



EDUCACIÓN
SECRETARÍA DE EDUCACIÓN PÚBLICA



**TECNOLÓGICO
NACIONAL DE MÉXICO**



**TECNOLÓGICO NACIONAL DE MÉXICO REGIÓN
CARBONÍFERA**

DEPARTAMENTO DE POSGRADO

**“PROTOCOLO DE ACTUACIÓN PARA CONTINGENCIAS
SANITARIAS BASADO EN EL MODELO MATEMÁTICO SIR”**

TESIS PROFESIONAL

PARA OBTENER EL GRADO DE:

MAESTRO EN INGENIERÍA INDUSTRIAL

PRESENTA:

LILIANA LUCÍA FLORES CEPEDA

DIRECTOR DE TESIS:

DR. HUGO ALFREDO CARRILLO SERRANO

CO-DIRECTOR DE TESIS:

M.I. ABELARDO BUENTELLO DUQUE

SABINAS, COAHUILA, MÉXICO, ENERO 2026



TECNOLÓGICO
NACIONAL DE MÉXICO

TECNM CAMPUS REGIÓN CARBONÍFERA

LIBERACIÓN DE TESIS POR EL COMITÉ TUTORIAL



Agujita, Coah., a 12 de enero de 2026

MAYL. ELSA GEORGINA DE LEÓN TREJO
SUBDIRECTORA DE POSGRADO E INVESTIGACIÓN

AT'N.: M.I. ABELARDO BUENTELLO DUQUE
JEFE DEL DEPARTAMENTO DE POSGRADO

De acuerdo a la convocatoria interna de Registro de Propuestas de Proyectos de Investigación realizada por la Subdirección de Posgrado e Investigación a fin de aprobar la sustentación de **Tesis** titulada:

“Protocolo de actuación para contingencias sanitarias basado en el modelo matemático SIR”

Presentado por el(la) pasante C. **Liliana Lucía Flores Cepeda** con número de control **221DM007** alumno(a) del Programa de **Maestría en Ingeniería Industrial** que ofrece nuestro Instituto.

Hacemos de su conocimiento que éste jurado ha tenido a bien autorizar la sustentación de dicha tesis para los efectos consiguientes.

Sin otro particular por el momento, quedo de usted.

ATENTAMENTE

Dr. Hugo Alfredo Carrillo Serrano
Presidente

M.I. Abelardo Buentello Duque
Secretario

Dra. Odilia Berenice Peña Almaguer
Vocal

M.I. Juan Francisco Luna Murillo
Vocal suplente



INSTITUTO TECNOLÓGICO DE
ESTUDIOS SUPERIORES DE
LA REGIÓN CARBONÍFERA
DEPTO. DE POSGRADO



TECNOLÓGICO
NACIONAL DE MÉXICO

TECNM CAMPUS REGIÓN CARBONÍFERA

CARTA DE AUTORIZACIÓN Y ORIGINALIDAD



Agujita, Coah., a 12 de enero de 2026

JEFE(A) DEL DEPARTAMENTO DE POSGRADO

La presente es para informarle que el (la) C. Liliana Lucía Flores Cepeda con número de control 221DM007 alumno(a) del Programa de Maestría en Ingeniería Industrial ha concluido la redacción de su trabajo de Tesis titulado:

Protocolo de actuación para contingencias sanitarias basado en el Modelo matemático SIR.

La cual personalmente he revisado su originalidad, por lo que, autorizo su liberación y pido a usted sea tan amable de asignar los miembros del jurado revisor.

Sin otro particular por el momento, quedo de usted.

ATENTAMENTE

Dr. Hugo Alfredo Carrillo Serrano

Nombre y firma del director(a) de tesis

**DECLARACIÓN DE AUTORÍA Y ORIGINALIDAD DE LA TESIS PRESENTADA PARA
OBTENER EL GRADO DE MAESTRIA**

Liliana Lucía Flores Cepeda.

Estudiante del programa de **Maestría en Ingeniería Industrial** del **Tecnológico Nacional de México Región Carbonífera**, autor de la Tesis, presentada para la obtención de grado de **Maestro(a) en Ingeniería Industrial**:

“Protocolo de actuación para contingencias sanitarias basado en el Modelo Matemático SIR”

Realizada bajo la dirección del Dr. Hugo Alfredo Carrillo Serrano

Declaro que:

La tesis presentada es una obra original que no infringe los derechos de propiedad intelectual ni los derechos de propiedad industrial u otros. Igualmente asumo, ante el Tecnológico Nacional de México y ante cualquier otra instancia, la responsabilidad que pudiera derivarse en caso de plagio de contenidos en la tesis presentada, conforme al ordenamiento jurídico vigente.

Agujita Coahuila, a 15 de enero de 2026

Liliana Lucía Flores Cepeda

Nombre y firma del estudiante



EDUCACIÓN
SECRETARÍA DE EDUCACIÓN PÚBLICA



**TECNOLÓGICO
NACIONAL DE MÉXICO**



Agujita, Coahuila a 15 de enero de 2026

**DR. LUIS CARLOS LONGARES VIDAL
DIRECTOR GENERAL DEL TECNOLÓGICO NACIONAL DE MÉXICO
REGIÓN CARBONÍFERA**

PRESENTE.

En la ciudad de Sabinas, Coahuila, el 15 de enero de 2026, el que suscribe C. Liliana Lucía Flores Cepeda, estudiante del programa de Maestría en Ingeniería Industrial con número de control 221DM007, adscrito(a) al Tecnológico Nacional de México Región Carbonífera, manifiesta que es autor(a) intelectual de la presente tesis y cede los derechos del trabajo titulado “Protocolo de actuación para contingencias sanitarias basado en el Modelo Matemático SIR” al Tecnológico Nacional de México Región Carbonífera para su difusión, con fines académicos y de investigación.

Liliana Lucía Flores Cepeda

Nombre y firma del estudiante

Dedicatoria

Dedico esta tesis, con todo mi amor, a mis hijos: Blas Baldomero, Miriam

Guadalupe, Abraham Ernesto y Reina Lili; quienes fueron mi mayor sostén y la razón por la que jamás me permití rendirme. En cada noche de desvelo, en cada sacrificio silencioso y en cada momento de duda, su presencia en mi vida me dio fuerzas para seguir adelante. Su paciencia, su comprensión y su amor incondicional me acompañaron incluso cuando el cansancio era profundo. Este logro nace de ustedes y para ustedes, porque todo lo que soy y todo lo que he construido tiene su raíz en el amor que me brindan.

A mi hermana Cristina Flores Cepeda, gracias por ser mi refugio y mi apoyo constante en este camino. Por escucharme, por sostenerme cuando las fuerzas flaqueaban. Tu acompañamiento, tus palabras y tu confianza hicieron que este proceso fuera menos pesado y mucho más humano. Saber que estabas ahí marcó profundamente este logro.

Pero sobre todo, de manera muy especial esta Tesis se la dedico a la niña asustada que fui y por qué aun temblando me atreví.

Este trabajo es la prueba de que el miedo no fue más fuerte que el deseo de construir un camino propio y que elegir distinto es una forma de amor; por no rendirme, por atreverme y por llegar hasta aquí.

Agradecimientos

Agradezco, en primer lugar, a Dios, por haberme regalado la salud, la paciencia, la sabiduría, la perseverancia y fortaleza necesaria durante estos dos años de esfuerzo.

Infinito agradecimiento a mis hijos: Blas Baldomero, Miriam Guadalupe, Abraham Ernesto y Reina Lilí; por su amor incondicional y por comprender mis ausencias, incluso después de largas jornadas de trabajo. Cada desvelo, cada sacrificio y cada esfuerzo tuvieron sentido al pensar en ustedes. Su apoyo silencioso, su paciencia y su cariño fueron el motor que me impulsó a seguir adelante. Todo este logro nace del amor que les tengo y es, sin duda, por ustedes y para ustedes.

A mi novio, gracias por impulsarme y respaldarme para asistir a la Ponencia en la ciudad de San Luis Potosí. Tu apoyo, tu confianza y tu acompañamiento me dieron la seguridad para atreverme a dar ese paso y continuar creciendo tanto en lo personal como en lo profesional. Tu confianza en mí, fue un apoyo invaluable en este proceso; gracias por creer en mí en momentos que yo no lo hacía.

A mi hermana Cristina Flores Cepeda, por tu apoyo constante, tu escucha paciente y tus palabras de aliento, que fueron un refugio en los momentos de cansancio e incertidumbre. Tu confianza en mí, me dio la fortaleza necesaria para seguir adelante. Este logro también es tuyo, porque sin tu respaldo incondicional nada habría sido igual.

Al Dr. Hugo Alfredo Carrillo Serrano, mi más sincero agradecimiento por su paciencia, comprensión y acompañamiento a lo largo del desarrollo de esta investigación. Gracias por su guía cercana, su disposición y su compromiso, que hicieron posible la culminación de este trabajo. Sus enseñanzas no solo fortalecieron este proyecto, sino que dejaron en mí un aprendizaje valioso que trasciende lo académico y se convierte en crecimiento personal y profesional.

¡A todos ustedes, infinitas gracias!

Índice general

Resumen	III
Abstract	IV
1. Introducción	1
1.1. Marco contextual	2
1.2. Objetivos de la tesis	3
1.3. Hipótesis	3
1.4. Alcances y limitaciones	3
1.5. Estructura de la tesis	4
2. Marco teórico y antecedentes	5
2.1. Sistemas y normas de gestión de calidad en el TecNM	6
2.1.1. Gestión educativa	6
2.1.2. Gestión educativa ante situaciones de pandemia	6
2.2. Modelo matemático SIR	7
2.3. Número reproductivo básico	8
3. Protocolo de actuación basado en el modelo SIR	9
3.1. El protocolo institucional en el marco de la gestión de calidad	9
3.2. Integración del modelo SIR al protocolo de actuación	10
3.2.1. Protocolos ante emergencias sanitarias	10
3.2.2. Protocolo de prevención para la reapertura escolar	11
3.2.3. Acciones previas a la reapertura	11
3.2.4. Acciones durante la operación académica	11
3.2.5. Acciones durante recesos y cierre de actividades	11
3.2.6. Acciones para el personal en general	11
3.3. Incorporación del indicador epidemiológico al protocolo	12
4. Metodología de registro, estimación y resultados	13
4.1. Diseño metodológico	13
4.2. Contexto del caso de estudio	13
4.3. Fuente y naturaleza de los datos	14
4.4. Definición operativa de las variables del modelo	14
4.5. Discretización del modelo SIR	14
4.6. Estimación de parámetros epidemiológicos	15
4.7. Cálculo y predicción del número reproductivo básico	15
4.8. Resultados	16
4.9. Discusión de resultados	18

4.10. Conclusiones parciales	19
5. Conclusiones y trabajo futuro	21
5.1. Conclusiones	21
5.2. Trabajo futuro	22
A. Evidencia de difusión académica e impacto institucional	23
A.1. Participación en el Primer Foro Nacional de la Agenda Estratégica de la Salud del TecNM	23
A.1.1. Convocatoria y objetivos del foro	23
A.1.2. Categorías de participación	23
A.1.3. Proyecto presentado	24
A.1.4. Objetivo del proyecto	24
A.1.5. Justificación y logros	25
A.1.6. Viabilidad	25
A.1.7. Material complementario	25
A.1.8. Evaluación	26
A.1.9. Documentación comprobatoria	26
Bibliografía	45

Resumen

La pandemia por COVID-19 evidenció la necesidad de fortalecer los protocolos de actuación ante emergencias sanitarias en las instituciones de educación superior, particularmente en lo referente a la toma de decisiones basada en información cuantitativa y con capacidad predictiva. Si bien los protocolos institucionales existentes establecen medidas preventivas y correctivas pertinentes, en muchos casos se apoyan principalmente en registros descriptivos y acciones reactivas, careciendo de herramientas que permitan anticipar la evolución de una contingencia sanitaria.

En este contexto, la presente tesis propone la integración de un modelo matemático epidemiológico tipo Susceptibles–Infectados–Recuperados (SIR) como herramienta de apoyo a un protocolo de actuación institucional, con el objetivo de fortalecer la gestión de emergencias sanitarias en una institución de educación superior perteneciente al Tecnológico Nacional de México. El modelo SIR se emplea para analizar el comportamiento temporal de una enfermedad respiratoria a partir de registros institucionales reales, permitiendo la estimación de parámetros epidemiológicos y el cálculo del número reproductivo básico $\mathcal{R}_0$.

La metodología adoptada se basa en la discretización del modelo SIR y en técnicas de cómputo numérico aplicadas a registros diarios de casos, lo que posibilita la obtención de estimaciones puntuales y predicciones a corto plazo del comportamiento del contagio. Los resultados obtenidos muestran que el seguimiento continuo del indicador $\mathcal{R}_0$ proporciona información objetiva para identificar periodos de riesgo sanitario y apoyar la toma de decisiones preventivas y correctivas dentro del protocolo institucional.

Si bien el estudio se encuentra limitado por el tamaño de la población analizada y la naturaleza de los registros disponibles, la propuesta desarrollada es reproducible y adaptable a otras instituciones educativas con características similares. En conjunto, los resultados confirman que la incorporación de modelos matemáticos epidemiológicos simples y bien documentados puede enriquecer significativamente los protocolos de actuación institucional, contribuyendo a una gestión más informada, anticipatoria y basada en evidencia cuantitativa ante emergencias sanitarias.

Abstract

The COVID-19 pandemic highlighted the need to strengthen institutional response protocols for health emergencies in higher education institutions, particularly with respect to decision-making supported by quantitative and predictive information. Although existing institutional protocols establish appropriate preventive and corrective measures, in many cases they rely primarily on descriptive records and reactive actions, lacking tools that allow anticipating the evolution of a health contingency.

In this context, this thesis proposes the integration of an epidemiological mathematical model of the Susceptible–Infected–Recovered (SIR) type as a support tool for an institutional response protocol, with the aim of strengthening health emergency management in a higher education institution belonging to the Tecnológico Nacional de México. The SIR model is employed to analyze the temporal behavior of a respiratory disease using real institutional records, enabling the estimation of epidemiological parameters and the computation of the basic reproduction number $\mathcal{R}_0$.

The adopted methodology is based on the discretization of the SIR model and the application of numerical computation techniques to daily case records, allowing the estimation of pointwise values and short-term predictions of contagion dynamics. The results show that continuous monitoring of the $\mathcal{R}_0$ indicator provides objective information to identify periods of increased health risk and to support preventive and corrective decision-making within the institutional protocol.

Although the study is limited by the size of the analyzed population and the nature of the available records, the proposed approach is reproducible and adaptable to other educational institutions with similar characteristics. Overall, the results confirm that the incorporation of simple and well-established epidemiological mathematical models can significantly enhance institutional response protocols, contributing to more informed, anticipatory, and evidence-based management of health emergencies.

Capítulo 1

Introducción

En marzo de 2020, la Organización Mundial de la Salud (OMS) declaró al brote de COVID-19 como una pandemia, lo que derivó en la adopción de medidas extraordinarias a nivel global, entre ellas el cierre temporal de universidades, centros de trabajo y actividades económicas (García [5]). Este escenario obligó a las instituciones educativas a reorganizar de manera inmediata sus procesos de enseñanza-aprendizaje con el fin de garantizar la continuidad académica y preservar la calidad educativa, recurriendo principalmente al uso de plataformas digitales y modalidades a distancia.

En este contexto, la toma de decisiones por parte de la alta dirección institucional resultó determinante para enfrentar la contingencia sanitaria. Sin embargo, las condiciones de incertidumbre, la ausencia de precedentes comparables y la evolución dinámica de la pandemia dificultaron la correcta asimilación y aplicación de directrices. Ante esta situación, se hizo evidente la necesidad de contar con herramientas que permitieran analizar escenarios, anticipar comportamientos epidemiológicos y apoyar la toma de decisiones en el ámbito de la gestión educativa y los protocolos de seguridad e higiene.

Diversos estudios han señalado que, además de los aspectos normativos, el liderazgo institucional desempeña un papel fundamental en la mitigación de los efectos de una emergencia sanitaria, particularmente en el corto, mediano y largo plazo (Hernández [8]). No obstante, en la mayoría de los casos, los protocolos de actuación implementados en instituciones educativas se sustentan principalmente en registros descriptivos y acciones correctivas, careciendo de indicadores cuantitativos derivados de modelos predictivos.

En este sentido, la presente investigación propone la integración de un modelo matemático tipo *SIR* como herramienta de apoyo para el análisis y la predicción del comportamiento de enfermedades respiratorias en comunidades estudiantiles, a partir de datos registrados durante una contingencia sanitaria. El objetivo es fortalecer los protocolos de actuación institucional mediante un enfoque preventivo y anticipatorio, que contribuya a la toma de decisiones informada en contextos de alta incertidumbre.

1.1. Marco contextual

Las enfermedades infecciosas han sido objeto de estudio a lo largo de la historia debido a su impacto en la salud pública, la economía y la organización social. Su análisis incluye tanto la comprensión de los mecanismos de transmisión como la predicción de su evolución temporal. De acuerdo con Navarro [10], durante el siglo XX se registraron tres pandemias de influenza: H1N1 en 1918, H2N2 en 1957 y H3N2 en 1968, las cuales generaron severas afectaciones socioeconómicas y ejercieron una fuerte presión sobre los sistemas de salud.

La necesidad de predecir el comportamiento de estos fenómenos ha motivado el desarrollo de modelos matemáticos epidemiológicos. En particular, Chowell [2] analizó la propagación de pandemias mediante sistemas de ecuaciones diferenciales ordinarias de primer orden, conocidos como modelos *SIR*, los cuales permiten describir la dinámica de enfermedades infecciosas a partir de la interacción entre poblaciones susceptibles, infectadas y recuperadas. Dichos modelos han sido utilizados exitosamente para estudiar eventos históricos como la pandemia de influenza de 1918–1919 en la ciudad de San Francisco, California.

En diciembre de 2019 se detectó un nuevo brote de enfermedad respiratoria aguda en la ciudad de Wuhan, China, que posteriormente se propagó a más de 200 países. Ante esta situación, la OMS emitió una serie de medidas sanitarias orientadas a mitigar la propagación del virus en todos los sectores. Las instituciones educativas no fueron la excepción y se vieron obligadas a definir nuevas estrategias institucionales durante la emergencia sanitaria, incorporando protocolos de seguridad e higiene para la reapertura gradual de actividades en los niveles de educación media superior y superior, conforme a las disposiciones de las autoridades educativas estatales y federales (Hernández [8]).

Para hacer frente a la pandemia, las instituciones educativas adaptaron las recomendaciones sanitarias emitidas por la OMS de acuerdo con su contexto regional. Asimismo, el Tecnológico Nacional de México (TecNM) emitió un protocolo para el regreso a las actividades presenciales en los campus y área central, con el propósito de reducir la vulnerabilidad del sistema educativo mediante la incorporación de indicadores que reflejaran el nivel de riesgo sanitario, sustentados en estimaciones confiables de las prácticas educativas (De la Torre [4]). Este enfoque permitió identificar la oportunidad de traducir fenómenos reales en modelos matemáticos que apoyen el análisis y la predicción del impacto de medidas sanitarias específicas (Gutiérrez [6]).

En particular, el TecNM Campus Región Carbonífera estableció un protocolo de actuación ante emergencias sanitarias alineado con los lineamientos generales institucionales. Sin embargo, un análisis de estos protocolos revela que las acciones implementadas se basan principalmente en la observación de registros históricos, sin la definición formal de indicadores estadísticos o modelos predictivos que respalden la toma de decisiones. En este contexto, la idea central de esta tesis consiste en proponer la incorporación de un modelo matemático simple, fiable y ampliamente documentado, que permita utilizar registros diarios para estimar parámetros epidemiológicos relevantes y complementar los

criterios existentes en los protocolos de calidad institucional.

1.2. Objetivos de la tesis

Objetivo general

Desarrollar un protocolo de actuación ante emergencias sanitarias en instituciones tecnológicas de nivel superior, basado en los protocolos existentes, registros institucionales y un modelo matemático tipo *SIR*.

Objetivos específicos

- Analizar los protocolos de salud existentes del TecNM utilizados durante emergencias sanitarias.
- Seleccionar un modelo *SIR* adecuado para una población estudiantil de nivel superior.
- Definir un esquema de registro de datos que permita estimar los parámetros del modelo *SIR*.
- Documentar un protocolo de actuación que integre el modelo matemático propuesto.

1.3. Hipótesis

Las instituciones tecnológicas de nivel superior, ante situaciones de pandemia, aplican protocolos de emergencias sanitarias basados en las recomendaciones emitidas por las autoridades estatales y el TecNM. No obstante, las decisiones de activación y ajuste de dichos protocolos se sustentan principalmente en estadísticas descriptivas, lo que conduce a la implementación de acciones predominantemente correctivas.

La inclusión de un modelo matemático ampliamente estudiado para enfermedades infecciosas permite definir un protocolo de actuación con un enfoque correctivo-preventivo más efectivo y seguro para la comunidad estudiantil, al proporcionar indicadores cuantitativos que apoyen la toma de decisiones.

1.4. Alcances y limitaciones

El protocolo propuesto se basa en el protocolo de actuación del TecNM Campus Región Carbonífera, por lo que es potencialmente extensible a otras instituciones tecnológicas con características similares. El modelo matemático utilizado ha sido documentado en numerosos trabajos de investigación; sin embargo, se reconoce que, a medida que

disminuye el tamaño de la población estudiantil, el nivel de incertidumbre asociado a las estimaciones puede incrementarse.

La presente investigación no pretende emitir recomendaciones a nivel estatal o federal. Los resultados obtenidos son de carácter local y predictivo, con un nivel de confianza aproximado del 50 % de los días registrados, lo que implica que las predicciones poseen un alcance limitado de fiabilidad.

1.5. Estructura de la tesis

La presente tesis se organiza de la siguiente manera. En el Capítulo 1 se introducen las motivaciones de la investigación, el contexto general de la problemática abordada, así como los objetivos, la hipótesis y los alcances del estudio.

El Capítulo 2 presenta el marco teórico que sustenta la investigación, incluyendo los fundamentos de los modelos epidemiológicos y la formulación del modelo matemático SIR utilizado como base metodológica del trabajo.

En el Capítulo 3 se describe el protocolo de actuación institucional y se expone la integración del modelo SIR como herramienta de apoyo a la toma de decisiones en situaciones de contingencia sanitaria.

El Capítulo 4 desarrolla la metodología de registro, estimación y análisis de datos, así como los resultados obtenidos a partir de la aplicación del modelo al caso de estudio.

Finalmente, en el Capítulo 5 se presentan las conclusiones generales del trabajo, se discuten los principales aportes y limitaciones del estudio, y se proponen líneas de trabajo futuro. Los anexos complementan la tesis con evidencia documental y material de apoyo.

Capítulo 2

Marco teórico y antecedentes

A partir del surgimiento de la pandemia por COVID-19 en el año 2019 y debido a su rápida propagación, la Organización Mundial de la Salud exhortó a los distintos sectores sociales a adoptar medidas sanitarias orientadas a la mitigación del contagio. En particular, las instituciones de educación superior se vieron obligadas a redefinir sus procesos académicos y administrativos para responder de manera oportuna a la contingencia sanitaria (Zamudio [14]).

En este contexto, Cruz [3] señala que las medidas de control implementadas a partir del análisis epidemiológico del virus determinaron la capacidad de respuesta institucional mediante estrategias educativas, facilitando la transición hacia modalidades no presenciales y enfrentando nuevos desafíos en el corto plazo. Dichas estrategias estuvieron directamente relacionadas con la disponibilidad de recursos, la organización institucional y la adopción de medidas de seguridad sanitaria.

Como consecuencia, las universidades adecuaron sus procesos educativos a las nuevas condiciones impuestas por la emergencia sanitaria, reorganizando recursos humanos, infraestructura, plataformas tecnológicas y experiencias previas, con el objetivo de garantizar la continuidad académica y el cumplimiento de los estándares de calidad educativa. En este sentido, López [9] destaca la importancia del uso sistemático de herramientas de calidad como un elemento clave para la mejora continua y el aseguramiento de la calidad en las instituciones de educación superior.

Bajo este marco, el Tecnológico Nacional de México (TecNM) reestructuró su organización de trabajo durante la emergencia sanitaria, adaptando lineamientos y certificaciones conforme a sus especificaciones institucionales y a las normas de calidad vigentes, considerando las necesidades y expectativas de su práctica educativa.

2.1. Sistemas y normas de gestión de calidad en el TecNM

2.1.1. Gestión educativa

La gestión educativa implica la adquisición, desarrollo y consolidación de un conjunto de competencias orientadas a generar un impacto positivo en las prácticas institucionales y en la toma de decisiones. Estas competencias resultan particularmente relevantes en contextos de emergencia sanitaria, donde la capacidad de respuesta institucional se ve sometida a condiciones de alta incertidumbre. Hernández [7] identifica entre estas competencias la gestión estratégica, el liderazgo, el trabajo en equipo, la comunicación, la participación y la resolución de problemas.

Ante una contingencia epidemiológica, se vuelve indispensable integrar y reconfigurar los recursos y procesos disponibles para responder a entornos imprevistos. Este escenario exige nuevas prácticas por parte de directivos, docentes, estudiantes y personal administrativo, especialmente en relación con la implementación y seguimiento de protocolos de prevención sanitaria.

2.1.2. Gestión educativa ante situaciones de pandemia

De acuerdo con Cruz [3], la gestión educativa en situaciones de pandemia permite reconocer las capacidades de docentes y estudiantes para atender las indicaciones institucionales, así como el papel de los directivos en la conducción del proceso educativo durante la contingencia. En este contexto, los gestores educativos deben fortalecer competencias en el ámbito contextual, la gestión estratégica, el liderazgo, la comunicación, la delegación, la anticipación y la toma de decisiones, como lo señala Hernández [8].

En respuesta a esta situación, el Tecnológico Nacional de México estableció el *Protocolo para el Regreso a las Actividades Presenciales en los Campus y Área Central*, en conformidad con el acuerdo nacional para la reapertura gradual de las actividades sociales, educativas y económicas, basado en un sistema de semáforo epidemiológico regional. Este protocolo fue adaptado por cada instituto tecnológico de acuerdo con su contexto organizacional, con el objetivo de evaluar el cumplimiento de la gestión académica y administrativa.

En este sentido, la sistematización de herramientas que permitan recolectar, analizar y procesar datos pertinentes durante una emergencia sanitaria se vuelve fundamental para apoyar la toma de decisiones basada en información cuantitativa.

2.2. Modelo matemático SIR

El modelo matemático *Susceptibles–Infectados–Recuperados* (SIR) es un sistema dinámico determinista de ecuaciones diferenciales ordinarias no lineales que describe de manera simplificada la propagación de una enfermedad infecciosa en una población cerrada de tamaño N a lo largo del tiempo t . Este modelo ha sido ampliamente utilizado para analizar fenómenos epidemiológicos y comprender la dinámica de transmisión de enfermedades infecciosas [2, 10].

El objetivo principal del modelo SIR es representar la evolución temporal de tres subpoblaciones: individuos susceptibles, infectados y recuperados. Aunque la transmisión de una enfermedad depende de múltiples factores sociales, económicos y políticos, los modelos epidemiológicos permiten estimar parámetros clave y evaluar distintos escenarios de control, funcionando como un entorno de experimentación matemática.

Siguiendo la formulación propuesta por Rodríguez [12], el modelo SIR se expresa como:

$$\frac{dS}{dt} = \mu N - \beta \frac{S(t)I(t)}{N} - \mu S(t), \quad (2.2.1)$$

$$\frac{dI}{dt} = \beta \frac{S(t)I(t)}{N} - \gamma I(t) - \mu I(t), \quad (2.2.2)$$

$$\frac{dR}{dt} = \gamma I(t) - \mu R(t), \quad (2.2.3)$$

donde:

- $S(t)$ representa el número de individuos susceptibles en el tiempo t .
- $I(t)$ corresponde al número de individuos infectados en el tiempo t .
- $R(t)$ denota el número de individuos recuperados.
- β es la tasa de transmisión,
- γ es la tasa de recuperación,
- μ representa la tasa de salida natural de la población.

Se asume que la población total N es constante y satisface:

$$N = S(t) + I(t) + R(t).$$

2.3. Número reproductivo básico

Un parámetro fundamental en el análisis epidemiológico es el número reproductivo básico, denotado por $\mathcal{R}_0$, el cual se define como el número promedio de infecciones secundarias generadas por un individuo infectado en una población completamente susceptible. Para el modelo SIR considerado, este parámetro se expresa como:

$$\mathcal{R}_0 = \frac{\beta}{\gamma + \mu}. \quad (2.3.1)$$

El valor de $\mathcal{R}_0$ permite caracterizar el comportamiento de la enfermedad:

$$\mathcal{R}_0 \begin{cases} < 1, & \text{la infección tiende a desaparecer,} \\ > 1, & \text{la infección puede propagarse en la población.} \end{cases}$$

Aunque este parámetro no es suficiente por sí solo para describir completamente la dinámica epidemiológica, ha demostrado ser un indicador confiable para la detección temprana de brotes y la evaluación de estrategias de control.

La estimación y predicción del número reproductivo básico a partir de registros discretos será abordada en capítulos posteriores, donde se presentará la formulación numérica y su integración en el protocolo de actuación institucional.

Capítulo 3

Protocolo de actuación basado en el modelo SIR

3.1. El protocolo institucional en el marco de la gestión de calidad

Las actividades desarrolladas por el Tecnológico Nacional de México (TecNM) se rigen por un enfoque de gestión de la calidad orientado a la mejora continua de sus procesos académicos y administrativos, reconociendo a la calidad como un factor estratégico para la competitividad institucional. En este contexto, los protocolos de actuación ante contingencias sanitarias forman parte de los mecanismos de aseguramiento de la calidad y de protección de la comunidad educativa.

Ante la emergencia sanitaria provocada por la pandemia de COVID-19, el TecNM emitió una guía de recomendaciones para las instituciones que lo conforman, basada en acciones prácticas propuestas por la Organización Mundial de la Salud (OMS). Dicha guía fue complementada con planes para la reapertura gradual de las actividades académicas en condiciones de seguridad, alineados con el *Protocolo para el Regreso a las Actividades Presenciales en los Campus y Área Central*.

Este protocolo institucional se fundamenta en el acuerdo nacional para la reapertura de las actividades sociales, educativas y económicas, así como en el sistema de semáforo epidemiológico por regiones, estableciendo acciones extraordinarias y lineamientos generales ante la detección de síntomas asociados a enfermedades respiratorias.

3.2. Integración del modelo SIR al protocolo de actuación

La propagación de una enfermedad infecciosa en una población es un fenómeno de naturaleza estocástica, ya que depende del contacto entre individuos susceptibles e infectados, así como de factores ambientales y sociales [13]. No obstante, durante las primeras etapas de una epidemia, los encuentros entre individuos pueden modelarse de manera probabilística, lo que permite aproximar su comportamiento mediante modelos matemáticos deterministas como el modelo SIR.

El modelo SIR ha sido ampliamente utilizado para describir la dinámica temporal del contagio a partir de parámetros epidemiológicos bien definidos. Sin embargo, los protocolos institucionales vigentes del TecNM se basan principalmente en estrategias de comunicación visual y medidas preventivas generales, sin incorporar herramientas cuantitativas que apoyen la toma de decisiones en tiempo real.

Diversos estudios señalan que la comunicación, por sí sola, resulta insuficiente para garantizar una respuesta efectiva ante escenarios de alta incertidumbre. Es necesario complementar los protocolos con mecanismos de gestión que integren información cuantitativa proveniente de registros sistemáticos, tanto educativos como administrativos, con el fin de fortalecer la capacidad de respuesta institucional [1].

En este contexto, la presente investigación propone la integración del modelo matemático SIR como una herramienta de apoyo al protocolo de actuación institucional, permitiendo estimar el número reproductivo básico $\mathcal{R}_0$ y utilizarlo como un indicador para orientar la toma de decisiones preventivas y correctivas.

3.2.1. Protocolos ante emergencias sanitarias

La Secretaría de Educación Pública estableció, mediante el acuerdo número 23/08/21, disposiciones para el desarrollo del ciclo escolar 2021–2022, reanudando las actividades presenciales de manera responsable y ordenada en el nivel superior [11]. En concordancia con estas disposiciones, el TecNM emitió su protocolo institucional para el regreso a las actividades presenciales en los campus y área central.

Este protocolo contempla estrategias de seguridad, salud e higiene aplicables antes y durante la reapertura de las instalaciones, con el objetivo de minimizar los riesgos de contagio en la comunidad tecnológica. Su correcta implementación depende de la coordinación entre las autoridades institucionales, comisiones de seguridad e higiene y comités de salud, fortaleciendo así la formación de una comunidad resiliente, sostenible e inclusiva.

A partir de estos lineamientos generales, el TecNM Campus Región Carbonífera desarrolló un protocolo de prevención adaptado a las características específicas de su comunidad estudiantil, docente y administrativa.

3.2.2. Protocolo de prevención para la reapertura escolar

El protocolo de prevención tiene como objetivo orientar a la comunidad tecnológica en el proceso de reapertura escolar dentro del contexto de la nueva normalidad, promoviendo un ingreso escalonado y reduciendo, en la medida de lo posible, la propagación de contagios. Este protocolo es aplicable a personal académico, administrativo, estudiantes y visitantes.

3.2.3. Acciones previas a la reapertura

Las acciones previas a la reapertura incluyen el seguimiento puntual del semáforo epidemiológico regional, la supervisión de medidas sanitarias por parte de las autoridades institucionales y la identificación de áreas de mayor afluencia dentro del campus. Asimismo, se contempla la eliminación de fuentes de riesgo infecto-biológico y la planeación de grupos, horarios y aforos para las actividades presenciales.

De manera complementaria, se intensifican las campañas de promoción de medidas de higiene, cuidado personal y sana distancia, tales como el lavado frecuente de manos, el uso obligatorio de cubrebocas y la adopción de prácticas de cortesía sanitaria.

3.2.4. Acciones durante la operación académica

Durante el desarrollo de las actividades académicas presenciales, se establecen controles de aforo en aulas y laboratorios, distribución adecuada del mobiliario para garantizar la sana distancia, ventilación cruzada de los espacios y suspensión de eventos masivos. Asimismo, se implementan filtros sanitarios para la detección de casos sospechosos y se faculta a los comités correspondientes para vigilar el cumplimiento de las medidas establecidas.

3.2.5. Acciones durante recesos y cierre de actividades

Durante los recesos y al finalizar las actividades académicas, se aplican medidas específicas para evitar concentraciones innecesarias, regular el uso de espacios comunes y promover la continuidad de las medidas sanitarias fuera de las instalaciones. Estas acciones buscan reducir la probabilidad de contagio tanto dentro como fuera del campus.

3.2.6. Acciones para el personal en general

Para el personal académico y administrativo, el protocolo establece lineamientos orientados a garantizar la sana distancia en los módulos de trabajo, privilegiar el uso de videoconferencias, monitorear a la población vulnerable y asegurar la desinfección de espacios y objetos de uso común.

3.3. Incorporación del indicador epidemiológico al protocolo

La principal aportación de este trabajo consiste en la incorporación de un indicador epidemiológico cuantitativo, derivado del modelo SIR, al protocolo de actuación institucional. A partir del registro sistemático de las variables del modelo y de la estimación del número reproductivo básico $\mathcal{R}_0$, es posible clasificar el estado de la emergencia sanitaria y orientar la toma de decisiones de manera anticipatoria.

Este enfoque permite complementar las acciones normativas existentes con criterios matemáticos objetivos, fortaleciendo el carácter preventivo del protocolo y proporcionando una base cuantitativa para la evaluación continua del riesgo sanitario en la institución educativa.

Capítulo 4

Metodología de registro, estimación y resultados

4.1. Diseño metodológico

La presente investigación corresponde a un estudio de tipo aplicado, con un enfoque cuantitativo y predictivo, cuyo objetivo es analizar el comportamiento de una emergencia sanitaria en una comunidad educativa mediante la aplicación de un modelo matemático tipo SIR. El estudio se apoya en registros institucionales reales y en técnicas de cómputo numérico para la estimación de parámetros epidemiológicos y la predicción del número reproductivo básico.

El horizonte temporal del análisis es discreto, con registros diarios, lo que permite evaluar la evolución de la enfermedad a corto plazo y apoyar la toma de decisiones institucionales en el marco de un protocolo de actuación preventiva y correctiva.

4.2. Contexto del caso de estudio

El caso de estudio corresponde a una institución de educación superior perteneciente al Tecnológico Nacional de México, Campus Región Carbonífera. Para efectos del modelado, la comunidad institucional se considera como una población cerrada durante el periodo de análisis, bajo el supuesto de que los individuos registrados pertenecen exclusivamente a la comunidad administrativa y docente que asistía de manera presencial a las instalaciones.

El tamaño de la población analizada es relativamente pequeño en comparación con poblaciones urbanas, lo cual justifica el uso de un modelo epidemiológico simplificado y permite un seguimiento detallado de los casos registrados.

4.3. Fuente y naturaleza de los datos

La información utilizada en este estudio proviene de los registros institucionales de control de casos sospechosos y confirmados de COVID-19, generados durante la emergencia sanitaria. Dichos registros fueron elaborados por las instancias correspondientes de la institución, siguiendo los lineamientos establecidos por el Tecnológico Nacional de México.

Los datos se recopilaron de manera diaria e incluyen información relacionada con:

- Casos activos sospechosos o confirmados.
- Personas reincorporadas tras su recuperación.
- Evolución temporal de los contagios.

Cabe señalar que los registros considerados corresponden únicamente al personal administrativo y docente, lo que constituye una limitación del estudio, pero no invalida el análisis predictivo dentro del contexto institucional.

4.4. Definición operativa de las variables del modelo

A partir de los registros disponibles, se definen las variables del modelo SIR de la siguiente manera:

- $S(t)$: número de individuos susceptibles en el día t , es decir, aquellos que no presentan contagio ni inmunidad registrada.
- $I(t)$: número de individuos infectados activos en el día t , correspondientes a casos sospechosos o confirmados.
- $R(t)$: número de individuos recuperados en el día t , que han sido dados de alta y se consideran no susceptibles a reinfección en el periodo analizado.

Se asume que la población total N permanece constante durante el periodo de estudio y satisface la relación:

$$N = S(t) + I(t) + R(t).$$

4.5. Discretización del modelo SIR

Dado que los datos se registran de forma diaria, el modelo SIR continuo se discretiza utilizando un esquema de diferencias finitas con paso temporal $\Delta t = 1$. La aproximación

numérica de la derivada temporal de una variable genérica $Q(t)$ se realiza mediante la expresión:

$$Q_i^{(1)} = \frac{3Q_i - 4Q_{i-1} + Q_{i-2}}{2\Delta t}.$$

Bajo esta discretización, el modelo SIR se expresa en términos de los parámetros epidemiológicos β_i , γ_i y μ_i , los cuales se estiman de manera puntual para cada registro diario.

4.6. Estimación de parámetros epidemiológicos

Para cada día de registro, se plantea un sistema de ecuaciones lineales que relaciona las derivadas discretas de las variables del modelo con los parámetros epidemiológicos:

$$\begin{bmatrix} 1 - S_i & -S_i I_i & 0 \\ -I_i & S_i I_i & -I_i \\ R_i & 0 & I_i \end{bmatrix} \begin{bmatrix} \mu_i \\ \beta_i \\ \gamma_i \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} \frac{S_{i+1} - S_{i-1}}{\Delta t} \\ \frac{I_{i+1} - I_{i-1}}{\Delta t} \\ \frac{R_{i+1} - R_{i-1}}{\Delta t} \end{bmatrix}.$$

La resolución de este sistema permite obtener estimaciones diarias de los parámetros característicos del modelo, siempre que se cumplan las condiciones de positividad de las variables.

4.7. Cálculo y predicción del número reproductivo básico

Una vez estimados los parámetros, el número reproductivo básico se calcula para cada registro mediante la expresión:

$$\mathcal{R}_{0,i} = \frac{\beta_i}{\gamma_i + \mu_i}.$$

A partir del cuarto día de registro, se realiza una predicción a corto plazo del comportamiento de $\mathcal{R}_0$ utilizando una expansión de Taylor de segundo orden alrededor del tiempo t_i . Considerando $\Delta t = 1$, se obtiene la expresión recursiva:

$$\mathcal{R}_0^{k+1} = 3\mathcal{R}_0^k - 3\mathcal{R}_0^{k-1} + \mathcal{R}_0^{k-2}.$$

Este esquema permite anticipar tendencias en la propagación de la enfermedad y evaluar escenarios de riesgo a corto plazo.

4.8. Resultados

La aplicación del modelo SIR discretizado a los registros institucionales permitió analizar el comportamiento temporal de la población bajo estudio, clasificada en individuos susceptibles (S), expuestos (E), infectados (I) y recuperados (R). Para el periodo analizado se consideró una población total constante de $N = 100$ individuos, correspondiente al personal administrativo y docente registrado durante la emergencia sanitaria.

En la Figura 4.1 se presenta la evolución temporal de las variables del modelo, obtenida a partir de los datos reales recopilados y del método numérico aplicado. Se observa que el número de individuos susceptibles presenta una disminución inicial, pasando de 90 a 70 individuos en los primeros registros, lo cual indica un incremento en la exposición y contagio dentro de la comunidad institucional.

El grupo de individuos expuestos alcanza su valor máximo en los primeros días del análisis, lo que sugiere un periodo de mayor riesgo de transmisión. Posteriormente, se observa una disminución progresiva de esta población, acompañada de un incremento en el número de individuos infectados activos, que alcanza un máximo intermedio antes de iniciar su descenso.

En cuanto a la población recuperada, la Figura 4.1 muestra un crecimiento sostenido a lo largo del periodo analizado, pasando de cero a trece individuos recuperados. Este comportamiento es consistente con la dinámica esperada del modelo SIR, donde los individuos infectados transitan gradualmente hacia el estado de recuperación, reduciendo la presión sobre el grupo de susceptibles.

Los valores numéricos asociados a cada registro permitieron además estimar los parámetros epidemiológicos del modelo y calcular el número reproductivo básico $\mathcal{R}_0$. La variabilidad observada en los parámetros estimados refleja cambios en la dinámica de contagio y en la efectividad de las medidas de control implementadas de manera institucional.

De forma complementaria, en la Figura 4.2 se muestra un extracto de la hoja de verificación institucional utilizada para el registro de casos durante el año 2021. Este instrumento constituye la fuente primaria de información para la construcción de las series temporales empleadas en el modelo.

La información contenida en la Figura 4.2 evidencia la existencia de registros sistemáticos de casos sospechosos, confirmados y recuperados, así como las fechas de inicio y cierre de cada evento. Estos datos permitieron establecer una correspondencia directa entre los registros administrativos y las variables del modelo SIR, fortaleciendo la validez del análisis realizado.

		Susceptible	Expuestos	Infectados	recuperados	N	alpha 2	alpha 3	alpha 1
	0			0					
1	1	90	9	1	0	100	-0.9	-1	1
1	2	80	15	5	0	100	-4	-5	4
1	3	70	15	10	5	100	-7	-10	5
1	4	70	10	8	12	100	-5.6	-8	-2
1	5	80	5	2	13	100	-1.6	-2	-6

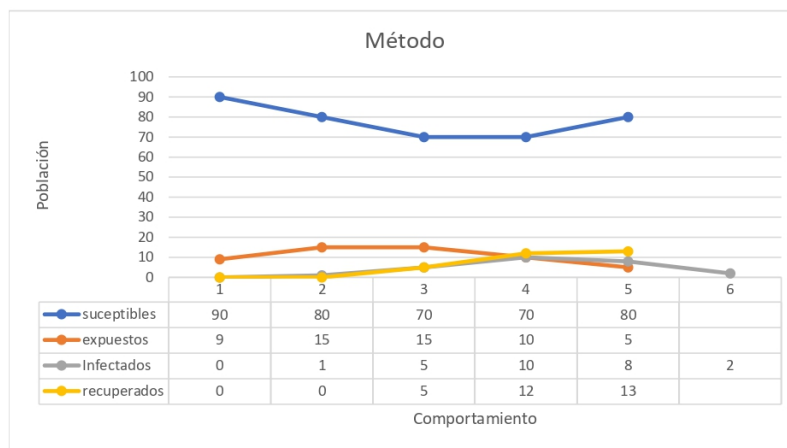


Figura 4.1: Evolución temporal de las variables del modelo SIR: susceptibles, expuestos, infectados y recuperados.

Hoja de verificación del año 2021							
Instituto Tecnológico de Estudios Superiores de la Región Carbonífera.							
Marque 1 por cada NEUMONÍA ATÍPICA (caso por línea)	Marque 1 por cada COVID-19 (caso por línea)	Marque 1 por cada SOSPECHOSO (caso por línea)	Total casos en el campus (marque 1 por cada caso)	Recuperado (marque 1)	Académico (marque 1)	Administrativo (marque 1)	Fecha de cierre de reporte
	1	1	1	1	1	1	22/01/2021
	1		1	1		1	09/08/2021
	1		1	1	1		30/08/2021
	1		1	1	1		02/09/2021
	1		1	1	1		13/09/2021
	1		1	1	1		05/10/2021
		1	1		1		07/10/2021
		1	1		1		18/10/2021
	1		1	1		1	20/10/2021
		1	1				23/10/2021
	1		1				29/12/2021
0	7	4	11	6	7	3	-

Figura 4.2: Hoja de verificación institucional de casos sospechosos y confirmados de COVID-19.

4.9. Discusión de resultados

Los resultados obtenidos confirman que el modelo SIR, aun en su forma simplificada y aplicado a una población institucional relativamente pequeña, es capaz de reproducir adecuadamente la dinámica general de propagación de una enfermedad infecciosa respiratoria.

El comportamiento observado en la Figura 4.1 muestra una fase inicial de crecimiento de los casos expuestos e infectados, seguida de una etapa de control en la que el número de individuos infectados comienza a disminuir y la población recuperada aumenta de manera sostenida. Este patrón sugiere que las acciones institucionales implementadas durante el periodo de estudio tuvieron un efecto positivo en la contención de la propagación.

Desde el punto de vista operativo, el cálculo del número reproductivo básico $\mathcal{R}_0$ permitió identificar periodos críticos en los que el valor se aproximó o superó la unidad, indicando una mayor probabilidad de transmisión. De igual manera, los descensos de $\mathcal{R}_0$ por debajo de uno se asocian con una reducción progresiva de los contagios activos, validando el uso de este indicador como herramienta de apoyo para la toma de decisiones.

Es importante destacar que, por razones de seguridad institucional y confidencialidad, no se presentan de manera explícita los valores individuales diarios ni los parámetros estimados en forma tabular. No obstante, el análisis agregado y las tendencias observadas son suficientes para evaluar el desempeño del modelo y su utilidad como instrumento de

apoyo en la gestión de contingencias sanitarias.

4.10. Conclusiones parciales

A partir de los resultados obtenidos, se concluye que la metodología de registro, estimación y análisis basada en el modelo SIR constituye una herramienta viable y efectiva para el seguimiento de emergencias sanitarias en comunidades educativas.

El uso de registros institucionales reales, como los mostrados en la Figura 4.2, permite alimentar el modelo con información confiable y generar estimaciones coherentes con la dinámica observada. Asimismo, la interpretación conjunta de las variables del modelo y del número reproductivo básico proporciona información relevante para anticipar escenarios de riesgo y reforzar medidas preventivas.

Finalmente, los resultados de este capítulo respaldan la incorporación del modelo matemático SIR como un componente técnico dentro del protocolo de actuación institucional, sentando las bases para las conclusiones generales que se presentan en el capítulo siguiente.

Capítulo 5

Conclusiones y trabajo futuro

5.1. Conclusiones

El desarrollo de la presente tesis permitió analizar, diseñar e implementar un protocolo de actuación ante contingencias sanitarias en una institución de educación superior, incorporando un modelo matemático tipo SIR como herramienta de apoyo a la toma de decisiones. A partir de la revisión de los protocolos institucionales existentes, se identificó que, si bien estos establecen medidas preventivas y correctivas adecuadas, carecen de indicadores cuantitativos que permitan anticipar el comportamiento de una emergencia sanitaria y evaluar su evolución en tiempo real.

La integración del modelo SIR al protocolo de actuación institucional constituye la principal aportación de este trabajo. Dicho modelo, ampliamente documentado en la literatura epidemiológica, demostró ser una herramienta viable para el análisis del comportamiento de enfermedades respiratorias en poblaciones educativas relativamente pequeñas, siempre que se cuente con un sistema de registro sistemático y confiable de los casos.

Mediante la discretización del modelo y el uso de técnicas de cómputo numérico, fue posible estimar de manera diaria los parámetros epidemiológicos y calcular el número reproductivo básico $\mathcal{R}_0$. Este indicador permitió identificar periodos de incremento y disminución del contagio dentro de la institución, proporcionando información objetiva para la evaluación del riesgo sanitario y la toma de decisiones preventivas y correctivas.

Los resultados obtenidos muestran que el seguimiento continuo de $\mathcal{R}_0$ fortalece el carácter preventivo del protocolo institucional, al permitir anticipar escenarios de propagación antes de que se reflejen en incrementos significativos de casos. En este sentido, el enfoque propuesto contribuye a transformar protocolos tradicionalmente reactivos en instrumentos de gestión con una perspectiva anticipatoria.

Si bien el estudio se encuentra limitado por el tamaño de la población analizada y por la disponibilidad de registros correspondientes únicamente al personal administrativo y docente, la metodología propuesta es reproducible y adaptable a otras instituciones

educativas con características similares. La experiencia obtenida demuestra que la incorporación de modelos matemáticos simples y bien conocidos puede enriquecer significativamente los procesos de gestión institucional ante emergencias sanitarias.

En términos generales, la investigación confirma la hipótesis planteada, al evidenciar que la inclusión de un modelo matemático epidemiológico en los protocolos de actuación institucional permite mejorar la efectividad y seguridad de las decisiones adoptadas durante una contingencia sanitaria, sin sustituir los lineamientos normativos existentes, sino complementándolos de manera objetiva.

5.2. Trabajo futuro

A partir de los resultados y conclusiones obtenidas, se identifican diversas líneas de trabajo futuro que pueden ampliar y fortalecer la propuesta desarrollada en esta tesis:

- Extender el análisis a poblaciones estudiantiles completas, incorporando registros de alumnos, con el fin de evaluar el comportamiento del modelo en comunidades educativas de mayor tamaño.
- Integrar modelos epidemiológicos más complejos, como los modelos SEIR o variantes estocásticas, que permitan representar con mayor detalle las fases de exposición y latencia de la enfermedad.
- Incorporar técnicas de análisis estadístico y métodos de inferencia bayesiana para mejorar la estimación de parámetros y reducir la incertidumbre asociada a los registros.
- Desarrollar herramientas computacionales que automaticen el registro, procesamiento y visualización de los datos epidemiológicos, facilitando su uso por parte de los comités de salud institucionales.
- Evaluar la integración del indicador $\mathcal{R}_0$ con otros indicadores de riesgo sanitario, como niveles de ocupación, ventilación y concentración de CO_2 , para fortalecer el protocolo de actuación.
- Analizar la aplicación del protocolo propuesto en otros contextos institucionales o regionales, con el fin de validar su escalabilidad y generalización.

El trabajo desarrollado sienta las bases para la incorporación sistemática de herramientas de modelación matemática en la gestión de emergencias sanitarias en instituciones educativas, contribuyendo a una toma de decisiones más informada, preventiva y basada en evidencia cuantitativa.

Apéndice A

Evidencia de difusión académica e impacto institucional

A.1. Participación en el Primer Foro Nacional de la Agenda Estratégica de la Salud del TecNM

A.1.1. Convocatoria y objetivos del foro

El Tecnológico Nacional de México (TecNM) emitió una convocatoria nacional para la realización del *Primer Foro Nacional de la Agenda Estratégica de la Salud del TecNM*, con el objetivo de fomentar el intercambio de conocimientos, experiencias y soluciones innovadoras en el campo de la salud, así como promover el desarrollo de proyectos con impacto a nivel nacional.

La convocatoria estuvo dirigida a estudiantes, docentes y grupos de investigación pertenecientes a los Institutos Tecnológicos del TecNM que desarrollan proyectos relacionados con el sector salud.

A.1.2. Categorías de participación

Las categorías establecidas para la participación en el foro fueron las siguientes:

1. Innovación Tecnológica

- Desarrollo de dispositivos médicos.
- Aplicaciones de inteligencia artificial en salud.
- Tecnologías emergentes para la atención sanitaria.
- Soluciones digitales y plataformas tecnológicas en salud.

2. Investigación Aplicada

- Estudios en biomedicina y biotecnología.
- Proyectos de ingeniería aplicada a la salud.
- Análisis de datos para la mejora de sistemas de salud.
- Medición de factores psicosociales (salud mental).
- Estrategias de prevención y control de enfermedades.

3. Impacto Social

- Proyectos de salud comunitaria.
- Iniciativas de inclusión y accesibilidad en servicios de salud.
- Estrategias para mejorar la calidad de vida de poblaciones vulnerables.
- Programas de educación en salud.

El proyecto desarrollado en esta tesis fue postulado en la categoría de **Investigación Aplicada**.

A.1.3. Proyecto presentado

El trabajo presentado lleva por título:

Un protocolo de actuación para contingencias sanitarias basado en el modelo matemático SIR

El TecNM cuenta con un protocolo institucional ante emergencias sanitarias, el cual establece lineamientos generales para minimizar la propagación e impacto de enfermedades respiratorias. A partir de dicho protocolo, cada instituto desarrolla una versión adaptada a su contexto geográfico y normativo, conocida como protocolo de actuación.

El proyecto presentado propone una versión de protocolo de actuación inscrita en el sistema de gestión de calidad institucional, integrando planes de acción, esquemas de monitoreo y un sistema de registro de datos que posteriormente son procesados mediante el modelo matemático SIR. Este enfoque permite obtener estimaciones y predicciones sobre la evolución de contagios, fortaleciendo la toma de decisiones durante una contingencia sanitaria.

A.1.4. Objetivo del proyecto

Desarrollar un protocolo de actuación basado en las recomendaciones del TecNM, los sistemas de calidad institucionales, las autoridades competentes y una metodología sustentada en las predicciones de un modelo matemático tipo SIR.

A.1.5. Justificación y logros

La propuesta presentada se justifica por los siguientes aspectos:

- Apoya la toma de decisiones institucionales basadas en información cuantitativa.
- Contribuye a disminuir la propagación de enfermedades en estudiantes, docentes y personal administrativo.
- Proporciona un protocolo sistematizado y especializado.
- Permite la generación de un registro histórico de datos ante contingencias sanitarias.

Entre los principales logros del proyecto se encuentran:

- La integración del modelo SIR al protocolo de actuación institucional.
- El diseño de un procedimiento de registro y cómputo numérico de datos.

A.1.6. Viabilidad

La propuesta es altamente factible, ya que requiere únicamente la conformación de una Comisión de Salud Institucional y el uso de equipo de cómputo básico. Las actividades principales consideradas incluyen:

1. Supervisión de medidas preventivas y correctivas dentro de la institución.
2. Revisión y registro de casos sospechosos.
3. Registro de reincorporaciones tras la recuperación.
4. Registro de posibles reincidencias.
5. Cómputo periódico de los registros mediante el modelo SIR y estimación del parámetro $\mathcal{R}_0$.
6. Elaboración de informes basados en registros y predicciones.

A.1.7. Material complementario

Como parte del proceso de evaluación se entregaron los siguientes materiales:

- **Video explicativo del proyecto:** <https://youtu.be/fURF6dYhzTssi=pVTlUCXRwHeiYx18>
- **Carta de aval institucional**, firmada por el Director del TecNM Campus Región Carbonífera, en respaldo al proyecto titulado *Protocolos de actuación para contingencias sanitarias, basado en el modelo matemático SIR*.

A.1.8. Evaluación

Los proyectos participantes fueron evaluados por un comité de expertos considerando los siguientes criterios:

1. Relevancia y pertinencia en el sector salud.
2. Innovación y originalidad.
3. Impacto social o científico.
4. Viabilidad y aplicabilidad.
5. Calidad de la presentación y documentación.

El comité evaluador estuvo conformado por académicos expertos en tecnología y salud, representantes del TecNM y profesionales de la industria.

A.1.9. Documentación comprobatoria

1. Convocatoria Nacional. Primer Foro de la Agenda Estratégica de la Salud del TecNM
2. Carta de aceptación de la investigación
3. Carta de pase a la fase nacional
4. Invitación al Foro de Ponencias de la Agenda de la Salud
5. Reconocimiento del TecNM de la participación como ponente en el Primer Foro Nacional de la Agenda Estratégica de la Salud
6. Publicación de investigación en el Catálogo de la Agenda de la salud del TecNM



Ciudad de México, a 28 de febrero de 2025

CONVOCATORIA NACIONAL

PRIMER FORO DE LA AGENDA ESTRATÉGICA DE LA SALUD DEL TECN

Introducción.

El Tecnológico Nacional de México (TecNM) invita a sus instituciones a participar en el Primer Foro de la Agenda Estratégica de la Salud. Este evento tiene como objetivo fomentar el intercambio de conocimientos, experiencias y soluciones innovadoras en el campo de la salud, promoviendo el desarrollo de proyectos que impacten positivamente a nivel nacional. A través de este foro, se busca fortalecer la colaboración entre estudiantes, docentes e investigadores, incentivando la aplicación de tecnologías, metodologías y estrategias que contribuyan a la mejora de la salud en México.

Dirigido a:

- Estudiantes, docentes y grupos de investigación pertenecientes a los institutos tecnológicos del TecNM que estén desarrollando proyectos relacionados con el sector salud.

Categorías de Participación.

Los proyectos presentados deberán inscribirse en una de las siguientes categorías:

1. Innovación Tecnológica

- Desarrollo de dispositivos médicos.
- Aplicaciones de inteligencia artificial en salud.
- Tecnologías emergentes para la atención sanitaria.
- Soluciones digitales y plataformas tecnológicas en salud.





2. Investigación Aplicada

- Estudios en biomedicina y biotecnología.
- Proyectos de ingeniería aplicada a la salud.
- Análisis de datos para la mejora de sistemas de salud.
- Medición de factores Psicosociales (Salud Mental).
- Estrategias de prevención y control de enfermedades.

3. Impacto Social

- Proyectos de salud comunitaria.
- Iniciativas para la inclusión y accesibilidad en servicios de salud.
- Estrategias para mejorar la calidad de vida de poblaciones vulnerables.
- Programas de educación en salud.

Requisitos de Participación.

Para postularse, los participantes deberán presentar la siguiente documentación:

1. Formulario de inscripción debidamente completado, que se podrá bajar de <https://forms.office.com/r/Y49kHdbUKj>
2. Resumen del proyecto (máximo 500 palabras), incluyendo:
 - Título del proyecto. Breve y claro, reflejando el propósito del estudio.
 - Objetivo y justificación. ¿Qué problema aborda el proyecto? ¿Por qué es importante? ¿Qué beneficios se esperan?
 - Resultados o impacto. Detalle de los logros, su viabilidad y contribución en la salud.
 - Vinculación con la Agenda Estratégica de la Salud del TecNM. ¿Cómo se relaciona el proyecto con los objetivos de la agenda institucional?
3. Video explicativo (máximo 2 minutos) que describa de manera clara el proyecto.
4. Carta de aval firmada por el director del instituto tecnológico de procedencia.

Fechas Clave.

Publicación de la convocatoria: 28 de febrero de 2025

Cierre de inscripciones: 07 de marzo de 2025

Revisión y evaluación de proyectos: Del 07 al 19 de marzo de 2025

Confirmación de aceptación de proyectos: 20 y 21 de marzo de 2025

Realización del foro: 10 y 11 de abril de 2025





Evaluación y Selección.

Los proyectos serán evaluados por un comité de expertos en cada categoría, considerando los siguientes criterios:

1. Relevancia y pertinencia del proyecto en el sector salud (30%).
 - ¿El problema abordado es significativo y relevante en el contexto de la salud?
 - ¿La solución propuesta responde de manera efectiva a una necesidad específica?
2. Innovación y originalidad de la propuesta (30%).
 - ¿El proyecto introduce un enfoque novedoso o utiliza tecnologías de vanguardia?
 - ¿En qué se diferencia esta propuesta de otras existentes?
3. Impacto social o científico del proyecto(20%).
 - ¿Cómo beneficiará este proyecto a la sociedad o a la comunidad científica?
 - ¿Tiene potencial para escalarse o replicarse en otros contextos?
4. Viabilidad y aplicabilidad de la solución(10%).
 - ¿Es factible implementar el proyecto con los recursos disponibles?
 - ¿Se han identificado posibles obstáculos y estrategias para superarlos.
5. Calidad de presentación del video y la documentación(10%).
 - ¿El resumen del proyecto está bien estructurado y es claro?
 - ¿El video explicativo comunica de manera efectiva los puntos clave del proyecto?

Comité Evaluador.

El comité estará compuesto por:

- Académicos expertos en tecnología y salud.
- Representantes del TecNM.
- Profesionales de la industria.

Envío de Documentación.

Los documentos y el video explicativo deberán enviarse a través del siguiente medio:

Correo electrónico: agenda.salud@tecnm.mx

Asunto del correo: "Participación Foro Salud TecNM - [Nombre del Tecnológico]".





Reconocimientos.

Se otorgarán reconocimientos a los tres mejores proyectos de cada categoría. Además, los proyectos destacados podrán ser considerados para:

- Presentación en eventos nacionales e internacionales.
- Publicación en revistas especializadas del TecNM.
- Vinculación con instituciones y empresas del sector salud para su desarrollo y aplicación.

Informes y Contacto.

Para mayor información, dudas o aclaraciones, favor de comunicarse a:

Correo electrónico: agenda.salud@tecnm.mx

¡Participa y contribuye al desarrollo de la salud en México!

ATENTAMENTE

Excelencia en Educación Tecnológica®

RAMÓN JIMÉNEZ LÓPEZ

DIRECTOR GENERAL

TECNOLÓGICO NACIONAL DE MÉXICO

JSV/gg



2025
Año de
La Mujer
Indígena

Av. Universidad 1200, piso 5, sector 5-1, Col. Xoco, Alcaldía Benito Juárez, C.P. 03330
Ciudad de México. Tel. (55) 3600-2511, ext. 65050
e-mail: direccion@tecnm.mx www.tecnm.mx



Estimado(a) participante, reciba un cordial saludo. Agradecemos su valiosa participación en el Primer Foro de la Agenda Estratégica de la Salud. Su colaboración ha sido fundamental para el éxito del evento y para el intercambio de ideas en torno a la salud, la innovación y la investigación aplicada. Como parte de la sesión virtual, le solicitamos enviar un video con las características detalladas en este correo.

Para garantizar que todos los integrantes del proyecto "**PROTOCOLO DE ACTUACIÓN PARA CONTINGENCIAS SANITARIAS BASADO EN EL MODELO MATEMÁTICO SIR**" reciban el reconocimiento correspondiente, le pedimos registrar sus datos y los de su equipo a través del siguiente formulario:

Registro: <https://forms.office.com/r/fciTuLyz8q>

Favor de hacer llegar lo anterior a más tardar el próximo miércoles 26 de marzo del presente antes de las 12:00 hrs. (centro de México).

Su contribución ha sido clave para enriquecer este espacio de conocimiento e innovación. Esperamos contar con su presencia en futuras ediciones. Quedamos a su disposición para cualquier duda o comentario.

Atentamente

Jorge Santos Valencia

Secretario de Planeación, Evaluación y Desarrollo Institucional

Tecnológico Nacional de México

Estimados Investigadores:

Con el gusto de saludarles y conocedores de la importancia de su trabajo, solicitamos de su colaboración para integrar la información que contendrá el Catálogo del Foro de la Salud del TecNM. Nos interesa mucho que tus productos se encuentren aquí, por ello solicito incorpores al siguiente Drive tu carpeta con el ID_nombre del proyecto con la siguiente información:

En formato editable (.doc)

1. Nombre del Proyecto
2. Resumen del proyecto
3. Características principales
4. Nombre del IT y su logo

En formato de imagen (png.)

Cinco fotografías con las siguientes características:

Imágenes con un tamaño de 1920 x 1080 px, preferentemente tomadas con una cámara profesional o semi-profesional. Mientras cumplan con estas medidas, pueden ser utilizadas tanto como imagen de portada como dentro del catálogo.

Atentamente

Equipo Coordinador

Estimado(a) participante del 1er Foro de la Agenda Estratégica de la Salud, reciba un cordial saludo.

Por medio de la presente, nos complace extenderle una atenta invitación para participar de manera presencial, en compañía de un(a) alumno(a), en el evento de presentación de la Agenda de la Salud TecNM 2.0, el cual se llevará a cabo el próximo 26 de agosto en las instalaciones del Instituto Tecnológico de San Luis Potosí, perteneciente al TecNM.

En este evento, se presentará formalmente el documento de la Agenda de la Salud TecNM 2.0, que incluirá el catálogo completo de los proyectos presentados durante el 1er Foro de la Salud. Asimismo, se trabajará en la conformación de la Red Nacional de la Salud y se ofrecerá un taller de redacción de patentes, con el objetivo de dar continuidad y seguimiento a los proyectos previamente presentados.

Por motivos de logística, le solicitamos atentamente confirmar su asistencia y la de su alumno(a) a más tardar el viernes 8 de agosto, mediante el llenado del formulario disponible en el siguiente enlace:

🔗 <https://forms.office.com/r/gn9vDvVkZe>

Agradecemos de antemano su valiosa participación y compromiso con los temas estratégicos de salud dentro del Tecnológico Nacional de México.

Atentamente,

Comité Organizador Agenda de la Salud 2.0



Educación

Secretaría de Educación Pública



TECNOLÓGICO
NACIONAL DE MÉXICO®

EL TECNOLÓGICO NACIONAL DE MÉXICO

A TRAVÉS DE LA

SECRETARÍA DE PLANEACIÓN, EVALUACIÓN Y DESARROLLO

INSTITUCIONAL

OTORGA EL PRESENTE

RECONOCIMIENTO

A

Hugo Alfredo Carrillo Serrano

Por su participación como ponente en el **Primer Foro Nacional de la Agenda Estratégica de la Salud del TecNM**, celebrado los días 10 y 11 de abril de 2025, presentando la ponencia titulada:
"PROTOCOLO DE ACTUACIÓN PARA CONTINGENCIAS SANITARIAS BASADO EN EL MODELO MATEMÁTICO SIR"

JORGE SANTOS VALENCIA
SECRETARIO DE PLANEACIÓN, EVALUACIÓN
Y DESARROLLO INSTITUCIONAL

CIUDAD DE MÉXICO A, 11 DE ABRIL DE 2025



Educación

Secretaría de Educación Pública



TECNOLÓGICO
NACIONAL DE MÉXICO®

EL TECNOLÓGICO NACIONAL DE MÉXICO

A TRAVÉS DE LA

SECRETARÍA DE PLANEACIÓN, EVALUACIÓN Y DESARROLLO

INSTITUCIONAL

OTORGA EL PRESENTE

RECONOCIMIENTO

A

Liliana Lucia Flores Cepeda

Por su participación como ponente en el **Primer Foro Nacional de la Agenda Estratégica de la Salud del TecNM**, celebrado los días 10 y 11 de abril de 2025, presentando la ponencia titulada:

"PROTOCOLO DE ACTUACIÓN PARA CONTINGENCIAS SANITARIAS BASADO EN EL MODELO MATEMÁTICO SIR"

JORGE SANTOS VALENCIA
SECRETARIO DE PLANEACIÓN, EVALUACIÓN
Y DESARROLLO INSTITUCIONAL

CIUDAD DE MÉXICO A, 11 DE ABRIL DE 2025



Educación

Secretaría de Educación Pública



TECNOLÓGICO
NACIONAL DE MÉXICO®

EL TECNOLÓGICO NACIONAL DE MÉXICO

A TRAVÉS DE LA

SECRETARÍA DE PLANEACIÓN, EVALUACIÓN Y DESARROLLO

INSTITUCIONAL

OTORGA EL PRESENTE

RECONOCIMIENTO

A

Noelia Castillo Villanueva

Por su participación como ponente en el **Primer Foro Nacional de la Agenda Estratégica de la Salud del TecNM**, celebrado los días 10 y 11 de abril de 2025, presentando la ponencia titulada:
"PROTOCOLO DE ACTUACIÓN PARA CONTINGENCIAS SANITARIAS BASADO EN EL MODELO MATEMÁTICO SIR"

JORGE SANTOS VALENCIA
SECRETARIO DE PLANEACIÓN, EVALUACIÓN
Y DESARROLLO INSTITUCIONAL

CIUDAD DE MÉXICO A, 11 DE ABRIL DE 2025



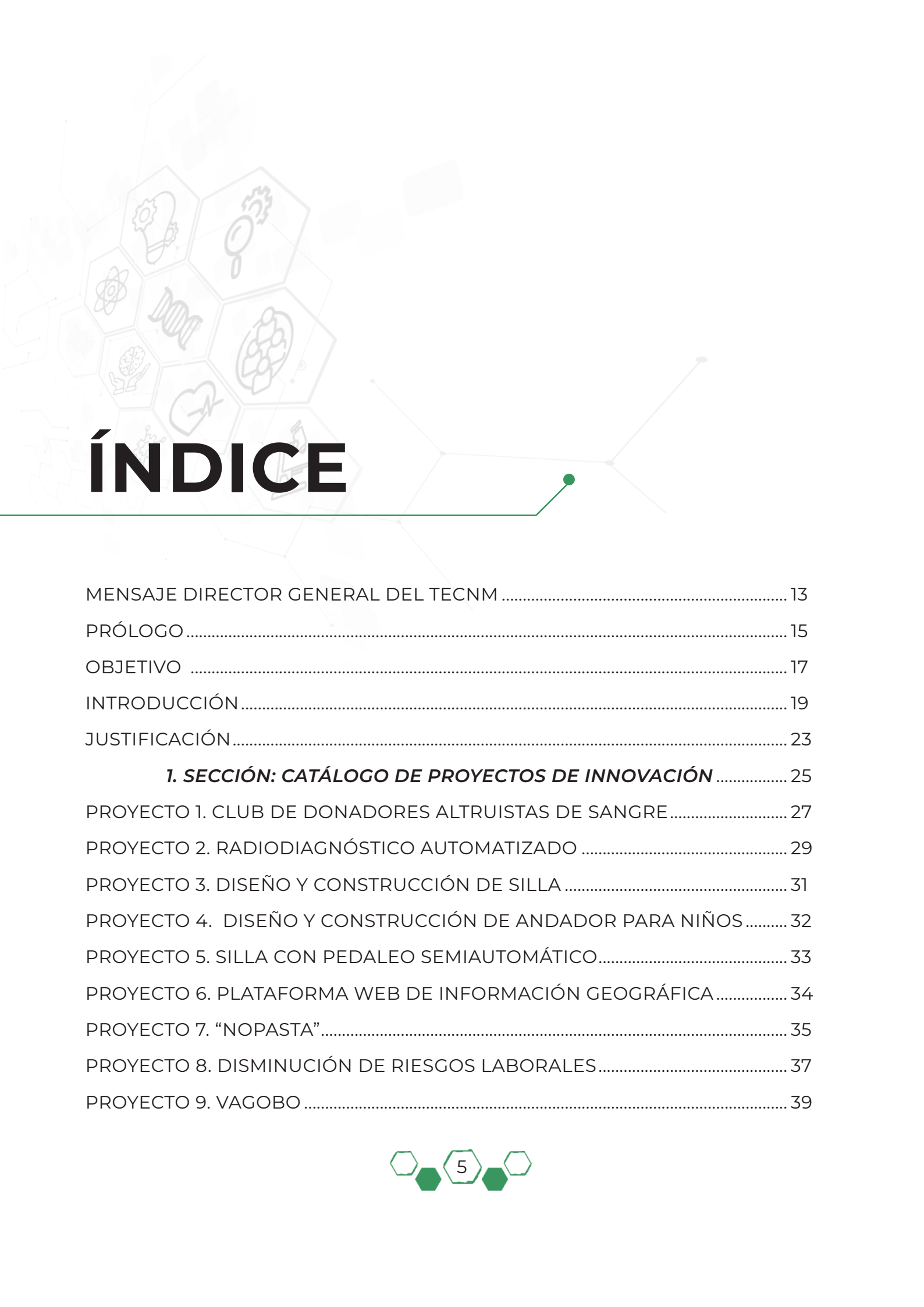


INNOVACIÓN CIENCIA E IMPACTO SOCIAL EN SALUD

PROYECTOS DESTACADOS

DEL TECNOLÓGICO NACIONAL
DE MÉXICO

*PRIMER FORO DE LA
AGENDA ESTRATÉGICA DE LA
SALUD 2025*



ÍNDICE

MENSAJE DIRECTOR GENERAL DEL TECNM	13
PRÓLOGO	15
OBJETIVO	17
INTRODUCCIÓN	19
JUSTIFICACIÓN	23
1. SECCIÓN: CATÁLOGO DE PROYECTOS DE INNOVACIÓN	25
PROYECTO 1. CLUB DE DONADORES ALTRUISTAS DE SANGRE	27
PROYECTO 2. RADIODIAGNÓSTICO AUTOMATIZADO	29
PROYECTO 3. DISEÑO Y CONSTRUCCIÓN DE SILLA	31
PROYECTO 4. DISEÑO Y CONSTRUCCIÓN DE ANDADOR PARA NIÑOS	32
PROYECTO 5. SILLA CON PEDALEO SEMIAUTOMÁTICO	33
PROYECTO 6. PLATAFORMA WEB DE INFORMACIÓN GEOGRÁFICA	34
PROYECTO 7. "NOPASTA"	35
PROYECTO 8. DISMINUCIÓN DE RIESGOS LABORALES	37
PROYECTO 9. VAGOBO	39

PROYECTO 30. CHOCONHEM	76
PROYECTO 31. ESPIRADOR AUXILIAR AUTOMÁTICO DE OXÍGENO.....	77
PROYECTO 32. AUSTIN-ITA	79
PROYECTO 33. XPRESSATEC.....	81
PROYECTO 34. DESARROLLO DE JACARANDA.....	83
PROYECTO 35. DOSYS (DONATION SYSTEM).....	85
2. SECCIÓN: MEMORIAS DE EVENTO	87
INVESTIGACIÓN 1. MÉDICA INNOV-AI	89
INVESTIGACIÓN 2. INTELIGENCIA ARTIFICIAL Y REDES NEURONALES CNN ..	90
INVESTIGACIÓN 3. EFECTO TERAPÉUTICO Y ANTICANCERÍGENOS.....	92
INVESTIGACIÓN 4. DETERMINACIÓN NIVEL DE RIESGO PSICOSOCIAL.....	94
INVESTIGACIÓN 5. DESARROLLO DE BOTANAS A PARTIR DE MAÍZ AZUL.....	95
INVESTIGACIÓN 6. HERRAMIENTA PARA RECUPERACIÓN EMOCIONAL.....	96
INVESTIGACIÓN 7. SISTEMA EXPERTO DE ANÁLISIS DIGITAL	97
INVESTIGACIÓN 8. SISTEMA DE DIAGNÓSTICO HUELLA PLANTAR.....	99
INVESTIGACIÓN 9. MEDICIÓN FALTA DE ACCESO A LA ALIMENTACIÓN	101
INVESTIGACIÓN 10. ACTIVACIÓN DE BACTERIAS CONGELADAS	103
INVESTIGACIÓN 11. FACTORES ERGONÓMICOS Y LA CALIDAD DE VIDA.....	105
INVESTIGACIÓN 12. ANÁLISIS DE LOS FACTORES DE IDEACIÓN SUICIDA	106
INVESTIGACIÓN 13. INHIBICIÓN DE CRECIMIENTO DE BACTERIAS	108

INVESTIGACIÓN 14. ANÁLISIS DE MALFORMACIONES OCULARES.....	109
INVESTIGACIÓN 15. SISTEMA DE DIAGNÓSTICO DE CÁNCER.....	111
INVESTIGACIÓN 16. SISTEMA INTELIGENTE PARA DETECCIÓN TEA.....	113
INVESTIGACIÓN 17. VIGILANCIA POST-VERIFICACIÓN	115
INVESTIGACIÓN 18. POTENCIAL DE PLANTAS ALIMENTICIAS.....	116
INVESTIGACIÓN 19. EVALUACIÓN IN VIVO	118
INVESTIGACIÓN 20. PROGRAMA DE SALUD SOCIOEMOCIONAL	119
INVESTIGACIÓN 21. PROTOCOLO DE ACTUACIÓN PARA CONTINGENCIAS ...	121
INVESTIGACIÓN 22. EFECTO ANSIOLÍTICO	122
INVESTIGACIÓN 23. FORMACIÓN DE BIOMATERIALES.....	124
INVESTIGACIÓN 24. LA IMPORTANCIA DE LAS BACTERIOCINAS.....	125
INVESTIGACIÓN 25. COADMINISTRACIÓN DE NANOPARTÍCULAS.....	127
INVESTIGACIÓN 26. DISEÑO DE SISTEMA DE APOYO.....	128
INVESTIGACIÓN 27. ESTABILIZACIÓN DE RESIDUOS	129
INVESTIGACIÓN 28. SISTEMA DE APOYO A LAS DECISIONES CLÍNICAS	130
INVESTIGACIÓN 29. EFECTO CITOTÓXICO.....	132
INVESTIGACIÓN 30. DESARROLLO DE PROTOCOLOS DE PCR	133
INVESTIGACIÓN 31. REVERSIÓN DE LA INFERTILIDAD.....	135
INVESTIGACIÓN 32. IMPACTO DE LOS FACTORES SOCIODEMOGRÁFICOS....	137
INVESTIGACIÓN 33. JUSTIC-IA	139

2. SECCIÓN
MEMORIAS
DEL EVENTO



INVESTIGACIÓN 21.

UN PROTOCOLO DE ACTUACIÓN PARA CONTINGENCIAS SANITARIAS BASADO EN EL MODELO MATEMÁTICO SIR

AUTOR REPRESENTANTE:

- Liliana Lucía Flores Cepeda

ASESOR REPRESENTANTE:

- Hugo Alfredo Carrillo Serrano

RESUMEN

El presente trabajo propone un protocolo de actuación ante emergencias sanitarias en instituciones del TecNM, integrando un modelo matemático SIR para el análisis y predicción de enfermedades respiratorias en comunidades estudiantiles. Este protocolo establece acciones preventivas y correctivas, define las responsabilidades del comité de salud y especifica procedimientos de monitoreo y registro de datos. Entre sus principales innovaciones se encuentra el uso del modelo SIR para la estimación del número de reproducción básico R_0 y la generación de predicciones epidemiológicas, permitiendo una toma de decisiones informada.

El protocolo, alineado con las recomendaciones institucionales y normativas de salud, facilita el control de contagios mediante la identificación temprana de casos, el registro de reincorporaciones y la supervisión de reinfecciones. Su implementación es altamente viable, pues solo requiere una comisión de salud y herramientas computacionales básicas. Esta propuesta representa una estrategia innovadora y eficaz para la gestión de contingencias sanitarias en instituciones educativas, con el potencial de mejorar la respuesta ante brotes epidémicos y minimizar su impacto en la comunidad.

Bibliografía

- [1] AGUILAR, L. E. B., RUGERIO, G. A. R., AND BALANDRA, E. M. P. Gestión de programas educativos acorde a la norma iso 21001y al marco de referencia 2018 del cacei. *Revista IPSUMTEC* 5, 4 (2022), 26–31.
- [2] CHOWELL, G., NISHIURA, H., AND BETTENCOURT, L. M. Comparative estimation of the reproduction number for pandemic influenza from daily case notification data. *Journal of the Royal Society Interface* 4, 12 (2007), 155–166.
- [3] CRUZ, C. A., GONZÁLEZ, S. M., DE LEÓN, C. V. C., AND CASTILLO, L. F. Estrategia institucional y aprendizaje en línea de estudiantes universitarios en México durante pandemia por covid-19. *Bolentín de Coyuntura*, 35 (2022), 36–44.
- [4] DE LA TORRE, R. La educación ante la pandemia de covid-19. vulnerabilidades, amenazas y riesgos en las entidades federativas de México. *Centro de Estudios Espinosa Yglesias. Documento de trabajo*, 04 (2021).
- [5] GARCÍA, J. D. A., ET AL. Desafíos para las mipymes. transición hacia la nueva normalidad.
- [6] GUTIÉRREZ, J. M., AND VARONA, J. L. Análisis de la posible evolución de la epidemia de coronavirus covid-19 por medio de un modelo seir. *Departamento de Matemáticas y Computación Universidad de La Rioja* (2020).
- [7] HERNÁNDEZ, G., ARCOS, J. L., AND SEVILLA, J. J. Gestión de la calidad bajo la norma iso 9001 en instituciones públicas de educación superior en México. *Calidad en la educación*, 39 (2013), 81–115.
- [8] HERNÁNDEZ MONDRAGÓN, A. R., ET AL. Covid-19: el efecto en la gestión educativa.
- [9] LÓPEZ, E. M. G. Los fundamentos de la filosofía kaizen en la gestión estratégica de la educación, para la mejora de la calidad autores e información del artículo.
- [10] NAVARRO-ROBLES, E., MARTÍNEZ-MATSUSHITA, L., LÓPEZ-MOLINA, R., FRITZ-HERNÁNDEZ, J., FLORES-ALDANA, B. A., AND MENDOZA-PÉREZ, J. C. Modelo

- para estimación del comportamiento epidémico de la influenza a (h1n1) en México. *Revista Panamericana de Salud Pública* 31 (2012), 269–274.
- [11] PÚBLICA, E. Secretaría de educación pública, 1978.
- [12] RODRIGUES, H. S. Application of sir epidemiological model: new trends. *arXiv preprint arXiv:1611.02565* (2016).
- [13] SALIMIPOUR, A., MEHRABAN, T., GHAFOUR, H. S., ARSHAD, N. I., AND EBADI, M. Retracted: Sir model for the spread of covid-19: A case study, 2023.
- [14] ZAMUDIO, M. R. V., PARTIDA, J. D., ROMERO, H. P., AND URIBE, R. I. C. Gestión estratégica aplicada en los centros educativos de modalidad presencial ante la pandemia del covid-19 para la impartición de clases en línea en México: un caso de estudio. *Estudios de Administración* 28, 1 (2021), 182–200.