

**Proyecto de investigación**  
Modelado y análisis de redes complejas con técnicas de  
aprendizaje automático y algoritmos distribuidos

DEPARTAMENTO DE MATEMÁTICAS APLICADAS Y SISTEMAS  
*División de Ciencias Naturales e Ingeniería*

**Líneas de investigación:** Sistemas distribuidos, Simulación de eventos discretos, Teoría de  
gráficas, Aprendizaje automático  
**Duración:** 2 años

## 1. Información del proyecto

Fecha de presentación	:
Sesión de Consejo de aprobación	:

<i>Título</i>	:	Modelado y análisis de redes complejas con técnicas de aprendizaje automático y algoritmos distribuidos.
<i>Departamento</i>	:	Matemáticas Aplicadas y Sistemas.
<i>División</i>	:	Ciencias Naturales e Ingeniería.
<i>Líneas de investigación</i>	:	Redes complejas / Aprendizaje automático / Algoritmos distribuidos.
<i>Orientación</i>	:	Investigación básica y aplicada.
<i>Fecha de inicio</i>	:	Octubre de 2025.
<i>Duración</i>	:	3 años.
<i>Financiamiento externo</i>	:	Obtenido en la convocatoria <i>Ciencia Básica y de Frontera 2025</i> para los años 2025 al 2027. Clave del proyecto CBF-2025-G-1812.

### Responsable:

Dra. Daniela Aguirre Guerrero  
Profesora-Investigadora Asociada D de Tiempo Completo,  
Departamento de Matemáticas Aplicadas y Sistemas  
Unidad Cuajimalpa  
daguirre@cua.uam.mx  
Tiempo de dedicación al proyecto: 10 horas/semana

### Participantes de la UAM:

Dr. Roberto Bernal Jaquez  
Profesor-Investigador Titular C de Tiempo Completo,  
Cuerpo Académico: Optimización, Sistemas Complejos e Interfaces Cerebro-Computadora  
Departamento de Matemáticas Aplicadas y Sistemas  
Unidad Cuajimalpa  
rbernal@correo.cua.uam.mx  
Tiempo de dedicación al proyecto: 10 horas/semana

Dr. Ismael Ariel Robles Martínez  
Profesor-Investigador Visitante Titular B de Tiempo Completo,  
Departamento de Matemáticas Aplicadas y Sistemas  
Unidad Cuajimalpa  
irobles@cua.uam.mx  
Tiempo de dedicación al proyecto: 5 horas/semana

Dr. Ricardo Marcelín Jiménez  
Profesor-Investigador Titular C de Tiempo Completo,  
Área de Investigación: Redes y Telecomunicaciones  
Departamento de Ingeniería Eléctrica  
Unidad Iztapalapa  
rmarcelin@izt.uam.mx  
Tiempo de dedicación al proyecto: 5 horas/semana

**Participante del Colegio de México:**

Dra. Magali Alexander Lopez Chavira  
Investigadora Postdoctoral  
Programa Interdisciplinario de Ciencia de Datos  
magali.lopezchavira@gmail.com  
Tiempo de dedicación al proyecto: 5 horas/semana

**Participante del IPN:**

Dr. Angel Pretlín Ricárdez  
Profesor Titular C de Tiempo Completo  
Unidad Profesional Interdisciplinaria en Ingeniería y Tecnologías Avanzadas  
apretelin@ipn.mx  
Tiempo de dedicación al proyecto: 5 horas/semana

# Índice

<b>1. Información del proyecto</b>	<b>2</b>
<b>2. Propuesta</b>	<b>5</b>
2.1. Resumen . . . . .	5
2.2. Antecedentes . . . . .	5
2.3. Objetivos . . . . .	7
2.3.1. Objetivo general . . . . .	7
2.3.2. Objetivos particulares . . . . .	7
2.4. Descripción . . . . .	7
2.4.1. Hipótesis . . . . .	7
2.4.2. Metodología . . . . .	8
2.5. Formación de recursos humanos . . . . .	9
2.6. Productos esperados . . . . .	9
2.6.1. Investigación . . . . .	9
2.6.2. Docencia . . . . .	9
2.6.3. Difusión y preservación de la cultura . . . . .	10
2.7. Impacto esperado del proyecto . . . . .	10
2.8. Recursos necesarios para el proyecto . . . . .	11
2.8.1. Financiamiento e infraestructura física y humana actual en el proyecto. . . . .	11
2.8.2. Presupuesto calendarizado . . . . .	11
<b>3. Calendario de actividades en periodos trimestrales</b>	<b>13</b>
<b>4. Información para el seguimiento del proyecto</b>	<b>14</b>
4.1. Calendarización de productos esperados . . . . .	14
<b>Referencias</b>	<b>15</b>

## 2. Propuesta

### 2.1. Resumen

Este proyecto se inscribe en el campo de los sistemas complejos, que abarcan fenómenos donde múltiples agentes interactúan sin control central, dando lugar a comportamientos colectivos sofisticados. Estos sistemas pueden modelarse como redes complejas, cuyos nodos representan agentes y cuyas aristas modelan interacciones. Su análisis permite comprender patrones emergentes y ha sido útil en campos como la neurociencia, las redes sociales, las telecomunicaciones y la biología.

El objetivo del proyecto es analizar y caracterizar nuevos modelos de reconexión en redes complejas de gran escala —de ciento de miles o incluso millones de nodos— que permitan a las redes autoorganizar su estructura para preservar su desempeño y garantizar su robustez. Los modelos de reconexión serán diseñados aplicando técnicas de aprendizaje automático y algoritmos distribuidos.

En conjunto, el proyecto propone una contribución sustantiva al entendimiento y diseño de redes complejas robustas y de alto desempeño, con implicaciones tanto teóricas como tecnológicas, en las áreas de redes de comunicaciones y redes biológicas.

El proyecto se alinea con los ejes de la Ley General en Materia de Humanidades Ciencia Tecnología e Innovación (2023). En cuanto al impulso a la ciencia de frontera, se promueve el desarrollo teórico de modelos de reconexión con aplicación a redes dinámicas. Desde el eje de desarrollo de tecnologías estratégicas, se contempla el desarrollo de software especializado para generación y evaluación de redes complejas, así como la construcción de un clúster de cómputo de bajo costo. En el eje de acceso universal al conocimiento, se impulsarán actividades de divulgación científica, formación de capital humano y, la organización del primer Simposio de Redes Complejas UAM-IPN.

### 2.2. Antecedentes

Los sistemas complejos están compuestos por agentes independientes que interactúan entre sí sin un control centralizado, y son capaces de generar comportamientos colectivos altamente sofisticados. En las últimas décadas, el estudio de estos sistemas ha cobrado gran relevancia en diversas disciplinas. Ejemplos de sistemas complejos incluyen las redes de comunicación, en las que los nodos intercambian información; los micelios, que transportan nutrientes en colonias de hongos; y las sociedades humanas, donde se establecen relaciones interpersonales. Para analizar sus dinámicas e identificar patrones emergentes, estos sistemas se modelan como redes complejas, compuestas por nodos o vértices —que representan a los agentes— conectados mediante enlaces o aristas, que representan las interacciones entre ellos (Barabási, 2016).

Este proyecto de investigación tiene como objetivo analizar y caracterizar nuevos modelos de reconexión en redes complejas de gran escala —de cientos de miles, o incluso millones de nodos— que permitan a las redes autoorganizar su estructura para preservar su desempeño, es decir, su capacidad para cumplir con sus funciones, y garantizar su robustez frente a fallos o ataques a sus nodos.

Tradicionalmente, las propuestas de modelos de reconexión han seguido **modelos centralizados**,

en los que cada nodo toma decisiones de reconexión con base en información global de la red. Entre los modelos centralizados de reconexión más conocidos se encuentran: el **modelo de Watts-Strogatz**, del cual emergen redes con baja distancia promedio entre nodos —conocidas como redes de mundo pequeño— (Watts y Strogatz, 1998), y el **modelo de Kleinberg** del cual emergen redes navegables, es decir, redes que favorecen la búsqueda eficiente de información (Kleinberg, 2000). Estos modelos han sido aplicados en campos como la neurociencia y las redes sociales para comprender mecanismos de autoorganización.

En contraste, los **modelos distribuidos permiten** que cada nodo tome decisiones de reconexión basadas únicamente en información local, lo que da lugar a la emergencia (surgimiento) de propiedades globales. Una de las aplicaciones más destacada de este enfoque son los protocolos de comunicación para redes entre pares (P2P), como **Chord** (Stoica et al., 2001) o **Symphony** (Manku et al., 2003).

Tanto en modelos centralizados como distribuidos, comúnmente se omiten **restricciones relacionadas con los costos de reconexión**, como el número de enlaces aceptados por cada nodo, la longitud de los enlaces y su relación con el espacio métrico subyacente en el que se incrusta la red. En respuesta a estas limitaciones, el grupo de investigación que impulsa este proyecto ha desarrollado un modelo distribuido de reconexión que incorpora restricciones espaciales (Lopez-Chavira, 2014), de costo (Lopez-Chavira, 2017) y número de conexiones (Muñoz-García, 2023). Este modelo parte de una red planar incrustada en un espacio euclidiano, donde los nodos disponen de enlaces fijos y dinámicos. A través del uso del algoritmo de enrutamiento ávido *Compass Routing* (Kranakis et al., 1999), cada nodo explora su vecindario local y ajusta sus enlaces dinámicos tomando en cuenta la distancia euclidiana como costo de reconexión. El objetivo es que los nodos encuentren un equilibrio entre el costo de reconexión y los beneficios de acceder a regiones remotas de la red, promoviendo así un comportamiento local cooperativo que da lugar a propiedades globales emergentes, tales como, estructuras de conexión jerárquicas, formación de comunidades locales, alta robustez, etc. El modelo propuesto fue evaluado mediante un análisis de la estructura, entropía y robustez de las redes generadas. Los resultados sugieren que las propiedades emergentes de la red dependen significativamente tanto del algoritmo de enrutamiento utilizado por los nodos como de las restricciones impuestas al proceso de reconexión (Lopez-Chavira y Marcelín-Jiménez, 2017; Lopez-Chavira et al., 2024).

Este nuevo proyecto de investigación busca dar continuidad al trabajo previo del grupo, con el desarrollo de nuevos modelos distribuidos de reconexión que incorporan cinco innovaciones clave:

1. Aplicar técnicas de aprendizaje automático para el diseño de reglas de reconexión adaptativas.
2. Explorar el uso de redes embebidas en espacios no euclidianos como topologías iniciales.
3. Evaluar el desempeño de diversos algoritmos distribuidos en las redes obtenidas.
4. Identificar puntos de transición y equilibrio de los modelos propuestos, analizando su comportamiento ante distintos parámetros y restricciones.
5. Ampliar los experimentos a redes de gran escala —con cientos de miles o incluso millones de nodos—, lo cual no había sido posible debido a restricciones en la capacidad de cómputo.

## **2.3. Objetivos**

### **2.3.1. Objetivo general**

Analizar y caracterizar nuevos modelos de reconexión distribuida mediante los cuales las redes complejas de gran escala puedan autoorganizar su estructura con el fin de mantener su desempeño y garantizar su robustez.

### **2.3.2. Objetivos particulares**

- Analizar y evaluar el desempeño de distintos algoritmos distribuidos, como los algoritmos de difusión y búsqueda de información, ejecutados sobre las redes obtenidas.
- Aplicar técnicas de aprendizaje automático en el diseño de reglas de reconexión adaptativas.
- Determinar el impacto de las estrategias de exploración y las reglas de reconexión en la estructura, robustez y desempeño de las redes obtenidas.
- Diseñar modelos distribuidos de reconexión para redes complejas de gran escala, implementando diversas estrategias de exploración y reglas de reconexión de enlaces.
- Analizar las propiedades estructurales de las redes obtenidas, incluyendo la distribución de grados y la estructura de comunidades, entre otras.
- Evaluar la robustez de las redes obtenidas, frente a fallos aleatorios y ataques dirigidos, utilizando medidas de conectividad, comunicación, entre otras.

## **2.4. Descripción**

### **2.4.1. Hipótesis**

En el proyecto se consideran cuatro hipótesis:

1. Los sistemas que pueden describirse o modelarse como redes complejas son capaces de desplegar mecanismos de reconexión distribuida que les permiten autoorganizarse para mantener su desempeño y garantizar su robustez.
2. Es posible diseñar modelos de reconexión distribuida que, mediante estrategias específicas de exploración de la red y reglas de reconexión de nodos, generen redes de gran escala, robustas y de alto desempeño.
3. Es posible diseñar modelos de reconexión distribuida que, mediante estrategias específicas de exploración de la red y reglas de reconexión de nodos, permitan la autoorganización continua de redes dinámicas.
4. Los puntos transición y equilibrio de modelos de reconexión distribuida dependen del espacio métrico subyacente de la red y, las estrategias de exploración y de reconexión que despliegan sus nodos.

### 2.4.2. Metodología

Con el objetivo de llevar a cabo una investigación exitosa, se propone organizar el trabajo siguiendo la metodología *Scrum*, estructurando el desarrollo del proyecto en *sprints* de entre una y dos semanas de duración. Cada *sprint* incluirá actividades y objetivos específicos. Al finalizar cada ciclo, se realizará una reunión para discutir los resultados, hallazgos y posibles inconvenientes, así como para asignar nuevas actividades y definir los objetivos del siguiente *sprint*.

Las actividades de investigación se organizarán en las siguientes fases:

1. **Estudio y análisis de la literatura** sobre algoritmos de enrutamiento ávido y estrategias de reconexión de enlaces para la formación de redes complejas.
2. **Construcción de un clúster de cómputo distribuido** basado en equipos Raspberry Pi para la simulación, análisis y evaluación de los modelos de reconexión distribuida. El clúster se instalará en las instalaciones de la UAM-Iztapalapa.
3. **Selección de topologías iniciales y algoritmos de enrutamiento.** Se seleccionarán e implementarán las topologías de red iniciales, así como los algoritmos de enrutamiento ávido que serán utilizados para explorar la red.
4. **Diseño de estrategias distribuidas de reconexión de enlaces.** Las estrategias se diseñarán considerando distintos enfoques, tales como: *enfoques cooperativos*, en los cuales los nodos intentan controlar parámetros globales de la red (por ejemplo, reducir la distancia promedio en la red); *enfoques semi-cooperativos*, en los cuales los nodos intentan controlar tanto parámetros globales como locales de la red (por ejemplo, reducir la distancia promedio de la red mientras mantienen su grado bajo); *enfoques aleatorios*, en los cuales los nodos exploran la red de manera aleatoria y/o toman decisiones aleatorias de reconexión; y *enfoques híbridos* que combinan estrategias de exploración y reconexión mencionadas.
5. **Implementación de los modelos de reconexión propuestos**, considerando dos enfoques para la ejecución de los mismos: uno basado en ciclos finitos de reconexión y otro en la ejecución continua de ciclos de reconexión.
6. **Análisis de la estructura de las redes obtenidas a lo largo de la ejecución de los modelos de reconexión**, con el fin de identificar si las redes experimentan distintas etapas de formación. También se evaluará el impacto de las estrategias de exploración y reconexión en la convergencia de los modelos.
7. **Análisis de las propiedades estructurales de las redes obtenidas.** Se obtendrán los perfiles estructurales de las redes, basados en medidas de la estructura global de la red, particiones, distribuciones de medidas de centralidad, medidas de entropía, entre otras.
8. **Análisis y evaluación de la robustez de las redes obtenidas.** La robustez de las redes se evaluará mediante índices de comunicación y conectividad de la red, en escenarios de fallos aleatorios y ataques dirigidos por distintas medidas de centralidad.



9. **Análisis y evaluación del desempeño de distintos algoritmos distribuidos ejecutados en las redes obtenidas.** Se evaluará la complejidad, el tiempo de convergencia y la tolerancia a fallos de distintos algoritmos distribuidos —como algoritmos de difusión y búsqueda de información— ejecutados en las redes obtenidas.
10. **Análisis del impacto de las estrategias de exploración y las reglas de reconexión en la estructura, robustez y desempeño de las redes obtenidas.**
11. **Diseminación de resultados** en revistas, congresos y conferencias nacionales e internacionales con arbitraje riguroso, especializadas en áreas de Ingeniería y Matemáticas Aplicadas. También se contempla la publicación de artículos de divulgación, así como la organización y participación en talleres y foros especializados y de divulgación.

## **2.5. Formación de recursos humanos**

El proyecto contempla la formación de los siguientes recursos humanos a nivel licenciatura y posgrado.

- Dirección de 6 proyectos terminales de la Licenciatura en Ingeniería en Computación (LIC) y la Licenciatura en Matemáticas Aplicadas (LMA).
- Dirección de 2 idóneas comunicación de resultados de la Maestría en Ciencias y Tecnologías de la Información y la Maestría en Ciencias Naturales e Ingeniería.
- También se contempla el desarrollo de un proyecto de servicio social enfocado al alumnado de LIC y LMA.

## **2.6. Productos esperados**

A continuación, se indican los productos esperados de acuerdo con las funciones sustantivas de la UAM.

### **2.6.1. Investigación**

- 4 artículos científicos publicados.
- 3 participaciones en conferencias internacionales.
- 6 participaciones en conferencias nacionales.
- 2 productos de software registrados ante el INDAUTOR.

### **2.6.2. Docencia**

- 6 PT de licenciatura.
- Alumnos de servicios social de acuerdo con el avance del proyecto.
- 2 ICR de alumnos de maestría.

### 2.6.3. Difusión y preservación de la cultura

- 3 talleres o seminarios de divulgación.
- 3 artículos de divulgación publicados.
- 1 sitio web publicado para la difusión de resultados del proyecto.

## 2.7. Impacto esperado del proyecto

Se espera que el proyecto tenga impacto en lo siguientes: objetivo de desarrollo sostenible:

- **Educación de Calidad.** El proyecto involucra la participación activa de estudiantes de posgrado y licenciatura de la UAM, fomentando vocaciones científicas y fortaleciendo los procesos educativos de la Unidad Cuajimalpa.
- **Industria, innovación e infraestructura.** Se espera que los modelos de reconexión desarrollados puedan aplicarse en diversos dominios donde las redes complejas desempeñan un papel clave, tales como redes de comunicaciones, redes biológicas, redes sociales, entre otras.

El impacto del proyecto también se estimó en términos de los objetivos planteados en las Políticas Operativas de Investigación de la UAM-C.

En el objetivo *b) Hacer aportes al desarrollo del pensamiento en los distintos campos del saber y disciplinas relacionados con los programas educativos que se impartan en las divisiones*, se llevará a cabo investigación de vanguardia enfocada en el desarrollo y análisis de modelos de reconexión para la autoorganización de redes complejas. Consideramos que el proyecto pone de relieve el potencial de las restricciones geométricas en los mecanismos de reconexión para fomentar estructuras de red complejas de gran escala bajo limitaciones de recursos y en escenarios de fallos o ataques a sus nodos. Este enfoque plantea nuevas interrogantes sobre el equilibrio y la estabilidad de los sistemas complejos, así como sobre la gestión de eventos disruptivos. Además, ofrece un campo fértil para futuras investigaciones en estrategias cooperativas y dinámica de redes complejas, con aplicaciones en áreas como la optimización de redes y protocolos de comunicación, así como en el modelado de redes neuronales, entre otras.

En el objetivo *d) Enriquecer la docencia y los programas y procesos educativos de la Unidad*, se contemplan diversas actividades de divulgación científica, entre las que se incluyen la publicación de artículos de divulgación dirigidos a estudiantes y al público en general. También, se organizarán de seminarios, simposios, cursos y talleres. El proyecto tendrá participación activa de estudiantes mediante la formación de recursos humanos y un programa de servicio social.

En el objetivo *f) Desarrollar las líneas emblemáticas de la Unidad para construir nichos de identidad en los ámbitos de la educación superior, la ciencia, la tecnología y la innovación, en el contexto nacional e internacional, así como fortalecer el liderazgo y el posicionamiento social de la misma*, los modelos de reconexión desarrollados podrían aplicarse en diversos dominios donde las redes complejas desempeñan un papel clave, tales como redes de comunicaciones, redes biológicas, redes sociales, entre otras. Además, se desarrollarán simuladores de eventos discretos para: la implementación de modelos de reconexión distribuida de redes complejas, la simulación de escenarios de degradación en redes complejas y la ejecución de algoritmos distribuidos en

dichas redes. También, se desarrollará software a la medida para la evaluación del desempeño y la robustez de redes complejas. Los simuladores y el software desarrollados durante el proyecto serán debidamente documentados y alojados en un repositorio público de acceso abierto, con el fin de facilitar y promover su uso.

## **2.8. Recursos necesarios para el proyecto**

### **2.8.1. Financiamiento e infraestructura física y humana actual en el proyecto.**

Los miembros del proyecto son especialistas en las áreas de ciencias de la computación, redes complejas y aprendizaje automático.

En lo que respecta a espacios físicos de las instituciones participantes (UAM-C, UAM-I, El Colegio de México y el IPN), los miembros del proyecto cuentan con acceso a:

- Aulas y salones para reuniones de trabajo.
- Laboratorios de cómputo con para investigación.
- Espacios para talleres y eventos académicos.
- Bibliotecas con mesas de trabajo y computadoras para uso de alumnos y profesores.

Además, todas las instituciones participantes cuentan con los siguientes servicios informáticos:

- Suscripciones a bases de datos científicas, tales como Springer, Elsevier, JSTOR, IEEE.
- Acceso a software de oficina y científico institucional.

### **2.8.2. Presupuesto calendarizado**

El proyecto tendrá como fuente principal de financiamiento el presupuesto aprobado para los años 2025, 2026 y 2027 por la SECIHTI para el proyecto de Ciencia de Frontera *Modelos de reconexión para la autoorganización de redes complejas de gran escala* (CBF-2025-G-1812).

La segunda fuente de financiamiento del proyecto corresponde al presupuesto que el Departamento de Matemáticas Aplicadas y Sistemas asigna a sus profesores.

A continuación, se presenta el presupuesto detallado por años.

Distribución del presupuesto para el año 2026			
Concepto	Monto	Gasto	Fuente de Financiamiento
- 6 licencias de software basado en IA.	\$33,000	Corriente	Ciencia de Frontera SECIHTI
- Adquisición de libros especializados.	\$6,000		
- Materiales y útiles consumibles para el procesamiento en equipos y bienes informáticos.	\$22,500		
- Adquisición de adaptadores USB Tipo C con HDMI.	\$1,800		
- Apoyos otorgados a asistentes de investigación (estudiantes de posgrado) para apoyo en el desarrollo y ejecución de las actividades avanzadas del proyecto.	\$388,000		
- Apoyos otorgados a estudiantes de licenciatura que se incorporarían en actividades específicas del proyecto que permitan fortalecer su formación académica y desarrollar sus capacidades de investigación.	\$60,000		
- Apoyos otorgados a estudiantes de licenciatura que realicen su servicio social en actividades relacionadas con el proyecto.	\$12,000		
- Adquisición de diez cables adaptadores para disco duro para la creación de un clúster de cómputo distribuido.	\$2,000		
- Adquisición de nobreaks para asegurar el suministro ininterrumpido de energía eléctrica a los equipos por los miembros del proyecto.	\$5,000		
- Adquisición de 20 discos duros para la creación del clúster de un cómputo distribuido.	\$20,000		
- Adquirir veinte tarjetas RaspberryPi5 para la creación del cluster de cómputo distribuido.	\$40,000	Inversión	
- Adquirir 3 switches de red para permitir establecer una red de alta velocidad y baja latencia entre los nodos de un clúster de cómputo distribuido.	\$4,500		
Total		\$594,800	
- Asistencia a congresos internacionales de 3 miembros del proyecto.	\$60,000	Corriente	DMAS
- Asistencia a congresos nacionales de 3 miembros del proyecto.	\$30,000		
Total		\$90,000	

### 3. Calendario de actividades en periodos trimestrales

Las actividades a realizar corresponden a las etapas de la metodología que son presentadas en la Sección 2.4.2.

Calendario de actividades						
Actividad	Año 1			Año 2		
	25-O	26-I	26-P	26-O	27-I	27-P
- Estudio y análisis de la literatura.						
- Construcción de un clúster de cómputo distribuido.						
- Selección de topologías iniciales y algoritmos de enrutamiento.						
- Diseño de estrategias distribuidas de reconexión de enlaces						
- Implementación de modelos de reconexión propuestos.						
- Análisis de la estructura de las redes obtenidas a lo largo de la ejecución de los modelos.						
- Análisis de las propiedades estructurales de las redes obtenidas.						
- Análisis y evaluación de la robustez de las redes obtenidas.						
- Análisis y evaluación del desempeño de algoritmos distribuidos ejecutados en las redes obtenidas.						
- Análisis del impacto de las estrategias de exploración y las reglas de reconexión en la estructura, robustez y desempeño de las redes obtenidas.						
- Diseminación de resultados.						

## 4. Información para el seguimiento del proyecto

### 4.1. Calendarización de productos esperados

Calendario de productos esperados						
Producto	Año 1			Año 2		
	25-O	26-I	26-P	26-O	27-I	27-P
<b>Formación de recursos humanos a nivel licenciatura</b>						
- Alumnos de servicio social.			2	2	2	
- Proyecto terminal.		2		2	2	
<b>Formación de recursos humanos a nivel posgrado</b>						
- Maestría.			2			
<b>Publicaciones</b>						
- Artículos.			2			2
- Memorias.			2		2	
<b>Divulgación</b>						
- Congresos.			3		3	
- Artículos.		1		1		1
<b>Otros</b>						
- Página web del proyecto.	1					
- Productos de software.		1		1		

Los resultados esperados del proyecto se mencionan en la Sección 2.7 *Impacto esperado del proyecto*.

## Referencias

- [UAM, 2013] (2013). Políticas operativas de investigación. Universidad Autónoma Metropolitana, Unidad Cuajimalpa.
- [LGH, 2023] (2023). Ley general en materia de humanidades, ciencias, tecnologías e innovación. Diario Oficial de la Federación. Decreto por el que se expide la Ley General en materia de Humanidades, Ciencias, Tecnologías e Innovación, y se reforman y adicionan diversas disposiciones de la Ley Federal de las Entidades Paraestatales y de la Ley de Planeación.
- [Barabási, 2016] Barabási, A.-L. (2016). *Network science*. Cambridge University Press.
- [Kleinberg, 2000] Kleinberg, J. (2000). Navigation in a small world. *Nature*, 406(6798):845.
- [Kranakis et al., 1999] Kranakis, E., Singh, H., and Urrutia, J. (1999). Compass routing on geometric networks. In *Canadian Conference on Computational Geometry*, pages 51–54.
- [Lopez-Chavira, 2014] Lopez-Chavira, M. A. (2014). Estudio de la dinámica estructural de las redes complejas usando simulación basada en agentes. Master's thesis, Universidad Autónoma Metropolitana. Tesis de maestría.
- [Lopez-Chavira, 2022] Lopez-Chavira, M. A. (2022). *Emergencia de propiedades de las redes complejas, inducida por reglas locales de recableado*. PhD thesis, Universidad Autónoma Metropolitana. Tesis doctoral.
- [Lopez-Chavira et al., 2024] Lopez-Chavira, M. A., Aguirre-Guerrero, D., Marcelín-Jiménez, R., Vásquez-Toledo, L. A., and Bernal-Jaquez, R. (2024). A distributed geometric rewiring model. *Scientific Reports*, 14:11154.
- [Lopez-Chavira and Marcelín-Jiménez, 2017] Lopez-Chavira, M. A. and Marcelín-Jiménez, R. (2017). Distributed rewiring model for complex networking: The effect of local rewiring rules on final structural properties. *PLOS ONE*, 12(11):e0187538.
- [Manku et al., 2003] Manku, G. S., Bawa, M., and Raghavan, P. (2003). Symphony: Distributed hashing in a small world. In *Proceedings of the 4th USENIX Symposium on Internet Technologies and Systems (USITS)*.
- [Muñoz-García, 2023] Muñoz-García, J. A. (2023). *Estudio de los Efectos de la Cooperación en la Evolución Estructural de Redes Complejas*. PhD thesis, Universidad Autónoma Metropolitana. Tesis doctoral.
- [Sporns, 2011] Sporns, O. (2011). *Networks of the brain*. MIT Press.
- [Stoica et al., 2001] Stoica, I., Morris, R., Karger, D., Kaashoek, M. F., and Balakrishnan, H. (2001). Chord: A scalable peer-to-peer lookup service for internet applications. *ACM SIGCOMM Computer Communication Review*, 31(4):149–160.
- [Watts and Strogatz, 1998] Watts, D. J. and Strogatz, S. H. (1998). Collective dynamics of ‘small-world’ networks. *Nature*, 393(6684):440–442.