> <td>$sk-1\zeta$</td> <td>y' inválida</td> </tr> <tr> <td>13</td> <td>$y+$</td> <td>x</td> <td>x' incompleta</td> </tr> <tr> <td>14</td> <td>y</td> <td>$x+e^$</td> <td>y' incompleta</td> </tr> <tr> <td>15</td> <td>$-x$</td> <td></td> <td>y' vacía</td> </tr> <tr> <td>16</td> <td></td> <td>$-x$</td> <td>x' vacía</td> </tr> </tbody> </table>			Nº	x'	y'	Partición de equivalencia	1	$-10x + 30y$	$-4.5x + 9y$	Derivadas dependiendo de $x(t)$ e $y(t)$	2	$-4y$	x	Derivadas dependiendo de una sola función	3	-2	1	Derivadas constantes	4			Entrada vacía	5	$\log(x)$	$-x+3$	x' no lineal	6	$2x-10y$	e^y	y' no lineal	7	$x*y$	$\tan(x)$	Ambas derivadas no lineales	8	$y+2\cos(t)$	$-x + 2\sin(t)$	Ambas derivadas dependiendo t	9	$x+e^{-t}$	$-20y+x$	Sólo x' dependiendo de t	10	$-4x+3y$	$x+y+\log(t)$	Sólo y' dependiendo de t	11	$sk-1\zeta$	$-x$	x' inválida	12	$-y$	$sk-1\zeta$	y' inválida	13	$y+$	x	x' incompleta	14	y	$x+e^$	y' incompleta	15	$-x$		y' vacía	16		$-x$	x' vacía
Nº	x'	y'	Partición de equivalencia																																																																				
1	$-10x + 30y$	$-4.5x + 9y$	Derivadas dependiendo de $x(t)$ e $y(t)$																																																																				
2	$-4y$	x	Derivadas dependiendo de una sola función																																																																				
3	-2	1	Derivadas constantes																																																																				
4			Entrada vacía																																																																				
5	$\log(x)$	$-x+3$	x' no lineal																																																																				
6	$2x-10y$	e^y	y' no lineal																																																																				
7	$x*y$	$\tan(x)$	Ambas derivadas no lineales																																																																				
8	$y+2\cos(t)$	$-x + 2\sin(t)$	Ambas derivadas dependiendo t																																																																				
9	$x+e^{-t}$	$-20y+x$	Sólo x' dependiendo de t																																																																				
10	$-4x+3y$	$x+y+\log(t)$	Sólo y' dependiendo de t																																																																				
11	$sk-1\zeta$	$-x$	x' inválida																																																																				
12	$-y$	$sk-1\zeta$	y' inválida																																																																				
13	$y+$	x	x' incompleta																																																																				
14	y	$x+e^$	y' incompleta																																																																				
15	$-x$		y' vacía																																																																				
16		$-x$	x' vacía																																																																				

CPU01	Edición de ecuaciones	
Resultado esperado	N°	Salida
	1	Entrada aceptada como sistema autónomo
	2	Entrada aceptada como sistema autónomo
	3	Entrada aceptada como sistema autónomo
	4	Entrada aceptada. Ningún campo ni trayectoria será visualizada.
	5	Mensaje de advertencia: “El sistema no es lineal”
	6	Mensaje de advertencia: “El sistema no es lineal”
	7	Mensaje de advertencia: “El sistema no es lineal”
	8	Entrada aceptada como sistema no autónomo
	9	Entrada aceptada como sistema no autónomo
	10	Entrada aceptada como sistema no autónomo
	11	Mensaje de error: “Entrada inválida”
	12	Mensaje de error: “Entrada inválida”
	13	Mensaje de error: “Entrada inválida”
	14	Mensaje de error: “Entrada inválida”
	15	Asume y' nula
16	Asume x' nula	

CPU01	Edición de ecuaciones																																		
Resultado obtenido	<table border="1"> <thead> <tr> <th data-bbox="497 389 564 427">N°</th> <th data-bbox="564 389 1362 427">Salida</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td data-bbox="497 427 564 465">1</td> <td data-bbox="564 427 1362 465">IRE</td> </tr> <tr> <td data-bbox="497 465 564 504">2</td> <td data-bbox="564 465 1362 504">IRE</td> </tr> <tr> <td data-bbox="497 504 564 542">3</td> <td data-bbox="564 504 1362 542">IRE</td> </tr> <tr> <td data-bbox="497 542 564 618">4</td> <td data-bbox="564 542 1362 618">Trayectoria y campo direccional: IRE Campo vectorial: ver figura A.1.</td> </tr> <tr> <td data-bbox="497 618 564 656">5</td> <td data-bbox="564 618 1362 656">No se mostró mensaje de advertencia. Ver figura A.2.</td> </tr> <tr> <td data-bbox="497 656 564 732">6</td> <td data-bbox="564 656 1362 732">No se mostró mensaje de advertencia. La aplicación graficó correctamente el sistema no lineal</td> </tr> <tr> <td data-bbox="497 732 564 770">7</td> <td data-bbox="564 732 1362 770">Idem 6.</td> </tr> <tr> <td data-bbox="497 770 564 808">8</td> <td data-bbox="564 770 1362 808">IRE.</td> </tr> <tr> <td data-bbox="497 808 564 846">9</td> <td data-bbox="564 808 1362 846">IRE.</td> </tr> <tr> <td data-bbox="497 846 564 884">10</td> <td data-bbox="564 846 1362 884">Ver figura A.3.</td> </tr> <tr> <td data-bbox="497 884 564 960">11</td> <td data-bbox="564 884 1362 960">No se mostró mensaje de error. El sistema asumió $x'=0$. Ver figura A.4.</td> </tr> <tr> <td data-bbox="497 960 564 1037">12</td> <td data-bbox="564 960 1362 1037">No se mostró mensaje de error. El sistema asumió $y'=0$. Ver figura A.5.</td> </tr> <tr> <td data-bbox="497 1037 564 1113">13</td> <td data-bbox="564 1037 1362 1113">No se mostró mensaje de error. El sistema asumió $x'=0$. Ver figura A.6.</td> </tr> <tr> <td data-bbox="497 1113 564 1189">14</td> <td data-bbox="564 1113 1362 1189">No se mostró mensaje de error. El sistema asumió $y'=0$. Ver figura A.7.</td> </tr> <tr> <td data-bbox="497 1189 564 1227">15</td> <td data-bbox="564 1189 1362 1227">IRE.</td> </tr> <tr> <td data-bbox="497 1227 564 1265">16</td> <td data-bbox="564 1227 1362 1265">IRE.</td> </tr> </tbody> </table>	N°	Salida	1	IRE	2	IRE	3	IRE	4	Trayectoria y campo direccional: IRE Campo vectorial: ver figura A.1.	5	No se mostró mensaje de advertencia. Ver figura A.2.	6	No se mostró mensaje de advertencia. La aplicación graficó correctamente el sistema no lineal	7	Idem 6.	8	IRE.	9	IRE.	10	Ver figura A.3.	11	No se mostró mensaje de error. El sistema asumió $x'=0$. Ver figura A.4.	12	No se mostró mensaje de error. El sistema asumió $y'=0$. Ver figura A.5.	13	No se mostró mensaje de error. El sistema asumió $x'=0$. Ver figura A.6.	14	No se mostró mensaje de error. El sistema asumió $y'=0$. Ver figura A.7.	15	IRE.	16	IRE.
	N°	Salida																																	
	1	IRE																																	
	2	IRE																																	
	3	IRE																																	
	4	Trayectoria y campo direccional: IRE Campo vectorial: ver figura A.1.																																	
	5	No se mostró mensaje de advertencia. Ver figura A.2.																																	
	6	No se mostró mensaje de advertencia. La aplicación graficó correctamente el sistema no lineal																																	
	7	Idem 6.																																	
	8	IRE.																																	
	9	IRE.																																	
	10	Ver figura A.3.																																	
	11	No se mostró mensaje de error. El sistema asumió $x'=0$. Ver figura A.4.																																	
	12	No se mostró mensaje de error. El sistema asumió $y'=0$. Ver figura A.5.																																	
	13	No se mostró mensaje de error. El sistema asumió $x'=0$. Ver figura A.6.																																	
	14	No se mostró mensaje de error. El sistema asumió $y'=0$. Ver figura A.7.																																	
	15	IRE.																																	
16	IRE.																																		
Información de debugging	<p>Salida n° 4: corregido.</p> <p>El resto de las salidas: No corregido. El campo destinado al ingreso de una ecuación diferencial es una clase que Descartes valida automáticamente mediante un analizador de expresiones incorporado que impone valor nulo a una entrada sintácticamente incorrecta. Una solución posible sería construir un analizador léxico, destinar un campo auxiliar tipo string para la GUI, validarlo mediante dicho analizador (informado al usuario si realizó una entrada inválida) y setear el objeto de Descartes con el string validado. Pero la implementación de un parser no es viable en el entorno Descartes.</p> <p>Dado que no puede validarse el campo de entrada es imposible emitir mensajes de error y/o advertencia. Como paliativo del problema se resuelve agregar en la ayuda contextual una explicación de los inconvenientes de una entrada inválida correspondiente a cada partición de equivalencia.</p>																																		

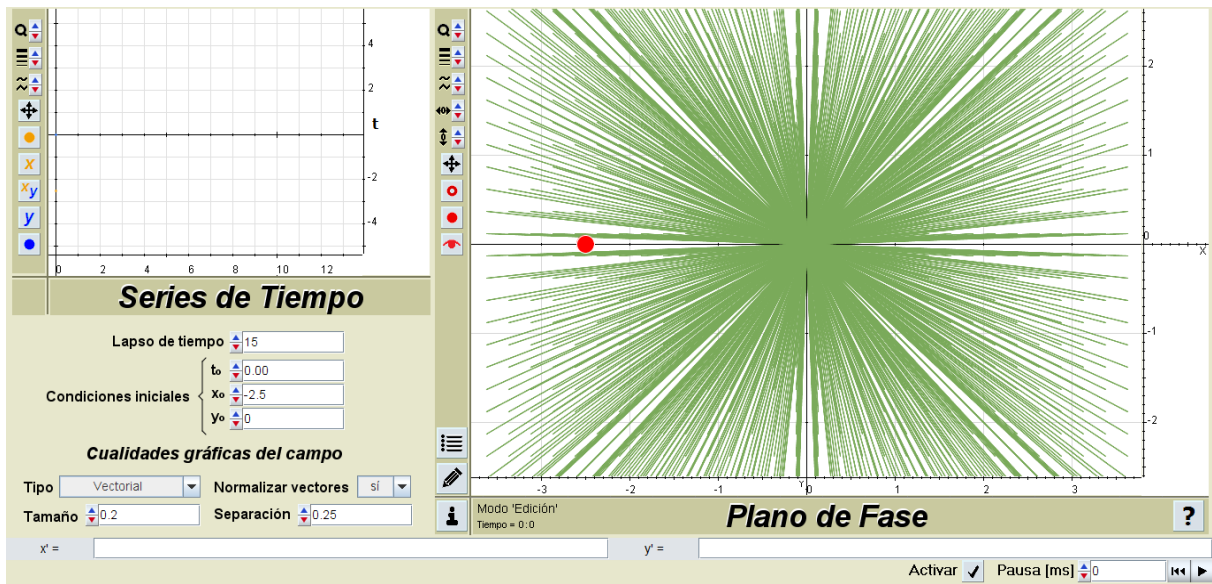


Figura A.1. CPU01 salida obtenida n° 4.

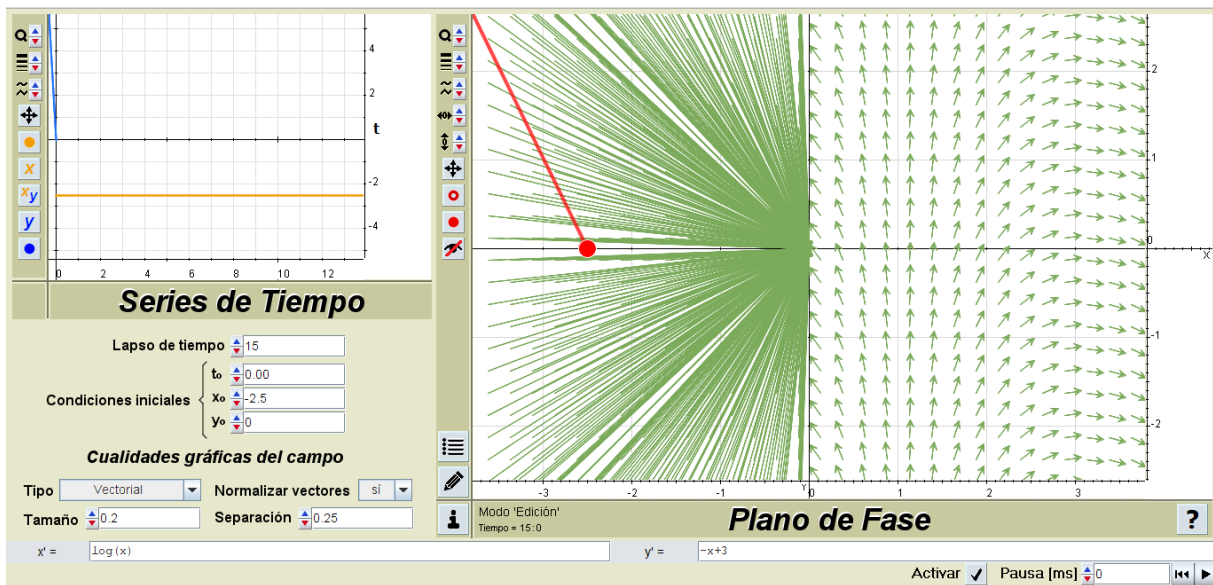


Figura A.2. CPU01 salida obtenida n° 5.

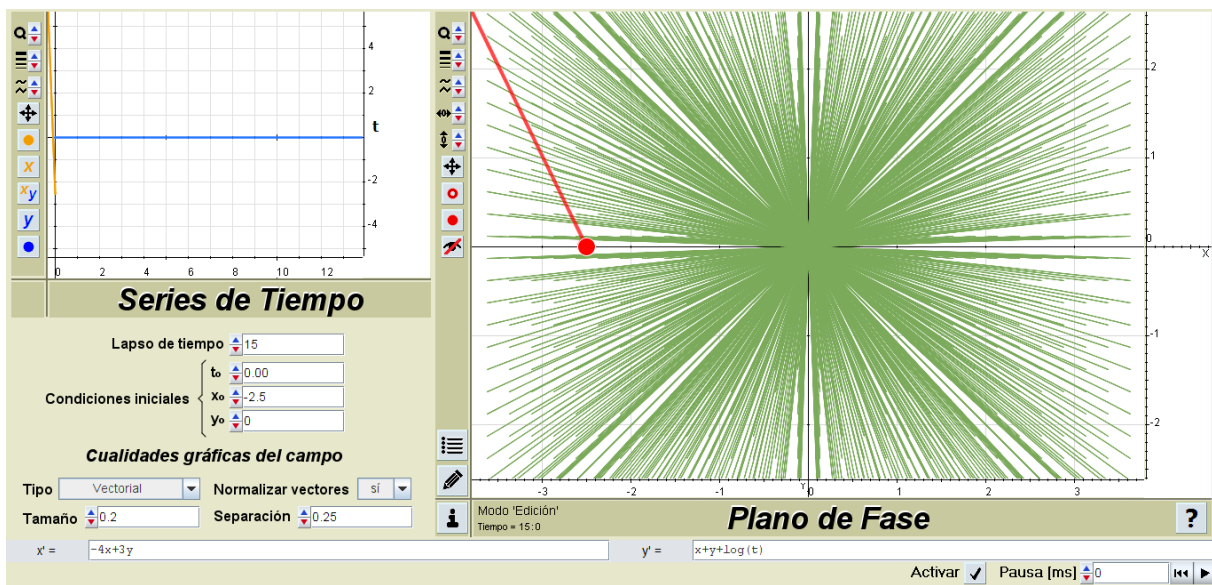


Figura A.3. CPU01 salida obtenida n° 10.

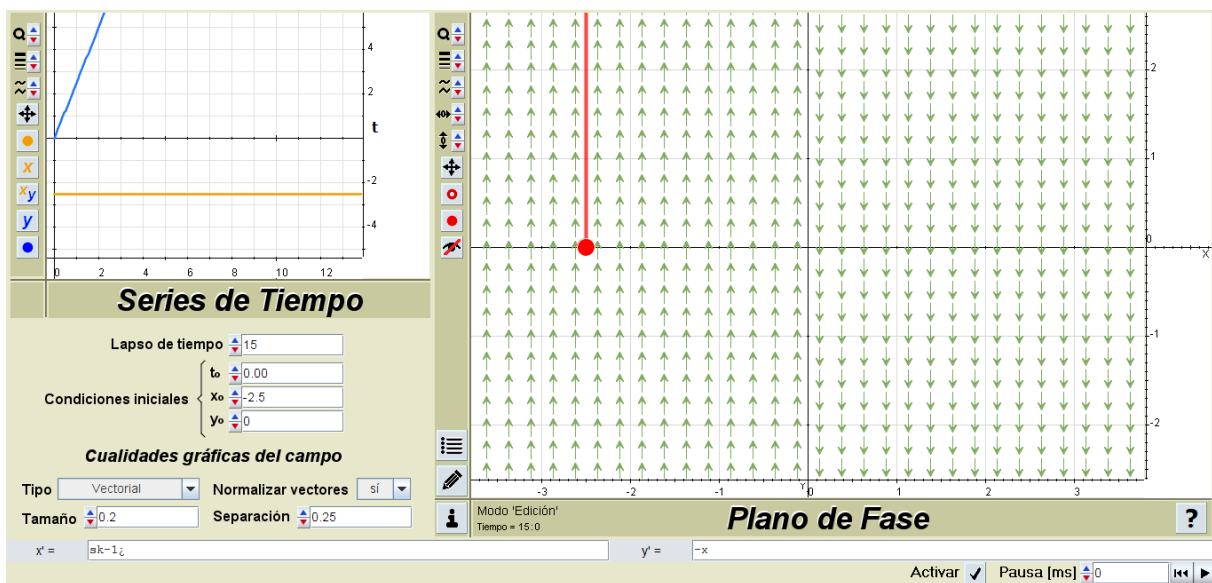


Figura A.4. CPU01 salida obtenida n° 11.

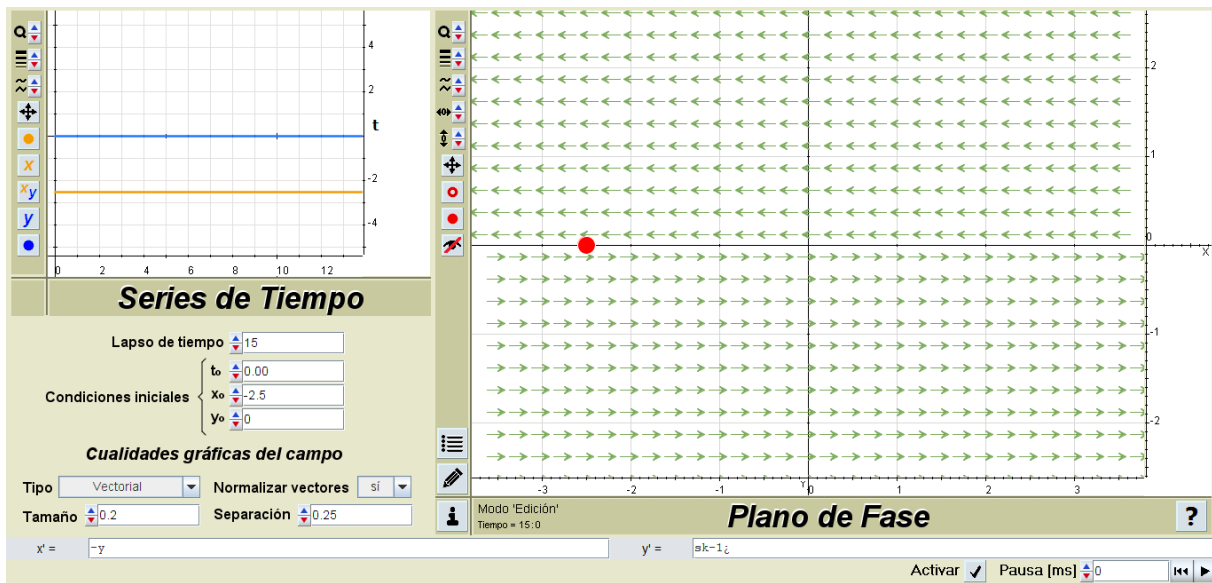


Figura A.5. CPU01 salida obtenida n° 12.

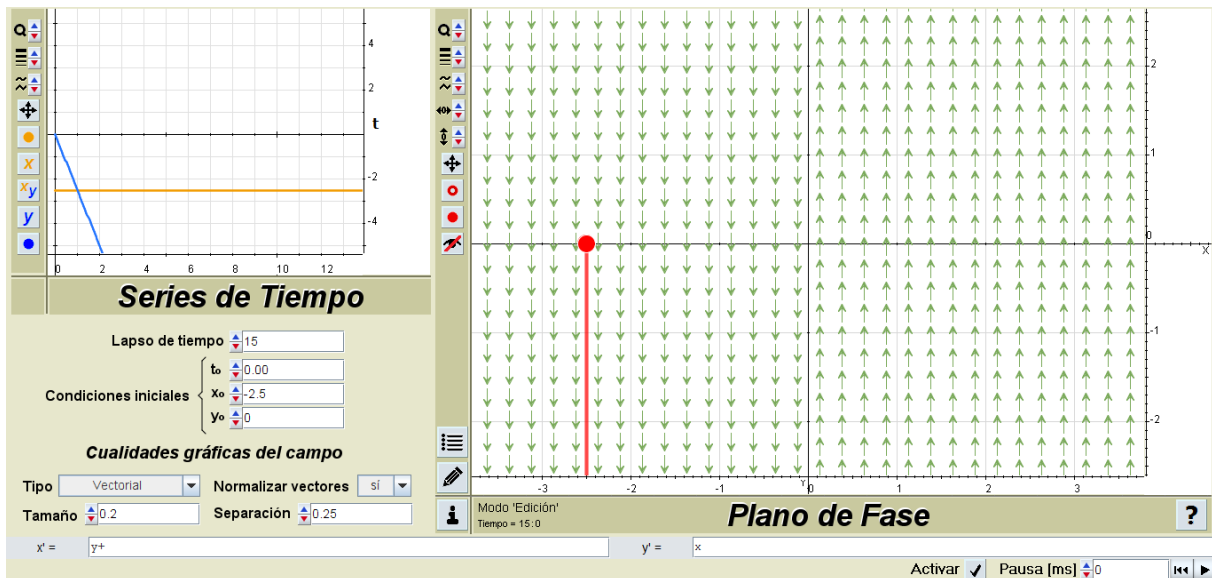


Figura A.6. CPU01 salida obtenida n° 13.

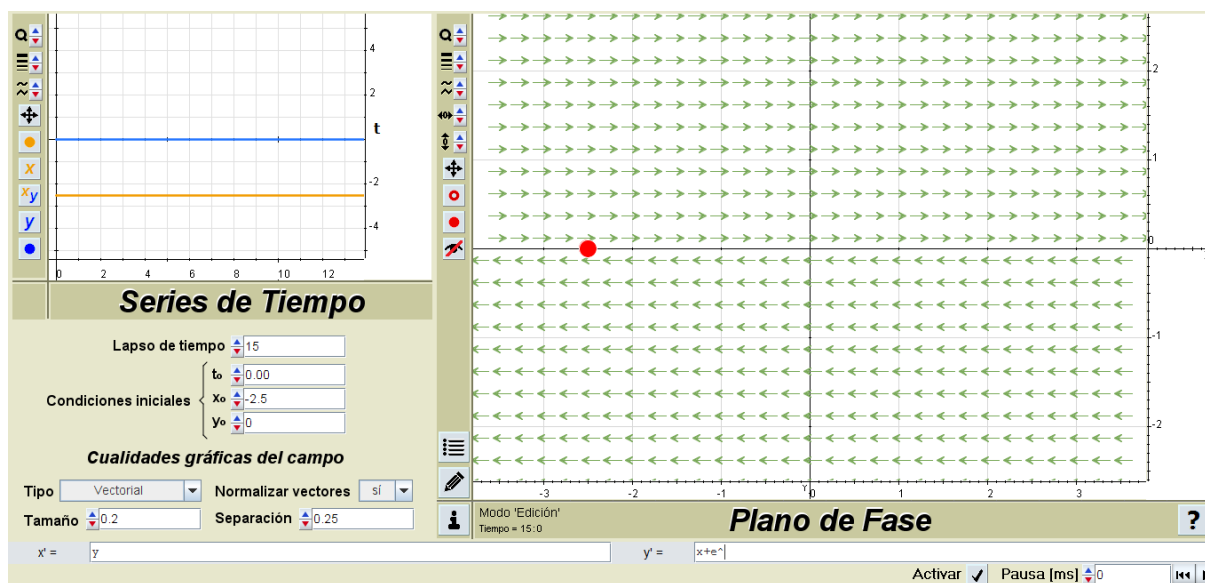


Figura A.7. CPU01 salida obtenida n° 14.

A.3.2. Pruebas sobre los campos vectoriales y direccionales

CPU02	Tipo de campo graficado
Descripción	Se comprueba la coincidencia entre el campo efectivamente graficado y el tipo de campo elegido desde el selector “Tipo”.
CU	CU01, CU02, CU04, CU05
Estado	Campo vectorial graficado en Plano Fase, Campo direccional graficado en plano Fase, Plano Fase sin campo graficado.
Estados relacionados	
Precondiciones	Todos los controles de la interfaz tienen sus valores por defecto. El sistema está en Modo Edición.
Dependencias con otros CP	CPU01.

CPU02	Tipo de campo graficado				
Datos/acciones de entrada	N°	Partición de equivalencia	x'	y'	Tipo de campo
	1	Sistema Autónomo	$-10x + 30y$	$-4.5x + 9y$	Vectorial
	2		$-10x + 30y$	$-4.5x + 9y$	Direccional
	3		$-10x + 30y$	$-4.5x + 9y$	Ninguno
	4		$10^{100}x - 10^{100}y$	$10^{100}x + 10^{100}y$	Vectorial
	5		$10^{100}x - 10^{100}y$	$10^{100}x + 10^{100}y$	Direccional
	6		$10^{100}x - 10^{100}y$	$10^{100}x + 10^{100}y$	Ninguno
	7	Sistema No autónomo	$-x + 10y + e^t$	$-9x - y + e^t$	Vectorial
	8		$-x + 10y + e^t$	$-9x - y + e^t$	Direccional
	9		$-x + 10y + e^t$	$-9x - y + e^t$	Ninguno
	10		$y - \text{sen}(2t)$	$-x - \text{tan}(2t)$	Vectorial
	11		$y - \text{sen}(2t)$	$-x - \text{tan}(2t)$	Direccional
	12		$y - \text{sen}(2t)$	$-x - \text{tan}(2t)$	Ninguno
	13	Ninguno			Cualquiera
Resultado esperado	N°	Salida			
	1 a 12	<p>Si el sistema ingresado excede la capacidad gráfica se debe mostrar un mensaje de notificación y el Plano Fase debe aparecer vacío.</p> <p>Si el sistema ingresado no excede la capacidad gráfica y el campo "Tipo" se setea en "Vectorial", el campo vectorial debe graficarse en el Plano Fase. El punto de referencia para cada vector debe coincidir con el extremo inicial mismo. El vector debe tener la pendiente conforme a las ecuaciones diferenciales ingresadas.</p> <p>Si el sistema ingresado no excede la capacidad gráfica y el campo "Tipo" se setea en "Direccional", el campo direccional debe graficarse en el Plano Fase. El punto de referencia para cada segmento debe coincidir con el centro del mismo. El segmento debe tener la pendiente conforme a las ecuaciones diferenciales ingresadas.</p> <p>Si el sistema ingresado no excede la capacidad gráfica y el campo "Tipo" se setea en "Ninguno", el Plano Fase debe mostrarse vacío.</p>			
Resultado obtenido	<p>IRE.</p> <p>Nota: para chequear la pendiente correcta de vectores y segmentos se tomó de muestra un vector/segmento en cada cuadrante y uno sobre cada semieje. Para individualizarlos se aumentó el tamaño del vector/segmento y la separación entre vectores/segmentos.</p>				

CPU02	Tipo de campo graficado
Información de debugging	

CPU03	Normalización/desnormalización de vectores																																
Descripción	Se comprueba si los vectores se grafican con la misma magnitud cuando el selector “Normalizar vectores” está seteado en “sí” y con magnitudes diferentes cuando el selector está seteado en “no”.																																
CU	CU01, CU04																																
Estado	Campo vectorial normalizado, Campo vectorial desnormalizado.																																
Estados relacionados	Campo vectorial graficado en Plano Fase.																																
Precondiciones	El sistema está en Modo Edición. El selector “Tipo” está seteado en “Vectorial”. El resto de los controles de la interfaz tienen sus valores por defecto.																																
Dependencias con otros CP	CPU02: El CPU03 se ejecuta sobre campos que no exceden la capacidad gráfica.																																
Datos/acciones de entrada	<table border="1"> <thead> <tr> <th>N°</th> <th>Partición de equivalencia</th> <th>x'</th> <th>y'</th> <th>Normalizar vectores</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>1</td> <td>Sistema</td> <td>$-10x + 30y$</td> <td>$-4.5x + 9y$</td> <td>Sí</td> </tr> <tr> <td>2</td> <td>Autónomo</td> <td>$-10x + 30y$</td> <td>$-4.5x + 9y$</td> <td>No</td> </tr> <tr> <td>3</td> <td rowspan="4">Sistema No autónomo</td> <td>$-x + 10y + e^t$</td> <td>$-9x - y + e^t$</td> <td>Sí</td> </tr> <tr> <td>4</td> <td>$-x + 10y + e^t$</td> <td>$-9x - y + e^t$</td> <td>No</td> </tr> <tr> <td>5</td> <td>$y - \text{sen}(2t)$</td> <td>$-x - \tan(2t)$</td> <td>Sí</td> </tr> <tr> <td>6</td> <td>$y - \text{sen}(2t)$</td> <td>$-x - \tan(2t)$</td> <td>No</td> </tr> </tbody> </table>	N°	Partición de equivalencia	x'	y'	Normalizar vectores	1	Sistema	$-10x + 30y$	$-4.5x + 9y$	Sí	2	Autónomo	$-10x + 30y$	$-4.5x + 9y$	No	3	Sistema No autónomo	$-x + 10y + e^t$	$-9x - y + e^t$	Sí	4	$-x + 10y + e^t$	$-9x - y + e^t$	No	5	$y - \text{sen}(2t)$	$-x - \tan(2t)$	Sí	6	$y - \text{sen}(2t)$	$-x - \tan(2t)$	No
N°	Partición de equivalencia	x'	y'	Normalizar vectores																													
1	Sistema	$-10x + 30y$	$-4.5x + 9y$	Sí																													
2	Autónomo	$-10x + 30y$	$-4.5x + 9y$	No																													
3	Sistema No autónomo	$-x + 10y + e^t$	$-9x - y + e^t$	Sí																													
4		$-x + 10y + e^t$	$-9x - y + e^t$	No																													
5		$y - \text{sen}(2t)$	$-x - \tan(2t)$	Sí																													
6		$y - \text{sen}(2t)$	$-x - \tan(2t)$	No																													
Resultado esperado	<table border="1"> <thead> <tr> <th>N°</th> <th>Salida</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>Impar</td> <td>Todos los vectores deben graficarse con la misma magnitud.</td> </tr> <tr> <td>Par</td> <td>Los vectores deben graficarse con magnitudes diferentes.</td> </tr> </tbody> </table>	N°	Salida	Impar	Todos los vectores deben graficarse con la misma magnitud.	Par	Los vectores deben graficarse con magnitudes diferentes.																										
N°	Salida																																
Impar	Todos los vectores deben graficarse con la misma magnitud.																																
Par	Los vectores deben graficarse con magnitudes diferentes.																																
Resultado obtenido	IRE.																																
Información de debugging																																	

CPU04	Tamaño de vectores/segmentos			
Descripción	Se comprueba el escalamiento de los vectores según los valores ingresados por teclado en el campo "Tamaño" o mediante el accionamiento del pulsador.			
CU	CU01, CU02, CU04, CU05.			
Estado	Separación entre vectores establecida, Separación entre segmentos establecida.			
Estados relacionados	Campo vectorial graficado en Plano Fase, Campo direccional graficado en Plano Fase.			
Precondiciones	El sistema está en Modo Edición. Los controles de la interfaz tienen sus valores por defecto.			
Dependencias con otros CP	CPU02: El CPU04 se ejecuta sobre campos que no exceden la capacidad gráfica.			
Datos/acciones de entrada	La entradas para el campo "Tamaño" especificadas en la tabla se prueban primero sobre el sistema autónomo: a) $x' = -10x + 30y$ $y' = -4.5x + 9y$ Y luego, sobre los sistemas no autónomos: b) $x' = -x + 10y + e^t$ $y' = -9x - y + e^t$ c) $x' = y - \sin(2t)$ $y' = -x - \tan(2t)$			

CPU04	Tamaño de vectores/segmentos				
	8	2	Vectorial	sí no	
			Direccional		
	9	10 ¹⁰	Vectorial	sí no	
			Direccional		
	10	A partir de tamaño=0.2, pulsador hacia arriba diez veces	Vectorial	sí no	
			Direccional		
	11	A partir de tamaño=0.2, pulsador hacia abajo diez veces	Vectorial	sí no	
			Direccional		
	Resultado esperado	N°	Salida		
		1	El sistema debe imponer el valor 0 al campo "Tamaño". Si "Tipo" = "Vectorial", los vectores graficados deben ser nulos. Si "Tipo" = "Direccional" no deben graficarse segmentos.		
		2	Ídem 1.		
		3	Ídem 1.		
4		Ídem 1.			
5		Si "Tipo" = "Vectorial", los vectores graficados deben ser nulos. Si "Tipo" = "Direccional" no deben graficarse segmentos.			
6		Ídem 1.			
7		Si "Tipo" = "Vectorial" y "Normalizar vectores"="sí", los vectores deben tener módulo 0.5 unidades. Si "Tipo" = "Vectorial" y "Normalizar vectores"="no", cada vector debe graficarse con magnitud = módulo del vector * 0.5 unidades. Si "Tipo" = "Direccional" los segmentos deben tener longitud 0.5 unidades.			
8		Si "Tipo" = "Vectorial" y "Normalizar vectores"="sí", los vectores deben tener módulo 2 unidades. Si "Tipo" = "Vectorial" y "Normalizar vectores"="no", cada vector debe graficarse con magnitud = módulo del vector * 2 unidades. Si "Tipo" = "Direccional" los segmentos deben tener longitud 2 unidades.			
9		Si "Tipo" = "Vectorial" y "Normalizar vectores"="sí", los vectores deben tener módulo 10 ¹⁰ unidades. Si "Tipo" = "Vectorial" y "Normalizar vectores"="no", cada vector debe graficarse con magnitud = módulo del vector * 10 ¹⁰ unidades. Si "Tipo" = "Direccional" los segmentos deben tener longitud			

CPU04	Tamaño de vectores/segmentos	
		10 ¹⁰ unidades.
	10	<p>Con cada pulsación, el campo “Tamaño” se incrementa en 0.1. Si “Tipo” = “Vectorial” y “Normalizar vectores”=”sí”, los vectores deben aumentar su módulo 0.1 unidades. Si “Tipo” = “Vectorial” y “Normalizar vectores”=”no”, cada vector debe graficarse con magnitud = módulo del vector * “Tamaño”. Si “Tipo” = “Direccional” los segmentos deben tener longitud “Tamaño”.</p>
	11	<p>Con cada pulsación, el campo “Tamaño” se decrementa en 0.1. El sistema no debe permitir decrementar si “Tamaño” toma el valor nulo. Si “Tipo” = “Vectorial” y “Normalizar vectores”=”sí”, los vectores deben disminuir su módulo 0.1 unidades. Si “Tipo” = “Vectorial” y “Normalizar vectores”=”no”, cada vector debe graficarse con magnitud = módulo del vector * “Tamaño”. Si “Tipo” = “Direccional” los segmentos deben tener longitud “Tamaño”.</p>
Resultado obtenido	N°	Salida
	1 a 8	IRE
	9	<p>Si “Tipo” = “Vectorial”, independientemente si se elige normalizar los vectores o no, los de pendiente positiva son graficados con pendiente 1, los vectores de pendiente negativa son graficados con pendiente -1; los vectores horizontales y verticales son graficados correctamente. Ver figuras A.8, A.10 y A.12. Si “Tipo”= “Direccional”, ver figuras A.9, A.11 y A.13.</p>
	10 a 11	IRE
Información de debugging	Corregido. Se valida que el campo “Tamaño” no tome un valor mayor al máximo permitido para el nivel de zoom actual. En caso de ingresar un valor mayor, la aplicación impone al campo “Tamaño” el valor máximo permitido.	

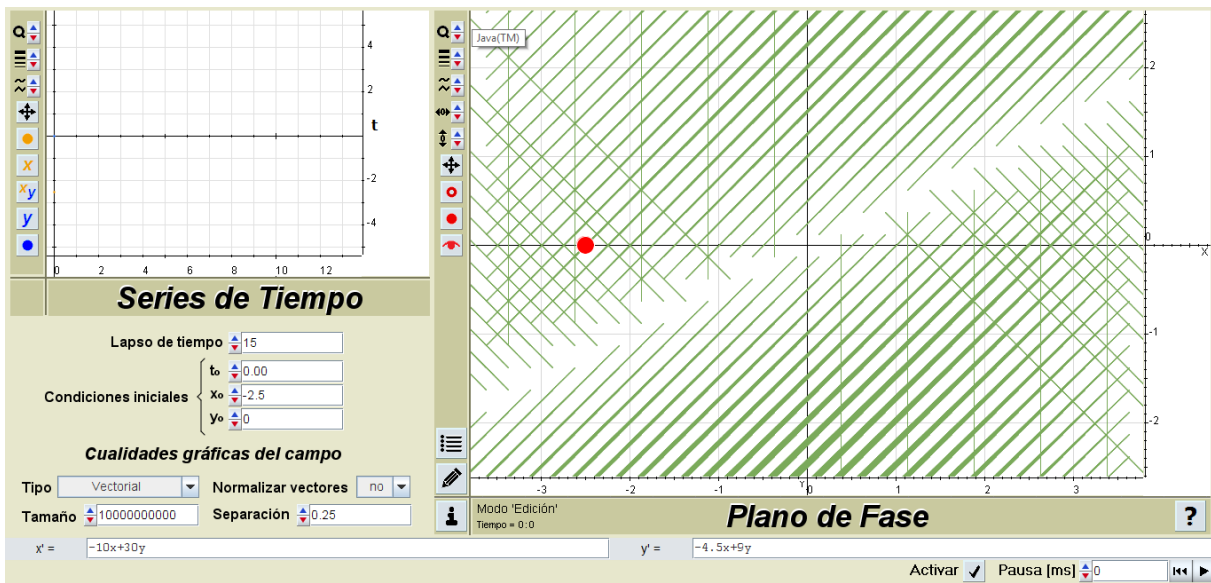


Figura A.8. CPU04 salida obtenida n° 9, sistema a), campo vectorial.

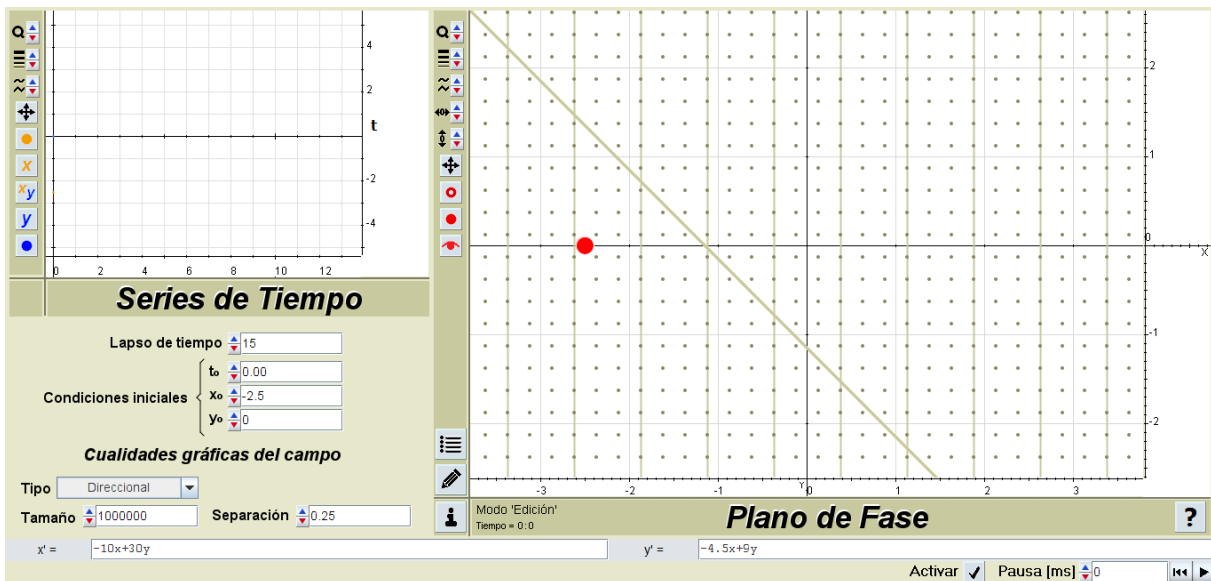


Figura 9. CPU04 salida obtenida n° 9 sistema a), campo direccional.

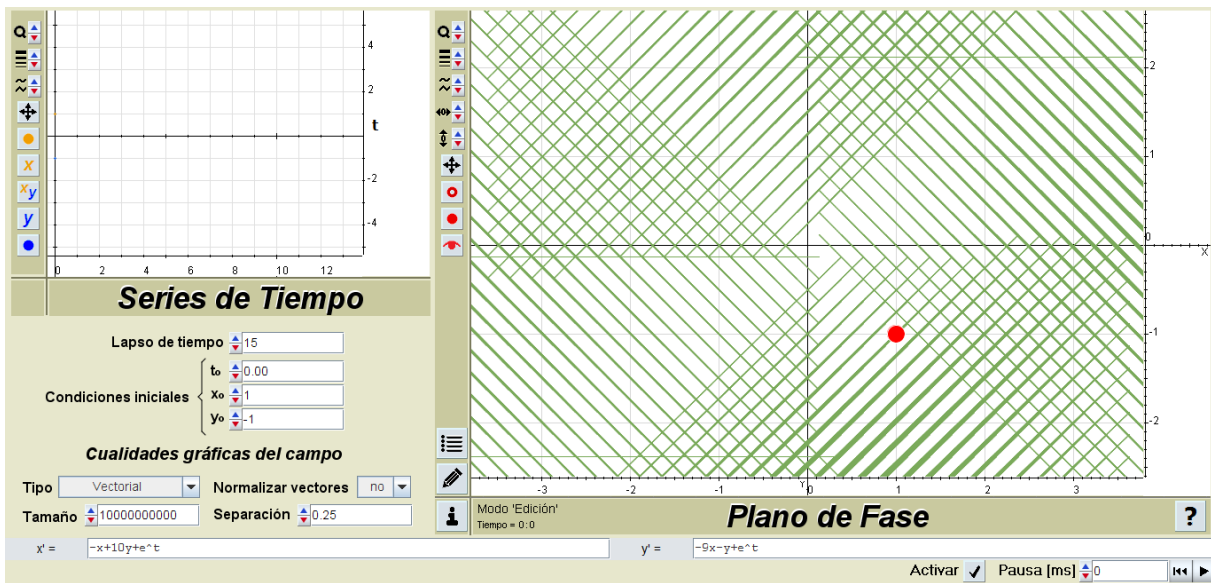


Figura A.10. CPU04 salida obtenida n° 9 sistema b), campo vectorial.

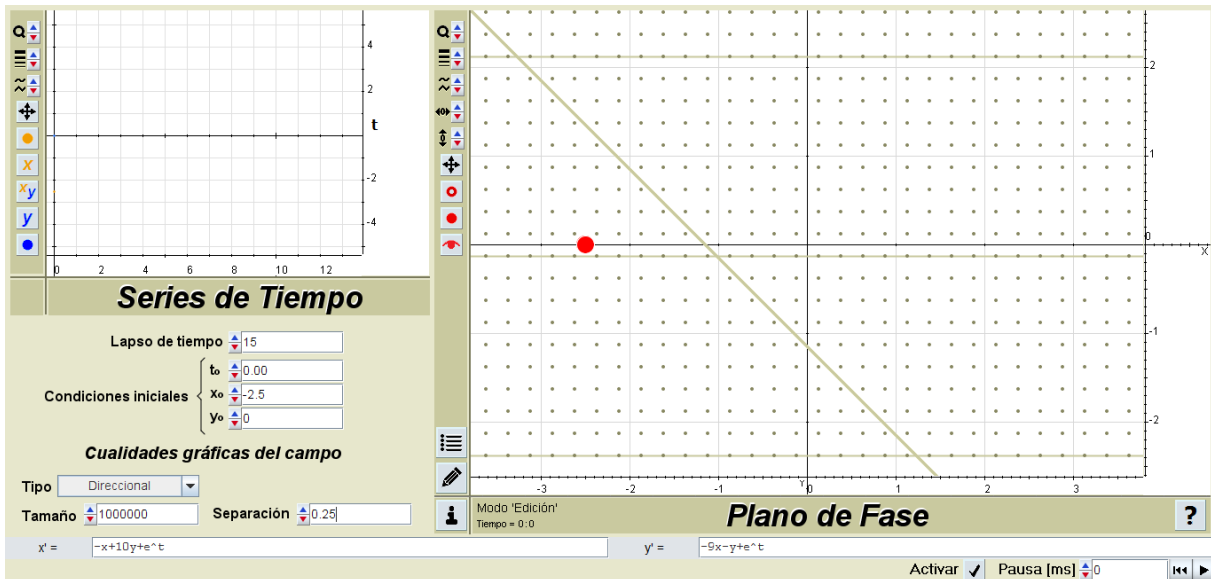


Figura A.11. CPU04 salida obtenida n° 9 sistema b), campo direccional.

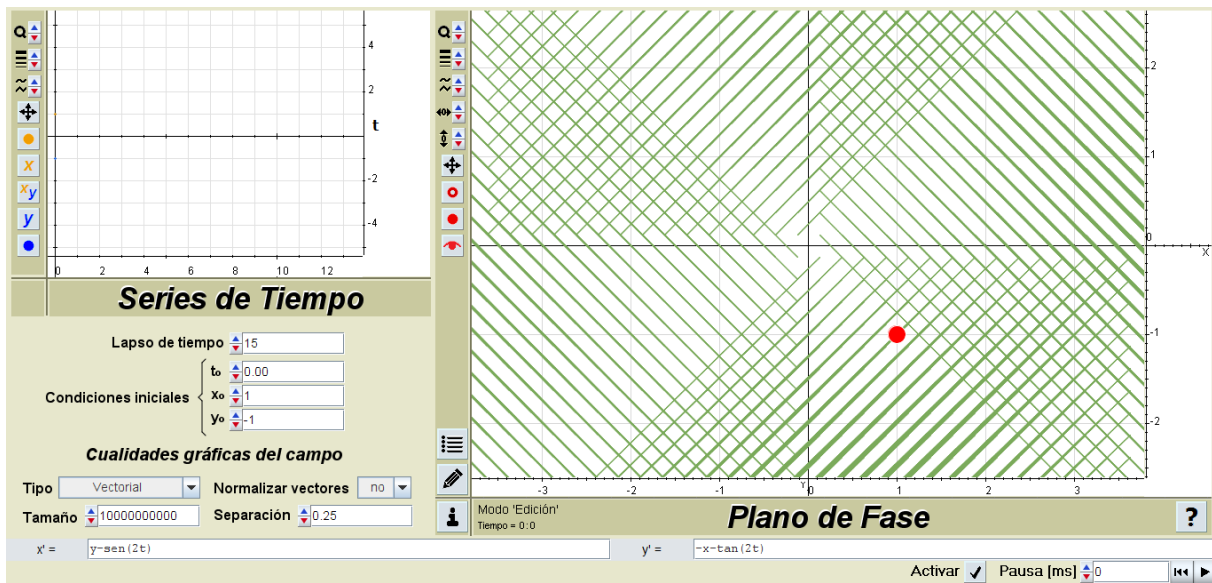


Figura A.12. CPU04 salida obtenida n° 9 sistema c), campo vectorial.

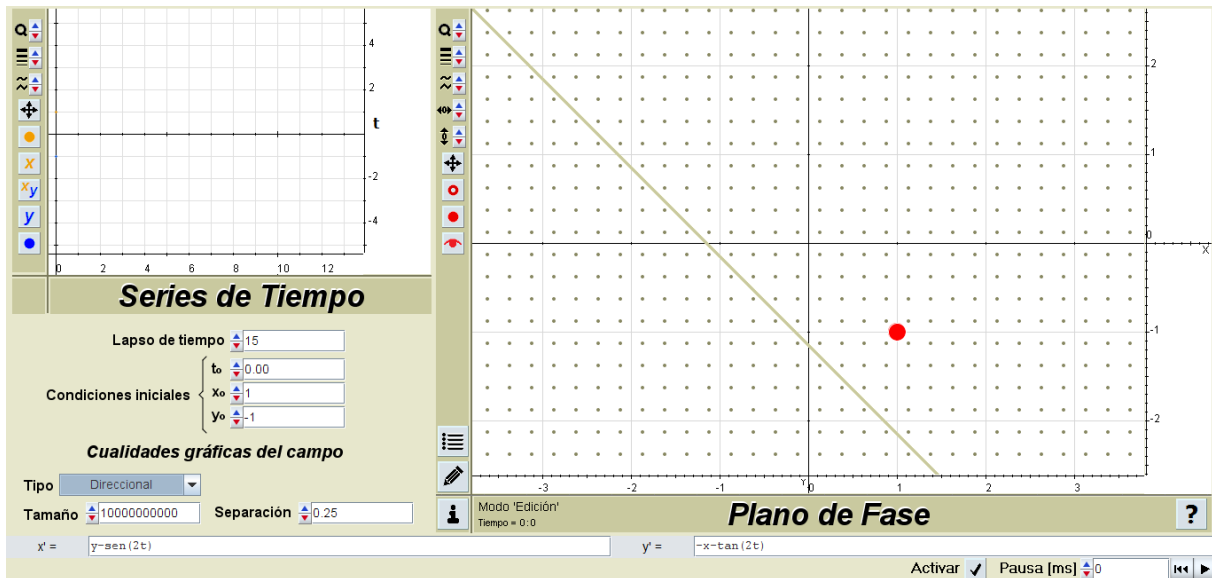


Figura A.13. CPU04 salida obtenida n° 9 sistema c), campo direccional.

CPU05	Separación entre vectores/segmentos			
Descripción	Se comprueba el correcto espaciamiento entre vectores/segmentos según el nivel de zoom actual y el valor ingresado por teclado en el campo "Separación" o mediante el accionamiento de su pulsador asociado.			
CU	CU01, CU02, CU04, CU05.			
Estado	Tamaño de vector modificado, Tamaño de segmento modificado.			
Estados relacionados	Campo vectorial graficado en Plano Fase, Campo direccional graficado en Plano Fase.			
Precondiciones	El sistema está en Modo Edición. Los controles de la interfaz tienen sus valores por defecto.			
Dependencias con otros CP	CPU02 (el CPU05 se ejecuta sobre campos que no exceden la capacidad gráfica), CPU03, CPU22.			
Datos/acciones de entrada	La entradas para el campo "Separación" especificadas en la tabla se prueban primero sobre el sistema autónomo: a) $x' = -10x + 30y$ $y' = -4.5x + 9y$ Y luego, sobre los sistemas no autónomos: b) $x' = -x + 10y + e^t$ $y' = -9x - y + e^t$ c) $x' = y - \text{sen}(2t)$ $y' = -x - \text{tan}(2t)$			

CPU05	Separación entre vectores/segmentos			
	8	10^{10}	Vectorial	sí no
			Direccional	
	9	A partir del valor por defecto, pulsador hacia arriba diez veces	Vectorial	sí no
			Direccional	
	10	A partir del valor por defecto, pulsador hacia abajo diez veces	Vectorial	sí no
			Direccional	
Resultado esperado	N°	Salida		
	1 a 5	El sistema debe ignorar el valor ingresado por el usuario e imponer al campo “Separación” el valor mínimo admitido para el nivel de zoom actual.		
	6	Los vectores/segmentos deben graficarse con una separación vertical y horizontal de 0.5 unidades.		
	7	Los vectores/segmentos deben graficarse con una separación vertical y horizontal de 1 unidad.		
	8	El sistema no debe aceptar valores que impidan visualizar vectores/segmentos cuando el nivel de zoom esté al mínimo.		
	9	Con cada pulsación, el campo “Separación” se incrementa en 0.1. El sistema no debe permitir decrementar si “Separación” toma el valor mínimo admitido para el nivel de zoom actual. Los vectores/segmentos se alejan entre sí 0.1 unidades.		
10	Con cada pulsación, el campo “Separación” se decrementa en 0.1. El sistema no debe permitir decrementar si “Separación” toma el valor mínimo admitido para el nivel de zoom actual. Los vectores/segmentos se acercan entre sí 0.1 unidades.			
Resultado obtenido	N°	Salida		
	1 a 7	IRE.		
	8	El sistema aceptó la entrada.		
	9 a 10	IRE.		
Información de debugging	Corregido. Cuando el usuario ingresa una separación que impide visualizar al menos un vector/segmento cuando el nivel de zoom está al mínimo, el sistema impone el máximo valor de “Separación” admitido para el mínimo nivel de zoom.			

CPU06	Efecto de t_0 sobre el campo graficado				
Descripción	Se controla que el campo graficado cambie para valores distintos de t_0 si las ecuaciones diferenciales corresponden a un sistema no autónomo; y que, si el sistema es autónomo, el valor de t_0 no tenga incidencia en el campo graficado.				
CU	CU01, CU02, CU04, CU05.				
Estado	Campo vectorial graficado en Plano Fase, Campo direccional graficado en Plano Fase.				
Estados relacionados					
Precondiciones	El sistema está en Modo Edición. Los controles de la interfaz tienen sus valores por defecto.				
Dependencias con otros CP	CPU03, CPU04.				
Datos/acciones de entrada	La entradas para t_0 especificadas en la tabla se prueban primero sobre el sistema autónomo:				
	a) $x' = -10x + 30y$ $y' = -4.5x + 9y$				
	Y luego, sobre los sistemas no autónomos:				
	b) $x' = -x + 10y + e^{-t}$ $y' = -9x - y + e^t$				
	c) $x' = y - \text{sen}(2t)$; $y' = -x - \text{tg}(2t)$				
		Nº	Partición de equivalencia	Tipo de campo	Normalizar vectores
		1	-10^{10}	Vectorial	sí
				Direccional	no
		2	-1	Vectorial	sí
				Direccional	no
		3	-10^{-10}	Vectorial	sí
				Direccional	no
		4	0	Vectorial	sí
				Direccional	no
	5	10^{-10}	Vectorial	sí	
			Direccional	no	
	6	1	Vectorial	sí	
			Direccional	no	
	7	10^{10}	Vectorial	sí	
			Direccional	no	

CPU06	Efecto de t_0 sobre el campo graficado				
			Direccional		
	8	A partir del valor por defecto, pulsador hacia arriba diez veces	Vectorial	sí	
			Direccional	no	
	9	A partir del valor por defecto, pulsador hacia abajo diez veces	Vectorial	sí	
			Direccional	no	
	10	x	Vectorial	sí	
			Direccional	no	
	Resultado esperado	N°	Salida		
		3 a 5 y 10	El sistema debe asumir entrada nula.		
		1 a 2; 6 a 9	La gráfica del campo debe actualizarse si el sistema es no autónomo. La gráfica del campo debe mantenerse idéntica si el sistema es autónomo.		
Resultado obtenido	N°	Salida			
	1	Campo mal graficado para el sistema no autónomo b). Ver figura A.14.			
	2 a 6	IRE			
	7	Campo mal graficado para el sistema no autónomo b). Ver figura A.15.			
	8 a 9	IRE			
Información de debugging	Corregido. Cuando el módulo de los vectores excede la capacidad gráfica de la aplicación se informa la situación al usuario y se muestra el Plano Fase vacío.				

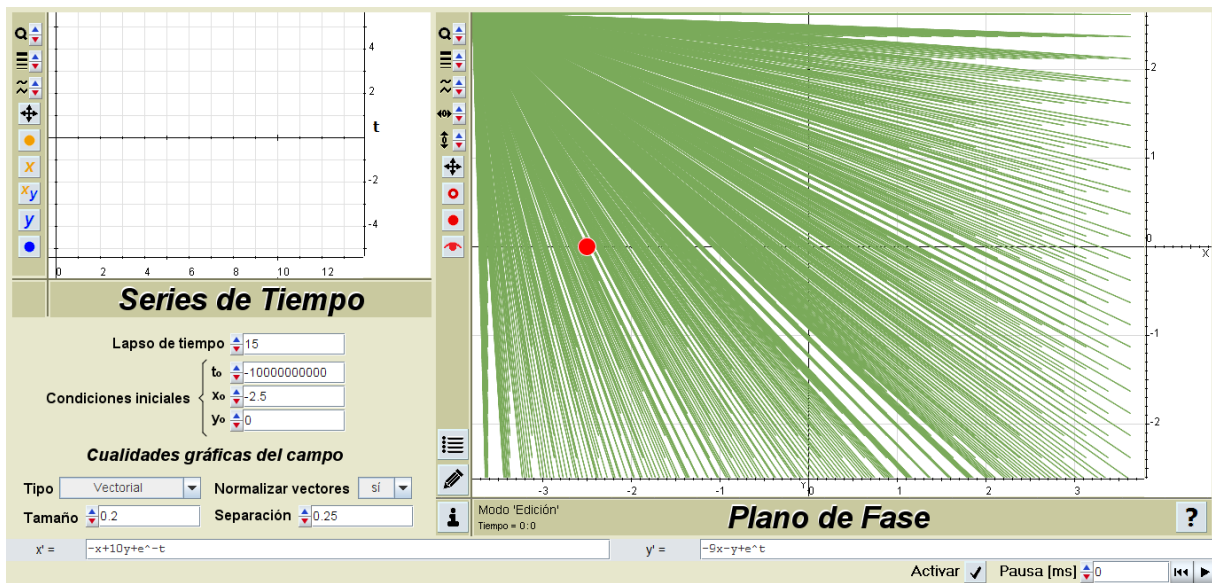


Figura A.14. CPU06 salida obtenida n° 1.

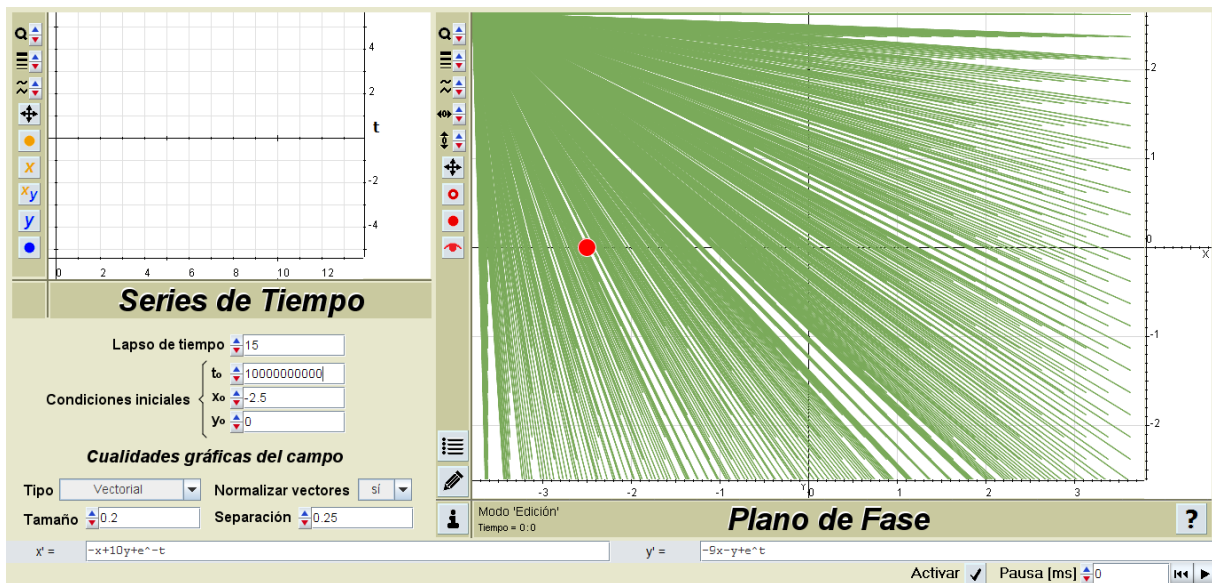









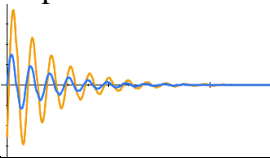

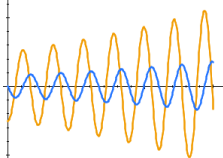

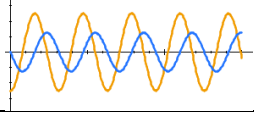
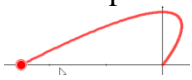
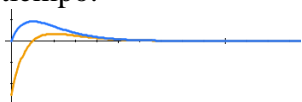
Figura A.15. CPU06 salida obtenida n° 7.


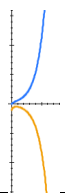
A.3.3. Pruebas sobre las curvas

CPU07	Mostrar/ocultar curva			
Descripción	Se verifica que la forma de las curvas graficadas en el Plano Fase y en el Plano de las Series de Tiempo cuando se pulsa el botón  sea consistente con los autovalores del sistema ingresado. Se controla que al pulsar  las curvas no sean visualizadas.			
CU	CU03, CU06, CU07, CU08.			
Estado	Curva graficada en plano, Plano sin curva.			
Estados relacionados				
Precondiciones	Los controles de la interfaz tienen valores por defecto.			
Dependencias con otros CP	CPU01, CPU02 (con el CPU02 ya se descartaron sistemas cuyo campo vectorial excede la capacidad gráfica; además, en el caso de sistemas autónomos es conveniente graficar también el campo vectorial para verificar la forma de la curva).			
Datos/acciones de entrada	Luego de ingresar los valores de cada una de las subparticiones de equivalencia indicadas en la tabla, se debe pulsar el botón  y luego,  .			
	N°	Partición de equivalencia	Subpartición de equivalencia	
			x'	y'
	1	SA- autovalores complejos con parte real negativa	-1000x - 1000y -10x -10y	1000x + 100y 10x + y
	2	SA- autovalores complejos con parte real positiva	1000x - 1000y 10x - 10y	1000x + 100y 10x + y
	3	SA- autovalores imaginarios puros	-1000x - 1000y -x - y	10000x + 1000y 10x + y
	4	SA- autovalores reales negativos	-1000x - 1000y -x - y	-1000x - 2000y -x - 2y
5	SA- autovalores reales	1000x + 1000y x + y	1000x + 2000y x + 2y	

CPU07	Mostrar/ocultar curva		
	positivos		
6	SA- autovalores reales de distinto signo	-1000x - 1000y -x - y	-1000x + 2000y -x + 2y
7	SA- autovalores nulos	-1000x - 1000y -x - y	1000x + 1000y x + y
8	SA-un autovalor nulo y el otro negativo	-1000x - 1000y -x - y	-2000x - 2000y -2x - 2y
9	SA-un autovalor nulo y el otro positivo	-1000x - 1000y -x - y	2000x + 2000y 2x + 2y
10	SNA- autovalores complejos con parte real negativa	-1000x - 1000y + e ^t -1000x - 1000y + e ^{-t} -1000x - 1000y + sen(t) -10x - 10y + e ^t -10x - 10y + e ^{-t} -10x - 10y + sen(t)	1000x + 100y + e ^t 1000x + 100y + e ^{-t} 1000x + 100y + sen(t) 10x + y + e ^t 10x + y + e ^{-t} 10x + y + sen(t)
11	SNA- autovalores complejos con parte real positiva	1000x - 1000y + e ^t 1000x - 1000y + e ^{-t} 1000x - 1000y + sen(t) 10x - 10y + e ^t 10x - 10y + e ^{-t} 10x - 10y + sen(t)	1000x + 100y + e ^t 1000x + 100y + e ^{-t} 1000x + 100y + sen(t) 10x + y + e ^t 10x + y + e ^{-t} 10x + y + sen(t)
12	SNA- autovalores imaginarios puros	-1000x - 1000y + e ^t -1000x - 1000y + e ^{-t} -1000x - 1000y + sen(t) -x - y + e ^t -x - y + e ^{-t} -x - y + sen(t)	10000x + 1000y + e ^t 10000x + 1000y + e ^{-t} 10000x + 1000y + sen(t) 10x + y + e ^t 10x + y + e ^{-t} 10x + y + sen(t)
13	SNA- autovalores reales negativos	-1000x - 1000y + e ^t -1000x - 1000y + e ^{-t} -1000x - 1000y + sen(t) -x - y + e ^t -x - y + e ^{-t} -x - y + sen(t)	-1000x - 2000y + e ^t -1000x - 2000y + e ^{-t} -1000x - 2000y + sen(t) -x - 2y + e ^t -x - 2y + e ^{-t} -x - 2y + sen(t)
14	SNA- autovalores	1000x + 1000y + e ^t 1000x + 1000y + e ^{-t}	1000x + 2000y + e ^t 1000x + 2000y + e ^{-t}

CPU07	Mostrar/ocultar curva			
		reales positivos	$1000x + 1000y + \text{sen}(t)$ $x + y + e^t$ $x + y + e^{-t}$ $x + y + \text{sen}(t)$	$1000x + 2000y + \text{sen}(t)$ $x + 2y + e^t$ $x + 2y + e^{-t}$ $x + 2y + \text{sen}(t)$
	15	SNA- autovalores reales de distinto signo	$-1000x - 1000y + e^t$ $-1000x - 1000y + e^{-t}$ $-1000x - 1000y + \text{sen}(t)$ $-x - y + e^t$ $-x - y + e^{-t}$ $-x - y + \text{sen}(t)$	$-1000x + 2000y + e^t$ $-1000x + 2000y + e^{-t}$ $-1000x + 2000y + \text{sen}(t)$ $-x + 2y + e^t$ $-x + 2y + e^{-t}$ $-x + 2y + \text{sen}(t)$
	16	SNA- autovalores nulos	$-1000x - 1000y + e^t$ $-1000x - 1000y + e^{-t}$ $-1000x - 1000y + \text{sen}(t)$ $-x - y + e^t$ $-x - y + e^{-t}$ $-x - y + \text{sen}(t)$	$1000x + 1000y + e^t$ $1000x + 1000y + e^{-t}$ $1000x + 1000y + \text{sen}(t)$ $x + y + e^t$ $x + y + e^{-t}$ $x + y + \text{sen}(t)$
	17	SNA-un autovalor nulo y el otro negativo	$-1000x - 1000y + e^t$ $-1000x - 1000y + e^{-t}$ $-1000x - 1000y + \text{sen}(t)$ $-x - y + e^t$ $-x - y + e^{-t}$ $-x - y + \text{sen}(t)$	$-2000x - 2000y + e^t$ $-2000x - 2000y + e^{-t}$ $-2000x - 2000y + \text{sen}(t)$ $-2x - 2y + e^t$ $-2x - 2y + e^{-t}$ $-2x - 2y + \text{sen}(t)$
	18	SNA-un autovalor nulo y el otro positivo	$-1000x - 1000y + e^t$ $-1000x - 1000y + e^{-t}$ $-1000x - 1000y + \text{sen}(t)$ $-x - y + e^t$ $-x - y + e^{-t}$ $-x - y + \text{sen}(t)$	$2000x + 2000y + e^t$ $2000x + 2000y + e^{-t}$ $2000x + 2000y + \text{sen}(t)$ $2x + 2y + e^t$ $2x + 2y + e^{-t}$ $2x + 2y + \text{sen}(t)$

CPU07	Mostrar/ocultar curva		
Resultado esperado	<p>La trayectoria solución debe graficarse en el Plano Fase y las curvas representativas de $x(t)$ e $y(t)$ deben graficarse en el Plano de las Series de Tiempo cuando se pulsa  según se describe en la tabla. Si no pueden visualizarse correctamente, debe informarse la causa. Ambos planos deben mostrarse sin curvas graficadas cuando se pulsa .</p>		
	N°	Partición de equivalencia	Forma genérica de la trayectoria solución y de las series de tiempo
	1	SA-autovalores complejos con parte real negativa	<p>La trayectoria debe acercarse al punto de equilibrio en forma de espiral:</p>  <p>Series de tiempo:</p> 
	2	SA-autovalores complejos con parte real positiva	<p>La trayectoria debe alejarse de las condiciones iniciales en forma de espiral:</p>  <p>Series de tiempo:</p> 
	3	SA-autovalores imaginarios puros	<p>La trayectoria debe ser una curva cerrada simple:</p>  <p>Series de tiempo:</p> 
	4	SA-autovalores reales negativos	<p>La trayectoria debe acercarse al punto de equilibrio sin forma espiralada:</p>  <p>Series de tiempo:</p> 
5	SA-autovalores reales positivos	<p>La trayectoria debe alejarse de las condiciones iniciales sin forma</p>	

CPU07	Mostrar/ocultar curva		
		espiralada:  Series de tiempo: 	
	6	SA-autovalores reales de distinto signo	Ídem 5.
	7	SA-autovalores nulos	Ídem 5.
	8	SA-un autovalor nulo y el otro negativo	Ídem 4.
	9	SA-un autovalor nulo y el otro positivo	Ídem 5.
	10 a 18	Sumando e^t	Las curvas (trayectoria y series de tiempo) deben alejarse de las condiciones iniciales, independientemente del signo de los autovalores, y su forma debe ser similar a las del sistema autónomo homólogo.
		Sumando e^{-t}	Las curvas (trayectoria y series de tiempo) deben tener una forma similar a las del sistema autónomo homólogo. El tipo de equilibrio debe ser el mismo que el sistema autónomo homólogo, esto es, las curvas deben alejarse de las condiciones iniciales, acercarse al punto de equilibrio u oscilar en torno a un punto, según el signo de los autovalores.
		Sumando $\sin(t)$	Las curvas (trayectoria y series de tiempo) deben tener una forma similar a las del sistema autónomo homólogo. Si el equilibrio del sistema autónomo homólogo es inestable, las curvas deben alejarse de las condiciones iniciales, caso contrario deben oscilar en torno a un punto.
	Resultado obtenido	Las trayectorias solución y las series de tiempo de los sistemas ingresados cuyos coeficientes, en valor absoluto, son mayores o iguales	

CPU07	Mostrar/ocultar curva
	a 1000 se grafican de manera incorrecta y no se anuncian mensajes de error. Ver figuras 16, 17, 18, 19, 20 y 21, correspondientes a sistemas autónomos.
Información de debugging	<p>Se muestra mensaje de error si la curva que se pretende visualizar excede la capacidad gráfica.</p> <p>Se realizan sugerencias para una mejor visualización de la curva si la definición no está seteada a su máximo valor.</p> <p>Se muestra un mensaje informativo cuando la definición está seteada en su máximo valor.</p>

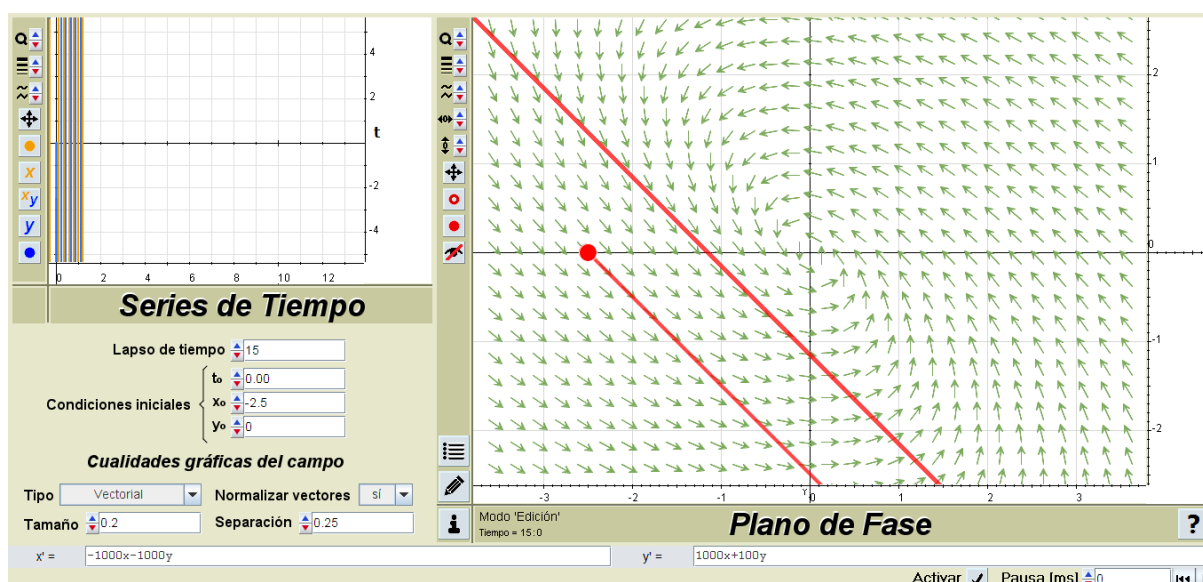


Figura A.16. CPU07 salida obtenida de la partición de equivalencia n° 1.

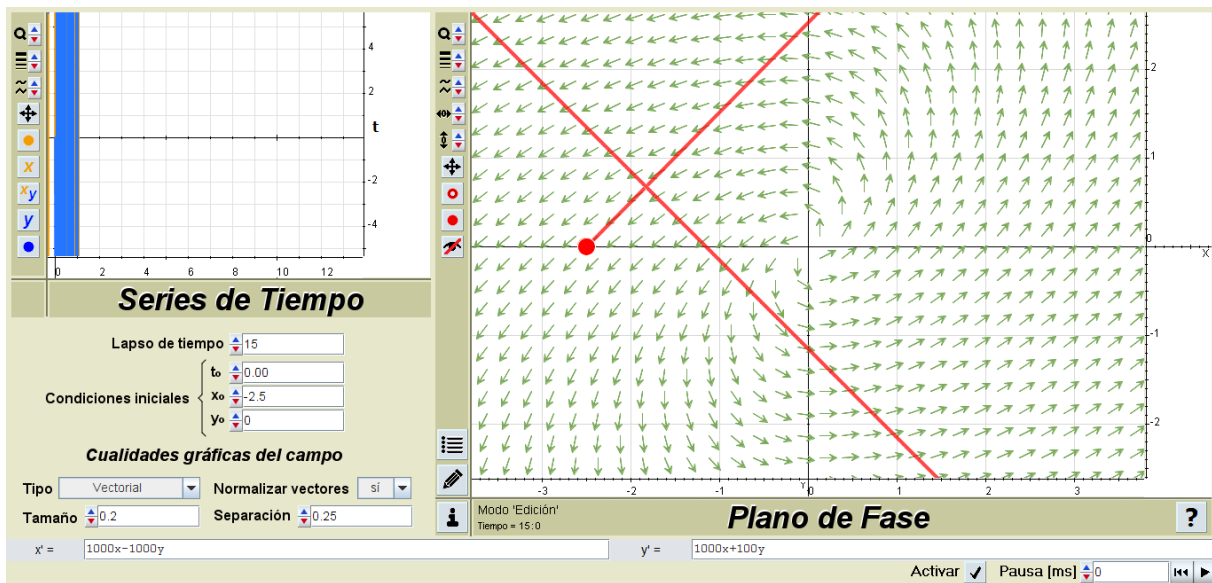


Figura A.17. CPU07 salida obtenida de la partición de equivalencia n° 2.

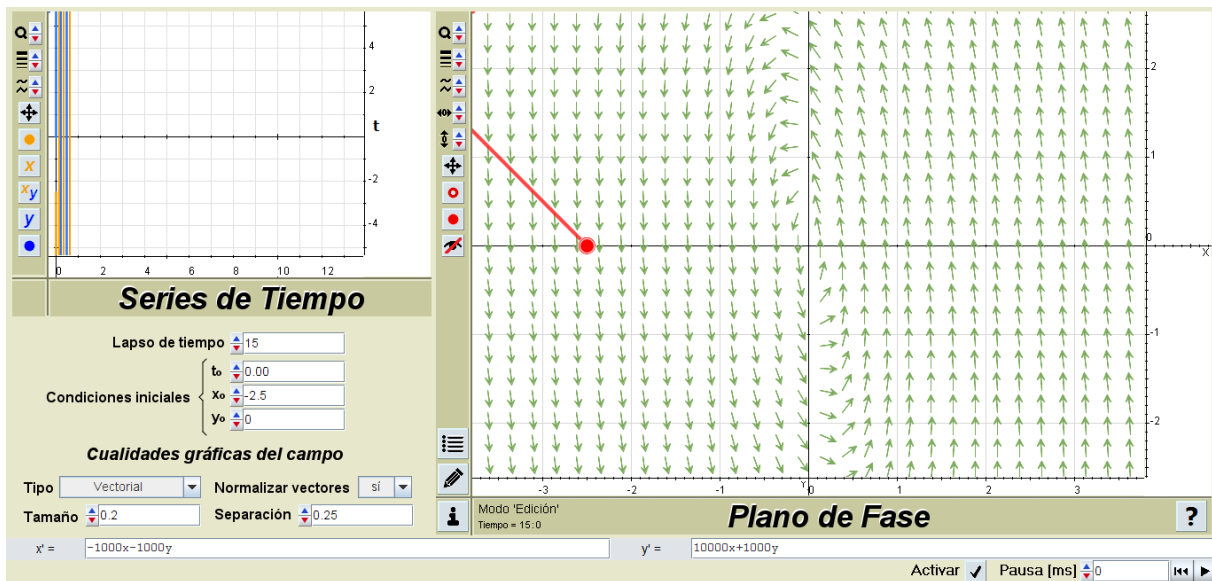


Figura A.18. CPU07 salida obtenida de la partición de equivalencia n° 3.

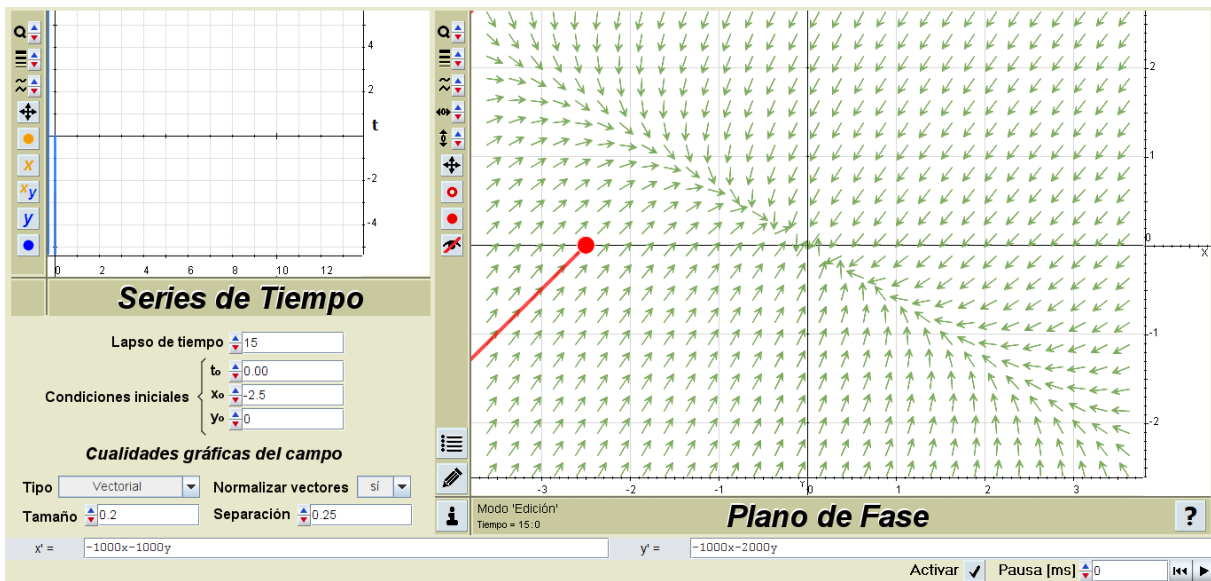


Figura A.19. CPU07 salida obtenida de la partición de equivalencia n° 4.

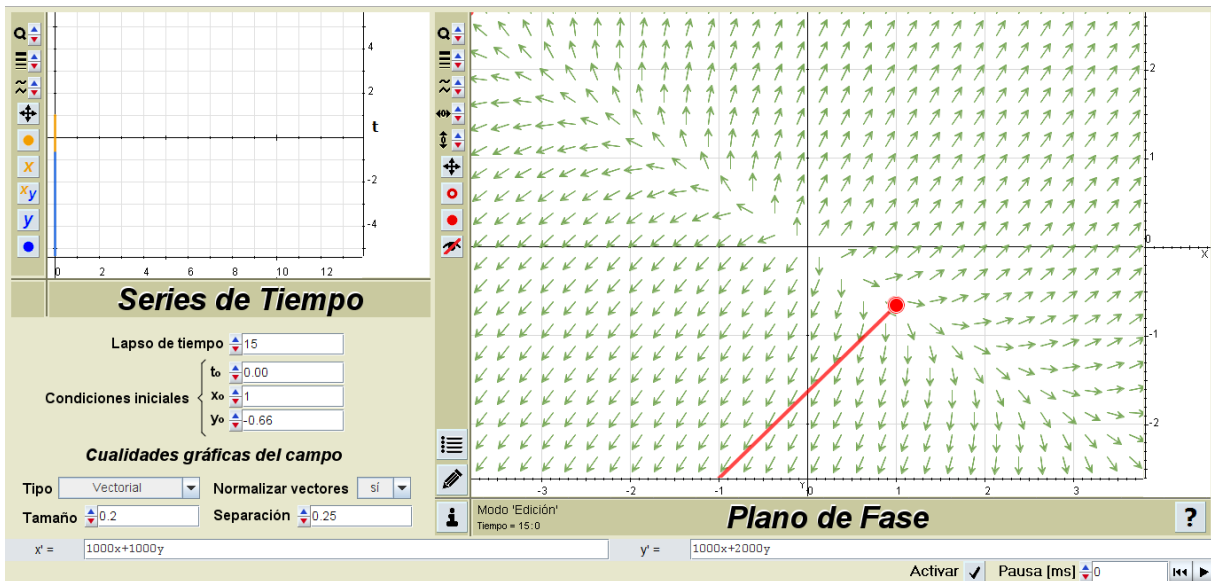


Figura A.20. CPU07 salida obtenida de la partición de equivalencia n° 5.

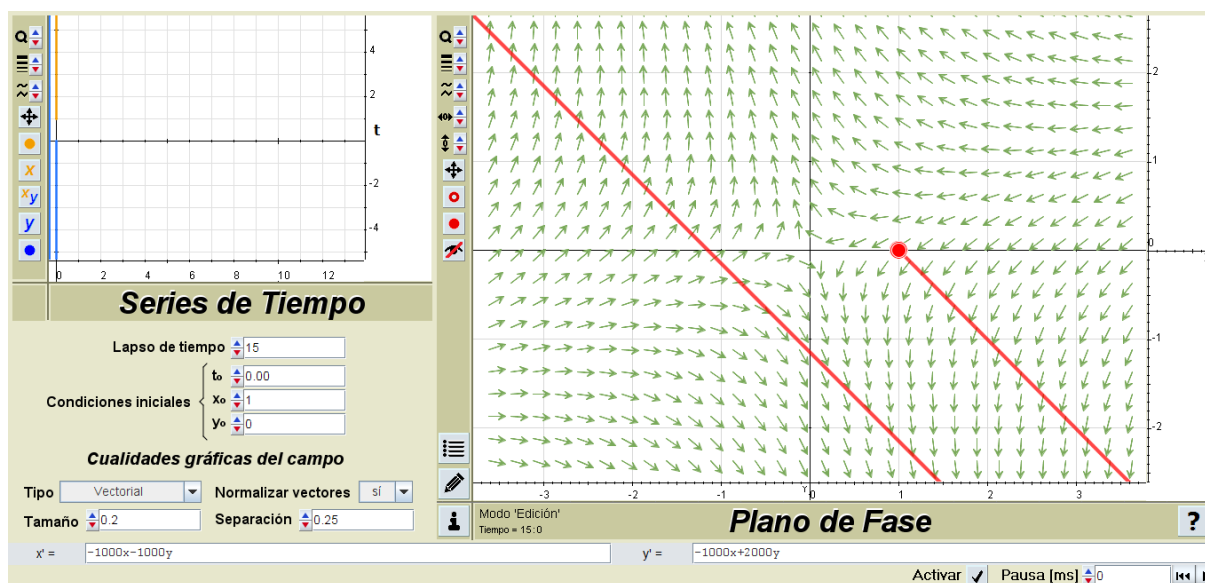



















Figura A.21. CPU07 salida obtenida de la partición de equivalencia n° 6.



CPU08	Definición de las curvas
Descripción	Se verifica la mejoría o no de la suavidad de las curvas cuando se utiliza el botón  y sus pulsadores asociados.
CU	CU03, CU06, CU07, CU08.
Estado	Definición de curva modificada.
Estados relacionados	Curva graficada en plano.
Precondiciones	Ecuaciones diferenciales ingresadas. Se ha accionado el botón  . El resto de los controles de la interfaz tienen valores por defecto.
Dependencias con otros CP	CPU07.















CPU08	Definición de las curvas																						
Datos/acciones de entrada	<p>Efectuar primero las siguientes acciones sobre el botón  del Plano Fase y sus pulsadores asociados; y luego, reiterar toda la secuencia sobre el botón  del Plano de las Series de Tiempo y sus pulsadores asociados.</p> <table border="1" data-bbox="491 539 1366 1106"> <thead> <tr> <th>N°</th> <th>Acción</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>1</td> <td>Pulsador hacia arriba hasta llegar al máximo permitido por la aplicación</td> </tr> <tr> <td>2</td> <td>Accionar el botón </td> </tr> <tr> <td>3</td> <td>Pulsador hacia abajo hasta llegar al mínimo permitido por la aplicación</td> </tr> <tr> <td>4</td> <td>Accionar el botón </td> </tr> <tr> <td>5</td> <td>Pulsador hacia arriba hasta llegar al máximo permitido por la aplicación</td> </tr> <tr> <td>6</td> <td>Pulsador hacia abajo hasta llegar al mínimo permitido por la aplicación</td> </tr> <tr> <td>7</td> <td>Accionar el botón </td> </tr> <tr> <td>8</td> <td>Pulsador hacia arriba tres veces.</td> </tr> <tr> <td>9</td> <td>Pulsador hacia abajo tres veces.</td> </tr> <tr> <td>10</td> <td>Accionar el botón </td> </tr> </tbody> </table>	N°	Acción	1	Pulsador hacia arriba hasta llegar al máximo permitido por la aplicación	2	Accionar el botón 	3	Pulsador hacia abajo hasta llegar al mínimo permitido por la aplicación	4	Accionar el botón 	5	Pulsador hacia arriba hasta llegar al máximo permitido por la aplicación	6	Pulsador hacia abajo hasta llegar al mínimo permitido por la aplicación	7	Accionar el botón 	8	Pulsador hacia arriba tres veces.	9	Pulsador hacia abajo tres veces.	10	Accionar el botón 
N°	Acción																						
1	Pulsador hacia arriba hasta llegar al máximo permitido por la aplicación																						
2	Accionar el botón 																						
3	Pulsador hacia abajo hasta llegar al mínimo permitido por la aplicación																						
4	Accionar el botón 																						
5	Pulsador hacia arriba hasta llegar al máximo permitido por la aplicación																						
6	Pulsador hacia abajo hasta llegar al mínimo permitido por la aplicación																						
7	Accionar el botón 																						
8	Pulsador hacia arriba tres veces.																						
9	Pulsador hacia abajo tres veces.																						
10	Accionar el botón 																						
Resultado esperado	<table border="1" data-bbox="472 1200 1385 1879"> <thead> <tr> <th>N°</th> <th>Salida</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>1</td> <td>Con cada accionamiento del pulsador debe mejorar la definición de la curva, es decir debe notarse más suave, sin líneas quebradas. Cuando se llega a la máxima definición el sistema debe avisar con una señal audible.</td> </tr> <tr> <td>2</td> <td>La curva vuelve a tener la definición por defecto.</td> </tr> <tr> <td>3</td> <td>Con cada accionamiento del pulsador debe disminuir la definición de la curva, es decir se notarán trazos quebrados. Cuando se llega a la mínima definición el sistema debe avisar con una señal audible.</td> </tr> <tr> <td>4</td> <td>Ídem 2.</td> </tr> <tr> <td>5</td> <td>Ídem 1.</td> </tr> <tr> <td>6</td> <td>Ídem 3.</td> </tr> <tr> <td>7</td> <td>Ídem 2.</td> </tr> <tr> <td>8</td> <td>Ídem 1.</td> </tr> <tr> <td>9</td> <td>La definición de la curva debe disminuir hasta la definición que tenía antes de realizar el paso 8.</td> </tr> <tr> <td>10</td> <td>Ídem 2.</td> </tr> </tbody> </table>	N°	Salida	1	Con cada accionamiento del pulsador debe mejorar la definición de la curva, es decir debe notarse más suave, sin líneas quebradas. Cuando se llega a la máxima definición el sistema debe avisar con una señal audible.	2	La curva vuelve a tener la definición por defecto.	3	Con cada accionamiento del pulsador debe disminuir la definición de la curva, es decir se notarán trazos quebrados. Cuando se llega a la mínima definición el sistema debe avisar con una señal audible.	4	Ídem 2.	5	Ídem 1.	6	Ídem 3.	7	Ídem 2.	8	Ídem 1.	9	La definición de la curva debe disminuir hasta la definición que tenía antes de realizar el paso 8.	10	Ídem 2.
N°	Salida																						
1	Con cada accionamiento del pulsador debe mejorar la definición de la curva, es decir debe notarse más suave, sin líneas quebradas. Cuando se llega a la máxima definición el sistema debe avisar con una señal audible.																						
2	La curva vuelve a tener la definición por defecto.																						
3	Con cada accionamiento del pulsador debe disminuir la definición de la curva, es decir se notarán trazos quebrados. Cuando se llega a la mínima definición el sistema debe avisar con una señal audible.																						
4	Ídem 2.																						
5	Ídem 1.																						
6	Ídem 3.																						
7	Ídem 2.																						
8	Ídem 1.																						
9	La definición de la curva debe disminuir hasta la definición que tenía antes de realizar el paso 8.																						
10	Ídem 2.																						
Resultado obtenido	IRE																						
Información de																							


CPU08	Definición de las curvas
debugging	


CPU09	Lapso de tiempo de observación																		
Descripción	Se controla la validación del campo “Lapso de tiempo” y la actualización de las gráficas de la trayectoria solución y las curvas $x(t)$ e $y(t)$ cuando se cambia el valor de dicho campo.																		
CU	CU03, CU06, CU07, CU08.																		
Estado	Curva graficada en el plano.																		
Estados relacionados																			
Precondiciones	Ecuaciones diferenciales ingresadas. Se ha accionado el botón  . El resto de los controles de la interfaz tienen valores por defecto.																		
Dependencias con otros CP	CPU07, CPU08																		
Datos/acciones de entrada	<table border="1"> <thead> <tr> <th>N°</th> <th>Partición de equivalencia</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>1</td> <td>-10^{10}</td> </tr> <tr> <td>2</td> <td>-10^{-10}</td> </tr> <tr> <td>3</td> <td>0</td> </tr> <tr> <td>4</td> <td>10^{-10}</td> </tr> <tr> <td>5</td> <td>10</td> </tr> <tr> <td>6</td> <td>10^{10}</td> </tr> <tr> <td>7</td> <td>Pulsador hacia arriba 10 veces</td> </tr> <tr> <td>8</td> <td>Pulsador hacia abajo 10 veces</td> </tr> </tbody> </table>	N°	Partición de equivalencia	1	-10^{10}	2	-10^{-10}	3	0	4	10^{-10}	5	10	6	10^{10}	7	Pulsador hacia arriba 10 veces	8	Pulsador hacia abajo 10 veces
N°	Partición de equivalencia																		
1	-10^{10}																		
2	-10^{-10}																		
3	0																		
4	10^{-10}																		
5	10																		
6	10^{10}																		
7	Pulsador hacia arriba 10 veces																		
8	Pulsador hacia abajo 10 veces																		

CPU09	Lapso de tiempo de observación	
Resultado esperado	N°	Salida
	1 a 4	El sistema debe asumir entrada nula e imponer valor 0 al campo "Lapso de tiempo". No se visualizará ninguna curva.
	5	Debe aumentar la longitud de la trayectoria solución. Las series de tiempo se graficarán hasta $t = 10$.
	6	Debe aumentar la longitud de la trayectoria solución. Las series de tiempo se graficarán hasta $t = 10^{10}$.
	7	Con cada accionamiento del pulsador, el campo "Lapso de tiempo" se debe incrementar 0.1 unidades, la longitud de la trayectoria solución debe aumentar y la gráfica de las series de tiempo debe actualizarse hasta el valor actual del campo "Lapso de tiempo".
	8	Con cada accionamiento del pulsador, el campo "Lapso de tiempo" deberá decrementarse 0.1 unidades, la longitud de la trayectoria solución deberá disminuir y la gráfica de las series de tiempo debe actualizarse hasta el valor actual del campo "Lapso de tiempo".
Resultado obtenido	N°	Salida
	1 a 5	IRE
	6	La aplicación se cuelga.
	7 a 8	IRE
Información de debugging	Corregido. Se impuso un valor máximo para el "Lapso de tiempo" en función del nivel de definición actual de la trayectoria. Si el usuario ingresa un valor mayor al máximo, el sistema lo rectifica automáticamente. Se agregó la aclaración de este hecho en la ayuda contextual del campo "Lapso de tiempo".	

CPU10	Grosor de la curva
Descripción	Se controla el afinamiento/engrosamiento del trazo de la trayectoria solución y de las curvas representativas de $x(t)$ e $y(t)$ cuando se acciona el botón  y sus pulsadores asociados.
CU	CU03, CU06, CU07, CU08.
Estado	Curva con grosor modificado.
Estados relacionados	Curva graficada en el plano.
Precondiciones	Ecuaciones diferenciales ingresadas. Se ha accionado el botón  . El resto de los controles de la interfaz tienen valores por defecto.
Dependencias con	CPU07.


CPU10	Grosor de la curva																						
otros CP																							
<p>Datos/acciones de entrada</p>	<p>Efectuar primero las siguientes acciones sobre el botón  del Plano Fase y sus pulsadores asociados; y luego, reiterar toda la secuencia sobre el botón  del Plano de las Series de Tiempo y sus pulsadores asociados.</p> <table border="1" data-bbox="606 560 1252 1142"> <thead> <tr> <th>Nº</th> <th>Acción</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>1</td> <td>Pulsador hacia arriba hasta llegar al máximo permitido por la aplicación</td> </tr> <tr> <td>2</td> <td>Accionar el botón </td> </tr> <tr> <td>3</td> <td>Pulsador hacia abajo hasta llegar al mínimo permitido por la aplicación</td> </tr> <tr> <td>4</td> <td>Accionar el botón </td> </tr> <tr> <td>5</td> <td>Pulsador hacia arriba hasta llegar al máximo permitido por la aplicación</td> </tr> <tr> <td>6</td> <td>Pulsador hacia abajo hasta llegar al mínimo permitido por la aplicación</td> </tr> <tr> <td>7</td> <td>Accionar el botón </td> </tr> <tr> <td>8</td> <td>Pulsador hacia arriba tres veces.</td> </tr> <tr> <td>9</td> <td>Pulsador hacia abajo tres veces.</td> </tr> <tr> <td>10</td> <td>Accionar el botón </td> </tr> </tbody> </table>	Nº	Acción	1	Pulsador hacia arriba hasta llegar al máximo permitido por la aplicación	2	Accionar el botón 	3	Pulsador hacia abajo hasta llegar al mínimo permitido por la aplicación	4	Accionar el botón 	5	Pulsador hacia arriba hasta llegar al máximo permitido por la aplicación	6	Pulsador hacia abajo hasta llegar al mínimo permitido por la aplicación	7	Accionar el botón 	8	Pulsador hacia arriba tres veces.	9	Pulsador hacia abajo tres veces.	10	Accionar el botón 
Nº	Acción																						
1	Pulsador hacia arriba hasta llegar al máximo permitido por la aplicación																						
2	Accionar el botón 																						
3	Pulsador hacia abajo hasta llegar al mínimo permitido por la aplicación																						
4	Accionar el botón 																						
5	Pulsador hacia arriba hasta llegar al máximo permitido por la aplicación																						
6	Pulsador hacia abajo hasta llegar al mínimo permitido por la aplicación																						
7	Accionar el botón 																						
8	Pulsador hacia arriba tres veces.																						
9	Pulsador hacia abajo tres veces.																						
10	Accionar el botón 																						
<p>Resultado esperado</p>	<table border="1" data-bbox="470 1220 1385 1825"> <thead> <tr> <th>Nº</th> <th>Salida</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>1</td> <td>Con cada accionamiento del pulsador la curva debe engrosarse. Cuando se llega al valor máximo el sistema debe avisar con una señal audible.</td> </tr> <tr> <td>2</td> <td>El trazo de la curva debe tener el grosor por defecto.</td> </tr> <tr> <td>3</td> <td>Con cada accionamiento del pulsador la curva debe afinarse. Cuando se llega al valor mínimo el sistema debe avisar con una señal audible.</td> </tr> <tr> <td>4</td> <td>Ídem 2.</td> </tr> <tr> <td>5</td> <td>Ídem 1.</td> </tr> <tr> <td>6</td> <td>Ídem 3.</td> </tr> <tr> <td>7</td> <td>Ídem 2.</td> </tr> <tr> <td>8</td> <td>Ídem 1.</td> </tr> <tr> <td>9</td> <td>El grosor de la curva debe disminuir hasta el que tenía antes de realizar el paso 8.</td> </tr> <tr> <td>10</td> <td>Ídem 2.</td> </tr> </tbody> </table>	Nº	Salida	1	Con cada accionamiento del pulsador la curva debe engrosarse. Cuando se llega al valor máximo el sistema debe avisar con una señal audible.	2	El trazo de la curva debe tener el grosor por defecto.	3	Con cada accionamiento del pulsador la curva debe afinarse. Cuando se llega al valor mínimo el sistema debe avisar con una señal audible.	4	Ídem 2.	5	Ídem 1.	6	Ídem 3.	7	Ídem 2.	8	Ídem 1.	9	El grosor de la curva debe disminuir hasta el que tenía antes de realizar el paso 8.	10	Ídem 2.
Nº	Salida																						
1	Con cada accionamiento del pulsador la curva debe engrosarse. Cuando se llega al valor máximo el sistema debe avisar con una señal audible.																						
2	El trazo de la curva debe tener el grosor por defecto.																						
3	Con cada accionamiento del pulsador la curva debe afinarse. Cuando se llega al valor mínimo el sistema debe avisar con una señal audible.																						
4	Ídem 2.																						
5	Ídem 1.																						
6	Ídem 3.																						
7	Ídem 2.																						
8	Ídem 1.																						
9	El grosor de la curva debe disminuir hasta el que tenía antes de realizar el paso 8.																						
10	Ídem 2.																						
<p>Resultado obtenido</p>	<p>IRE</p>																						
<p>Información de debugging</p>																							


CPU11	Modificar t_0																
Descripción	Se comprueba el efecto de distintos valores de t_0 sobre la gráfica de la trayectoria solución y las curvas $x(t)$ e $y(t)$.																
CU	CU03, CU06, CU07, CU08.																
Estado	Curva graficada en el plano.																
Estados relacionados	CPU29.																
Precondiciones	El sistema está en modo Edición. Se ha accionado el botón  . El resto de los controles de la interfaz tienen valores por defecto.																
Dependencias con otros CP	<p>CPU06: Al haber ejecutado el CPU06, en el CPU11 no es necesario probar las entradas inválidas de t_0 o las que no siendo nulas el sistema asume nulas.</p> <p>CPU07: Al haber ejecutado el CPU07, en el CPU11 no es necesario volver probar los sistemas dinámicos cuya trayectoria excede la capacidad gráfica de la aplicación para $t_0 = 0$.</p>																
Datos/acciones de entrada	<p>Para cada uno de los sistemas indicados en el CPU07, a excepción de los que tienen coeficientes mayores o iguales a 1000, probar los siguientes valores de t_0:</p> <table border="1"> <thead> <tr> <th>N°</th> <th>Partición de equivalencia</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>1</td> <td>-10^{10}</td> </tr> <tr> <td>2</td> <td>-1</td> </tr> <tr> <td>3</td> <td>0</td> </tr> <tr> <td>4</td> <td>1</td> </tr> <tr> <td>5</td> <td>10^{10}</td> </tr> <tr> <td>6</td> <td>A partir del valor por defecto, pulsador hacia arriba diez veces</td> </tr> <tr> <td>7</td> <td>A partir del valor por defecto, pulsador hacia abajo diez veces</td> </tr> </tbody> </table>	N°	Partición de equivalencia	1	-10^{10}	2	-1	3	0	4	1	5	10^{10}	6	A partir del valor por defecto, pulsador hacia arriba diez veces	7	A partir del valor por defecto, pulsador hacia abajo diez veces
N°	Partición de equivalencia																
1	-10^{10}																
2	-1																
3	0																
4	1																
5	10^{10}																
6	A partir del valor por defecto, pulsador hacia arriba diez veces																
7	A partir del valor por defecto, pulsador hacia abajo diez veces																
Resultado esperado	<p>Si la curva no puede visualizarse por capacidad gráfica excedida debe mostrarse un mensaje informando la situación.</p> <p>Las trayectorias de los sistemas autónomos no deben alterarse frente a distintos valores de t_0. Las series de tiempo de cada sistema deben tener la misma gráfica para los distintos valores de t_0, pero desplazadas t_0 unidades con respecto al origen.</p> <p>Las trayectorias y series de tiempo de los sistemas no autónomos deben cambiar frente a los cambios de valor de t_0. Además, las series de tiempo deben estar desplazadas t_0 unidades con respecto al origen.</p>																
Resultado obtenido	IRE.																
Información de debugging																	

CPU12	Modificar x_0																						
Descripción	Se comprueba la validación del campo x_0 y el efecto de los cambios de su valor en la trayectoria solución, en la gráfica de la serie de tiempo $x(t)$ y en la posición del punto que representa las condiciones iniciales en el Plano Fase.																						
CU	CU03, CU06, CU07, CU08.																						
Estado	Curva graficada en el plano, Punto inicial reubicado en Plano Fase y x_0 e y_0 reubicados en Plano de las Series de Tiempo.																						
Estados relacionados																							
Precondiciones	El sistema está en modo Edición. Todos los controles de la interfaz tienen valores por defecto.																						
Dependencias con otros CP	CPU07: Al haber ejecutado el CPU07, en el CPU12 no es necesario volver probar los sistemas dinámicos cuya trayectoria excede la capacidad gráfica de la aplicación para $t_0 = 0$.																						
Datos/acciones de entrada	<p>Para cada uno de los sistemas indicados en el CPU07, a excepción de los que tienen coeficientes mayores o iguales a 1000, luego de ingresar cada uno de los siguientes valores de x_0, pulsar el botón .</p> <table border="1"> <thead> <tr> <th>N°</th> <th>Partición de equivalencia</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>1</td> <td>-10^{10}</td> </tr> <tr> <td>2</td> <td>-1</td> </tr> <tr> <td>3</td> <td>-10^{-10}</td> </tr> <tr> <td>4</td> <td>0</td> </tr> <tr> <td>5</td> <td>10^{-10}</td> </tr> <tr> <td>6</td> <td>1</td> </tr> <tr> <td>7</td> <td>10^{10}</td> </tr> <tr> <td>8</td> <td>A partir del valor por defecto, pulsador hacia arriba diez veces</td> </tr> <tr> <td>9</td> <td>A partir del valor por defecto, pulsador hacia abajo diez veces</td> </tr> <tr> <td>10</td> <td>x</td> </tr> </tbody> </table>	N°	Partición de equivalencia	1	-10^{10}	2	-1	3	-10^{-10}	4	0	5	10^{-10}	6	1	7	10^{10}	8	A partir del valor por defecto, pulsador hacia arriba diez veces	9	A partir del valor por defecto, pulsador hacia abajo diez veces	10	x
N°	Partición de equivalencia																						
1	-10^{10}																						
2	-1																						
3	-10^{-10}																						
4	0																						
5	10^{-10}																						
6	1																						
7	10^{10}																						
8	A partir del valor por defecto, pulsador hacia arriba diez veces																						
9	A partir del valor por defecto, pulsador hacia abajo diez veces																						
10	x																						
Resultado esperado	<p>En las entradas 3, 5 y 10 el sistema debe asumir valor nulo.</p> <p>En la acción 8 el sistema debe incrementar el valor de x_0 0.01 unidades con cada pulsación.</p> <p>En la acción 9 el sistema debe decrementar el valor de x_0 0.01 unidades con cada pulsación.</p> <p>En todos los casos, el punto inicial de la trayectoria debe desplazarse a las coordenadas (x_0, y_0) del Plano Fase, la trayectoria solución debe actualizarse para el nuevo punto inicial y la gráfica de $x(t)$ debe</p>																						


CPU12	Modificar x_0
	comenzar en las coordenadas (t_0, x_0) del Plano de las Series de Tiempo.
Resultado obtenido	Aún para el máximo nivel de zoom del Plano Fase, en las entradas 1 y 5 no se visualiza la trayectoria solución de sistemas cuyos autovalores no son ambos reales negativos ni complejos con parte real negativa.
Información de debugging	Corregido. Se impuso un valor máximo y un valor mínimo para x_0 de modo que toda trayectoria pueda ser visualizada modificando los niveles de zoom.

CPU13	Modificar y_0
Descripción	Se comprueba la validación del campo y_0 y el efecto de los cambios de su valor en la trayectoria solución, en la gráfica de la serie de tiempo $y(t)$ y en la posición del punto que representa las condiciones iniciales en el Plano Fase.
CU	CU03, CU06, CU07, CU08.
Estado	Curva graficada en el plano, Punto inicial reubicado en Plano Fase y x_0 e y_0 reubicados en Plano de las Series de Tiempo.
Estados relacionados	
Precondiciones	El sistema está en modo Edición. Todos los controles de la interfaz tienen valores por defecto.
Dependencias con otros CP	CPU07: Al haber ejecutado el CPU07, en el CPU13 no es necesario volver probar los sistemas dinámicos cuya trayectoria excede la capacidad gráfica de la aplicación para $t_0 = 0$.

CPU13	Modificar y_0																						
Datos/acciones de entrada	Para cada uno de los sistemas indicados en el CPU07, a excepción de los que tienen coeficientes mayores o iguales a 1000, luego de ingresar cada uno de los siguientes valores de y_0 , pulsar el botón  .																						
	<table border="1"> <thead> <tr> <th>N°</th> <th>Partición de equivalencia</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>1</td> <td>-10^{10}</td> </tr> <tr> <td>2</td> <td>-1</td> </tr> <tr> <td>3</td> <td>-10^{-10}</td> </tr> <tr> <td>4</td> <td>0</td> </tr> <tr> <td>5</td> <td>10^{-10}</td> </tr> <tr> <td>6</td> <td>1</td> </tr> <tr> <td>7</td> <td>10^{10}</td> </tr> <tr> <td>8</td> <td>A partir del valor por defecto, pulsador hacia arriba diez veces</td> </tr> <tr> <td>9</td> <td>A partir del valor por defecto, pulsador hacia abajo diez veces</td> </tr> <tr> <td>10</td> <td>x</td> </tr> </tbody> </table>	N°	Partición de equivalencia	1	-10^{10}	2	-1	3	-10^{-10}	4	0	5	10^{-10}	6	1	7	10^{10}	8	A partir del valor por defecto, pulsador hacia arriba diez veces	9	A partir del valor por defecto, pulsador hacia abajo diez veces	10	x
	N°	Partición de equivalencia																					
	1	-10^{10}																					
	2	-1																					
	3	-10^{-10}																					
	4	0																					
	5	10^{-10}																					
	6	1																					
	7	10^{10}																					
	8	A partir del valor por defecto, pulsador hacia arriba diez veces																					
9	A partir del valor por defecto, pulsador hacia abajo diez veces																						
10	x																						
Resultado esperado	En las entradas 3, 5 y 10 el sistema debe asumir valor nulo.																						
	En la acción 8 el sistema debe incrementar el valor de y_0 0.01 unidades con cada pulsación.																						
	En la acción 9 el sistema debe decrementar el valor de y_0 0.01 unidades con cada pulsación.																						
	En todos los casos, el punto inicial de la trayectoria debe desplazarse a las coordenadas (x_0, y_0) del Plano Fase, la trayectoria solución debe actualizarse para el nuevo punto inicial y la gráfica de $y(t)$ debe comenzar en las coordenadas (t_0, y_0) del Plano de las Series de Tiempo.																						
Resultado obtenido	Aún para el máximo nivel de zoom del Plano Fase, en las entradas 1 y 5 no se visualiza la trayectoria solución de sistemas cuyos autovalores no son ambos reales negativos ni complejos con parte real negativa.																						
Información de debugging	Corregido. Se impuso un valor máximo y un valor mínimo para y_0 de modo que toda trayectoria pueda ser visualizada modificando los niveles de zoom.																						



CPU14	Centrar punto inicial de la trayectoria
Descripción	Se comprueba que al accionar el botón  , el punto inicial de la trayectoria sea ubicado en el centro de la escena de visualización del Plano de Fase respetando sus coordenadas.
CU	CU03, CU06.
Estado	Punto inicial centrado en el Plano de Fase, Plano con ejes desplazados.
Estados relacionados	Curva graficada en el plano, Plano sin curva.






CPU14	Centrar punto inicial de la trayectoria
Precondiciones	El sistema está en modo Edición. Todos los controles de la interfaz tienen sus valores por defecto.
Dependencias con otros CP	<p>CPU07: Al haber ejecutado el CPU07, en el CPU14 no es necesario volver probar los sistemas dinámicos cuya trayectoria excede la capacidad gráfica de la aplicación para $t_0 = 0$.</p> <p>CPU12 y CPU13: Estos casos de prueba aseguran el correcto funcionamiento de los pulsadores asociados a las condiciones iniciales y que el punto inicial de la trayectoria esté dentro de los límites gráficos visualizables. Además, se evitan en el CPU14 aquellas entradas inválidas o que el sistema asume nulas.</p>




CPU14	Centrar punto inicial de la trayectoria		
Datos/acciones de entrada	Ingresar uno de los sistemas indicados en el CPU07 elegido al azar, a excepción de los que tienen coeficientes mayores o iguales a 1000, y accionar el botón  luego de ingresar las siguientes condiciones iniciales:		
	Partición de equivalencia		
	N°		
		x_0	y_0
	1	-10^{10}	-10^{10}
	2	-1	-10^{10}
	3	0	-10^{10}
	4	1	-10^{10}
	5	10^{10}	-10^{10}
	6	A partir del valor por defecto, pulsador hacia arriba diez veces	-10^{10}
	7	A partir del valor por defecto, pulsador hacia abajo diez veces	-10^{10}
	8	-10^{10}	-1
	9	-1	-1
	10	0	-1
	11	1	-1
	12	10^{10}	-1
	13	A partir del valor por defecto, pulsador hacia arriba diez veces	-1
	14	A partir del valor por defecto, pulsador hacia abajo diez veces	-1
	15	-10^{10}	0
	16	-1	0
	17	0	0
	18	1	0
	19	10^{10}	0
	20	A partir del valor por defecto, pulsador hacia arriba diez veces	0
	21	A partir del valor por defecto, pulsador hacia abajo diez veces	0
	22	-10^{10}	1
	23	-1	1
	24	0	1
	25	1	1
	26	10^{10}	1
	27	A partir del valor por defecto, pulsador hacia arriba diez veces	1
28	A partir del valor por defecto, pulsador hacia abajo diez veces	1	
29	-10^{10}	10^{10}	
30	-1	10^{10}	



CPU14	Centrar punto inicial de la trayectoria		
	31	0	10^{10}
	32	1	10^{10}
	33	10^{10}	10^{10}
	34	A partir del valor por defecto, pulsador hacia arriba diez veces	10^{10}
	35	A partir del valor por defecto, pulsador hacia abajo diez veces	10^{10}
	36	-10^{10}	A partir del valor por defecto, pulsador hacia arriba diez veces
	37	-1	A partir del valor por defecto, pulsador hacia arriba diez veces
	38	0	A partir del valor por defecto, pulsador hacia arriba diez veces
	39	1	A partir del valor por defecto, pulsador hacia arriba diez veces
	40	10^{10}	A partir del valor por defecto, pulsador hacia arriba diez veces
	41	-10^{10}	A partir del valor por defecto, pulsador hacia abajo diez veces
	42	-1	A partir del valor por defecto, pulsador hacia abajo diez veces
	43	0	A partir del valor por defecto, pulsador hacia abajo diez veces
	44	1	A partir del valor por defecto, pulsador hacia abajo diez veces
	45	10^{10}	A partir del valor por defecto, pulsador hacia abajo diez veces






CPU14	Centrar punto inicial de la trayectoria
Resultado esperado	<p>En las entradas 1, 8, 15, 22, 29, 36 y 41 el sistema debe imponer a x_0 el valor mínimo establecido en el CPU12.</p> <p>En las entradas 5, 12, 19, 26, 33, 40 y 45 el sistema debe imponer a x_0 el valor máximo establecido en el CPU12.</p> <p>En las entradas 1 a 7 el sistema debe imponer a y_0 el valor mínimo establecido en el CPU13.</p> <p>En las entradas 29 a 35 el sistema debe imponer a y_0 el valor máximo establecido en el CPU13.</p> <p>Para todas las entradas, las coordenadas actuales (x_0, y_0) deben posicionarse en el centro del Plano de Fase.</p>
Resultado obtenido	Para las entradas donde alguna de las coordenadas tiene especificado el valor 10^{10} o 10^{-10} no se muestra el punto inicial en el centro del Plano Fase y el origen de coordenadas queda desplazado en cualquier lugar.
Información de debugging	Corregido. El sistema disminuye automáticamente el zoom del Plano Fase hasta la medida que permite visualizar el punto inicial en el centro de dicho plano.


CPU15	Centrar punto final de la trayectoria
Descripción	Se comprueba que al accionar el botón  , el punto final de la trayectoria solución sea ubicado en el centro de la escena de visualización del Plano de Fase respetando sus coordenadas.
CU	CU03, CU06.
Estado	Punto final centrado en el plano, Plano con ejes desplazados.
Estados relacionados	Curva graficada en el plano. Plano sin curva.
Precondiciones	El sistema está en modo Edición. Todos los controles de la interfaz tienen sus valores establecidos por defecto.
Dependencias con otros CP	<p>CPU07: Al haber ejecutado el CPU07, en el CPU15 no es necesario volver probar los sistemas dinámicos cuya trayectoria excede la capacidad gráfica de la aplicación para $t_0 = 0$.</p> <p>CPU08: Asegura el correcto funcionamiento del pulsador correspondiente a la definición de la trayectoria solución.</p> <p>CPU09: Valida el campo "Lapso de tiempo".</p>
Datos/acciones de entrada	<p>Para cada uno de los sistemas indicados en el CPU07, a excepción de aquéllos que tienen coeficientes mayores o iguales a 1000, realizar la siguiente secuencia de acciones:</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. Setear "Lapso de tiempo" = 10^{10} 2. Accionar el botón .





CPU15	Centrar punto final de la trayectoria
	<p>3. Llevar al mínimo la definición de la trayectoria accionando hacia abajo el pulsador asociado al botón .</p> <p>4. Setear “Lapso de tiempo” = 10^{10}</p> <p>5. Accionar el botón .</p> <p>6. Llevar al máximo la definición de la trayectoria accionando hacia arriba el pulsador asociado al botón .</p> <p>7. Accionar el botón .</p>
Resultado esperado	Si la trayectoria solución está graficada en el Plano Fase, cuando se pulsa el botón  , las coordenadas del punto final de la trayectoria deben centrarse en la escena de visualización del Plano Fase. Si la trayectoria no está graficada, el punto final debe coincidir con el punto inicial.
Resultado obtenido	<p>Para los sistemas autónomos 1, 3, 4, 7 y 8: IRE</p> <p>Para los sistemas no autónomos 10, 12, 13, 16 y 17 cuyo sumando es $\sin(t)$ o e^{-t}: IRE.</p> <p>En el resto de los casos, el origen de coordenadas del Plano Fase queda desplazado en cualquier lugar, y no se visualiza el punto final de la trayectoria en el centro de la escena.</p>
Información de debugging	Corregido. El sistema disminuye automáticamente el zoom del Plano Fase hasta la medida que permite visualizar el punto final de la trayectoria solución en el centro de dicho plano. Si las coordenadas del punto final exceden la capacidad gráfica para el mínimo nivel de zoom, se muestra un mensaje informando la situación.






CPU16	Mostrar $x(t)$
Descripción	Se controla que en el Plano de las Series de Tiempo se grafique solamente $x(t)$ al accionar el botón  .
CU	CU07, CU08.
Estado	Curva graficada en el plano
Estados relacionados	
Precondiciones	Ecuaciones diferenciales ingresadas. Se ha accionado el botón  . El resto de los controles de la interfaz tienen sus valores establecidos por defecto.
Dependencias con otros CP	CPU07.
Datos/acciones de	Pulsar el botón  .


CPU16	Mostrar $x(t)$
entrada	
Resultado esperado	En el Plano de las Series de Tiempo debe visualizarse solamente la gráfica correspondiente a $x(t)$. Quedará habilitado el botón  y deshabilitado el botón  .
Resultado obtenido	IRE.
Información de debugging	







CPU17	Mostrar $y(t)$
Descripción	Se controla que en el Plano de las Series de Tiempo se grafique solamente $y(t)$ al accionar el botón  .
CU	CU07, CU08.
Estado	Curva graficada en el plano.
Estados relacionados	
Precondiciones	Ecuaciones diferenciales ingresadas. Se ha accionado el botón  . El resto de los controles de la interfaz tienen sus valores establecidos por defecto.
Dependencias con otros CP	CPU07.
Datos/acciones de entrada	Pulsar el botón  .
Resultado esperado	En el Plano de las Series de Tiempo deberá visualizarse solamente la gráfica correspondiente a $y(t)$. Quedará habilitado el botón  y deshabilitado el botón  .
Resultado obtenido	IRE.
Información de debugging	



CPU18	Mostrar $x(t)$ e $y(t)$
Descripción	Se controla que en el Plano de las Series de Tiempo se grafiquen las curvas de $x(t)$ e $y(t)$ al accionar el botón  .
CU	CU07, CU08.
Estado	Curva graficada en el plano.

CPU18	Mostrar $x(t)$ e $y(t)$
Estados relacionados	
Precondiciones	Ecuaciones diferenciales ingresadas. Se ha accionado el botón  . El resto de los controles de la interfaz tienen sus valores establecidos por defecto.
Dependencias con otros CP	CPU07.
Datos/acciones de entrada	Pulsar el botón  .
Resultado esperado	En el Plano de las Series de Tiempo deberán visualizarse las gráficas correspondientes a $x(t)$ e $y(t)$. Quedarán habilitados los botones  y  .
Resultado obtenido	IRE.
Información de debugging	



CPU19	Centrar punto final de $x(t)$
Descripción	Se comprueba que al accionar el botón  , el punto final de la curva correspondiente a $x(t)$ sea ubicado en el centro de la escena de visualización del Plano de las Series de Tiempo respetando sus coordenadas.
CU	CU07, CU08.
Estado	Punto final centrado en el plano, Plano con ejes desplazados.
Estados relacionados	Curva graficada en el plano.
Precondiciones	El sistema está en modo Edición. El botón  está habilitado. El botón  podría estar deshabilitado. Se ha accionado el botón  . El resto de los controles de la interfaz tienen sus valores establecidos por defecto.
Dependencias con otros CP	CPU07: Al haber ejecutado el CPU07, en el CPU19 no es necesario volver probar los sistemas dinámicos cuya trayectoria excede la capacidad gráfica de la aplicación para $t_0 = 0$.
Datos/acciones de entrada	1. Ingresar el sistema: $x' = -x - y$; $y' = -x + y$ 2. Pulsar el botón  .
Resultado esperado	El punto final de la curva $x(t)$ debe centrarse en la escena de visualización del Plano de las Series de Tiempo preservando sus coordenadas.
Resultado	El origen de coordenadas del Plano de las series de tiempo se desplaza a





CPU19	Centrar punto final de $x(t)$
obtenido	cualquier lugar y no se muestra el punto final de $x(t)$.
Información de debugging	Corregido. Para el sistema ingresado se requiere pulsar dos veces el botón  para que el punto final de la curva quede centrado en el Plano de las Series de Tiempo. Esta situación ocurre con algunos sistemas pero no pudo detectarse la causa. Por lo tanto, en la ayuda contextual se aclaró la necesidad de pulsar nuevamente el botón si en el primer intento no se logra el resultado esperado.

CPU20	Centrar punto final de $y(t)$
Descripción	Se comprueba que al accionar el botón  , el punto final de la curva correspondiente a $y(t)$ sea ubicado en el centro de la escena de visualización del Plano de las Series de Tiempo respetando sus coordenadas.
CU	CU07, CU08.
Estado	Punto final centrado en el plano, Plano con ejes desplazados.
Estados relacionados	Curva graficada en el plano.
Precondiciones	El sistema está en modo Edición. El botón  está habilitado. El botón  podría estar deshabilitado. Se ha accionado el botón  . El resto de los controles de la interfaz tienen sus valores establecidos por defecto.
Dependencias con otros CP	CPU07: Al haber ejecutado el CPU07, en el CPU20 no es necesario volver probar los sistemas dinámicos cuya trayectoria excede la capacidad gráfica de la aplicación para $t_0 = 0$.
Datos/acciones de entrada	1. Ingresar el sistema: $x' = -x - y$; $y' = -x + y$ 2. Pulsar el botón  .
Resultado esperado	El punto final de la curva $y(t)$ debe centrarse en la escena de visualización del Plano de las Series de Tiempo preservando sus coordenadas.
Resultado obtenido	El origen de coordenadas del Plano de las series de tiempo se desplaza a cualquier lugar y no se muestra el punto final de $y(t)$.
Información de debugging	Corregido. Para el sistema ingresado se requiere pulsar dos veces el botón  para que el punto final de la curva quede centrado en el Plano de las Series de Tiempo. Esta situación ocurre con algunos sistemas pero no pudo detectarse la causa. Por lo tanto, en la ayuda contextual se aclaró la necesidad de pulsar nuevamente el botón si en el primer intento no se logra el resultado esperado.

CPU21	Mover el control gráfico que representa las condiciones iniciales
Descripción	Se comprueba la actualización automática de los valores de x_0 e y_0 cuando se mueve con el mouse el punto inicial de la trayectoria. También se chequea la actualización de la trayectoria solución y de las series de tiempo si previamente se ha accionado el botón  .
CU	CU03, CU06, CU07, CU08
Estado	Punto inicial reubicado en Plano Fase y x_0 e y_0 reubicados en Plano de las Series de Tiempo.
Estados relacionados	Curva graficada en el plano.
Precondiciones	Ecuaciones diferenciales ingresadas.
Dependencias con otros CP	CPU07.
Datos/acciones de entrada	Desplazar, mediante acción del mouse, el punto que representa las condiciones iniciales en el Plano Fase.
Resultado esperado	Los campos x_0 e y_0 deben exhibir las coordenadas actuales del punto que representa las condiciones iniciales. Si se ha accionado previamente el botón  , la trayectoria solución y las series de tiempo deben actualizarse conforme a los nuevos valores de las condiciones iniciales.
Resultado obtenido	IRE.
Información de debugging	




A.3.4. Pruebas sobre el Plano Fase



CPU22	Zoom Plano Fase
Descripción	Comprueba el correcto escalamiento del campo graficado y la trayectoria solución mediante el accionamiento del botón  y sus pulsadores asociados.
CU	CU01, CU02, CU03, CU04, CU05, CU06
Estado	Plano con escala modificada.
Estados relacionados	Campo vectorial graficado en Plano Fase. Campo direccional graficado en Plano Fase. Curva graficada en plano.
Precondiciones	Se ha accionado el botón  . El resto de los controles de la interfaz tienen los valores por defecto


Dependencias con otros CP	CPU02, CPU03, CPU07.
Datos/acciones de entrada	<p>Elegir un sistema (excepto los que tienen coeficientes mayores o iguales a 1000) de cada partición de equivalencia especificada en el CPU07.</p> <p>Para cada sistema elegido realizar la siguiente secuencia de acciones:</p> <p>A) Seleccionar “Tipo”= “Vectorial”, “Normalizar vectores” = “sí” y ejecutar los pasos 1 a 6.</p> <p>B) Seleccionar “Tipo”= “Vectorial”, “Normalizar vectores” = “no” y ejecutar los pasos 1 a 6.</p> <p>C) Seleccionar “Tipo” = “Direccional” y ejecutar los pasos 1 a 6.</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. Accionar el pulsador hacia arriba hasta llegar al máximo permitido. 2. Pulsar el botón . 3. Accionar el pulsador hacia abajo hasta llegar al mínimo permitido. 4. Pulsar el botón . 5. Accionar el pulsador hacia arriba y hacia abajo un número aleatorio de veces. 6. Pulsar el botón .
Resultado esperado	<p>Cuando se acciona el pulsador hacia abajo, la escala de los ejes coordenados debe reducirse, los vectores/segmentos y la trayectoria deben disminuir de tamaño. La cantidad de vectores/segmentos visualizados debe aumentar y la separación entre ellos debe disminuir visualmente pero debe estar conforme a la escala de los ejes.</p> <p>Cuando se acciona el pulsador hacia arriba, la escala de los ejes coordenados debe ampliarse, los vectores/segmentos y la trayectoria deben aumentar de tamaño. La cantidad de vectores/segmentos visualizados debe disminuir y la separación entre ellos debe aumentar visualmente pero debe estar conforme a la escala de los ejes.</p> <p>Cuando se acciona , el zoom debe restablecerse al valor por defecto.</p>
Resultado obtenido	IRE
Información de debugging	





CPU23	Desplazamiento libre del Plano Fase
Descripción	Se comprueba el desplazamiento del Plano Fase mediante la acción del mouse.
CU	CU01, CU02, CU03, CU04, CU05, CU06.
Estado	Plano con ejes desplazados.


CPU23	Desplazamiento libre del Plano Fase
Estados relacionados	Curva graficada en el plano, Plano sin curva, Campo vectorial graficado en Plano Fase, Campo Direccional graficado en Plano Fase, Plano Fase sin campo graficado.
Precondiciones	El sistema está en modo Edición. Las ecuaciones diferenciales se han ingresado. Todos los controles de la interfaz tienen sus valores por defecto.
Dependencias con otros CP	CPU02, CPU07.
Datos/acciones de entrada	Partiendo de cada uno de los estados relacionados hacer clic dentro del Plano Fase con el botón izquierdo del mouse y, manteniéndolo presionado, moverlo en varias direcciones.
Resultado esperado	El origen de coordenadas debe desplazarse y el campo y la curva deben regraficarse en la misma posición relativa al origen.
Resultado obtenido	IRE.
Información de debugging	



CPU24	Desplazamiento horizontal del Plano Fase
Descripción	Se comprueba la acción del botón  y sus pulsadores asociados.
CU	CU01, CU02, CU03, CU04, CU05, CU06.
Estado	Plano con ejes desplazados.
Estados relacionados	Curva graficada en el plano, Plano sin curva, Campo vectorial graficado en Plano Fase, Campo Direccional graficado en Plano Fase, Plano Fase sin campo graficado.
Precondiciones	El sistema está en modo Edición. Las ecuaciones diferenciales se han ingresado. Todos los controles de la interfaz tienen sus valores por defecto.
Dependencias con otros CP	CPU02, CPU07.
Datos/acciones de entrada	Partiendo de cada uno de los estados relacionados, realizar las siguientes acciones. <ol style="list-style-type: none"> 1. Pulsar diez veces hacia arriba. 2. Pulsar el botón . 3. Pulsar diez veces hacia abajo. 4. Pulsar el botón . 5. Llevar el zoom del Plano Fase al mínimo.

CPU24	Desplazamiento horizontal del Plano Fase
	<ol style="list-style-type: none"> 6. Accionar hacia arriba y hacia abajo el pulsador de . 7. Llevar el zoom del Plano Fase al máximo. 8. Accionar hacia arriba y hacia abajo el pulsador de .
Resultado esperado	<ol style="list-style-type: none"> 1. El origen del eje x debe desplazarse una unidad hacia la derecha con cada pulsación. 2. El origen del eje x debe ubicarse en el centro del Plano Fase. 3. El origen del eje x debe desplazarse una unidad hacia la izquierda con cada pulsación. 4. Ídem 2 5. El Plano Fase debe mostrar el máximo alejamiento. 6. El Plano Fase debe desplazarse 10000000 de unidades hacia la derecha e izquierda respectivamente. 7. El Plano Fase debe mostrar el máximo acercamiento. 8. El Plano Fase debe desplazarse 0.0001 unidades hacia la derecha e izquierda respectivamente. <p>Luego de cada uno de los pasos, la curva y el campo deben regraficarse en la misma posición relativa al origen.</p>
Resultado obtenido	IRE.
Información de debugging	



CPU25	Desplazamiento vertical del Plano Fase
Descripción	Se comprueba la acción del botón  y sus pulsadores asociados.
CU	CU01, CU02, CU03, CU04, CU05, CU06.
Estado	Plano con ejes desplazados.
Estados relacionados	Curva graficada en el plano, Plano sin curva, Campo vectorial graficado en Plano Fase, Campo Direccional graficado en Plano Fase, Plano Fase sin campo graficado.
Precondiciones	El sistema está en modo Edición. Las ecuaciones diferenciales se han ingresado. Todos los controles de la interfaz tienen sus valores por defecto.
Dependencias con otros CP	CPU02, CPU07.
Datos/acciones de entrada	<p>Partiendo de cada uno de los estados relacionados, realizar las siguientes acciones.</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. Pulsar diez veces hacia arriba.





CPU25	Desplazamiento vertical del Plano Fase
	2. Pulsar el botón  . 3. Pulsar diez veces hacia abajo. 4. Pulsar el botón  . 5. Llevar el zoom del Plano Fase al mínimo. 6. Accionar hacia arriba y hacia abajo el pulsador de  . 7. Llevar el zoom del Plano Fase al máximo. 8. Accionar hacia arriba y hacia abajo el pulsador de  .
Resultado esperado	1. El origen del eje y debe desplazarse una unidad hacia arriba con cada pulsación. 2. El origen del eje y debe ubicarse en el centro del Plano Fase. 3. El origen del eje y debe desplazarse una unidad hacia abajo con cada pulsación. 4. Ídem 2 5. El Plano Fase debe mostrar su máximo alejamiento. 6. El Plano Fase debe desplazarse 10000000 de unidades hacia arriba y hacia abajo respectivamente. 7. El Plano Fase debe mostrar el máximo acercamiento. 8. El Plano Fase debe desplazarse 0.0001 unidades hacia arriba y abajo respectivamente. Luego de cada uno de los pasos, la curva y el campo deben regraficarse en la misma posición relativa al origen.
Resultado obtenido	1, 3, 6 y 8: el efecto es el contrario. 2, 4, 5 y 7: IRE.
Información de debugging	No corregido. El pulsador maneja internamente el número de píxel de la pantalla que corresponde al origen del eje y. Cuando se pulsa hacia arriba, se incrementa el valor del píxel y esto provoca que el origen del eje y se desplace hacia abajo en la pantalla. Cuando se pulsa hacia abajo, produce el efecto contrario. Una alternativa de solución sería imponer que el incremento fuese negativo, pero esto dejaría inviable la posibilidad de desplazar libremente el Plano Fase con el mouse, tal como fue probado en el CPU23.

CPU26	Centrar origen de coordenadas del Plano Fase
Descripción	Se comprueba el funcionamiento del botón  .
CU	CU01, CU02, CU03, CU04, CU05, CU06.
Estado	Plano con ejes desplazados.

CPU26	Centrar origen de coordenadas del Plano Fase
Estados relacionados	Curva graficada en el plano, Plano sin curva, Campo vectorial graficado en Plano Fase, Campo Direccional graficado en Plano Fase, Plano Fase sin campo graficado.
Precondiciones	El sistema está en modo Edición. Las ecuaciones diferenciales se han ingresado. Se ha accionado el botón  . El resto de los controles de la interfaz tienen sus valores por defecto.
Dependencias con otros CP	CPU02, CPU07, CPU23, CPU24, CPU25.
Datos/acciones de entrada	1. Desplazar el Plano de Fase en alguna dirección 2. Pulsar el botón  .
Resultado esperado	Luego del paso 2, el origen de coordenadas debe posicionarse en el centro del Plano Fase, la curva y el campo deben regraficarse en la misma posición relativa al origen.
Resultado obtenido	IRE.
Información de debugging	




A.3.5. Pruebas sobre el Plano de las Series de Tiempo

CPU27	Zoom Plano de las Series de Tiempo
Descripción	Comprueba el correcto escalamiento de las curvas representativas de $x(t)$ e $y(t)$ mediante el accionamiento del botón  y sus pulsadores asociados.
CU	CU07, CU08
Estado	Plano con escala modificada.
Estados relacionados	Curva graficada en plano.
Precondiciones	Se ha accionado el botón  . El resto de los controles de la interfaz tienen los valores por defecto
Dependencias con otros CP	CPU16, CPU17, CPU18
Datos/acciones de entrada	Elegir un sistema (excepto los que tienen coeficientes mayores o iguales a 1000) de cada partición de equivalencia especificada en el CPU07. Para cada sistema elegido realizar la siguiente secuencia de acciones: 1. Accionar el pulsador hacia arriba hasta llegar al máximo permitido.



CPU27	Zoom Plano de las Series de Tiempo
	<p>2. Pulsar el botón .</p> <p>3. Accionar el pulsador hacia abajo hasta llegar al mínimo permitido.</p> <p>4. Pulsar el botón .</p> <p>5. Accionar el pulsador hacia arriba y hacia abajo un número aleatorio de veces.</p> <p>6. Pulsar el botón .</p>
Resultado esperado	<p>Cuando se acciona el pulsador hacia abajo, la escala de los ejes coordenados debe reducirse. Las series de tiempo deben disminuir visualmente respetando la nueva escala.</p> <p>Cuando se acciona el pulsador hacia arriba, la escala de los ejes coordenados debe ampliarse. Las series de tiempo deben aumentar visualmente respetando la nueva escala.</p> <p>Cuando se acciona , el zoom debe restablecerse al valor por defecto. Las series de tiempo deben regraficarse conforme a la nueva escala.</p>
Resultado obtenido	IRE.
Información de debugging	

CPU28	Desplazamiento libre del Plano de las Series de Tiempo
Descripción	Se comprueba el desplazamiento del Plano de las Series de Tiempo mediante la acción del mouse.
CU	CU07, CU08.
Estado	Plano con ejes desplazados.
Estados relacionados	Curva graficada en el plano, Plano sin curva.
Precondiciones	El sistema está en modo Edición. Las ecuaciones diferenciales se han ingresado. Todos los controles de la interfaz tienen sus valores por defecto.
Dependencias con otros CP	CPU16, CPU17, CPU18.
Datos/acciones de entrada	Partiendo de cada uno de los estados relacionados hacer clic dentro del Plano de las Series de Tiempo con el botón izquierdo del mouse y, manteniéndolo presionado, moverlo en varias direcciones.
Resultado esperado	El origen de coordenadas debe desplazarse y las series de tiempo deben regraficarse en la misma posición relativa al origen.
Resultado	IRE.



CPU28	Desplazamiento libre del Plano de las Series de Tiempo
obtenido	
Información de debugging	

CPU29	Reposicionamiento de t_0 en el Plano de las Series de Tiempo												
Descripción	Se comprueba el corrimiento del eje del tiempo cuando se acciona el botón  de modo que dicho eje se visualice a partir de t_0 .												
CU	CU07, CU08.												
Estado	Plano con ejes desplazados.												
Estados relacionados	Curva graficada en el plano, Plano sin curva.												
Precondiciones	El sistema está en modo Edición. Las ecuaciones diferenciales se han ingresado. Se ha accionado el botón  . El resto de los controles de la interfaz tienen sus valores por defecto.												
Dependencias con otros CP	CPU06, CPU11, CPU19, CPU20.												
Datos/acciones de entrada	Luego de ingresar los valores de t_0 que se indican en la tabla, presionar el botón  . <table border="1" data-bbox="598 1198 1021 1433"> <thead> <tr> <th>N°</th> <th>Partición de equivalencia</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>1</td> <td>-10^{10}</td> </tr> <tr> <td>2</td> <td>-10</td> </tr> <tr> <td>3</td> <td>0</td> </tr> <tr> <td>4</td> <td>10</td> </tr> <tr> <td>5</td> <td>10^{10}</td> </tr> </tbody> </table>	N°	Partición de equivalencia	1	-10^{10}	2	-10	3	0	4	10	5	10^{10}
N°	Partición de equivalencia												
1	-10^{10}												
2	-10												
3	0												
4	10												
5	10^{10}												
Resultado esperado	El eje del tiempo debe desplazarse de modo que t_0 quede contra el margen izquierdo de la escena donde se visualiza el Plano de las Series de Tiempo. Las curvas representativas de $x(t)$ e $y(t)$ deben quedar visibles.												
Resultado obtenido	Para las entradas 1 y 5, el posicionamiento no es correcto.												
Información de debugging	Corregido. Se impuso un valor máximo y uno mínimo para t_0 debido a que las entradas 1 y 5 exceden la capacidad gráfica para el mínimo nivel de zoom del Plano de las Series de Tiempo.												

A.3.6. Pruebas sobre la galería de ejemplos

CPU30	Galería de sistemas autónomos
Descripción	Se verifica que haya al menos un ejemplo de sistema cuyos autovalores sean: <ul style="list-style-type: none"> a) Complejos con parte real negativa b) Complejos con parte real positiva c) Imaginarios puros d) Reales negativos y distintos e) Reales positivos y distintos f) Reales de distinto signo g) Nulos h) Uno real negativo y el otro nulo i) Uno real positivo y el otro nulo j) Un único autovalor negativo k) Un único autovalor positivo
CU	CU01, CU02, CU03, CU07.
Estado	Modo Ejemplo.
Estados relacionados	
Precondiciones	
Dependencias con otros CP	
Datos/acciones de entrada	<ol style="list-style-type: none"> 1. Pulsar el botón . 2. Elegir cada ejemplo de la lista y ejecutar el CPU02. 3. Pulsar el botón .
Resultado esperado	Las trayectorias y las series de tiempo deben tener las formas genéricas indicadas en el CPU07 según los autovalores del sistema.
Resultado obtenido	IRE.
Información de debugging	






CPU31	Galería de sistemas no autónomos
Descripción	Se verifica que haya al menos un ejemplo de sistema cuyos autovalores sean: <ul style="list-style-type: none"> a) Complejos con parte real negativa b) Complejos con parte real positiva c) Imaginarios puros









CPU31	Galería de sistemas no autónomos
	<p>d) Reales negativos y distintos e) Reales positivos y distintos f) Reales de distinto signo g) Nulos h) Uno real negativo y el otro nulo i) Uno real positivo y el otro nulo j) Un único autovalor negativo k) Un único autovalor positivo</p> <p>Cada uno de los sistemas debe tener al menos un sumando en función de la variable independiente t.</p>
CU	CU04, CU05, CU06, CU08.
Estado	Modo Ejemplo.
Estados relacionados	
Precondiciones	
Dependencias con otros CP	CPU33.
Datos/acciones de entrada	<p>1. Pulsar el botón .</p> <p>2. Elegir cada ejemplo de la lista y ejecutar el CPU02.</p> <p>3. Pulsar el botón .</p>
Resultado esperado	Las trayectorias y las series de tiempo deben graficarse mediante una animación. El campo vectorial/direccional debe ir modificándose conforme pasa el tiempo.
Resultado obtenido	IRE.
Información de debugging	


A.3.7. Pruebas sobre las animaciones










CPU32	Seteo de la pausa de la animación
Descripción	Se comprueba la validación del campo "Pausa".
CU	CU03, CU04, CU05, CU06, CU07, CU08.
Estado	Controles desbloqueados.
Estados relacionados	
Precondiciones	
Dependencias con	

CPU32	Seteo de la pausa de la animación																		
otros CP																			
Datos/acciones de entrada	<table border="1"> <thead> <tr> <th>N°</th> <th>Partición de equivalencia</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>1</td> <td>-10^{10}</td> </tr> <tr> <td>2</td> <td>-10</td> </tr> <tr> <td>3</td> <td>0</td> </tr> <tr> <td>4</td> <td>10</td> </tr> <tr> <td>5</td> <td>10^{10}</td> </tr> <tr> <td>6</td> <td>Pulsador hacia arriba 10 veces</td> </tr> <tr> <td>7</td> <td>Pulsador hacia abajo 10 veces</td> </tr> <tr> <td>8</td> <td>x</td> </tr> </tbody> </table>	N°	Partición de equivalencia	1	-10^{10}	2	-10	3	0	4	10	5	10^{10}	6	Pulsador hacia arriba 10 veces	7	Pulsador hacia abajo 10 veces	8	x
N°	Partición de equivalencia																		
1	-10^{10}																		
2	-10																		
3	0																		
4	10																		
5	10^{10}																		
6	Pulsador hacia arriba 10 veces																		
7	Pulsador hacia abajo 10 veces																		
8	x																		
Resultado esperado	<p>El sistema debe imponer valor nulo al campo “Pausa” cuando se ingresan valores negativos, alfanuméricos o cuando el pulsador se acciona hacia abajo y el campo toma un valor negativo.</p> <p>Los incrementos/decrementos por acción del pulsador deben ser de 100 milisegundos.</p>																		
Resultado obtenido	IRE.																		
Información de debugging																			



CPU33	Ejecución de la animación
Descripción	Se comprueba la actualización dinámica de los gráficos del Plano Fase y del Plano de las Series de Tiempo y el correcto funcionamiento de los controles asociados a las animaciones:   
CU	CU03, CU04, CU05, CU06, CU07, CU08.
Estado	Controles bloqueados y animando, Controles desbloqueados.
Estados relacionados	
Precondiciones	Todos los controles de la interfaz tienen sus valores establecidos por defecto.
Dependencias con otros CP	CPU02, CPU07, CPU16, CPU17, CPU18.
Datos/acciones de entrada	<p>Para cada uno de los sistemas especificados en el CPU07, a excepción de aquéllos que tienen coeficientes mayores o iguales a 100, realizar las siguientes acciones:</p> <p>A) Pulsar  y luego realizar la siguiente secuencia de pasos:</p> <p>1. Pulsar el botón .</p>





CPU33	Ejecución de la animación
	<p>2. Pulsar el botón  antes de que la animación termine.</p> <p>3. Pulsar el botón .</p> <p>4. Pulsar el botón  antes de que la animación termine.</p> <p>5. Pulsar el botón  y esperar la finalización de la animación.</p> <p>B) Pulsar  y repetir la secuencia de pasos 1 a 5.</p> <p>C) Pulsar  y repetir la secuencia de pasos 1 a 5.</p>
Resultado esperado	<p>1. Debe comenzar la animación y todos los controles de la interfaz deben desactivarse. En el Plano Fase debe mostrarse la trayectoria solución avanzando a medida que lo hace el tiempo. Si el sistema ingresado es autónomo, el campo vectorial/direccional debe permanecer inmóvil; si el sistema ingresado es no autónomo, el campo vectorial/direccional debe moverse. En el Plano de las Series de Tiempo deben mostrarse el avance de las curvas $x(t)$ e $y(t)$ en el caso A; sólo $x(t)$ en el caso B; y sólo $y(t)$ en el caso C.</p> <p>2. Debe detenerse la animación y todos los controles de la interfaz deben activarse.</p> <p>3. Debe reanudarse la animación a partir del punto que se había detenido en el paso previo y todos los controles de la interfaz deben desactivarse.</p> <p>4. La animación debe detenerse y resetearse: el Plano Fase y el Plano de las Series de Tiempo no deben tener curvas graficadas y el campo que se esté visualizando tiene que ser el correspondiente al instante t_0. Los controles de la interfaz deben desactivarse.</p> <p>5. La animación debe comenzar desde el inicio y los controles de la interfaz deben desactivarse. Al concluir la animación, deben activarse nuevamente.</p>
Resultado obtenido	<p>1. IRE.</p> <p>2. No se activan los controles.</p> <p>3. IRE.</p> <p>4. La aplicación se comporta de manera errática y los controles permanecen desactivados. Para que surta efecto el reseteo de la animación, ésta debe ser pausada primero y luego reseteada.</p> <p>5. IRE.</p> <p>También la aplicación se comporta erráticamente si durante la animación se hace clic con el mouse en cualquier sector de la pantalla.</p>
Información de debugging	<p>No corregido. La clase Animación de Descartes no ofrece una interfaz que permita capturar el evento de pulsar los botones  y  de modo que al ocurrir dicho evento se les pueda asociar una acción diferente</p>

CPU33	Ejecución de la animación
	<p>(en este caso, activar los controles de la interfaz) a la que tienen seteada por defecto. Como solución se agrega el botón  para que el usuario active los controles manualmente.</p> <p>Con respecto al funcionamiento errático cuando se hace clic con el mouse durante la animación, no pudo detectarse la causa del problema. Se resolvió mostrar un mensaje de advertencia con indicaciones acerca de la forma de operar la interfaz.</p>

CPU34	Activación de los controles de la interfaz
Descripción	Se comprueba el correcto funcionamiento del botón  .
CU	CU03, CU04, CU05, CU06, CU07, CU08.
Estado	Controles bloqueados y animando.
Estados relacionados	
Precondiciones	Ecuaciones diferenciales ingresadas.
Dependencias con otros CP	CPU33.
Datos/acciones de entrada	<ol style="list-style-type: none"> 1. Iniciar la animación con el botón . 2. Pausar la animación con el botón . 3. Pulsar el botón . 4. Resetear la animación con el botón . 5. Pulsar el botón  varias veces
Resultado esperado	Cuando el botón  se pulsa mientras los controles de la interfaz están activados no debe surtir ningún efecto. Cuando se pulsa  después del botón  los controles de la interfaz deben activarse.
Resultado obtenido	IRE.
Información de debugging	

A.3.8. Pruebas sobre el cambio de modo de operación
















CPU35	Cambio de modo de operación
Descripción	Se comprueba el correcto cambio de modo cuando se accionan los botones  y  .


CPU35	Cambio de modo de operación
CU	CU01, CU02, CU03, CU04, CU05, CU06, CU07, CU08, CU09
Estado	Modo Ejemplo, Modo Edición
Estados relacionados	
Precondiciones	La aplicación está recién iniciada. Todos los controles de la interfaz tienen sus valores por defecto.
Dependencias con otros CP	
Datos/acciones de entrada	<ol style="list-style-type: none"> 1. Pulsar  2. Pulsar  3. Pulsar  4. Pulsar 
Resultado esperado	<ol style="list-style-type: none"> 1. La aplicación debe mostrar dos listas desplegables, una con ejemplos de sistemas autónomos y otra con ejemplos de sistemas no autónomos. Todas las acciones que realice el usuario mediante la interacción con los controles de la interfaz deben tener impacto sobre el sistema dinámico elegido. La aplicación debe ignorar cualquier cadena de caracteres que pueda ingresar el usuario en los campos x' e y'. Se debe mostrar un mensaje que diga "Modo Ejemplo". 2. La aplicación debe entrar en modo Edición y aceptar como sistema dinámico el que haya ingresado el usuario en los campos x' e y'. El resto de los controles de la interfaz deben mantener los valores previos a la entrada en este modo de operación. El usuario podrá hacer uso de todos los controles, cuyo efecto tendrá impacto sobre el sistema dinámico que haya ingresado. Debe mostrarse un mensaje que diga "Modo Edición" 3. La aplicación debe entrar en modo Ejemplo recuperando el sistema dinámico elegido en el paso 1 y permitiéndole al usuario elegir cualquier otro que desee. Los controles de la interfaz deben mantener los valores previos a la entrada en este modo de operación y el usuario debe poder interactuar con ellos para que surtan efecto sobre el sistema dinámico ejemplo. Debe mostrarse un mensaje que diga "Modo Ejemplo". 4. La aplicación debe entrar en modo Edición recuperando el sistema dinámico ingresado en los campos x' e y'. Los controles de la interfaz deben mantener los valores previos a la entrada en este modo de operación y el usuario debe poder interactuar con ellos. Debe mostrarse un mensaje que diga "Modo Edición".
Resultado	IRE.












CPU35	Cambio de modo de operación
obtenido	
Información de debugging	


















A.4. Casos de prueba de sistema














A.4.1. Pruebas funcionales


CPS01	SA-Autovalores complejos con parte real negativa
Descripción	Se efectúan diversas acciones de interacción con la interfaz a partir del ingreso de un sistema autónomo con autovalores complejos con parte real negativa.
CU	CU01, CU02, CU03, CU07.
Precondiciones	El sistema está en modo edición.
Datos/acciones de entrada	$x' = -10x - 10y$ $y' = 10x + y$ <i>Lapso de tiempo</i> = 100 $t_0 = 0$ $x_0 = -10$ $y_0 = 10$ En el plano fase, pulsar:  ,  ,  ,  . <i>Tipo</i> = Vectorial <i>Normalizar vectores</i> = sí <i>Tamaño</i> = 0.2 <i>Separación</i> = 0.25 En el plano fase pulsar  . En el plano de las series de tiempo, pulsar los siguientes botones en el orden de aparición:  ,  ,  ,  ,  ,  ,  ,  . Reducir el zoom del plano de las series de tiempo hasta obtener las curvas completas dentro de la visual. En el plano fase, pulsar  . Disminuir el zoom del plano fase hasta obtener la trayectoria solución completa dentro de la visual. Aumentar el zoom del plano fase hasta el máximo. Reducir el valor del campo <i>Lapso de tiempo</i> hasta que el punto final de la trayectoria pueda identificarse. Pulsar  del plano fase. Aumentar el grosor de la trayectoria al máximo. Disminuir el grosor de la trayectoria al mínimo.
















CPS01	SA-Autovalores complejos con parte real negativa
	<p><i>Normalizar vectores = no</i></p> <p><i>Tamaño = 0.05</i></p> <p><i>Separación = 1</i></p> <p>Reducir el zoom del plano fase y desplazarlo con el mouse hasta obtener la visual completa de la trayectoria.</p> <p>Pulsar .</p> <p><i>Pausa [ms]= 0</i></p> <p>Iniciar la animación y esperar su finalización.</p> <p>Aumentar el zoom del plano de las series de tiempo hasta que sólo se visualice el eje de tiempo en el intervalo $[t_0, t_0+Lapso\ de\ tiempo]$.</p> <p><i>Tipo = Direccional</i></p> <p><i>Tamaño = 1</i></p> <p><i>Separación = 0.5.</i></p> <p>Desplazar el punto inicial de la trayectoria por el plano fase en distintas direcciones.</p>
Resultado obtenido	IRE.
Información de debugging	








CPS02	SA-Autovalores complejos con parte real positiva.
Descripción	Se efectúan diversas acciones de interacción con la interfaz a partir del ingreso de un sistema autónomo con autovalores complejos con parte real positiva.
CU	CU01, CU02, CU03, CU07.
Precondiciones	El sistema está en modo edición.
Datos/acciones de entrada	<p>$x' = 10x - 10y$</p> <p>$y' = 10x + y$</p> <p>En el plano fase, pulsar: , , , .</p> <p><i>Lapso de tiempo = 10</i></p> <p>$t_0 = -10$</p> <p>$x_0 = 1$</p> <p>$y_0 = 0.5$</p> <p><i>Tipo = Direccional</i></p> <p><i>Tamaño = 0.3</i></p> <p><i>Separación = 0.25</i></p> <p>En el plano fase, pulsar: , .</p> <p>En el plano de las series de tiempo, pulsar: , , , , .</p>





CPS02	SA-Autovalores complejos con parte real positiva.
	<p><i>Lapso de tiempo</i> = 1</p> <p>En el plano fase, pulsar .</p> <p>En el plano de las series de tiempo, pulsar: , , .</p> <p>En el plano fase, pulsar .</p> <p>En el plano de las series de tiempo, pulsar: .</p> <p>Pulsar .</p> <p><i>Pausa [ms]</i> = 0</p> <p>Iniciar la animación y esperar su finalización.</p> <p>En el plano de las series de tiempo, pulsar .</p> <p><i>Tipo</i> = <i>Vectorial</i></p> <p><i>Normalizar</i> = <i>no</i></p> <p><i>Tamaño</i> = 0.01</p> <p><i>Separación</i> = 0.03</p> <p>Desplazar el plano fase 2 unidades hacia la derecha accionando 2 veces el pulsador hacia arriba asociado a .</p> <p><i>Pausa[ms]</i> = 500</p> <p>Iniciar nuevamente la animación y esperar su finalización.</p> <p>En el plano fase, pulsar .</p> <p>En el plano de las series de tiempo, pulsar , .</p> <p>En el plano fase, pulsar , reducir el zoom hasta que la trayectoria solución completa quede dentro de la visual y accionar hacia abajo el pulsador asociado a  hasta que el grosor de la trayectoria sea el mínimo.</p> <p><i>Tipo</i> = <i>Ninguno</i></p> <p>Engrosar al máximo el trazo de la trayectoria solución accionando hacia arriba el pulsador asociado a .</p> <p>Aumentar el zoom del plano fase hasta que se pierda de vista el punto inicial, pulsar , .</p> <p>Reducir el zoom del plano fase hasta que la trayectoria quede nuevamente dentro de la visual en forma completa.</p> <p>Desplazar en diferentes direcciones el punto inicial de la trayectoria mediante uso del mouse.</p>
Resultado obtenido	IRE.
Información de debugging	




































CPS03	SA- Autovalores imaginarios puros
Descripción	Se efectúan diversas acciones de interacción con la interfaz a partir del ingreso de un sistema autónomo con autovalores imaginarios puros.
CU	CU01, CU02, CU03, CU07.
Precondiciones	El sistema está en modo edición.
Datos/acciones de entrada	<p> $x' = -x - y$ $y' = 10x + y$ En el plano fase, pulsar: , , , . </p> <p> <i>Lapso de tiempo = 3</i> $t_0 = 0$ $x_0 = 100$ $y_0 = 100$ <i>Tipo = Vectorial</i> <i>Normalizar = no</i> <i>Tamaño = 0.2</i> <i>Separación = 0.25</i> En el plano fase, pulsar . </p> <p> En el plano de las series de tiempo, pulsar: , . </p> <p> Reducir el zoom del plano fase hasta tener la trayectoria completa dentro de la visual. Para acelerar el proceso, setear <i>Tipo = ninguno</i> y cuando se tiene la trayectoria a la vista, setear nuevamente <i>Tipo = Vectorial</i>. </p> <p> <i>Tamaño = 0.1</i> <i>Separación = 50</i> <i>Pausa [ms] = 0</i> Iniciar la animación. Pausar la animación antes de que termine. Pulsar . </p> <p> En el plano fase accionar hacia abajo el pulsador de  25 veces. Continuar la animación hasta que termine. </p> <p> <i>Lapso de tiempo = 1</i> Pulsar . </p> <p> Iniciar la animación. <i>Tipo = Direccional</i> <i>Tamaño = 30</i> $x_0 = 1$ $y_0 = -1$ En el plano fase, pulsar , . </p> <p> <i>Lapso de tiempo = 3</i> En el plano de las series de tiempo, pulsar . </p> <p> Iniciar animación y esperar a que finalice. </p>

CPS03	SA- Autovalores imaginarios puros
	Pulsar  .
Resultado obtenido	IRE.
Información de debugging	















CPS04	SA-Autovalores reales negativos
Descripción	Se efectúan diversas acciones de interacción con la interfaz a partir del ingreso de un sistema autónomo con autovalores reales negativos.
CU	CU01, CU02, CU03, CU07.
Precondiciones	El sistema está en modo edición.
Datos/acciones de entrada	$x' = -x - y$ $y' = -x - 2y$ En el plano fase, pulsar:  ,  ,  ,  .
	$Lapso\ de\ tiempo = 100$ $t_0 = 100$ $x_0 = -2$ $y_0 = 100$ <i>Tipo = Vectorial</i> <i>Normalizar = sí</i> <i>Tamaño = 0.2</i> <i>Separación = 0.25</i> En el plano fase, pulsar:  ,  . En el plano de las series de tiempo, pulsar:  ,  ,  . Reducir el zoom del plano de las series de tiempo intercalando con el accionamiento del botón  y desplazamiento libre del plano mediante el mouse hasta que las curvas se vean completas. En el plano fase, pulsar  . Reducir el zoom del plano fase intercalando con desplazamiento libre del mismo mediante uso del mouse hasta que pueda observarse la trayectoria completa. Mover con el mouse en distintas direcciones el punto inicial de la trayectoria solución. En el plano fase, pulsar  ,  . $x_0 = -3$ $y_0 = 1$ En el plano de las series de tiempo, pulsar:  ,  .






CPS04	SA-Autovalores reales negativos
	<p><i>Lapso de tiempo</i> = 20</p> <p>$t_0 = 0$</p> <p>En el plano de las series de tiempo, pulsar: .</p> <p>Pulsar .</p> <p><i>Normalizar</i> = no</p> <p><i>Pausa[ms]</i> = 0</p> <p>Iniciar animación.</p> <p>Pausar la animación antes de su finalización</p> <p>Pulsar .</p> <p>Disminuir la definición de la trayectoria solución accionando hacia abajo 30 veces el pulsador correspondiente a .</p> <p>Continuar la animación.</p> <p>Pausar la animación cuando $t = 15$.</p> <p>Pulsar .</p> <p>En el plano de las series de tiempo, pulsar: , .</p> <p>Aumentar el zoom del plano fase hasta que el punto final de la trayectoria pueda apreciarse que no toca el origen de coordenadas.</p> <p>Reducir el valor del campo <i>Separación</i> hasta una medida conveniente que permita ver el campo vectorial en la pantalla.</p> <p><i>Tipo</i> = <i>Direccional</i></p> <p>Reducir el valor del campo <i>Tamaño</i> hasta una medida que permita identificar los segmentos de dirección</p> <p>Continuar la animación y esperar su finalización.</p>
Resultado obtenido	IRE.
Información de debugging	





CPS05	SA-Autovalores reales positivos
Descripción	Se efectúan diversas acciones de interacción con la interfaz a partir del ingreso de un sistema autónomo con autovalores reales positivos.
CU	CU01, CU02, CU03, CU07.
Precondiciones	El sistema está en modo edición.
Datos/acciones de entrada	<p>$x' = x + y$</p> <p>$y' = x + 2y$</p> <p>En el plano fase, pulsar: , , , .</p> <p><i>Lapso de tiempo</i> = 10</p> <p>$t_0 = 100$</p>

















CPS05	SA-Autovalores reales positivos
	<p> $x_0 = 10$ $y_0 = -10$ <i>Tipo = Vectorial</i> <i>Normalizar = sí</i> <i>Tamaño = 0.2</i> <i>Separación = 0.25</i> En el plano fase, pulsar: , , . </p> <p> $x_0 = -10000000$ $y_0 = 6000000$ <i>Normalizar = no</i> En el plano fase, pulsar: , , , . </p> <p> En el plano de las series de tiempo, pulsar: , , , , , , , , , . </p> <p> $Lapso\ de\ tiempo = 5$ En el plano fase, pulsar: , . </p> <p> En el plano de las series de tiempo, pulsar: , , , , , . </p> <p> <i>Tipo = Direccional</i> Llevar al mínimo el zoom del plano fase. <i>Tamaño = 4000000</i> <i>Separación = 3000000</i> Pulsar . </p> <p> <i>Pausa [ms] = 0</i> Iniciar la animación. Pausar la animación cuando $t = 101$. Pulsar . </p> <p> En el plano de las series de tiempo, pulsar: . </p> <p> En el plano fase, pulsar: . </p> <p> En el plano de las series de tiempo, pulsar: . </p> <p> Aumentar 10 veces el zoom del plano fase y pulsar . </p> <p> Continuar la animación. Pausar la animación ni bien el punto final de la trayectoria se pierda de vista. Hacer un desplazamiento libre del plano fase mediante uso del mouse para buscar el extremo final de la trayectoria. Continuar la animación y esperar su finalización. Pulsar . </p>
Resultado obtenido	Cuando se pulsó  o  en el plano fase luego de  , los vectores se graficaron con magnitud nula a pesar de que el seteo era <i>Tipo = Vectorial</i> y <i>Normalizar = no</i> .
Información de	Corregido.

CPS05	SA-Autovalores reales positivos
debugging	


























CPS06	SA-Autovalores reales de distinto signo
Descripción	Se efectúan diversas acciones de interacción con la interfaz a partir del ingreso de un sistema autónomo con autovalores reales de signo contrario.
CU	CU01, CU02, CU03, CU07.
Precondiciones	El sistema está en modo edición.
Datos/acciones de entrada	$x' = -x - y$ $y' = -x + 2y$ En el plano fase, pulsar:  ,  ,  ,  . <i>Lapso de tiempo = 5</i> $t_0 = 0$ $x_0 = -300$ $y_0 = -100$ <i>Tipo = Vectorial</i> <i>Normalizar = no</i> <i>Tamaño = 0.2</i> <i>Separación = 0.45</i> En el plano fase, pulsar:  ,  ,  . <i>Lapso de tiempo = 10</i> En el plano fase, pulsar:  . <i>Lapso de tiempo = 5</i> En el plano fase, pulsar:  . Accionar una vez hacia arriba el pulsador asociado a <i>Tamaño</i> . En el plano fase, pulsar:  . <i>Tamaño = 0.2</i> . Reducir el zoom del plano fase hasta que la trayectoria completa esté dentro de la visual. En el plano de las series de tiempo, pulsar:  ,  . <i>Pausa [ms] = 0</i> Iniciar la animación. Pausar la animación en $t = 2$. Pulsar  . Disminuir la definición de la trayectoria al mínimo accionando hacia abajo el pulsador correspondiente a  hasta que se escuche una señal audible indicadora de que se llegó al mínimo. Reducir el zoom del plano de las series de tiempo hasta obtener las
























CPS06	SA-Autovalores reales de distinto signo
	gráficas de $x(t)$ e $y(t)$ dentro de la visual. Continuar la animación y esperar hasta su finalización. En el plano fase, pulsar:  .
Resultado obtenido	Al pulsar la última vez  en el plano fase, el campo <i>Separación</i> tomó el valor 0.25, siendo que debió mantenerse en 0.45. Cuando se accionó  la primera y segunda vez se observó que los vectores cercanos a la trayectoria tienen una dirección diferente a la de ésta. Cuando se pulsó dicho botón la tercera vez, siendo que <i>Lapso de tiempo</i> tenía el mismo valor que en la primera oportunidad, los vectores y la trayectoria se graficaron correctamente.
Información de debugging	Corregido  .
	No corregido  . La causa del error se debe a que, aún para el mejor nivel de definición de la trayectoria que permite la aplicación (que para el algoritmo de aproximación numérica rungeKutta, es el dt), la aproximación que se obtiene no es buena. Por eso la curva no concuerda con la pendiente del campo. Por razones de capacidad, no puede establecerse un nivel de definición de trayectoria aún mayor (lo que equivale a valores muy pequeños de dt). No se detectó la razón por la que, cuando el zoom se disminuye en varios órdenes, trayectoria y pendiente del campo sí concuerdan.

CPS07	SA-Autovalores nulos
Descripción	Se efectúan diversas acciones de interacción con la interfaz a partir del ingreso de un sistema autónomo con autovalores nulos.
CU	CU01, CU02, CU03, CU07.
Precondiciones	El sistema está en modo edición.
Datos/acciones de entrada	$x' = -x - y$ $y' = x + y$ En el plano fase, pulsar:  ,  ,  ,  . $Lapso\ de\ tiempo = 100$ $t_0 = 0$ $x_0 = -5$ $y_0 = 5$ $Tipo = Vectorial$ $Normalizar = no$ $Tamaño = 0.05$ $Separación = 0.25$







CPS07	SA-Autovalores nulos
	<p>En el plano fase, pulsar: , .</p> <p>Desplazar el plano fase 2 unidades hacia abajo y 3 unidades hacia la derecha, accionando hacia arriba 2 veces el pulsador correspondiente a  y 3 veces hacia arriba el pulsador correspondiente a .</p> <p>En el plano de las series de tiempo, pulsar: , .</p> <p>Con el uso del mouse, mover en diferentes direcciones el punto inicial de la trayectoria y buscar su punto final pulsando , y el de las series de tiempo pulsando  y . Repetir la operación 3 veces, luego de pulsar .</p> <p><i>Tipo = Direccional</i> <i>Tamaño = 0.5</i> <i>Separación = 0.5</i> <i>Lapso de tiempo = 1</i> $t_0 = 2$</p> <p>En el plano de las series de tiempo, reducir el zoom hasta obtener las gráficas de $x(t)$ e $y(t)$ dentro de la visual y pulsar .</p> <p>En el plano fase, pulsar: , .</p> <p><i>Pausa [ms] = 0</i> Iniciar la animación y esperar hasta que finalice. $t_0 = 10$ Iniciar la animación y esperar hasta que finalice. $t_0 = -3$</p> <p>En el plano de las series de tiempo, pulsar: .</p> <p>Iniciar la animación y esperar hasta que finalice. En el plano de las series de tiempo, pulsar: , .</p>
Resultado obtenido	IRE.
Información de debugging	



CPS08	SA-Un autovalor nulo y otro negativo
Descripción	Se efectúan diversas acciones de interacción con la interfaz a partir del ingreso de un sistema autónomo con un autovalor nulo y el otro negativo.
CU	CU01, CU02, CU03, CU07.
Precondiciones	El sistema está en modo edición.
Datos/acciones de entrada	$x' = -x - y$ $y' = -2x - 2y$





CPS08	SA-Un autovalor nulo y otro negativo
	<p>En el plano fase, pulsar: , , , .</p> <p><i>Lapso de tiempo</i> = 50</p> <p>$t_0 = 0$</p> <p>$x_0 = 5$</p> <p>$y_0 = 5$</p> <p><i>Tipo</i> = <i>Vectorial</i></p> <p><i>Normalizar</i> = <i>si</i></p> <p><i>Tamaño</i> = 0.2</p> <p><i>Separación</i> = 0.25</p> <p>En el plano fase, pulsar: .</p> <p><i>Normalizar</i> = <i>no</i></p> <p><i>Tamaño</i> = 0.1</p> <p>Accionar hacia arriba una vez el pulsador asociado al campo <i>Separación</i>.</p> <p>En el plano de las series de tiempo, pulsar: , , , .</p> <p>$t_0 = 25$</p> <p>En el plano de las series de tiempo, pulsar , , , .</p> <p>$t_0 = -100$</p> <p>En el plano de las series de tiempo, pulsar , , , .</p> <p>Accionar hacia arriba 3 veces el pulsador asociado a .</p> <p>Accionar hacia abajo 2 veces el pulsador asociado a .</p> <p>Accionar hacia abajo 1 vez el pulsador asociado a  en el plano fase.</p> <p>Accionar hacia abajo 1 vez el pulsador asociado a .</p> <p>Accionar hacia abajo 3 veces el pulsador asociado a  en el plano fase.</p> <p>Accionar hacia abajo 2 veces el pulsador asociado a .</p> <p><i>Separación</i> = 0.5</p> <p><i>Pausa [ms]</i> = 0</p> <p>Iniciar la animación y esperar hasta su finalización.</p> <p><i>Lapso de tiempo</i> = 5</p> <p>Pulsar .</p> <p><i>Tipo</i> = <i>Direccional</i></p> <p><i>Tamaño</i> = 0.5</p> <p>En el plano fase pulsar .</p>
Resultado obtenido	IRE.
Información de debugging	













CPS09	SA-Un autovalor nulo y otro positivo
Descripción	Se efectúan diversas acciones de interacción con la interfaz a partir del ingreso de un sistema autónomo con un autovalor nulo y otro positivo.
CU	CU01, CU02, CU03, CU07.
Precondiciones	El sistema está en modo edición.
Datos/acciones de entrada	$x' = -x - y$ $y' = 2x + 2y$ En el plano fase, pulsar:  ,  ,  ,  . <i>Lapso de tiempo = 10</i> $t_0 = 0$ $x_0 = 0$ $y_0 = 0$ <i>Tipo = Direccional</i> <i>Tamaño = 0.2</i> <i>Separación = 0.25</i> En el plano fase, pulsar:  . En el plano de las series de tiempo, pulsar,  ,  ,  ,  . $x_0 = -1000$ $y_0 = -1000$ En el plano fase, pulsar:  ,  . <i>Tamaño = 2</i> <i>Separación = 2</i> <i>Tipo = Vectorial</i> En el plano de las series de tiempo, pulsar:  ,  . $x_0 = -1$ $y_0 = -1$ <i>Tipo = Direccional</i> En el plano fase y en el de las series de tiempo, pulsar:  ,  . Pulsar  . <i>Pausa [ms] = 0</i> Iniciar la animación. Pausar la animación cuando $t = 1$. Pulsar  . Pulsar  . Continuar la animación y esperar su finalización. En el plano fase, pulsar  . Aumentar la definición de la trayectoria 8 veces accionando hacia arriba el pulsador asociado a  . En el plano de las series de tiempo, pulsar:  ,  .
Resultado obtenido	Cuando $x_0 = -1000$, $y_0 = -1000$ al pulsar  , el tramo final de la trayectoria solución no concuerda con la pendiente de los segmentos ni

CPS09	SA-Un autovalor nulo y otro positivo
	de los vectores. Si se reduce el zoom 80 veces o más, sí.
Información de debugging	No corregido. La causa del error se debe a que, aún para el mejor nivel de definición de la trayectoria que permite la aplicación (que para el algoritmo de aproximación numérica rungeKutta, es el dt), la aproximación que se obtiene no es buena. Por eso la curva no concuerda con la pendiente del campo. Por razones de capacidad, no puede establecerse un nivel de definición de trayectoria aún mayor (lo que equivale a valores muy pequeños de dt). No se detectó la razón por la que, cuando el zoom se disminuye en varios órdenes, trayectoria y pendiente del campo sí concuerdan.









CPS10	SNA-Autovalores complejos con parte real negativa
Descripción	Se efectúan diversas acciones de interacción con la interfaz a partir del ingreso de un sistema no autónomo con autovalores complejos de parte real negativa.
CU	CU04, CU05, CU06, CU08.
Precondiciones	El sistema está en modo edición.
Datos/acciones de entrada	$x' = -10x - 10y + \sin(t)$ $y' = 10x + y + \sin(t)$ <i>Lapso de tiempo = 10</i> $t_0 = 0$ $x_0 = 5$ $y_0 = 5$ <i>Tipo = Vectorial</i> <i>Normalizar = no</i> <i>Tamaño = 0.05</i> <i>Separación = 0.4</i> En el plano fase y en el de las series de tiempo, pulsar:  ,  ,  ,  En el plano de las series de tiempo, pulsar  $Pausa [ms] = 0$ Iniciar la animación. Pausar la animación cuando $t = 1$. Pulsar  Aumentar el zoom del plano fase 20 veces. $Separación = 0.05$ Continuar la animación. Pausar la animación cuando $t = 5$.




CPS10	SNA-Autovalores complejos con parte real negativa
	<p>Pulsar .</p> <p>Disminuir el grosor de la trayectoria al mínimo accionando hacia abajo el pulsador asociado a  en el plano fase hasta que se escuche una señal audible indicadora de que se llegó al grosor mínimo.</p> <p>Aumentar el zoom del plano fase 4 veces.</p> <p><i>Tamaño</i> = 0.02</p> <p><i>Separación</i> = 0.03</p> <p>Continuar la animación y esperar su finalización.</p> <p><i>Tipo</i> = <i>Direccional</i></p> <p>Iniciar la animación y esperar su finalización.</p> <p><i>Tipo</i> = <i>Vectorial</i></p> <p><i>Normalizar</i> = <i>no</i></p> <p><i>Tamaño</i> = 0.05</p> <p><i>Separación</i> = 0.05</p> <p>$t_0 = 1.5$</p> <p>Iniciar la animación y esperar su finalización.</p> <p>$t_0 = 4.7$</p> <p>Iniciar la animación y esperar su finalización.</p>
Resultado obtenido	IRE.
Información de debugging	






CPS11	SNA-Autovalores complejos con parte real positiva
Descripción	Se efectúan diversas acciones de interacción con la interfaz a partir del ingreso de un sistema no autónomo con autovalores complejos de parte real positiva.
CU	CU04, CU05, CU06, CU08.
Precondiciones	El sistema está en modo edición.
Datos/acciones de entrada	<p>$x' = 10x - 10y + e^t$</p> <p>$y' = 10x + y + e^t$</p> <p>En el plano fase, pulsar: , , , .</p> <p><i>Tipo</i> = <i>Vectorial</i></p> <p><i>Normalizar</i> = <i>si</i></p> <p><i>Tamaño</i> = 0.2</p> <p><i>Separación</i> = 0.25</p> <p><i>Lapso de tiempo</i> = 5</p> <p>$x_0 = 0$</p>






CPS11	SNA-Autovalores complejos con parte real positiva
	<p> $y_0 = 0.1$ $t_0 = -100$ $t_0 = -50$ $t_0 = -10$ $t_0 = -1$ $t_0 = 0$ $t_0 = 1$ $x_0 = 10$ $y_0 = 50$ $t_0 = 100$ <i>Tipo = Direccional</i> $x_0 = 0$ $y_0 = 0.1$ $t_0 = -100$ $t_0 = -50$ $t_0 = -10$ $t_0 = -1$ $t_0 = 0$ $t_0 = 1$ $x_0 = 10$ $y_0 = 50$ $t_0 = 100$ $t_0 = -1$ <i>Tipo = Vectorial</i> <i>Normalizar = no</i> <i>Tamaño = 0.05</i> <i>Separación = 0.4</i> En el plano fase, pulsar:  En el plano de las series de tiempo, pulsar: ,  Pulsar . <i>Pausa [ms] = 0</i> Iniciar la animación y esperar su finalización. En el plano fase, pulsar: , . Reducir el zoom del plano fase hasta conseguir que la trayectoria solución quede completa dentro de la visual o hasta llegar al zoom mínimo. Pulsar . En el plano de las series de tiempo, pulsar: , , , . </p>
Resultado obtenido	<p>Al pulsar , la pendiente de los vectores no concuerda con la de la curva.</p>





CPS11	SNA-Autovalores complejos con parte real positiva
Información de debugging	No corregido. La causa del error se debe a que, para el nivel de definición actual de la trayectoria, la aproximación que se obtiene no es buena. Por eso la curva no concuerda con la pendiente del campo. Se muestra un mensaje de recomendación al usuario de aumentar la definición de la trayectoria si la curva no se grafica correctamente.










CPS12	SNA-Autovalores imaginarios puros
Descripción	Se efectúan diversas acciones de interacción con la interfaz a partir del ingreso de un sistema no autónomo con autovalores imaginarios puros.
CU	CU04, CU05, CU06, CU08.
Precondiciones	El sistema está en modo edición.
Datos/acciones de entrada	$x' = -x - y + e^{-t}$ $y' = 10x + y + e^{-t}$ <p>En el plano fase, pulsar: , , , , .</p> <p><i>Tipo = Vectorial</i> <i>Normalizar = sí</i> <i>Tamaño = 0.2</i> <i>Separación = 0.25</i> <i>Lapso de tiempo = 100</i> $x_0 = 0$ $y_0 = -1$ $t_0 = -10$ $t_0 = -1$ $t_0 = 0$ $t_0 = 1$ $t_0 = 10$ $t_0 = -1$ <i>Normalizar = no</i> <i>Tamaño = 0.1</i> <i>Separación = 0.5</i> <i>Lapso de tiempo = 15</i> Pulsar .</p> <p>En el plano de las series de tiempo, pulsar: , .</p> <p><i>Pausa [ms] = 0</i> Iniciar la animación. Pausar la animación cuando $t = 0$.</p>






CPS12	SNA-Autovalores imaginarios puros
	<p>Pulsar .</p> <p>Reducir el zoom del plano fase 5 veces.</p> <p>Disminuir el grosor de la trayectoria al mínimo accionando hacia abajo el pulsador asociado a  en el plano fase.</p> <p>Continuar la animación y esperar su finalización.</p> <p><i>Tipo = Direccional</i></p> <p><i>Tamaño = 0.5</i></p> <p>Iniciar la animación y esperar su finalización.</p> <p><i>Tipo = Vectorial</i></p> <p><i>Tamaño = 0.1</i></p> <p>$t_0 = -2$</p> <p>En el plano de las series de tiempo, pulsar .</p> <p>Iniciar la animación y esperar su finalización.</p> <p>Reducir el zoom del plano fase hasta visualizar completamente la trayectoria solución.</p>
Resultado obtenido	IRE.
Información de debugging	







CPS13	SNA-Autovalores reales negativos
Descripción	Se efectúan diversas acciones de interacción con la interfaz a partir del ingreso de un sistema no autónomo con autovalores reales negativos.
CU	CU04, CU05, CU06, CU08.
Precondiciones	El sistema está en modo edición.
Datos/acciones de entrada	<p>$x' = -x - y + \text{sen}(t)$</p> <p>$y' = -x - 2y + \text{sen}(t)$</p> <p>En el plano fase, pulsar: , , , , .</p> <p>$t_0 = 0$</p> <p>$x_0 = -3$</p> <p>$y_0 = -2$</p> <p><i>Tipo = Vectorial</i></p> <p><i>Normalizar = no</i></p> <p><i>Tamaño = 0.1</i></p> <p><i>Separación = 0.25</i></p> <p>Disminuir al mínimo la definición de la trayectoria.</p> <p><i>Lapso de tiempo = 1000</i></p> <p><i>Lapso de tiempo = 100</i></p>

CPS13	SNA-Autovalores reales negativos
	<p>Pulsar .</p> <p>En el plano de las series de tiempo, pulsar , .</p> <p>$Pausa [ms] = 0$</p> <p>Iniciar la animación.</p> <p>Pausar la animación cuando $t = 30$.</p> <p>Pulsar .</p> <p>$t_0 = 1.5$</p> <p>Iniciar la animación.</p> <p>Pausar la animación cuando $t = 30$.</p> <p>Pulsar .</p> <p><i>Tipo = Direccional</i></p> <p><i>Tamaño= 0.3.</i></p> <p>Continuar la animación hasta su finalización.</p>
Resultado obtenido	Cuando el <i>Lapso de tiempo</i> = 1000, la trayectoria solución exhibe rayas horizontales no esperadas.
Información de debugging	No corregido. No se encontró la causa del error.
















CPS14	SNA-Autovalores reales positivos
Descripción	Se efectúan diversas acciones de interacción con la interfaz a partir del ingreso de un sistema no autónomo con autovalores reales positivos.
CU	CU04, CU05, CU06, CU08.
Precondiciones	El sistema está en modo edición.
Datos/acciones de entrada	<p>$x' = x + y + e^{-t}$</p> <p>$y' = x + 2y + e^{-t}$</p> <p>En el plano fase, pulsar: , , , .</p> <p><i>Lapso de tiempo</i> = 20</p> <p>$x_0 = 0$</p> <p>$y_0 = 0$</p> <p><i>Tipo = Vectorial</i></p> <p><i>Normalizar = sí</i></p> <p><i>Tamaño= 0.2</i></p> <p><i>Separación = 0.25</i></p> <p>$t_0 = -100$</p> <p>$t_0 = -10$</p> <p>$t_0 = 0$</p> <p>$t_0 = 10$</p> <p>$t_0 = 100$</p>







CPS14	SNA-Autovalores reales positivos
	$t_0 = 0$ <i>Normalizar = no</i> En el plano de las series de tiempo, pulsar:  ,  . $Pausa[ms] = 0$ Iniciar la animación. Pausar la animación cuando $t = 0.5$. Pulsar  . Reducir 30 veces la definición de la trayectoria accionando hacia abajo el pulsador asociado a  en el plano fase. Continuar la animación hasta su finalización Pulsar  . En el plano de las series de tiempo, pulsar:  ,  ,  ,  .
Resultado obtenido	IRE
Información de debugging	







CPS15	SNA-Autovalores reales de distinto signo
Descripción	Se efectúan diversas acciones de interacción con la interfaz a partir del ingreso de un sistema no autónomo con autovalores reales de signo contrario.
CU	CU04, CU05, CU06, CU08.
Precondiciones	El sistema está en modo edición.
Datos/acciones de entrada	$x' = -x - y + \text{sen}(t)$ $y' = -x + 2y + \text{cos}(t)$ En el plano fase, pulsar:  ,  ,  ,  ,  . $Lapso\ de\ tiempo = 5$ $x_0 = 3$ $y_0 = 0.5$ <i>Tipo = Vectorial</i> <i>Normalizar = no</i> $Tamaño = 0.2$ $Separación = 0.25$ $t_0 = -3.14$ $t_0 = -1.5$ $t_0 = 0$ $t_0 = 1.5$ $t_0 = 3.14$






CPS15	SNA-Autovalores reales de distinto signo
	<p><i>Tipo = Direccional</i></p> <p>$t_0 = -3.14$</p> <p>$t_0 = -1.5$</p> <p>$t_0 = 0$</p> <p>$t_0 = 1.5$</p> <p>$t_0 = 3.14$</p> <p><i>Tipo = Vectorial</i></p> <p>$t_0 = -1.5$</p> <p>Pulsar .</p> <p>En el plano de las series de tiempo, pulsar: , .</p> <p>Reducir 10 veces el zoom del plano fase y realizar un desplazamiento libre del mismo mediante el mouse para que el punto inicial de la trayectoria quede centrado contra el borde superior.</p> <p><i>Separación = 0.9</i></p> <p><i>Pausa[ms] = 0</i></p> <p>Iniciar la animación.</p> <p>Pausar la animación cuando el punto final de la trayectoria no esté más a la vista.</p> <p>Pulsar .</p> <p>Reducir el zoom del plano fase las veces necesarias hasta que el punto final de la trayectoria coincida visualmente con el punto inicial.</p> <p>Aumentar la separación de los vectores la medida necesaria para que no se vean apiñados.</p> <p>Continuar la animación.</p> <p>Si el punto final vuelve a quedar fuera de la vista, realizar los 5 pasos previos hasta que la animación termine.</p> <p>En el plano de las series de tiempo, pulsar: , .</p>
Resultado obtenido	IRE.
Información de debugging	





CPS16	SNA-Autovalores nulos
Descripción	Se efectúan diversas acciones de interacción con la interfaz a partir del ingreso de un sistema no autónomo con autovalores nulos.
CU	CU04, CU05, CU06, CU08.
Precondiciones	El sistema está en modo edición.











CPS16	SNA-Autovalores nulos
<p>Datos/acciones de entrada</p>	<p> $x' = -x - y + e^{-t}$ $y' = x + y + \text{sen}(t)$ En el plano fase, pulsar: , , , . <i>Lapso de tiempo = 2</i> $t_0 = -10$ $x_0 = -3$ $y_0 = 0$ <i>Tipo = Vectorial</i> <i>Normalizar = no</i> Reducir el zoom del plano fase 81 veces y desplazarlo con el mouse hasta que el punto inicial de la trayectoria quede contra el borde inferior. <i>Tamaño = 0.1</i> <i>Separación = 1500</i> En el plano de las series de tiempo, pulsar: , . <i>Pausa [ms] = 0</i> Iniciar la animación y esperar hasta su finalización. En el plano de las series de tiempo, pulsar: , . <i>Lapso de tiempo = 20.</i> $t_0 = 0$ <i>Tipo = Direccional</i> En el plano fase y en el de las series de tiempo, pulsar: , . Reducir el zoom del plano fase 15 veces y desplazarlo con el mouse hasta que el punto inicial de la trayectoria quede en la esquina superior izquierda. <i>Tamaño = 0.9</i> <i>Separación = 1</i> Iniciar la animación y esperar su finalización. $t_0 = 2$ Iniciar la animación. Pausar la animación cuando $t = 5$. Pulsar . Pulsar . Continuar la animación. Pausar la animación cuando $t = 10$. Pulsar . Pulsar . Continuar la animación. Pausar la animación cuando $t = 15$. Pulsar . </p>

CPS16	SNA-Autovalores nulos
	<p>Pulsar .</p> <p>Continuar la animación y esperar su finalización.</p> <p>Pulsar .</p> <p>En el plano de las series de tiempo, pulsar: , , .</p> <p>Reducir el zoom del plano de las series de tiempo intercalando con pulsaciones de  hasta obtener dentro de la visual ambas curvas en forma completa.</p>
Resultado obtenido	IRE.
Información de debugging	

CPS17	SNA-Un autovalor nulo y otro negativo
Descripción	Se efectúan diversas acciones de interacción con la interfaz a partir del ingreso de un sistema no autónomo con un autovalor nulo y el otro negativo.
CU	CU04, CU05, CU06, CU08.
Precondiciones	El sistema está en modo edición.
Datos/acciones de entrada	<p>$x' = -x - y + 2 \text{sen}(t)$</p> <p>$y' = -2x - 2y + \text{cos}(t)$</p> <p>En el plano fase, pulsar: , , , , .</p> <p><i>Tipo = Vectorial</i></p> <p><i>Normalizar = no</i></p> <p><i>Tamaño= 0.2</i></p> <p><i>Separación = 0.25</i></p> <p><i>Lapso de tiempo = 25</i></p> <p>$x_0 = -3$</p> <p>$y_0 = -2$</p> <p>$t_0 = -50$</p> <p>$t_0 = -10$</p> <p>$t_0 = -1$</p> <p>$t_0 = 0$</p> <p>$t_0 = 1$</p> <p>$t_0 = 10$</p> <p>$t_0 = 50$</p> <p>$t_0 = -10$</p> <p>Reducir 2 veces el zoom del plano fase.</p> <p>Accionar 1 vez el pulsador hacia arriba asociado a .</p>

CPS17	SNA-Un autovalor nulo y otro negativo
	<p>En el plano de las series de tiempo, pulsar: , .</p> <p><i>Normalizar = no</i></p> <p><i>Tamaño = 0.2</i></p> <p><i>Separación = 0.5</i></p> <p>Pulsar .</p> <p><i>Pausa [ms] = 0</i></p> <p>Iniciar la animación y esperar su finalización.</p> <p><i>Lapso de tiempo = 15</i></p> <p><i>Tipo = Direccional</i></p> <p>$t_0 = 1$</p> <p>En el plano de las series de tiempo, pulsar: , .</p> <p>Iniciar la animación y esperar su finalización.</p>
Resultado obtenido	IRE.
Información de debugging	

CPS18	SNA-Un autovalor nulo y otro positivo
Descripción	Se efectúan diversas acciones de interacción con la interfaz a partir del ingreso de un sistema no autónomo con un autovalor nulo y el otro positivo.
CU	CU04, CU05, CU06, CU08.
Precondiciones	El sistema está en modo edición.
Datos/acciones de entrada	$x' = -x - y + \cos(t)$ $y' = 2x + 2y + e^{-5t}$ En el plano fase, pulsar:  ,  ,  ,  . <i>Lapso de tiempo = 5</i> $x_0 = 0$ $y_0 = 0$ <i>Tipo = Vectorial</i> <i>Normalizar = sí</i> <i>Tamaño = 0.2</i> <i>Separación = 0.25</i> $t_0 = -10$ $t_0 = -1$ $t_0 = 0$ $t_0 = 1$ $t_0 = 10$

CPS18	SNA-Un autovalor nulo y otro positivo
	<p>$t_0 = 1$ En el plano de las series de tiempo, pulsar: , .</p> <p><i>Pausa [ms] = 0</i> Iniciar la animación y esperar su finalización. Pulsar .</p> <p>En el plano de las series de tiempo, pulsar: , .</p> <p><i>Tipo = Direccional</i> <i>Tamaño = 0.4</i> <i>Separación = 0.3</i> $t_0 = 0.7$ En el plano fase y en el de las series de tiempo, pulsar: , .</p> <p>Iniciar la animación y esperar su finalización. Pulsar .</p> <p>En el plano de las series de tiempo, pulsar: , .</p>
Resultado obtenido	IRE.
Información de debugging	

A.4.2. Pruebas en el navegador

CPS19	Ejecución en el navegador
Descripción	Se comprueba la invocación al intérprete Descartes y su correcto funcionamiento en los navegadores Chrome, FireFox e Internet Explorer.
Resultado esperado	Aplicación ejecutando en las mismas condiciones que lo hace dentro del entorno de desarrollo.
Resultado obtenido	Se activó un filtro de seguridad de Java que bloqueó la aplicación.
Información de debugging	Corregido. En el panel de configuración de seguridad de Java se importó el certificado de confianza del intérprete Descartes emitido por la empresa Symantec.

A.4.3. Pruebas de usabilidad

CPS20	Tooltips
Descripción	Se comprueba la existencia y corrección de los tooltips.
Resultado	Todos los botones de la interfaz deben tener asociado un tooltip con una

CPS20	Tooltips
esperado	frase corta que enuncie su función.
Resultado obtenido	IRE.
Información de debugging	

CPS21	Ayuda contextual
Descripción	Se comprueba la existencia y corrección de la ayuda sensible al contexto.
Resultado esperado	Cada botón o campo de entrada debe tener asociada una explicación a desplegarse en una ventana cuando se acciona el botón auxiliar del mouse.
Resultado obtenido	IRE.
Información de debugging	

CPS22	Asistencia al usuario
Descripción	Se comprueba la existencia y corrección de la documentación de ayuda para la operación de la aplicación.
Resultado esperado	Debe proporcionarse al usuario el acceso a la información necesaria para conocer el funcionamiento general de la aplicación.
Resultado obtenido	IRE.
Información de debugging	

CPS23	Mensajes informativos, de advertencia y de error
Descripción	Se comprueba el uso pertinente de mensajes explicativos y de error.
Resultado esperado	En todo momento de debe informar el modo en el que está operando la aplicación. Todo acontecimiento irregular o imprevisto para el usuario debe tener un mensaje de retroalimentación asociado. Cada mensaje debe mostrarse de manera oportuna, ser consistente con el evento ocurrido y

CPS23	Mensajes informativos, de advertencia y de error
	expresar de manera clara y concisa las causas de la situación.
Resultado obtenido	IRE.
Información de debugging	

CPS24	Proyección sobre pizarra blanca
Descripción	Se utiliza proyector para comprobar las visualizaciones.
Resultado esperado	Los elementos graficados (ejes coordenados, curvas, puntos, vectores, segmentos de dirección) deben ser nítidos y de colores contrastantes, de modo que el espectador no experimente dificultades en la identificación. También los botones de la interfaz y la tipografía de los campos de entrada deben ser legibles.
Resultado obtenido	IRE.
Información de debugging	

A.5. Instrucciones de instalación

1) Descargar del sitio asignado en el Campus de la UTN-FRSF a la cátedra AM II el archivo DaVinci.zip.

2) Descomprimirlo. Se creará la carpeta DaVinci con la estructura que se muestra en la figura A.5.1:

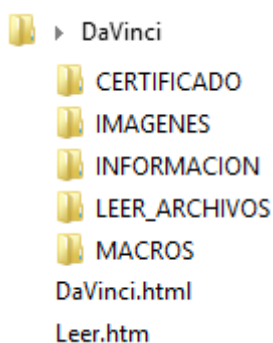


Figura A.5.1. Estructura de la carpeta DaVinci.

3) Configurar el panel de control de Java según se indica en el archivo Leer.htm.

4) Ejecutar la aplicación desde el archivo DaVinci.html.

BIBLIOGRAFÍA

- [1] Bracalenti, C. “Gestión de riesgos en los proyectos de software”. Monografía. Universidad Nacional de la Plata. (2009).
- [2] Cafferata Ferri, S., Campillo, A., Srouf, Y. “La modelización de problemas y su implementación en las clases de matemática”. XVII EMCI Nacional y IX EMCI Internacional (2012).
- [3] Chaos Manifiesto (2013)
<http://www.versionone.com/assets/img/files/CHAOSManifiesto2013.pdf>
- [4] Cuadros, P., Millán, Z., Gil, Y. “Una clase de EDO con uso de nuevas tecnologías”. XIV EMCI Nacional y VI EMCI Internacional (2008).
- [5] Haye, E., Córdoba, L. “Uso de recursos informáticos en temas de ecuaciones diferenciales”. XVII EMCI Nacional y IX EMCI Internacional (2012).
- [6]<http://csu.rec.utn.edu.ar/docs/php/salida.php3?tipo=ORD&numero=1030&anio=0&facultad=CSU> (enero 2015)
- [7]<http://csu.rec.utn.edu.ar/docs/php/salida.php3?tipo=ORD&numero=1026&anio=0&facultad=CSU> (enero 2015)
- [8]<http://csu.rec.utn.edu.ar/docs/php/salida.php3?tipo=ORD&numero=1114&anio=0&facultad=CSU> (enero 2015)
- [9]<http://csu.rec.utn.edu.ar/docs/php/salida.php3?tipo=ORD&numero=1027&anio=0&facultad=CSU> (enero 2015)
- [10]<http://csu.rec.utn.edu.ar/docs/php/salida.php3?tipo=ORD&numero=1150&anio=0&facultad=CSU&pagina=1> (enero 2015)
- [11]<http://www.bangho.com.ar/bangho-mas/manuales-y-tutoriales?pagina=1> (mayo 2014)
- [12]http://www.rasgosdistintivos.com.ar/index.php?option=com_content&view=article&id=1383:estadisticas-del-delito-en-santa-fe&catid=46:regionales&Itemid=71 (mayo 2014)
- [13] <http://www.telam.com.ar/nota/42568/> (mayo 2014)
- [14] ISO/IEC/IEEE 42010:2011. “Systems and software engineering — Architecture description”.

[15] ISO/IEC/IEEE 29148:2011. “Systems and software engineering — Life cycle processes — Requirements engineering”.

[16] ISO 9241-11:1998 “Ergonomic requirements for office work with visual display terminals (VDTs) — Part 11: Guidance on usability”.

[17] Kruchten, P. “The 4+1 View Model of Architecture,” IEEE Software, vol. 12, n° 6, 1995, págs. 42–50.

[18] Kuna H., et al. “Plan de Riesgos para la implementación, desarrollo y mantenimiento de componentes de Web 2.0 en Bibliotecas, caso de estudio en una Biblioteca especializada”. Universidad Nacional de Misiones, Facultad de Humanidades y Ciencias Sociales Departamento de Bibliotecología. (2008): 11-13
<http://www.amicus.udesa.edu.ar/documentos/6jornada/documentos/pdf/PONENCIA%20MISISONES%20RIESGOS%20Web2.0.pdf>

[19] Marvin Carr, et al. “Taxonomy-Based Risk Identification”. CMU/SEI-93-TR-006. Software Engineering Institute, Carnegie Mellon University. Pittsburgh, Pennsylvania. (1993)
http://resources.sei.cmu.edu/asset_files/TechnicalReport/1993_005_001_16166.pdf

[20] Medina Tarancón Y., et al. “Una taxonomía para la identificación de riesgos en los proyectos de desarrollo de software de la Universidad de las Ciencias Informáticas”. Universidad de las Ciencias Informáticas. La Habana, Cuba. (2012)
<http://publicaciones.uci.cu/index.php/SC/article/view/785/511>

[21] Pastorelli, S. “Uso de los sistemas algebraicos de cómputo como recurso didáctico para favorecer la comprensión de los tópicos matriz pseudoinversa y uso de los cuadrados mínimos en el estudio de los sistemas lineales en el ciclo básico universitario”. Tesis de maestría en didácticas específicas mención matemática. Facultad de Humanidades y Ciencias UNL (2007)

[22] Pérez Cervantes, J. “Planeación estratégica y riesgo”. Capítulo 5, pág. 92 (2014)
http://catarina.udlap.mx/u_dl_a/tales/documentos/mgc/perez_c_jc/capitulo5.pdf

[23] Priemer, N., Lazarte, G. “Campos de pendientes en la solución de ecuaciones diferenciales”. XIII EMCI Nacional y V EMCI Internacional (2006).

[24] Sommerville. “Introduction to Software Engineering”, capítulo 8.

[25] Stone Wiske, M., Franz, K. y Breit, L. “Enseñar para la Comprensión con Nuevas Tecnologías”. Buenos Aires. Paidós. (2006): 87.