



# GACETA

# DEL INSTITUTO DE INGENIERÍA, UNAM



NÚMERO 148, MAYO - JUNIO 2021  
ISSN 1870-347X

Video monitoreo  
del sargazo  
en Puerto Morelos

Incorporación de  
los ecosistemas  
en las soluciones  
de ingeniería costera

Simulación  
de la falla por licuación  
en presas de Jales

Guía de ventilación  
en espacios cerrados

# EDITORIAL

Este tercer bimestre de 2021, ha significado un periodo de grandes cambios internos y externos a la UNAM, que marcan el comienzo del retorno a la nueva normalidad. Desde mayo, con semáforo epidemiológico color amarillo y posteriormente, verde en varios estados del país, iniciamos el regreso paulatino de la comunidad universitaria a las instalaciones para realizar actividades académicas y administrativas presenciales en un mayor porcentaje. También, se concluyó la vacunación de su personal contra la COVID-19. En el del Instituto de Ingeniería (IIUNAM), este regreso ha comenzado principalmente para nuestro personal no vulnerable, que realiza actividades esenciales y para estudiantes que efectúan trabajo de laboratorio que se encuentran en una etapa de sus estudios que el regreso les permitirá graduarse en tiempo y forma. En este contexto, en la segunda semana de junio retornaremos al IIUNAM con un aforo de 50% e iremos aumentando paulatinamente este porcentaje, hasta alcanzar el 100%. Lo anterior, cuando las autoridades centrales lo establezcan y se cuente con las condiciones sanitarias adecuadas para toda nuestra comunidad. En el Sistema de avisos del Instituto se han difundido más detalles sobre este tema.

El regreso a la nueva normalidad representa grandes retos, considerando los importantes avances tecnológicos de la cuarta revolución industrial (Industria 4.0) para la ingeniería y las consecuencias emocionales, económicas y sociales, provocadas por esta pandemia; retos que son más desafiantes considerando los paros estudiantiles que persisten hasta la fecha en varias facultades de la UNAM, con riesgo de pérdida del semestre en varias de ellas, además, los importantes cambios políticos que se verificarán en el país, por las elecciones federales que recientemente se llevaron a cabo.

Una acción que hemos preparado para apoyar a nuestra comunidad en el tema de atención emocional, son las bases de colaboración que celebraremos para el semestre 2021-1, con el grupo ESPORA de la Facultad de Psicología para desarrollar un Programa piloto de apoyo psicológico para nuestros estudiantes, o para el personal del IIUNAM que así lo desee. Les comento que estamos en proceso de revisión de los requerimientos de espacio y equipo necesarios para instrumentar este programa piloto.

Otra acción que hemos emprendido para enfrentar estos retos, es la organización de seis mesas redondas que, con motivo de la celebración del 65 aniversario, se realizarán el 17 y 24 de junio y el 01 de julio, en el que se conmemora el día del ingeniero. En estos eventos, nuestros exdirectores participarán como panelistas para compartirnos sus opiniones y perspectivas, sobre los desafíos que nuestro instituto afrontará de puntos estratégicos que debemos abordar y las acciones que habrá que emprender en el corto y mediano plazos, para seguir aportando de manera sobresaliente investigación e innovaciones que contribuyan al desarrollo del país, en un clima de igualdad de género y de ética profesional. En esas mesas redondas contaremos con la participación de tres importantes personalidades, expertos en los temas a abordar, como son la Dra. Georgina Izquierdo Montalvo, Directora General del Instituto Nacional de Electricidad y Energías Limpias (INEEL), la Dra. Juliana González, Profesora Emérita y ex directora de la Facultad de Filosofía y Letras, y el Dr. Enrique Fernández Fassnacht, Director General del Tecnológico Nacional de México. Los invito cordialmente a participar en estos eventos y a compartir sus opiniones y preguntas para enriquecer estos temas.

Adicionalmente, un factor que abonará también a sacar adelante estos retos, es el convenio de la Cátedra Abertis, firmado entre el Instituto de Ingeniería y el consorcio Abertis-Red Carretera de Occidente. Con base en este convenio, a través de la Dra. Angélica del Rocío Lozano Cuevas (Directora de esta Cátedra), a quien agradezco que haya aceptado esta responsabilidad, se organizará anualmente el proceso de selección de los ganadores de dos premios en las áreas de Gestión de la operación de infraestructuras y servicios de transporte, y de Seguridad Vial. Parte de los recursos que se tengan a través de este convenio, también, se destinarán para realizar investigación de frontera en las dos áreas de los premios de la Cátedra. Estoy convencida que se lograrán resultados muy satisfactorios en materia de desarrollos e innovaciones, que emplearán las tecnologías de la Industria 4.0 y que se realizarán con los recursos aportados a través de este convenio.

**Dra. Rosa María Ramírez Zamora**  
Directora - Instituto de Ingeniería, UNAM

## UNAM

Rector  
**Dr. Enrique L. Graue Wiechers**  
Secretario General  
**Dr. Leonardo Lomeli Vanegas**  
Secretario Administrativo  
**Dr. Luis A. Álvarez-Icaza Longoria**  
Secretario de Desarrollo Institucional  
**Dr. Alberto Ken Oyama Nakagawa**

Secretario de Prevención, Atención y Seguridad Universitaria  
**Lic. Raúl Arcenio Aguilar Tamayo**  
Abogada General  
**Dra. Mónica González Contró**  
Coordinador de la Investigación Científica  
**Dr. William H. Lee Alardín**  
Director General de Comunicación Social  
**Mtro. Néstor Martínez Cristo**

## IIUNAM

Directora  
**Dra. Rosa María Ramírez Zamora**  
Subdirector de Estructuras y Geotecnia  
**Dr. Efraín Ovando Shelley**  
Subdirector de Hidráulica y Ambiental  
**Dra. Rosa María Flores Serrano**  
Subdirector de Electromecánica  
**Dr. Arturo Palacio Pérez**  
Subdirector de Unidades Académicas Foráneas  
**Dr. Germán Buitrón Méndez**

Secretaría Académica  
**Dra. Norma Patricia López Acosta**  
Secretario Administrativo  
**Lic. Salvador Barba Echavarría**  
Secretario Técnico  
**Arq. Aurelio López Espíndola**  
Secretario de Telecomunicaciones e Informática  
**Ing. Marco Ambriz Maguey**  
Secretario Técnico de Vinculación  
**Lic. Luis Francisco Sañudo Chávez**

## GACETA DEL IIUNAM

Editor responsable  
**Lic. Verónica Benítez Escudero**  
Reportera  
**Lic. Verónica Benítez Escudero**  
Fotografías  
**Archivo Fotográfico del IIUNAM**  
Diseño  
**Lic. Oscar Daniel López Marín**  
Corrección de estilo  
**Gabriel Sánchez Domínguez**  
Distribución  
**Guadalupe De Gante Ramírez**

## GACETA DEL IIUNAM

Órgano informativo del Instituto de Ingeniería a través del cual se muestra el impacto de sus trabajos e investigaciones, las distinciones que recibe y las conferencias, los cursos y los talleres que imparte, reportajes de interés e información general. Se publica los días 10 de cada mes, con un tiraje de 1500 ejemplares. Número de Certificado de Reserva otorgado por el Instituto Nacional del Derecho de Autor: 04 2014 070409264300 109. Certificado de Licitud de Título: 13524. Certificado de Licitud de Contenido: 11097. Instituto de Ingeniería, UNAM, edificio Fernando Hiriart, Circuito Escolar, Ciudad Universitaria, Delegación Coyoacán, CP 04510, Ciudad de México. Tel. 56233615.

## VIDEO MONITOREO DEL SARGAZO EN PUERTO MORELOS

JAIME ARRIAGA, JANTIEN RUTTEN  
Y CHRISTIAN APPENDINI

El sargazo ha impactado fuertemente al Caribe Mexicano desde 2014. Sus implicaciones económicas, sociales, ecológicas y económicas han sido exploradas por académicos de la UNAM. Las especies de sargazo que afectan al Caribe Mexicano son algas flotantes que son transportadas por corrientes oceánicas desde América del Sur (Figura 1). Al llegar en grandes cantidades a la costa no se transmite luz al fondo marino, al descomponerse, cambia el pH del agua. La combinación de estos procesos afecta a los pastos marinos, arrecifes y a una parte de la fauna local.

En septiembre de 2015, Tonatiuh Mendoza, a través del Laboratorio de Ingeniería y Procesos Costeros de la Unidad Académica Sisal del Instituto de Ingeniería de la UNAM, instaló dos cámaras de video en el techo de la Unidad Académica de Sistemas Arrecifales del Instituto de Ciencias del Mar y Limnología de la UNAM en Puerto Morelos (Quintana Roo).

Las fotografías, tomadas cada hora con estas cámaras, nos permiten observar los arribazones de sargazo, llevar a cabo su monitoreo y cuantificar la cobertura del sargazo a través de cálculos matemáticos. Entrenamos a la computadora (machine learning) para que identifique automáticamente al sargazo en las imágenes, similar al sistema de multas de cámaras en la Ciudad de México.

Los parches de sargazo, que son acumulaciones de algas flotantes caracterizadas por un color café, son captados por las cámaras cuando están a menos de 500 metros de la playa, por simplicidad, los dividimos de acuerdo con su extensión (Figura 2). El inicio del monitoreo comenzó al final de los arribazones en 2015, al siguiente año no se detectaron parches, sin embargo, desde 2017 se han experimentado llegadas de sargazo constantemente, en particular en 2018 y 2019, cuando se observaron grandes cantidades. Además, no sólo ocurren en primavera y verano (que es la creencia popular), sino también en invierno y otoño. En 2020 disminuyó la cantidad a niveles de 2017.

El viento y el oleaje empujan a los parches hacia la costa, eventualmente, depositan al sargazo sobre la arena. Podemos visualizar todo lo que ha ocurrido en estos cinco años en una sola imagen. Primero tomamos la columna 100 de la imagen del día uno y la colocamos en la primera columna de la nueva imagen; después, tomamos la columna 100 de la imagen del día dos y la colocamos en la segunda columna de la nueva imagen, así, sucesivamente hasta llegar a diciembre de 2020 (Figura 3). Es similar a cortar una rebanada fina de pastel, al verla de lado, la parte superior, la del merengue representa el primer día y la base representa el último día.



Figura 1. Esquema de las zonas de origen del sargazo

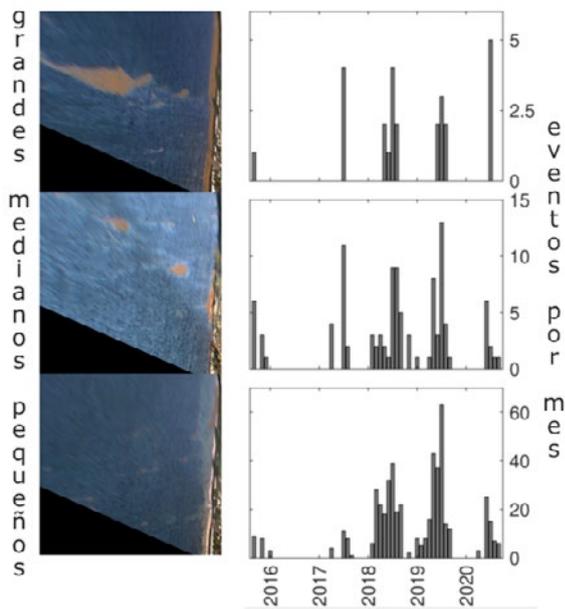


Figura 2. Ejemplos de parches de sargazo y eventos por mes de acuerdo con su tamaño

En la Figura 3 se aprecian cuatro zonas, en la parte superior está el agua, que cambia de azul a café oscuro en temporadas de arribazones de sargazo. Después, hay una región blanca que representa el vaivén del oleaje y es un indicativo de los cambios en la posición de la costa. Al terminar esta región blanca se encuentra la playa que cuando hay sargazo encallado toma un color casi negro. En la práctica no sólo hay sargazo, sino también pasto marino que es arrancado por el oleaje del fondo marino. En la parte inferior se encuentra la vegetación de la duna que es caracterizada por un color verde. En el invierno la playa retrocede porque aumenta la energía del oleaje, también, en esta temporada se aprecian momentos donde la cobertura de sargazo disminuye. Posteriormente, con oleaje menos energético durante verano la playa se recupera. Es importante notar que hay sargazo cubriendo parte de la playa durante la mayor parte del tiempo, incluso en meses sin parches.

La acumulación de sargazo está relacionada con las corrientes que se presentan dentro del arrecife dominadas por el oleaje y por el viento. El oleaje al romper sobre el arrecife libera energía empujando agua hacia la costa, creando una

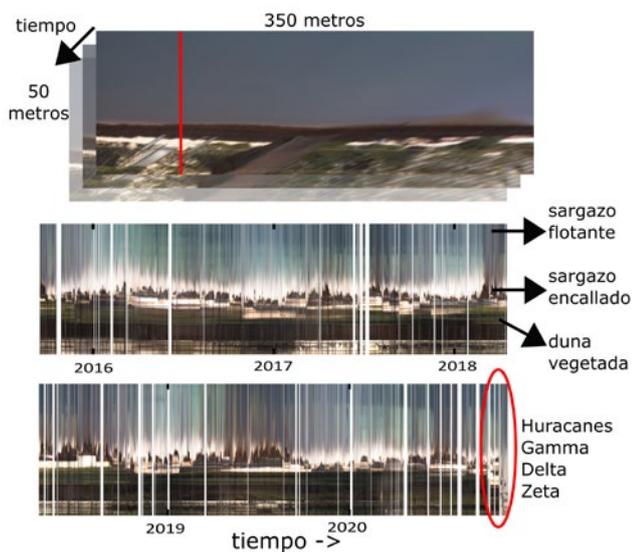


Figura 3. Hilera de pixeles, señalada por la línea roja, extraída a lo largo del tiempo (superior). Evolución en el tiempo de dicha hilera (inferior)



Figura 4. Fotografías antes, durante y después del huracán Zeta

sobre elevación del mar que tiene que escapar en forma de corriente a través de las bocas arrecifales. Entre más energético sea el oleaje, mayor es la corriente y mayor la probabilidad de que expulse al sargazo del sistema. Detectamos varias tormentas que fueron capaces de tomar sargazo de la playa pero que volvió a encallar en su mayoría debido a oleaje de baja energía, una vez que la tormenta pasó. Sin embargo, la serie de huracanes (Gamma, Delta, Zeta) que tocaron tierra en octubre de 2020, provocaron oleaje y corrientes muy fuertes que fueron capaces de expulsar en su totalidad al sargazo del sistema. No solo eso, Zeta desprendió la vegetación de la duna e incluso un mallado que delimita el terreno de la Unidad Académica.

Con esta investigación mejoramos el entendimiento de la variación temporal del sargazo y de su interacción con el sistema arrecifal de Puerto Morelos, lo que permitirá diseñar planes de manejo costero efectivos. La colocación de cámaras en diferentes ambientes, como Cancún, pueden ayudar a evaluar tanto la efectividad de las barreras que evitan la llegada del sargazo a la costa, como la variabilidad del sargazo en el Caribe, así, sustentar la inversión para su aprovechamiento.

El equipo de trabajo incluye a Edgar Escalante Mancera, Leonardo Montoya, Gonzalo Martín, Juan Alberto Gómez, Miguel Ángel Gómez Reali y a los autores de este artículo. |

## MEDIDAS DE PROTECCIÓN EN EL TRABAJO EN EL MARCO DE LA COVID-19



Sharepoint  
Covid-19



Lineamientos  
IUNAM



Seguir los lineamientos establecidos por el IUNAM en el marco de la pandemia de COVID-19.



En el área del reloj checador al inicio y final de jornada mantener sana distancia (1.8 m) evitando aglomeraciones



Usar equipo de protección personal: cubrebocas en todo momento, careta y guantes en aquellas actividades que lo ameriten.



Lavado de manos constante o aplicación de gel hidroalcohólico



Usar ropa de trabajo: bata o camisola y zapatos de trabajo



En horarios de comida: Desinfectar las mesas, sillas, manijas, botones y superficies de los hornos de microondas, cafeteras y otros aparatos, respetar los aforos máximos permitidos de mesas y comedores

# INCORPORACIÓN DE LOS ECOSISTEMAS EN LAS SOLUCIONES DE INGENIERÍA COSTERA

VALERIA CHÁVEZ Y DEBORA LITHGOW

La zona costera, al ser la interfaz entre mar y tierra, sufre modificaciones en diferentes escalas de tiempo y espacio. Dichas modificaciones pueden tener su origen en episodios extremos, como huracanes, y en eventos crónicos, como el cambio climático. Estos eventos pueden ser resultado de los forzamientos del ciclo natural del sistema costero o ser inducidos y/o agravados por las actividades humanas. La suma de los efectos de dichas perturbaciones puede tener consecuencias no deseadas, por ejemplo: erosión y opresión costera, o la llegada masiva de sargazo como la registrada en los últimos años en las costas mexicanas.

La opresión costera es la imposibilidad de los ecosistemas de migrar y adaptarse debido a procesos en tierra (construcción de infraestructura turística y carretera, presas, cambio en el nivel freático, etc.) y en mar (cambio en el nivel medio del mar, presencia de estructuras de protección, cambios de patrones hidrodinámicos, etc.). En consecuencia, los ecosistemas se deterioran junto con los servicios que proveen, como la protección costera.

Cuando estos impactos representan un riesgo para los intereses humanos, ya sea ambientales, económicos y/o vidas humanas, se vuelve necesario implementar soluciones para mitigarlos. Tradicionalmente, si se trata de un daño en los ecosistemas, las regulaciones e intervenciones ambientales tienen como objetivo recuperar su salud, resistencia y resiliencia, que pueden llegar a competir con el aprovechamiento de la zona costera. En contraste, los principales objetivos de la ingeniería costera responden a factores socioeconómicos y políticos.

Para impulsar el desarrollo costero y la protección de las comunidades que habitan en estas zonas, se ha transitado hacia las soluciones basadas en ecosistemas que simultáneamente tienen tanto un enfoque ingenieril como uno ecológico, lo que permite alcanzar las metas de desarrollo sin comprometer el funcionamiento de los ecosistemas.

Este enfoque ha tomado impulso en diversas partes del mundo durante las últimas dos décadas, derivando en diversas políticas y guías que se alinean a la incorporación de los procesos naturales en ingeniería, por ejemplo, *Shoreline Management Plans* (Reino Unido, 2006), *Building with Nature*



Figura 1. Erosión costera y mala planeación de infraestructura turística en Pigeon Point, Trinidad y Tobago



Figura 2. Arribazones masivos de sargazo en Puerto Morelos, Quintana Roo

(Países Bajos, 2012), *Living shorelines* (EUA, 2016) y *Nature-based solutions* en Programa de la *International Union for Conservation of Nature*, recientemente renovado en 2021.

En particular, una alternativa basada en la naturaleza para la mitigación de la opresión costera, así como del riesgo por inundación y erosión, es la “infraestructura verde”. Tras su implementación, esta infraestructura busca conservar, o recuperar en caso necesario, los flujos de masa y energía que permiten la conectividad entre ecosistemas, su funcionamiento y resiliencia. Esto se logra con elementos naturales, seminaturales o artificiales que imitan funciones ecosistémicas para resolver el problema específico del proyecto, además de generar co-beneficios ecológicos y socioeconómicos (por ejemplo, incremento en la provisión de servicios de recreación y belleza escénica).

La selección de una solución exitosa dependerá de un diagnóstico adecuado que incluya un diseño resistente, resiliente y específico para el sitio a intervenir, dada la complejidad de los procesos costeros. Además, la solución deberá tomar en cuenta los recursos locales disponibles: ambientales (vegetación nativa y material local), humanos (mano de obra calificada), económicos, de tiempo y de espacio. Finalmente, este tipo de proyectos debe involucrar actores locales en sus diferentes etapas para garantizar su aceptación y monitoreo. Dada la diversidad de retos que deben enfrentarse, la infraestructura verde costera contempla una amplia gama de alternativas, que abarcan desde la conservación y restauración de los ecosistemas hasta el desmantelamiento y reubicación de estructuras que no están funcionando adecuadamente.

Con el objetivo de facilitar la implementación de la infraestructura verde costera, ésta puede dividirse en cuatro tipos según su grado de naturalidad. La infraestructura de mayor grado de naturalidad se ha clasificado como tipo 1 y la de menor grado como tipo 4. A continuación, una breve descripción de los cuatro tipos:

### **Tipo 1. Reclamación natural.**

La conservación o restauración del sistema son viables y pueden ir acompañadas de otras medidas para aumentar la salud y la resiliencia de los ecosistemas. En este tipo de infraestructura verde, el aprovechamiento de las ventanas de oportunidad (periodos libres de perturbaciones que permiten el establecimiento de vegetación) es clave para una implementación exitosa. Los proyectos de restauración de dunas son ejemplo de este tipo de infraestructura verde costera.

### **Tipo 2. Ecosistemas asistidos.**

Los ecosistemas se rehabilitan para recuperar la provisión de servicios ecosistémicos críticos como regulación de inundaciones y soporte. Estos proyectos no alcanzan el nivel de complejidad de los sistemas naturales conservados, cuyas características son tomadas como referencia en proyectos con mayor grado de naturalidad. Se permite que los procesos naturales modifiquen, hasta cierto punto, a los ecosistemas intervenidos para devolver al sistema a un funcionamiento más natural que requiera menos mantenimiento sin arriesgar la provisión de los servicios críticos objetivo. Un ejemplo de ecosistemas asistidos es la construcción de canales artificiales en un manglar degradado por la interrupción de flujos naturales (superficiales y subterráneos), favorecerá la recuperación de los flujos de materia y energía.

### **Tipo 3. Ingeniería mejorada con el uso de ecosistemas.**

Las medidas tradicionales de protección, tanto rígidas como blandas, se modifican para cambiar los procesos físicos (por ejemplo, la intensidad del oleaje y el transporte de sedimentos), produciendo indirectamente ciertos beneficios a procesos naturales que se mantienen o adaptan imitando a los ecosistemas naturales. Por ejemplo, una estructura puede actuar como puente entre dos zonas menos perturbadas, permitiendo la migración de especies, y podría ser colonizada, incrementando su rugosidad o estabilidad, dependiendo del caso. Rellenos de playa y arrecifes artificiales son medidas de este tipo de infraestructura verde, que han demostrado ser efectivas.

### **Tipo 4. Desmantelamiento/reubicación de estructuras.**

Las estructuras costeras, rígidas o blandas, se desmantelan para recuperar el sistema y avanzar hacia un funcionamiento más natural. Estas acciones suelen ir acompañadas de la reubicación de infraestructura en riesgo hacia lugares y condiciones más convenientes. Ante la falta de legislación adecuada, la infraestructura turística ha sido comúnmente construida sobre las playas y dunas, por lo que la reubicación hacia el interior, detrás de la zona de dunas, puede ser implementada para la recuperación del sistema.

Cualesquiera de estos cuatro tipos de infraestructura pueden ser implementados simultáneamente y deben considerar la necesidad de adaptación a lo largo del tiempo, misma que deberá determinarse a partir del monitoreo y la valoración de los cambios que el sistema vaya presentando como respuesta a la implementación de la infraestructura o de cambios en el entorno.

En el Caribe, gracias a la gran biodiversidad marina, es posible construir arrecifes artificiales. Estos son estructuras sumergidas multifuncionales construidas con elementos porosos para disipar la energía del oleaje y ayudar a controlar tanto inundaciones como procesos de erosión. Al mismo tiempo, los elementos pueden ser colonizados por corales que sirven como refugio para peces y otras especies. Por tanto, tras un diseño y construcción adecuados, pueden considerarse como infraestructura verde tipo 3. En México, frente a las playas del hotel Now Jade en Puerto Morelos, Quintana Roo, un proyecto que incluye dos arrecifes artificiales de piezas de concreto fue iniciado en 2008. Esta construcción ha provisto servicios de regulación (atenuación del oleaje/marea de tormenta), de soporte (provisión de hábitat para corales y peces) y culturales (la playa recuperó su belleza escénica y el arrecife puede ser atractivo para actividades como el buceo recreativo).

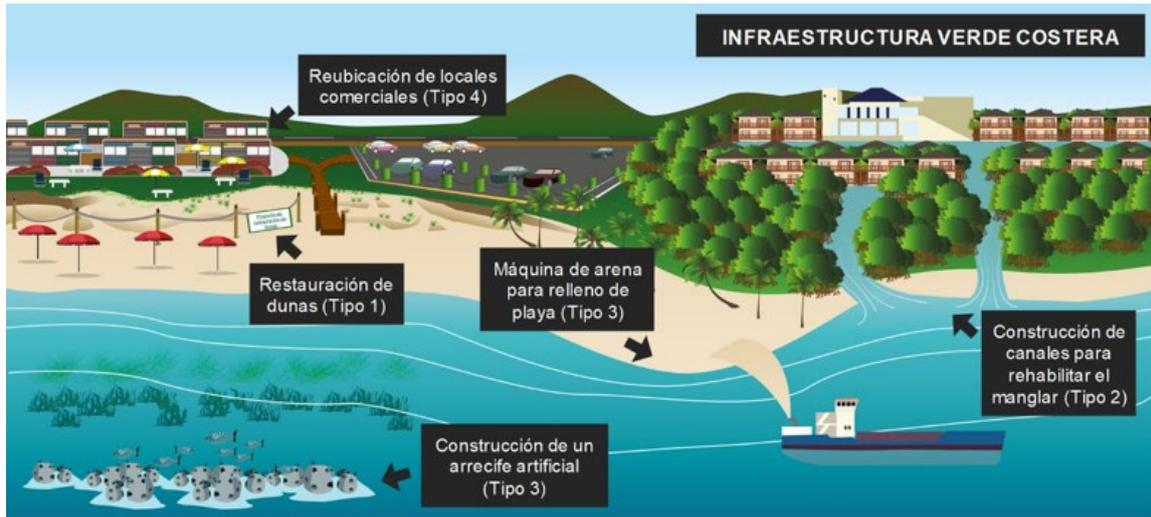


Figura 3. Ejemplos de los diferentes tipos de infraestructura verde costera



Figura 4. Arrecife artificial en República Dominicana (imágenes modificadas de Google Earth)



Figura 5. Dique de Hondsbossche, Países Bajos, intervenido en 2015 con un relleno de playa y construcción de dunas (imágenes modificadas de Google Earth)

Otro caso, iniciado en 1999, se localiza frente a los hoteles Gran Dominicus e Iberostar en República Dominicana, en el cual, se utilizaron piezas de concreto conocidas como *Reff Balls*<sup>™</sup> para construir el arrecife artificial. El monitoreo posterior a la construcción permitió incrementar la estabilidad de la playa y retener sedimento (<http://www.artificialreefs.org/ScientificReports/grandominicus/GranDominicus.htm>). Desde su construcción, el arrecife ha recibido mantenimiento y ha sido reubicado para mejorar su desempeño.

El dique de Hondsbossche, Países Bajos es un caso exitoso. Tras determinarse que este dique, que data de 1880, había dejado de cumplir con los estándares de seguridad, se diseñó una solución para incrementar la protección en el área. En 2015, bajo los lineamientos de *Building with Nature*, se construyó un sistema de playa y un sistema de dunas frente al dique, con un relleno de 30 millones de metros cúbicos de

arena (<https://www.ecoshape.org/en/pilots/hondsbossche-and-pettemer-sea-defence/>). Esta solución puede clasificarse como una infraestructura verde híbrida tipo 2 y 3, ya que no sólo tuvo como objetivo la colocación del relleno de arena para aumentar la protección contra inundaciones, sino que propició la conectividad entre los ecosistemas playa-duna y creó un nuevo espacio recreativo para la comunidad.

La infraestructura verde costera es una alternativa de solución dentro de la ingeniería, opción viable para el manejo del riesgo costero sin afectar a los ecosistemas, aprovechando los beneficios proporcionados por los mismos. Esto es de especial relevancia ante los retos que implican el crecimiento poblacional y el aumento del desarrollo de actividades humanas en la costa, sumado a los efectos del cambio climático tanto en los ecosistemas como las comunidades costeras. |

# SIMULACIÓN DE LA FALLA POR LICUACIÓN EN PRESAS DE JALES

MIGUEL A. MÁNICA,  
MARCOS ARROYO, ANTONIO GENS,  
EFRAÍN OVANDO-SHELLEY, EDUARDO BOTERO  
Y OSVALDO FLORES-CASTRELLÓN

En este trabajo se explora el uso de un modelo constitutivo basado en la teoría de estado crítico para la simulación numérica de la falla en presas de jales\* que involucren licuación de flujo. Se mencionan brevemente las características principales de la formulación, así como un procedimiento para facilitar la selección de los parámetros. La metodología propuesta se aplica a la simulación numérica de la falla de Merriespruit, una presa de jales de oro en Sudáfrica que colapsó en la década de los noventa.

## Falla de la presa Merriespruit y el fenómeno de licuación de flujo

El 22 de febrero de 1994, unas cuantas horas después de una lluvia muy intensa, una porción de la pared norte del compartimento 4A de la presa de jales de oro en Merriespruit, Sudáfrica, falló resultando en la movilización, alrededor de 600,000 m<sup>3</sup> de material que fluyeron en dirección del poblado causando la muerte de 17 personas y un desastre medioambiental. Una descripción detallada de la construcción de la presa, su operación y la falla, puede consultarse en Wagener (1997). Investigaciones posteriores al colapso determinaron que la falla se debió al desbordamiento del agua libre sobre los jales, debido a la lluvia, que causó la erosión de los taludes y desencadenó la falla generalizada de una porción de la presa. Particularmente, Fourie *et al.* (2002) propusieron que la erosión de los taludes fue el detonante para la ocurrencia del fenómeno de licuación de flujo.

El fenómeno de licuación de flujo es particularmente relevante en el problema de la estabilidad de presas de jales. La licuación de flujo, también conocida como licuación estática, es un fenómeno que exhiben algunos materiales contractivos

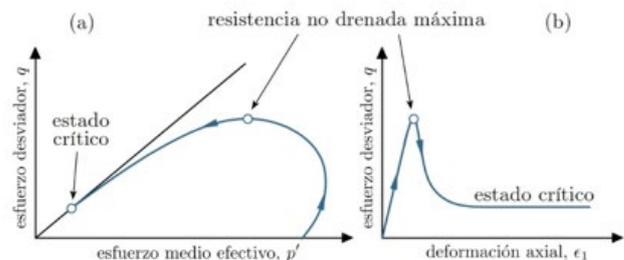


Figura 1. Reblandecimiento no drenado:  
a) trayectoria de esfuerzos y b) curva esfuerzo-deformación

cuando se someten a carga en condiciones no drenadas (o de drenaje parcial), donde la resistencia adquiere un valor máximo para después disminuir rápidamente hasta alcanzar la condición de estado crítico (Figura 1). Esta última está caracterizada por la distorsión del material sin cambio de volumen y sin cambio en los esfuerzos efectivos. La licuación de flujo conduce a estructuras geotécnicas frágiles, donde la falla puede propagarse a gran velocidad.

Este fenómeno se puede presentar cuando los jales se depositan en estado suelto y permanecen saturados. Numerosas fallas alrededor del mundo tienen su origen en la licuación de flujo y han sido la causa de la pérdida de numerosas vidas y desastres medioambientales.

Los análisis de estabilidad convencionales, basados en métodos de equilibrio límite, no están bien adaptados para incorporar un comportamiento frágil con reblandecimiento. Esto ha contribuido a que la frecuencia de ocurrencia de fallas en presas de jales sea significativamente mayor en comparación a otras estructuras geotécnicas similares, como las presas de almacenamiento de agua (Davies *et al.*, 2001). Otras alternativas para evaluar la estabilidad de estas estructuras, que comienzan a ganar mayor aceptación, son los análisis tenso-deformacionales a partir de métodos numéricos por ejemplo el método de elemento finito. En este tipo de análisis, la selección del modelo constitutivo para caracterizar el comportamiento de los jales es un aspecto fundamental.

\* Jales: residuos mineros producto de la trituración y molienda del mineral extraído después de recuperar los metales comerciales utilizando procesos físicos y químicos.

## Modelo constitutivo

Se utiliza una versión ligeramente modificada del modelo constitutivo Clay And Sand Model (CASM) (Yu 1998). CASM se desarrolló originalmente como una extensión de los modelos de estado crítico clásicos, por ejemplo, el Cam Clay modificado, incorporando explícitamente el concepto del parámetro de estado  $\psi$  (Been y Jefferies, 1985). Este último se define como la diferencia entre el volumen específico  $v$  y el volumen específico sobre la línea de estado crítico (CSL) para el mismo valor del esfuerzo medio efectivo  $p'$  (ver Figura 2).

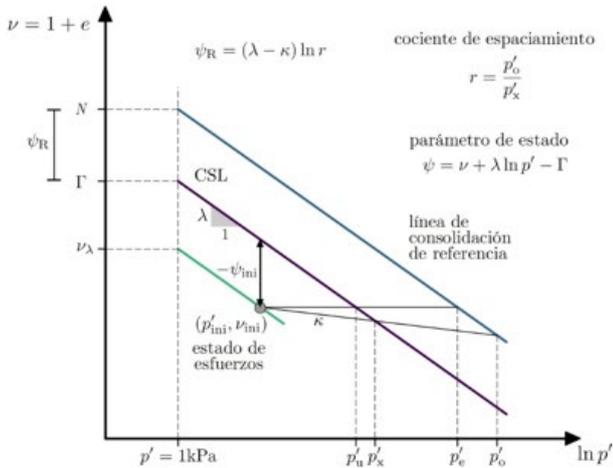


Figura 2. Definiciones en el modelo CASM (modificado de Yu, 1998)

El parámetro de estado proporciona información respecto al comportamiento esperado del material bajo esfuerzos desviadores. Si el parámetro de estado es negativo, el material exhibirá un comportamiento dilatante; si es positivo, exhibirá un comportamiento contractivo.

La función de fluencia del CASM se puede expresar como:

$$f = \left( \frac{q}{p' M_\theta} \right)^n + \frac{1}{\ln r} \ln \frac{p'}{p'_o} \quad (1)$$

donde  $q$  es un invariante del tensor de esfuerzo desviador,  $M_\theta$  es la pendiente de la CSL en el plano  $q$ - $p'$  (que depende del ángulo de Lode  $\theta$ ),  $p'_o$  es el esfuerzo de fluencia isótropo,  $n$  es un parámetro que controla la forma de la función de fluencia y  $r$  define la distancia entre la CSL y la línea de consolidación de referencia (ver Figura 2). La Figura 3 muestra la forma de la función de fluencia para diferentes valores de  $n$ . A diferencia del Cam Clay modificado, el estado crítico no necesariamente se alcanza en el punto más alto de la función. Esta característica es, precisamente, lo que permite el comportamiento de reblandecimiento no drenado que caracteriza el fenómeno de licuación de flujo. Más detalles de la formulación pueden consultarse en Yu (1998).

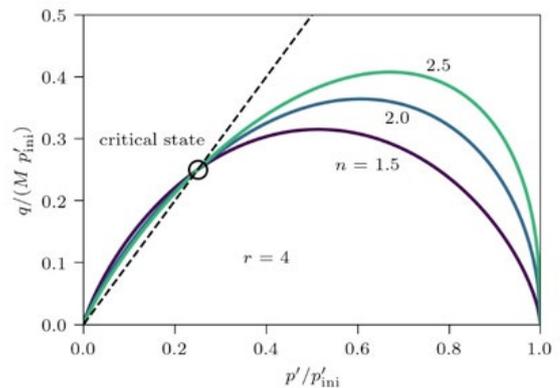


Figura 3. Superficie de fluencia normalizada del CASM para diferentes valores de  $n$  (modificado de Yu, 1998)

## Determinación de parámetros y aplicación a la falla de Merriespruit

Aunque gran parte de los parámetros necesarios del CASM pueden determinarse a partir de procedimientos de laboratorio bien establecidos; otros parámetros, como por ejemplo  $n$  y  $r$ , no tienen *a priori* un significado físico claro. En este trabajo se propone un procedimiento iterativo para su determinación en función de parámetros convencionales, de gran aceptación en la ingeniería geotécnica práctica. Los detalles de dicho procedimiento pueden consultarse en Mánica *et al.* (2021).

La hipótesis principal es que la resistencia no drenada pico  $s_{u\,pk}$  se puede caracterizar a partir del siguiente cociente, que es una constante para un suelo con cierto grado de preconsolidación:

$$Sp = \frac{s_{u\,pk}}{p'_{ini}} \quad (2)$$

donde  $p'_{ini}$  es el esfuerzo medio efectivo de consolidación *in situ*. Este enfoque, que hemos utilizado desde hace bastante tiempo para caracterizar la resistencia al corte no drenada en materiales arcillosos (normalmente se usa el esfuerzo vertical efectivo para la normalización), parece funcionar razonablemente para caracterizar la resistencia no drenada pico en materiales que exhiben el fenómeno de licuación de flujo (Mánica *et al.*, 2021), incluyendo los residuos mineros.

Con el uso de la metodología propuesta, los parámetros necesarios para caracterizar el CASM son los mostrados en la Tabla 1. El atractivo desde un punto de vista práctico es que todos los parámetros tienen un sentido físico claro, se pueden determinar con procedimientos de laboratorio y/o campo bien establecidos (Jefferies y Been 2016) sin la necesidad de ningún parámetro de ajuste en la ley constitutiva.

La metodología propuesta se aplicó a la simulación de la presa de jales de Merriespruit en Sudáfrica a través de un análisis bidimensional (deformación plana) de elemento finito.

Los detalles de la simulación pueden consultarse en Mánica *et al.* (2021). La erosión, causada por el desbordamiento del agua libre, se simuló retirando una pequeña porción del talud inferior, asumiendo condiciones no drenadas. Esto resultó en el desencadenamiento de la licuación, que se propagó rápidamente hasta formar una superficie de falla cinemáticamente admisible que permitió la movilización de una gran cantidad de material (Figura 4).

**Tabla1. Parámetros necesarios para caracterizar al CASM**

$\Gamma$	Valor de $v$ sobre la CSL para $p'=1$ kPa en un gráfico $v$ -ln $p'$
$\lambda$	Pendiente de la CSL en un gráfico $v$ -ln $p'$
$M$	Pendiente de la CSL en un gráfico $q$ - $p$
$\psi_{ini}$	Parámetro de estado inicial
$S_p$	Cociente de resistencia no drenada pico
$K_o$	Coefficiente de empuje de tierras en reposo
$\kappa$	Pendiente de descarga-recarga en un gráfico $v$ -ln $p'$
$\mu$	Relación de Poisson

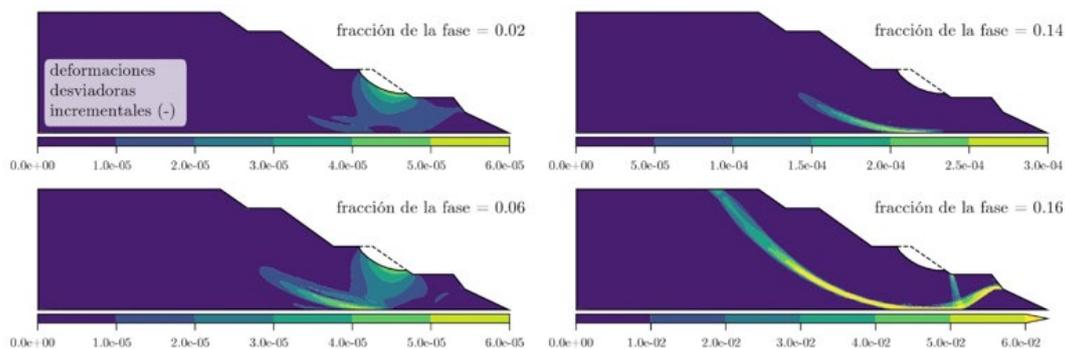


Figura 4. Contornos de deformaciones desviadoras incrementales después de la remoción del material erosionado

## Conclusiones

Este trabajo presenta la aplicación de un modelo constitutivo, basado en la teoría del estado crítico, en la simulación de la falla de la presa de jales mineros de Merriespruit. El modelo incorpora, de forma natural, el reblandecimiento bajo carga no drenada que caracteriza el fenómeno de licuación de flujo. Se propone también, una metodología para la determinación de los parámetros del modelo a partir de procedimientos de laboratorio y/o campos convencionales. Los resultados de la simulación confirman la hipótesis de Fourie *et al.* (2002), respecto a que la erosión de una porción relativamente pequeña del talud fue suficiente para desencadenar la licuación de flujo, la cual, se propagó hasta causar el colapso de una porción de la presa.

Es importante mencionar que el fenómeno de licuación de flujo sólo puede ocurrir en condiciones no drenadas o de drenaje parcial (tanto en el CASM como en la realidad). Aunque la simulación presentada asume una condición no drenada perfecta, el CASM es un modelo formulado en términos de esfuerzos efectivos que puede utilizarse, también, en simulaciones hidromecánicas acopladas. Esto permite su aplicación, por ejemplo, para explorar si la licuación de flujo puede ocurrir tomando en cuenta factores como tiempo de construcción, condiciones hidráulicas transitorias o interacciones atmosféricas, entre otros. Se espera que la generalización de este tipo de análisis contribuya a disminuir la frecuencia de ocurrencia de fallas en este tipo de estructuras. |

## Referencias

- Been, K. y Jefferies, M. G. (1985). "A state parameter for sands." *Geotechnique*, 35(2), 99–112.
- Davies, M.; Martin, D. y P. L. (2001). "Tailings dam stability-essential ingredients for success." *Slope stability in surface mining*. W. A. Hustrulid, M. K. McCarter y D. J. A. Van Zyl, eds., Society for Mining, Metallurgy, and Exploration, Inc., 365–378.
- Fourie, A. B.; Blight, G. E. y Papageorgiou, G. (2002). "Static liquefaction as a possible explanation for the Merriespruit tailings dam failure: Reply." *Canadian Geotechnical Journal*, 39(6), 1441–1442.
- Jefferies, M. y Been, K. (2016). *Soil liquefaction: A critical state approach*. CRC Press, Taylor & Francis, Boca Raton, FL, USA.
- Mánica, M.; Arroyo, M. y Gens, A. (2021). "Application of a critical state model to the Merriespruit tailings dam failure." *Proceedings of the Institution of Civil Engineers: Geotechnical Engineering*, (under review).
- Robertson, P.; de Melo, L.; Williams, D. J. y Wilson, G. W. (2019). "Report of the expert panel on the technical causes for the failure of Feijão Dam. Published online at <http://www.b1technicalinvestigation.com/>."
- Wagner, F. (1997). "The Merriespruit slimes dam failure: overview and lessons learned." *Journal of the South African Institution of Civil Engineering*, 39(3), 11–15.
- Yu, H. S. (1998). "CASM: a unified state parameter model for clay and sand." *International Journal for Numerical and Analytical Methods in Geomechanics*, 22(8), 621–653.



Figura 5. Toma aérea falla de Merriespruit



# GUÍA PRÁCTICA

## MEDIDAS PARA MEJORAR LA VENTILACIÓN EN ESPACIOS CERRADOS DE EDIFICACIONES EN CIUDAD UNIVERSITARIA DURANTE LA PANDEMIA POR COVID-19

### Instituto de Ingeniería UNAM

Guía compilada por: Dr. Armando González Sánchez

#### Antecedentes

Existe nueva evidencia de la transmisión aérea del SARS-CoV-2 a partir de aerosoles (Brief, 2020; Hathway *et al.* 2011; van Doremalen *et al.* 2020). El riesgo de transmisión aérea del SARS-CoV-2 por estas emisiones puede disminuir mediante la reducción de la concentración de estos aerosoles en el aire de interiores, mediante la promoción de una adecuada ventilación y una efectiva distribución del aire interior (Morawska, *et al.* 2021). **El distanciamiento social de al menos 1.8 m entre personas se debe seguir realizando, así como las medidas antisépticas (lavado frecuente de manos, uso de cubre bocas) se deben seguir observando.**

#### Guía práctica

La mayoría de las recomendaciones se basan en Ventilación NATURAL, la cual, ocurre ya sea por flotación, efecto chimenea o cambios en la presión del viento. También, se incluyen recomendaciones para sistemas de ventilación basados en aire acondicionado.

#### Recomendación Técnica (Montazami, 2018)

Acción	Descripción
1. Ventilación lateral	Abertura de ventanas/puertas de un solo lado del cuarto, tiene un efecto limitado sobre la ventilación natural de un espacio cerrado, estimando una profundidad ventilada del cuarto de 5.5 m. o 2 veces la altura del cuarto.
2. Ventilación cruzada	Ésta consiste en aberturas de puertas/ventanas en lados opuestos del cuarto, se estima una profundidad de ventilación de 15 metros o 5 veces la altura del cuarto.
3. Interconexión con zona ventilada	Consiste en abrir puertas de acceso o realizar cortes en vidrios fijos que conectan a pasillos/corredores ventilados.
4. Pre-ventilación	Abertura de ventanas o cualquier ventila 15 minutos antes de entrar al cuarto de reunión, especialmente si el cuarto fue ocupado por otras personas.
5. Aire acondicionado fijado a 100% de renovación	No se debe recircular el aire.
6. Cambio de velocidad de renovación de aire acondicionado	A velocidad nominal 2 h. antes de la apertura del edificio y bajar la velocidad después de 2 h. del uso del edificio. En las noches y fines de semana mantener la ventilación a baja velocidad.
7. Extracción de aire interior	Recomendado para volúmenes de cuarto pequeños (aproximadamente <math>40 \text{ m}^3</math>) para que los costos de inversión no sean altos.
8. Purificador de aire de interiores	Su finalidad es proveer de aire limpio con efecto similar al obtenido con la ventilación con aire exterior. Consiste en la instalación de equipo portátil que remueve materia particulada (<math>PM_{2.5}</math>), mediante filtros HEPA o MERV13, y refinamiento de la calidad del aire por la eliminación de posibles virus y bacterias remanentes mediante lámparas UV-C, las cuales quedan instaladas dentro del equipo portátil. Se debe realizar un mantenimiento periódico a estos equipos.

$PM_{2.5}$  = Materia Particulada con diámetro 2.5  $\mu\text{m}$ ; HEPA = Filtro de partículas de alta eficiencia; MERV13 = Filtro de partículas con un valor mínimo reportado de eficiencia, grado 13. UV-C = Lámparas de radiación ultravioleta ancho de banda C

### ¡Advertencia!

Cada espacio y operación de su **sistema de ventilación es ÚNICO** y requiere una determinación específica, sin embargo, se dan algunas recomendaciones generales que se pueden aplicar según las condiciones predominantes de los espacios cerrados.

A continuación, se realizan recomendaciones que plantean acciones sobre edificaciones existentes en Ciudad Universitaria para mejorar su ventilación, manteniendo bajos costos en su implementación.

#### EDIFICACIONES en Ciudad Universitaria (Escobedo et al., 2014) con espacios CERRADOS con acciones recomendadas para mejorar la ventilación

Jerarquía según área ocupada	Tipo de edificación e instalaciones	Recomendaciones (Número de acción, pueden aplicar todas o por lo menos contar con una de ellas)
I	Salones de Clase	1, 2, 3, 4
II	Edificios de ciencia e ingeniería y de profesores (AA, C)	1, 2, 3, 4, 5, 6
III	Oficinas (AA)	1, 2, 3, 4, 5, 6, 7
IV	Edificios de ciencias sociales y humanidades y de profesores (AA, C)	1, 2, 3, 4, 5, 6
V	Salones de Clase con Laboratorio (AA)	1, 2, 4, 5, 6
VI	Bibliotecas (AA)	1, 2, 3, 4, 5, 6, 8
VII	Cine, Auditorios y teatros (AA)	4, 5, 6, 8
VIII	Áreas de conservación y mantenimiento (AA)	1, 2, 3, 4, 5, 6
IX	Museos (AA)	4, 5, 6, 8
X	Unidades médicas (AA)	1, 2, 3, 4, 5, 6, 8
XI	Supermercado (AA)	4, 5, 6
XII	Restaurantes y cafeterías (AA)	4, 5, 6, 8
XIII	Edificio TV	1, 2, 3, 4
XIV	Edificio Bomberos	1, 2, 3, 4

AA. Aire acondicionado. C. Calefacción

#### Recomendación por tipo de subunidad en la edificación

Tipo de edificación e instalaciones	Recomendaciones (Número de acción, pueden aplicar todas o por lo menos contar con una de ellas)
Baños/sanitarios con ventanas	1, 2
Baños/sanitarios sin ventanas	7
Cubículos compartidos > 2 personas con ventanas	1, 2, 3
Cubículos compartidos > 2 personas sin ventanas	3, 4, 8
Pasillos con accesos a puertas y ventanas	2
Pasillos sin accesos a puertas y ventanas	7, 8

# VENTILACIÓN

en espacios cerrados durante la pandemia por **COVID-19**



Ventilación con aire exterior



Instalar un medidor de CO<sub>2</sub> con indicador de luz tipo semáforo



Operación de las unidades manejadoras de aire a 100% de renovación con aire exterior



Instrucción de docentes y administrativos sobre el adecuado uso del equipo de ventilación



Operación de la ventilación de recintos a su máxima capacidad durante su ocupación. La medición de CO<sub>2</sub> en el aire interior indicaría los momentos críticos para ventilar o evacuar



Abrir tantas ventanas como sea posible durante las horas de clase y asegure la ventilación durante las pausas



Encender la ventilación al menos dos horas antes y después de la ocupación del cuarto



Mantener la ventilación de los sanitarios 24 horas los 7 días de la semana y/o mantener las ventanas abiertas todo el tiempo

## Medidas adicionales

### 1 Riesgo de infecciones después del regreso

Durante la pandemia, el uso de muchos edificios e instalaciones fue muy reducido e incluso se inhabitaron. Las edificaciones que incluyen sistemas de aire acondicionado y calefacción, pudieron acumular dentro de sus conductos humedad que podría ser medio para crecimiento de microorganismos patógenos como la bacteria *Legionella pneumophila*, que puede provocar la enfermedad del legionario. Se recomienda, antes de restablecer los sistemas de aire acondicionado y calefacción, realizar limpieza y mantenimiento de los conductos y equipos (REHVA 2020) de acuerdo con los protocolos establecidos por los proveedores de los mismos.

---

### 2 Evaluación de la ventilación

Esta condición puede ser evaluada en habitaciones ocupadas con individuos por el uso de sensores de CO<sub>2</sub>, ya sea portátiles o permanentes en salones de clase, salas de reunión y/o auditorios. Se recomienda medir la concentración de CO<sub>2</sub> por una hora o más en salones de clase o salas de reunión o auditorios. Durante esta etapa de pandemia (semáforo rojo, naranja y amarillo) se recomienda establecer 800 ppmv (partes por millón volumen) como una condición de alerta a falta de ventilación, y mayor a 1000 ppmv una condición de alarma que requiere realizar una acción de ventilación inmediata (REHVA 2020), como ventilación mecánica o natural mediante ventilas, tiros o puertas de emergencia.

---

### 3 Recomendaciones de equipos purificadores de aire

Se recomienda el uso de purificadores de aire basados en filtros HEPA, adicionalmente y deseablemente con refinamiento del aire por la eliminación de posibles virus y bacterias remanentes mediante lámparas UV-C, las cuales quedan instaladas dentro del equipo portátil.

Estimación de Tamaño de cuarto (m <sup>3</sup> ) <sup>a</sup> o número de personas que lo ocupen <sup>b</sup>	Ejemplo de purificador de aire	Flujo a tratar (m <sup>3</sup> /h)	Costo aproximado (MX\$)
150 m <sup>3</sup> o 40 personas	<a href="https://es.trotec.com/shop/purificador-de-aire-de-la-habitacion-tac-v.html">https://es.trotec.com/shop/purificador-de-aire-de-la-habitacion-tac-v.html</a>	1200 <sup>a,b</sup>	110,000.00
550 m <sup>3</sup> o 146 personas	<a href="https://www.aircare.com.mx/producto/f116/">https://www.aircare.com.mx/producto/f116/</a>	4400 <sup>a,b</sup>	210,000.00
100 m <sup>3</sup> o 18 personas	En el IIUNAM existe un diseño previo de “purificador de aire de interiores” que incluye filtración HEPA o MERV13 y lámparas UV-C.	550 <sup>b</sup>	20,000.00 (prototipo, estimado crudo materiales y construcción)
120 m <sup>3</sup> o 4 personas	<a href="https://articulo.mercadolibre.com.mx/MLM-759383538-purificador-de-aire-rowenta-md-pu4020-filtro-hepa-silencioso-_JM#position=1&amp;type=item&amp;tracking_id=0dab7d91-84a0-4233-b0f1-4293f354adbe">https://articulo.mercadolibre.com.mx/MLM-759383538-purificador-de-aire-rowenta-md-pu4020-filtro-hepa-silencioso-_JM#position=1&amp;type=item&amp;tracking_id=0dab7d91-84a0-4233-b0f1-4293f354adbe</a>	127 <sup>b</sup>	6,500.00

a) Considerando una tasa de recambio de ocho veces por hora. b) Considerando una tasa aproximada de 30 m<sup>3</sup>/persona h (Real Decreto (España) 486/97). Nota. Son sólo ejemplos, sin ningún afán de promocionarlos, el IIUNAM no tiene ninguna responsabilidad sobre su funcionamiento

## Referencias

- Brief, S. (2020). SARS-CoV-2 and Potential Airborne Transmission. cdc. Org
- Montazami, A. (2018). BB 101: Guidelines on ventilation, thermal comfort, and indoor air quality in schools.
- Escobedo, A.; Briceño, S.; Juárez, H.; Castillo, D.; Imaz, M.; Sheinbaum, C. (2014). Energy consumption and GHG emission scenarios of a university campus in Mexico. Energy for sustainable development, 18, 49-57.
- Morawska, L. Allen, J.; Bahnfleth, W.; Bluyssen, P. M.; Boerstra, A.; Buonanno, G.; ... y Yao, M. (2021). A paradigm shift to combat indoor respiratory infection. Science, 372(6543), 689-691. 691.
- REHVA COVID-19 guidance document, August 3, 2020. [https://www.rehva.eu/fileadmin/user\\_upload/REHVA\\_COVID-19\\_guidance\\_document\\_V3\\_03082020.pdf](https://www.rehva.eu/fileadmin/user_upload/REHVA_COVID-19_guidance_document_V3_03082020.pdf).
- Van Doremalen, N.; Bushmaker, T. y Lloyd-Smith, J. O. (2020). Aerosol and surface stability of SARS-CoV-2 as compared with SARS-CoV-1. New England Journal of Medicine, 382(16), 1564-1567.
- Hathway, E. A.; Noakes, C. J.; Sleigh, P. A.; y Fletcher, L. A. (2011). CFD simulation of airborne pathogen transport due to human activities. Building and Environment, 46(12), 2500-2511.

# MEDIDAS DE SEGURIDAD EN EL IIUNAM



Continúa con las medidas de seguridad para reducir contagios y proteger a la población vulnerable.



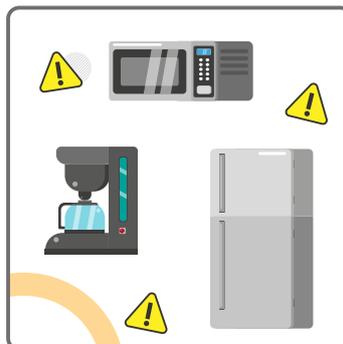
Si puedes trabajar a distancia ¡quédate en casa!



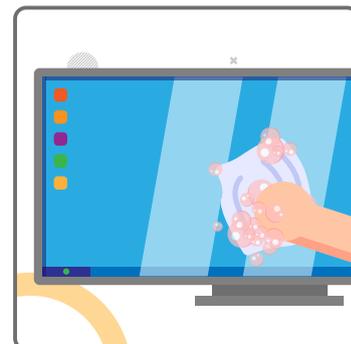
Debes portar tu gafete de identificación en todo momento y lugar.



El IIUNAM cuenta con 7 Filtrros de Seguridad Sanitaria, ubicados en los edificios 1, 2, 5, 6, 9, 12 y 17.



Dentro del IIUNAM, evita usar equipos compartidos.



Disminuye el riesgo de contagio desinfectando superficies y equipo de cómputo.



Utiliza los botes de basura para residuos de protección personal ubicados en sanitarios y en FSS.



Comunícate con el Responsable Sanitario si presentas síntomas de COVID-19 para dar seguimiento a tu caso.



El contenido de este material es responsabilidad de la Comisión Especial de Atención a Asuntos COVID-19 del IIUNAM.

# MEDIDAS DE SEGURIDAD EN EL IIUNAM



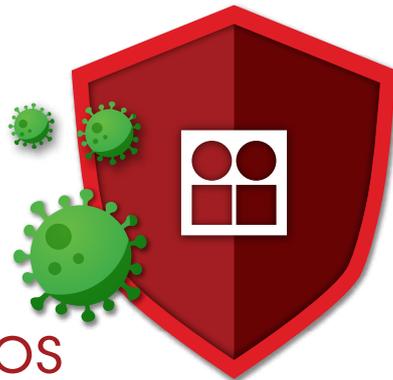
Prioriza la ventilación de interiores.



Todos deberán portar cubrebocas y seguir las medidas de protección.



Cuando acudas al sanitario, evita la dispersión de aerosoles dejando abajo la tapa del baño.



Juntos  
**prevenimos**  
la **COVID-19**

El contenido de este material es responsabilidad de la  
**Comisión Especial de Atención a Asuntos  
COVID-19 del IIUNAM.**

## CUADERNILLOS DE CARMEN MEDA

Es una nueva sección en la que presentaremos el material que Carmen Meda publicó en 1981 con el propósito de “facilitar a los autores la redacción de los trabajos y a la sección editorial la labor de corrección”.

De manera amigable, Carmen Meda nos muestra los errores de gramática, ortografía y redacción más frecuentes. Los cuadernillos han servido de apoyo durante muchos años al personal del IIUNAM, pero es bueno tenerlos a la mano para mejorar nuestra comunicación escrita. Este material aparecerá en la Gaceta IIUNAM sin seguir un estricto orden en cuanto a la numeración que les dio Carmen al momento de su publicación.

### CUADERNILLO 59

Las palabras son para traspasar en las orejas del auditor aquello que nosotros sentimos teniendo lo atento en lo que queremos decir.

*Gramática* (1492), Antonio de Nebrija

REDACTAR (comunicar pensamientos de manera ordenada mediante el lenguaje escrito).

#### Minucias

Para obtener una buena comunicación a través del lenguaje, hay que cuidar de todos los detalles. Veamos algunos ejemplos que lo comprueban:

\* *Van a talar los altos pinos del bosque*

\* *Van a talar los pinos altos del bosque*

Estas dos afirmaciones no dicen lo mismo. Según la primera, se talarán todos los pinos, cuya característica común es “ser altos”. La segunda señala que, del conjunto de pinos del bosque, únicamente se talará el subconjunto de los que son altos. La diferencia puede ser un número elevado de árboles.

\* *Participo en un proyecto de investigación*

\* *Participo en el proyecto de investigación*

En las oraciones anteriores se emplean sendos artículos que afectan el significado. Mientras el indeterminante habla de un proyecto cualquiera, no especificado, el artículo determinante hace referencia a un proyecto conocido, particular, único.

\* *El lunes decidió internarse*

\* *Decidió internarse el lunes*

En el primer caso, el lunes es el día en que alguien toma la decisión de internarse. En el segundo, el lunes es el día en que el sujeto se internará.

Como se ha podido observar, cualquier aparente nimiedad —algún cambio en la estructura gramatical, la adición u omisión de cierto elemento lingüístico— puede alterar el contenido de un párrafo. Nada en el lenguaje es despreciable.

\* *Hay demasiados programas, pero poco enriquecedores*

Aquí no funcionan el adverbio *demasiado* y la conjunción, *pero*. El primero tiene connotación negativa (*excesivos, más de los necesarios*), la cual es contrastada por la conjunción, *que*, a su vez, introduce otra idea negativa.

Por tanto, tendría sentido decir:

\* *Hay muchos programas, pero pocos enriquecedores*

O bien:

\* *Hay demasiados programas y poco enriquecedores*

Otros ejemplos:

\* *Aceptarán inscripciones hasta el 11 de abril próximo*

\* *No aceptarán inscripciones hasta el 11 de abril próximo*

De las oraciones precedentes, una advierte que el plazo para inscribirse concluye el 11 de abril, día en que, de acuerdo con la segunda oración, se inicia dicho periodo.

\* *Hago constar que conozco al señor X desde hace diez años, por lo que lo recomiendo para ese trabajo*

La razón para recomendar no puede ser exclusivamente conocer al señor X –aunque el conocimiento sea de diez años–; sin embargo, eso es lo que indica *por lo que*, expresión que estaría justificada si antes se hubiera mencionado, por ejemplo, las virtudes, conocimientos y experiencia del recomendado.

De una simple coma pueden depender importantes diferencias de significado:

*\* Espero que el jueves me entregue los ejercicios ya corregidos*

*\* Espero que el jueves me entregue los ejercicios, ya corregidos*

Si lo que desea para el jueves es recibir únicamente aquellos ejercicios que ya estén corregidos, debe emplearse la primera forma. Para pedir los ejercicios corregidos en su totalidad, es indispensable la coma. Ambos enunciados son gramaticalmente correctos, pero difieren sustancialmente en cuanto al fondo o contenido. Lo mismo puede observarse en los que siguen:

*\* El ingeniero hidráulico que se dedica a las obras de irrigación debe conocer los conceptos fundamentales de fisiología vegetal*

*\* El ingeniero hidráulico, que se dedica a las obras de irrigación, debe conocer los conceptos fundamentales de fisiología vegetal*

Según la expresión última, todos los ingenieros hidráulicos se dedican a obras de irrigación, lo cual es evidentemente erróneo.

Se corre el riesgo, si se descuidan los detalles, de expresar una idea solo parecida, o incluso opuesta, a la que se pretendía comunicar. Puede convertirse en falso algo que, bien escrito, sería verdadero:

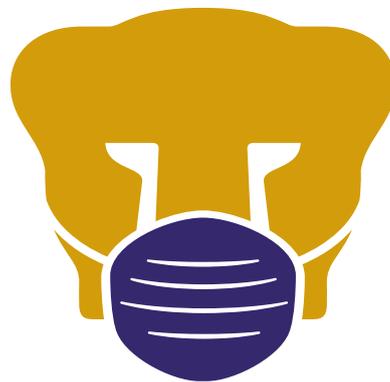
*\* Los paramécium que viven en el agua se alimentan de bacterias*

*\* Los paramécium, que viven en el agua, se alimentan de bacterias*

La primera aseveración contiene una falacia: suponer que hay *paramécium* que no habitan en el agua. La segunda es científicamente válida.

Se deben atender las minucias del lenguaje, no por prurito de elegancia u otras cuestiones puramente formales, sino fundamentalmente para decir lo que se quiere decir, asunto esencial cuando se trata de comunicación. |

PONTE  
PUNTA  
PONTE EL CUBREBOCAS





INSTITUTO  
DE INGENIERÍA  
UNAM

En el marco del 65 aniversario  
del Instituto de Ingeniería invitamos a su comunidad a la:

## Mesa Redonda



# Las ciudades y los nexos de agua, energía y ambiente

**Viernes 28 de mayo - 12:00 horas**

Evento vía streaming



### Programa

**Moderadora: Dra. Blanca Jiménez Cisneros**

Directora General de la Comisión Nacional del Agua (CONAGUA).

12:00-12:05 horas	<b>Bienvenida</b> por la Doctora Rosa María Ramírez Zamora	12:55-13:10 horas	<b>Presentación del segmento de "Ambiente"</b> por la Doctora Marina Robles García
12:05-12:10 horas	<b>Presentación de las y los participantes</b> por la Doctora Blanca Jiménez Cisneros	13:10-13:25 horas	<b>Presentación del segmento de "Nexos"</b> por la Sra. Michela Miletto
12:10-12:25 horas	<b>Presentación del segmento de "Ciudades"</b> por el Doctor Gian Carlo Delgado Ramos	13:25-13:35 horas	<b>Comentarios del Doctor Antonio Embid Irujo</b>
12:25-12:40 horas	<b>Presentación del segmento de "Agua"</b> por el Doctor Fernando González Villarreal	13:35-13:50 horas	<b>Sesión de preguntas y respuestas</b>
12:40-12:55 horas	<b>Presentación del segmento de "Energía"</b> por el Doctor Omar Masera Cerutti	13:50-13:55 horas	<b>Palabras de cierre</b> por la Doctora Blanca Jiménez Cisneros
		13:55-14:00 horas	<b>Clausura</b> por la Doctora Rosa María Ramírez Zamora



Sigue la transmisión en vivo a través de  
<https://streaming.iingen.unam.mx>



INSTITUTO  
DE INGENIERÍA  
UNAM

## RETOS A ENFRENTAR Y ACCIONES A DESARROLLAR EN EL CORTO Y MEDIANO PLAZOS

-La visión de los exdirectores-

Mesas redondas con motivo del 65 aniversario del IIUNAM

La bienvenida y la clausura de las mesas  
será por conducto de la Dra. Rosa María Ramírez Zamora

### Jueves 17 de junio - 12:00 horas

TEMAS DE INVESTIGACIÓN EN INGENIERÍA,  
CON VISIÓN DE LIDERAZGO Y PRESENCIA  
INTERNACIONAL PARA NUESTRO INSTITUTO

Presentación del tema  
**Dr. Luis Esteva Maraboto**

FOMENTO DE LA COLABORACIÓN  
ACADÉMICA MULTI E INTERDISCIPLINARIA  
EN MACRO PROYECTOS

Presentación del tema  
**Dr. Luis Esteva Maraboto**

INNOVACIÓN Y DESARROLLO TECNOLÓGICO  
EN INGENIERÍA PARA MEJORAR LA VINCULACIÓN  
Y APORTACIONES DEL IIUNAM (Contribución  
a la independencia tecnológica de México)

Presentación del tema  
**Dr. José Luis Fernández Zayas**

Moderadora de las tres mesas

**Dra. Georgina Izquierdo Montalvo**

Directora General del Instituto  
Nacional de Electricidad y Energías  
Limpias (INEEL)

### Jueves 24 de junio - 12:00 horas

ASPECTOS ÉTICOS DE LA INVESTIGACIÓN  
Y EL DESARROLLO EN INGENIERÍA PARA MEJORAR  
EL DESEMPEÑO DE LA COMUNIDAD ACADÉMICA  
DEL IIUNAM -EMPRESA Y CONSULTORÍA-

Presentación del tema  
**Dr. Sergio M. Alcocer Martínez de Castro**  
**Dr. Adalberto Noyola Robles**

Moderadora de las dos mesas

**Dra. Juliana González Valenzuela**

Profesora Emérita  
y ex directora de la Facultad  
de Filosofía y Letras UNAM

IGUALDAD DE GÉNERO, INCLUSIÓN  
Y REPRESENTATIVIDAD EN EDUCACIÓN  
E INVESTIGACIÓN

Presentación del tema  
**Dr. Francisco J. Sánchez Sesma**

### Jueves 01 de julio - 12:00 horas

CÓMO MEJORAR  
LA FORMACIÓN EN INGENIERÍA

Presentación del tema  
**Dr. Luis A. Álvarez-Icaza Longoria**

Moderador

**Dr. Enrique Fernández Fassnacht**

Director General del Tecnológico  
Nacional de México

### PARTICIPANTES EN LAS SEIS MESAS REDONDAS

Dr. Daniel Reséndiz Núñez | Dr. Luis Esteva Maraboto | Dr. José Luis Fernández Zayas | Dr. Francisco J. Sánchez Sesma  
Dr. Sergio M. Alcocer Martínez de Castro | Dr. Adalberto Noyola Robles | Dr. Luis A. Álvarez Icaza

Sigue el evento en línea a través de  
<https://streaming.iingen.unam.mx>