



UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE BAJA CALIFORNIA

INSTITUTO DE INGENIERÍA

Maestría y Doctorado en Ciencias e Ingeniería

**Metodología para la evaluación de riesgos en los procesos
ambientales en una institución de educación superior**

Tesis que para obtener el grado de:

Maestra en Ingeniería

Presenta

Stephanie Sánchez Hernández

Directora

Dra. Sara Ojeda Benítez

Codirectora

**Dra. Samantha Eugenia Cruz
Sotelo**

Diciembre 2025

Agradecimientos

Al SECITHI le agradezco por la beca otorgada durante los dos años de mi maestría.

A la Universidad Autónoma de Baja California, gracias por abrirme las puertas y permitirme formar parte de la comunidad cimarrona.

A mis directoras de tesis: Dra. Sara Ojeda Benítez y Dra. Samantha E. Cruz Sotelo, por su apoyo para adaptarme a un nuevo mundo y sus consejos como investigadoras, asesoras y humanas.

A la Dra. Brenda L. Flores Ríos, por su apoyo, asesoría y empatía durante los dos años del posgrado.

A los investigadores: Dr. José A. Suastegui Macias y Dr. Carlos A. Sagaste Bernal, por brindarme la información institucional que requería para el análisis del caso de estudio.

A mis profesores del posgrado: Dra. Concepción Carreón Diazconti, Dr. David E. Flores Jiménez, Dr. Marcos A. Coronado Ortega y Dr. Francisco J. Del Toro Guerrero, gracias por las atenciones recibidas y todo lo que aprendí durante mi formación.

Por último, un agradecimiento especial a mi profesora de posgrado, la Dra. María de los Ángeles Santos Gómez, que en paz descanse. Su dedicación como profesora siempre será recordada.

Dedicatoria

A mi familia y amigos que, desde la distancia, aprendieron a apoyarme, tenerme paciencia y animarme a cumplir mis metas.

De todo corazón, gracias.

Contenido

Agradecimientos	2
Dedicatoria	3
1 Introducción	8
1.1 Antecedentes	10
1.2 Planteamiento del problema.....	20
1.3 Justificación.....	21
1.4 Objetivos de investigación.....	23
1.4.1 General.....	23
1.4.2 Específicos	23
1.5 Hipótesis	23
2 Marco teórico	23
2.1 Instituciones de educación superior sustentables	24
2.1.1 Procesos ambientales en instituciones de educación superior.....	25
2.2 Riesgos en el ámbito institucional	29
2.2.1 Clasificación de riesgos	30
2.2.2 Riesgos en procesos ambientales	31
2.3 Gestión de riesgos	35
2.3.1 Métodos de análisis de riesgos.....	37
2.4 Marco Legal	45
2.4.1 Convenios internacionales.....	46
2.4.2 Normas ISO	47
2.4.3 Legislación nacional	49
2.4.4 Normas oficiales mexicanas	50
3 Metodología	56
3.1 Identificación de procesos ambientales.....	56
3.2 Inspecciones de verificación de riesgos	57
3.3 Evaluación de riesgos	59
3.4 Selección de indicadores	62

4 Resultados	62
4.1 Identificación de procesos ambientales	62
4.1.1 Energías renovables	65
4.1.2 Gestión hídrica	66
4.1.3 Gestión de residuos	68
4.1.4 Cantidad de Infraestructuras	70
4.2 Identificación de condiciones inseguras y actos de riesgo	74
4.2.1 Energías renovables	74
4.2.2 Gestión hídrica	76
4.2.3 Gestión de residuos	82
4.3 Evaluación de riesgos	88
5 Análisis de resultados	104
5.1 Impacto económico	108
5.2 Selección de indicadores de evaluación de riesgos	110
6 Conclusiones	116
7 ANEXOS	119
7.1 Anexo A.1: Formato de inspección visual	119
7.2 Anexo A.2: Formato de entrevista	122
7.3 Anexo B: Observaciones de procesos ambientales	125
8 Referencias bibliográficas	139

Lista de Figuras

Figura 2.1. Principales riesgos en procesos ambientales.....	32
Figura 2.2. Proceso de tratamiento de riesgos.....	41
Figura 3.1. Etapas de la metodología del presente estudio.....	56
Figura 3.2. Formato de Diagnóstico de riesgos.....	58
Figura 4.1. Identificación de procesos ambientales.....	63
Figura 4.2. Estacionamientos fotovoltaicos.....	66
Figura 4.3. Infraestructura de la categoría Gestión Hídrica.....	67
Figura 4.4. Infraestructura de la categoría Gestión de Residuos.....	69
Figura 4.5. Procesos ambientales en Mexicali 1.....	71
Figura 4.6. Procesos ambientales en Mexicali 2.....	72
Figura 4.7. Procesos ambientales en Unidad deportiva.....	73
Figura 4.8. Instalación de paneles sin tapas de seguridad.....	75
Figura 4.9. Inversor no fijado en el rack.....	76
Figura 4.10. Cadáver de ave cerca de tanque de desinfección.....	77
Figura 4.11. Punto de reunión mal ubicado.....	78
Figura 4.12. Condiciones de riesgo en pasillo de reactor.....	79
Figura 4.13. Condiciones de riesgo en escaleras.....	80
Figura 4.14. Sustancias químicas sin etiquetas.....	81
Figura 4.15. Áreas verdes inundadas.....	82
Figura 4.16. Desorden en centro de acopio.....	83
Figura 4.17. Condiciones de riesgo con contenedores.....	84
Figura 4.18. Trituradora sin dispositivo de seguridad.....	85
Figura 5.1. Cantidad y nivel de riesgos por infraestructura.....	105

Lista de Tablas

Tabla 1.1. Instrumentos de evaluación y análisis de riesgos en plantas de tratamiento de aguas residuales.....	11
Tabla 1.2. Instrumentos de evaluación y análisis de riesgos en centros de acopio y recolección de residuos.....	13
Tabla 1.3. Instrumentos de evaluación y análisis de riesgos en plantas de compostaje.....	15
Tabla 1.4. Instrumentos de evaluación y análisis de riesgos en sistemas fotovoltaicos.....	18
Tabla 2.1. Procesos ambientales en IES.....	26
Tabla 2.2. Métodos de análisis de riesgos.....	42
Tabla 3.1. Nivel de probabilidad.....	60
Tabla 3.2. Nivel de riesgo.....	61
Tabla 4.1. Infraestructuras catalogadas por categorías.....	64
Tabla 4.2. Riesgos identificados en procesos ambientales.....	86
Tabla 4.3. Descripción de actividades y sus riesgos.....	89
Tabla 4.4. Matriz de riesgos.....	98
Tabla 5.1. Valor de multa por infracción.....	109
Tabla 5.2. Relación entre indicadores y riesgos.....	113

1 Introducción

Las instituciones de educación superior (IES) tienen la función de formar profesionistas, fomentar la investigación científica y tecnológica y concientizar a través diversos programas (Genovese, 2022). Por lo tanto, se puede decir que su objetivo es transformar el futuro de la sociedad mediante el conocimiento y la preparación de capital humano (Kang & Xu, 2018).

A partir de la publicación del Informe Brundtland en la década de 1980, la sociedad aumentó su conciencia ambiental, lo que motivó a diversas organizaciones, incluidas las instituciones educativas de todos los niveles, a incorporar estrategias sustentables en sus funciones. De acuerdo con Kang & Xu (2018), las IES que diseñan o implementan programas orientados a la sustentabilidad y que adoptan medidas que contribuyen al desarrollo sustentable, son denominadas Universidades Sustentables.

Entre las medidas más comunes que implementan las Universidades Sustentables, se encuentran la incorporación de infraestructura especializada en sustentabilidad, como contenedores para la separación de residuos, plantas de compostaje, sistemas de captación de agua pluvial, paneles fotovoltaicos y plantas de tratamientos de aguas residuales (Amarachukwu *et al.*, 2020; Merchán-Sanmartín *et al.*, 2022; Ngoma *et al.*, 2020; Oh & Park, 2019; Vázquez *et al.*, 2020). Los anteriores ejemplos de infraestructuras permiten una gestión más eficiente y responsable de los recursos naturales, influyen en el aprovechamiento y tratamiento responsable de residuos y contribuyen directamente en la disminución de gases de efecto invernadero y en la reducción de la huella ecológica. Por lo que, el presente estudio definirá a este tipo de infraestructuras, así como a las actividades realizadas en ellas, como procesos ambientales.

Para que las actividades relacionadas con los procesos ambientales se lleven a cabo de manera adecuada, es necesario contar con conocimientos técnicos especializados y formación previa. Además, la normativa vigente requiere que se desarrollen planes para prevenir riesgos y protocolos de seguridad para reducir la

posibilidad de que ocurran accidentes. Sin embargo, aun cuando se implementen medidas de control, pueden presentarse situaciones extraordinarias que provoquen incidentes imprevistos y amenacen la integridad de las personas. La probabilidad de que ocurra una situación desfavorable, como accidentes, pérdidas o cualquier consecuencia no deseada se le conoce como riesgo (Tocabens, 2011).

Dentro de las IES, pueden presentarse riesgos asociados a factores físicos, sociales y psicológicos; los cuales son identificados, evaluados y gestionados por medio de las medidas de control institucionales (Li *et al.*, 2018). En el caso específico de los procesos ambientales en las IES, los posibles riesgos varían en función de las actividades realizadas, las condiciones en que se encuentren las infraestructuras y las instalaciones aledañas, el mantenimiento de equipo, el tiempo de exposición, las condiciones climáticas, y las acciones o comportamientos humanos (Bellamy *et al.*, 2015). Estos factores, de forma individual o en conjunto, pueden contribuir al aumento o disminución de probabilidad de que un accidente ocurra y de su nivel de consecuencia. Algunos ejemplos de riesgos que se pueden encontrar en los procesos ambientales incluyen la exposición a gases o aerosoles químicos y biológicos, lesiones menores físicas, colisiones, caídas, reacciones alérgicas, exposición al ruido, vulnerabilidad por climas extremos, entre otros (Amor *et al.*, 2022; Asante *et al.*, 2018; Duan *et al.*, 2022; Falakh & Setiani, 2018; Morales *et al.*, 2023; Trávníček *et al.*, 2022).

La Universidad Autónoma de Baja California (UABC) puede ser considerada como una institución comprometida sustentable, ya que su Plan de Desarrollo Institucional manifiesta su compromiso constante por reducir la huella de carbono institucional. Además, cuenta con planes específicos de sustentabilidad y de acción frente al cambio climático, en los cuales abordan distintas estrategias alineadas a los Objetivos de Desarrollo Sostenible (ODS) de la Organización de las Naciones Unidas (ONU), como la creación de programas que fomentan alimentación saludable, ahorro de agua y energía, movilidad sustentable, reúso y acopio de residuos valorizables entre otros. También, cuenta con procesos ambientales dentro de sus campus, como centros de acopio de residuos valorizables, estaciones de

separación de residuos, planta de tratamiento de aguas residuales, centros de compostaje y sistemas fotovoltaicos (UABC Mexicali, 2014).

No obstante, las iniciativas sustentables implementadas por la UABC son relativamente recientes, lo que ha limitado la disponibilidad de información suficiente para analizar las áreas de mejora tanto en los programas sustentables, como en los procesos ambientales. En este contexto, la presente investigación se enfoca en desarrollar una metodología para evaluar riesgos asociados a los procesos ambientales del campus Mexicali de la UABC, con el propósito de generar indicadores que contribuyan a su mejora continua en el futuro.

1.1 Antecedentes

La seguridad de una institución depende de diversos factores, entre ellos una infraestructura adecuada, protocolos de seguridad, un entorno saludable, condiciones sanitarias óptimas, mecanismos de evaluación, mantenimiento constante y educación en materia de seguridad. La ausencia de cualquiera de estos elementos, puede generar condiciones de riesgo que comprometan la seguridad de los espacios educativos (Vallinkoski & Koirikivi, 2020). Estos riesgos también pueden estar presentes en los procesos ambientales de las IES.

Los procesos ambientales dentro de las IES implican riesgos que pueden comprometer la seguridad e integridad de la comunidad universitaria. Por ello, se debe contar con herramientas que puedan identificar el origen, la probabilidad y las posibles consecuencias de los riesgos presentes en las actividades dentro de estos procesos ambientales (Rojas & Martínez, 2011).

Existen diversos instrumentos para evaluar riesgos que permiten a las organizaciones o individuos seleccionar el que se ajuste mejor a sus necesidades. La elección de un instrumento de evaluación depende del tipo de análisis que se desee llevar a cabo; ya que es posible evaluar riesgos en materia ambiental, física, psicológica, financiera, entre otras. También, es posible personalizar y adaptar el

instrumento a las circunstancias particulares o a un problema específico, ejemplo de estos pueden ser los análisis de ruido, de iluminación, o de emisión de gases (Desmarais *et al.*, 2017).

Esta sección presenta estudios pasados, de distintos países, enfocados en la evaluación de riesgos de los siguientes procesos ambientales: plantas de tratamiento de aguas residuales, recolección de residuos, plantas de compostaje y sistemas fotovoltaicos. La Tabla 1.1 presenta cuatro estudios de identificación y evaluación de riesgos en plantas de tratamiento de aguas residuales; la Tabla 1.2 aborda el análisis de riesgos en centros de acopio de residuos valorizables y en actividades de recolección; la Tabla 1.3 presenta los riesgos encontrados en actividades dentro de cinco plantas de compostaje distintas y su evaluación; y, por último, la Tabla 1.4 se refiere a la identificación y evaluación de riesgos potenciales en el uso e instalación de sistemas fotovoltaicos. Para las cuatro tablas, se identificó el tipo de instrumento que se usó para cada estudio y los riesgos encontrados con dicho instrumento. Esto, para reconocer las diferentes opciones que existen para evaluar riesgos y, así mismo, comparar los resultados que proporciona cada instrumento.

Tabla 1.1. Instrumentos de evaluación y análisis de riesgos en plantas de tratamiento de aguas residuales.

UBICACIÓN DEL PROCESO	INSTRUMENTOS DE EVALUACIÓN DE RIESGOS	RIESGOS EVALUADOS	REFERENCIA
Compañía de PTAR (Indonesia)	- Inspección visual - Encuesta de riesgos laborales - Matriz de análisis de riesgos con el método HIRA	- Derrame o fuga se sustancias químicas - Incendio - Intoxicación - Cortocircuito eléctrico - Caída desde alturas - Ruido	(Falakh & Setiani, 2018)

Diferentes procesos en países de Europa	- Revisión bibliográfica - Base de datos de riesgos	- Fallas estructurales - Fallas de dispositivos - Condiciones climáticas extremas	(Trávníček <i>et al.</i> , 2022)
PTAR regional (España)	- Evaluación de ruido con la técnica UNE-EN ISO 11690	- Valores de ruido mayores a 80 dB	(Amor <i>et al.</i> , 2022)
PTAR regionales (Costa Rica)	- Inspección visual - Encuesta de riesgos laborales - Revisión bibliográfica	- Exposición biológica de patógenos alta	(Morales <i>et al.</i> , 2023)

Falakh & Setiani (2018) realizaron un análisis de riesgos en las plantas de tratamientos de aguas residuales (PTAR) de una empresa de Indonesia. Empezaron con una investigación de campo que consistió en una revisión visual a una PTAR y entrevistas a los trabajadores. Posteriormente, se analizaron los riesgos encontrados por medio de una matriz de riesgos usando la metodología de HIRA, el cuál es un programa preventivo que identifica y evalúa riesgos en sectores industriales y de la salud. Analizaron un total de 22 riesgos en sus distintos procesos, entre los más relevantes están el derrame y fuga del cloro, absorción en la piel o inhalación del cloro, incendios por derrames de sustancias químicas inflamables o por un cortocircuito en el cuarto de control, caída desde alturas mayores a 8 metros y la exposición prolongada al ruido en el proceso de retrolavado.

Por otro lado, Trávníček *et al.* (2022) crearon una base de datos de 600 reportes de accidentes en PTAR ocurridos entre los años 1989 y 2019, después los clasificaron en categorías y analizaron el número y estadística de los riesgos encontrados. Obtuvieron un total de 232 accidentes directamente relacionados a las actividades realizadas en las PTAR, de estos el 58% se debió a fallas estructurales o de dispositivos y el 13% a condiciones climáticas extremas como lluvias torrenciales, inundaciones, entre otros.

Amor *et al.* (2022) realizaron una evaluación de ruido industrial, tomando una serie de mediciones en distintos puntos distribuidos a lo largo de la PTAR, por medio de un sonómetro, de acuerdo a lo establecido en la técnica estándar UNE-EN ISO 11690. Como resultado, detectaron niveles de presión acústica altos en las áreas de aireación, cogeneración y deshidratación de lodos. Los valores de ruido de estos procesos superaron el valor límite establecido en la legislación de España (80 dB).

Morales *et al.* (2023) realizaron una investigación de riesgos microbianos en tres PTAR de Costa Rica, para analizar la probabilidad de exposición de patógenos en los trabajadores. Su metodología inició con una inspección visual en las PTAR, revisión de informes y entrevistas a los trabajadores sobre el desempeño en sus actividades, esta parte se basó en las medidas de higiene recomendadas por el Método Simplificado de Evaluación de Riesgos Biológicos y por los Centros para el Control y Prevención de Enfermedades de Estados Unidos. Posteriormente, realizaron una búsqueda de una serie de estudios sobre la exposición de los trabajadores a microorganismo patógenos en PTAR. Como resultado obtuvieron que la mayor fuente de exposición de los trabajadores se debe a falta equipo de protección personal, a la contaminación cruzada por contacto mano-boca y a la falta de regulación de ingesta de alimentos. Por otro lado, en la revisión bibliográfica, observación concentraciones altas de *Cryptosporidium sp.*, *Giardia sp.*, Norovirus y Enterovirus para la mayoría de las PTAR.

Tabla 1.2. Instrumentos de evaluación y análisis de riesgos en centros de acopio y recolección de residuos.

UBICACIÓN DEL PROCESO	INSTRUMENTOS DE EVALUACIÓN DE RIESGOS	RIESGOS EVALUADOS	REFERENCIA
Instalación de reciclaje (Canadá)	- Encuesta de riesgos laborales - Análisis de postura de trabajadores	- Dolor lumbar - Dolor de hombro - Dolor de espalda - Dolor de cuello - Dolor de cadera/muslo	(Asante <i>et al.</i> , 2018)

Áreas urbanas (Italia)	- Análisis de postura de trabajadores	- Dolor de espalda y - Dolor de miembros inferiores	(Botti <i>et al.</i> , 2020)
Áreas urbanas (Filipinas)	- Cuestionario de Malestar Musculoesquelético de Cornell - Encuesta de riesgos laborales - Análisis de postura por el método REBA	- Mala postura - Heridas abiertas - Fracturas - Esguinces - Conmociones cerebrales	(Apostol <i>et al.</i> , 2020)
Áreas urbanas (Italia)	- Observación directa con el método RULA	- Riesgos ergonómicos	(Rossi <i>et al.</i> , 2022)

En el estudio de Asante *et al.* (2018) se llevó a cabo una convocatoria voluntaria a empleados de una instalación encargada del reciclaje residuos municipales en Canadá. De los participantes, 30 respondieron una entrevista enfocada en la identificación de problemas ergonómicos y 10 fueron reclutados para llevar a cabo una evaluación destinada a medir la postura durante sus actividades laborales, por medio de sensores. Del total de entrevistados, se encontraron riesgos ergonómicos significativos, el 73% de los trabajadores encargados de las bandas clasificadoras de residuos, sufrió dolor lumbar, 70% dolor de hombro, 67% dolor en la parte superior de la espalda, 60% dolor de cuello y 43% dolor de cadera/muslo.

Botti *et al.* (2020) realizaron un análisis de la postura de los recolectores puerta a puerta de los residuos domésticos en Italia. Para esto, colocaron arneses con sensores a los empleados voluntarios. Como resultado se encontró un 93% de exposición a riesgos ergonómicos en espalda y miembros inferiores, debido a la mala postura de la carga de bolsas.

El estudio de Apostol *et al.* (2020) se llevó a cabo en la capital de Filipinas, donde invitaron a recolectores de residuos de la región a responder el Cuestionario de Malestar Musculoesquelético de Cornell (CMDQ, por sus siglas en inglés) y una encuesta de riesgos laborales. También, tomaron fotografías a los recolectores

durante su jornada laboral y analizaron sus posturas por medio del método REBA (Valorización Rápida del Cuerpo Completo), que consiste en analizar la postura y la posición del cuello, brazos, muñecas, tronco y piernas, a través de la observación. Se encontró que las actividades de recolección y separación de residuos generan malas posturas con riesgo alto a un accidente. Además, las heridas abiertas fueron el riesgo con mayor probabilidad a ocurrir, seguido de fracturas, esquinces y conmociones cerebrales.

Rossi *et al.* (2022) analizaron los posibles riesgos ambientales y laborales de tres métodos de recolección que se realizan en Italia: contenedores callejeros, puerta a puerta y sistema de contenedores inteligentes. El análisis ambiental se realizó a partir de la evaluación de ciclo de vida y un análisis de flujo y materiales (MFA, por sus siglas en inglés). Por otro lado, para los riesgos laborales se hizo un análisis ergonómico por medio de observación directa a los recolectores de residuos y usando como referencia el método RULA, el cual consiste en evaluar la exposición a factores de riesgos por cargas posturales por medio de la observación de únicamente los miembros superiores del cuerpo. Se encontraron riesgos ergonómicos de nivel moderado debido al levantamiento y vaciado de bolsa de residuos.

Tabla 1.3. Instrumentos de evaluación y análisis de riesgos en plantas de compostaje.

UBICACIÓN DEL PROCESO	INSTRUMENTOS DE EVALUACIÓN DE RIESGOS	RIESGOS EVALUADOS	REFERENCIA
NE	- Inspecciones visuales - Entrevistas - Investigación de registros de accidentes - Matriz de riesgos	- Resbalones, tropiezos y caídas - Lesiones por maquinaria - Colisión de vehículos - Exposición a temperatura alta - Entrega de residuos incorrectos	(Duggan & Fishwick, 2020)

China	- Muestreo de composta - Método USEPA de exposición de COVs	- Exposición alta de COVs - Riesgo cancerígeno	(Duan <i>et al.</i> , 2022)
Irán	- Muestreo de composta - Método Thompson y APAH - Cálculos de exposición e infección	- Exposición alta al grupo microbiano FIB y microorganismos patógenos - Infección baja a microorganismos patógenos	(Sadeghi <i>et al.</i> , 2022)
Irán	- Muestreo de aire - Medición de endotoxinas - Cuestionario American Thoracic Society - Análisis de datos con SPSS versión 24.0	- Dolor de garganta - Congestión nasal - Dolor de cabeza y fatiga	(Aghaei <i>et al.</i> , 2020)

NE: No especificado.

Duggan & Fishwick (2020) identificaron y evaluaron los riesgos potenciales a los que se exponen los trabajadores de una planta de composta. En la etapa de identificación, realizaron inspecciones visuales dentro de la planta, durante el horario laboral, y entrevistas a los trabajadores sobre el uso de equipo de protección personal, medidas preventivas y accidentes ocurridos en el pasado. También se realizó una investigación de accidentes de trabajo a partir de la revisión de los registros de la empresa. Todos los datos recopilados se ingresaron a una matriz de riesgos, con el cuál se evaluaron y clasificaron 28 riesgos de menor a mayor probabilidad y severidad. De esta forma, se encontró que los riesgos con mayor peligrosidad fueron la exposición a altas temperaturas y las lesiones físicas durante el mantenimiento de la composta.

Por otro lado, Duan *et al.* (2022) investigaron los compuestos orgánicos volátiles (COVs) que pueden ser emitidos antes, durante y después del proceso de aireación de cinco pilas de composta que se encuentran al aire libre. Como resultado se

encontró que, en época de verano, la concentración de COVs es más alta de lo recomendado por su legislación. Este estudio, al igual que el de Duggan & Fishwick (2020) tienen como objetivo analizar riesgos en la salud de los trabajadores; con la diferencia de que Duggan & Fishwick (2020) se enfoca en riesgos físicos, mientras que Duan *et al.* (2022) en riesgos biológicos.

Sadeghi *et al.* (2022) estudió los riesgos biológico presentes en una pila de composta, para ellos realizaron muestreos de la materia degradada de la composta y se utilizó el método Thompson Y APAH para evaluar la calidad de la composta e identificar la exposición a microorganismos patógenos. La exposición directa a la pila de composta resultó a un riesgo alto de Criptosporidiosis, el cual se encontró en concentraciones que exceden los niveles establecidos por la OMS.

De forma similar, Aghaei *et al.* (2020) investigó los riesgos biológicos que se pueden encontrar en una pila de composta. Sin embargo, esta se trata de una pila domestica de un conjunto de condominios en Irán. En este caso, los muestreos fueron del aire que se encuentra en la zona de composta durante el proceso de aireación. Las muestras fueron analizadas y clasificadas según el nivel de exposición; además se reclutaron trabajadores sin antecedentes de problemas respiratorios para obtener datos de síntomas como tos, fatiga, dolor de cabeza, irritación de ojos y garganta y secreción nasal mediante el cuestionario American Thoracic Society.

A pesar de las diferentes metodologías y enfoques de los anteriores cuatro estudios, el objetivo sigue siendo el mismo, identificar y evaluar uno o más riesgos presentes en las actividades realizadas en pilas de compostas. Por lo que se puede observar de estos estudios, es que los riesgos más relevantes para este proceso ambiental son los biológicos como infecciones bacterianas o respiración de COVs y físicas como caídas o lesiones, esto es por la naturaleza del trabajo.

Tabla 1.4. Instrumentos de evaluación y análisis de riesgos en sistemas fotovoltaicos.

UBICACIÓN DEL PROCESO	INSTRUMENTOS DE EVALUACIÓN DE RIESGOS	RIESGOS EVALUADOS	REFERENCIA
Aeropuerto (Malasia)	Matriz de evaluación de riesgos con la metodología HIRA	- Deslumbramiento - Condiciones climáticas extremas - Caída de objetos - Riesgo eléctrico - Colisión con aviones	(Sreenath <i>et al.</i> , 2020)
Terreno no urbanizado (Australia)	Matriz de evaluación de riesgos	- Incendio - Riesgo eléctrico - Riesgos por trabajo manual - Exposición térmica	(Guerin, 2017)
NE	Revisión bibliográfica	- Incendio - Colisión de vehículos - Condiciones climáticas extremas - Riesgo ambiental - Riesgos por trabajo manual	(Torrence <i>et al.</i> , 2023)
Edificio (Italia)	Evaluación de riesgo de incendio	- Falta de ventilación - Incendio - Riesgo eléctrico	(Yasemin <i>et al.</i> , 2014)

NE: No especificado.

Sreenath *et al.* (2020) evaluaron las condiciones de riesgo de un sistema fotovoltaico que se construyó en el terreno cerca de la pista de un aeropuerto. Para el análisis, desarrollaron una matriz de evaluación de riesgos, utilizando el método HIRA. Con ayuda de la matriz, se evaluaron la probabilidad y gravedad relacionadas de las condiciones en que se encontraba la instalación del sistema fotovoltaico. También, se completaron los resultados por medio de una búsqueda bibliográfica. El estudio identificó como riesgos principales al deslumbramiento provocado por el reflejo de los módulos fotovoltaicos en el entorno, colisión de aviones contra el sistema de paneles fotovoltaicos por desvíos en la pista, riesgo eléctrico por cables

o cajas eléctricas expuestos, caída de piezas sueltas del sistema fotovoltaico por eventos climáticos extremos y posible incendio derivado de los riesgos anteriores.

Guerin (2017) estudió los riesgos de un sistema fotovoltaico, en su etapa de construcción, usando una matriz de riesgo y tomando en cuenta las medidas de control de riesgos descritas en la ISO 31000 como referencia para una evaluación con fundamento legal. En este caso, se encontraron riesgos ambientales, como incendios forestales por problemas en el sistema eléctrico, y riesgos laborales relacionados a riesgos eléctricos, exposición térmica en los trabajadores y accidentes de operación manual durante la instalación.

El estudio de Torrence *et al.* (2023) se enfoca en el estudio de riesgos ambientales y laborales de los sistemas fotovoltaicos de perovskita, en las diferentes etapas desde la instalación hasta su disposición final, por medio de revisión bibliográfica de sistemas parecidos. En las etapas del transporte e instalación se identificaron los riesgos de ruptura de los materiales e incendio; por otro lado, en la etapa donde el sistema ya está en operación, describen riesgos de daños a los paneles por condiciones climáticas extremas, colisiones con vehículos y manipulación de paneles rotos o fracturados. Finalmente, en la etapa de disposición final, se encontraron riesgos ambientales de filtración de lixiviados en el suelo y cuerpos de agua.

Por último, Yasemin *et al.* (2014) realizaron una evaluación específica del riesgo de incendios en un edificio con paneles solares, usando como instrumento un evaluador de riesgos de incendio, usando como referencia una ley sobre seguridad en construcciones en Italia y las Directrices de los Servicios Nacionales de Bomberos de Italia. El estudio concluyó que la presencia de paneles fotovoltaicos en edificios aumenta la probabilidad de riesgo de incendio, ya que sus componentes pueden modificar la propagación del fuego a través del edificio, interferir con la ventilación de humo, obstaculizar operaciones de extinción de incendios, aumentar el riesgo de descarga eléctrica.

1.2 Planteamiento del problema

La ausencia de una cultura de seguridad organizacional, en cualquier sector público o privado, puede conllevar accidentes que comprometan la salud e integridad de las personas involucradas. Además de impactos físicos y de salud, los accidentes pueden repercutir de forma social y económica, como pérdida de confianza, subempleo y desempleo, demandas y multas, entre otros (Mobaraki *et al.*, 2017).

Para el año 2017, la Organización Internacional del Trabajo (OIT) reportó una mortalidad mundial de más de 2.3 millones a causa de accidentes y enfermedades relacionadas con el trabajo. Además, se estimaron aproximadamente 317 millones de accidentes laborales que derivaron en renunciaciones o incapacidades laborales totales o parciales, lo que provoca un impacto económico en los centros de trabajo. De acuerdo con la OIT, los costos relacionados con malas prácticas de seguridad e higiene laboral representan el 4% del Producto Interno Bruto (PIB) anual (Aguilar *et al.*, 2021).

A nivel nacional, en 2018 la Secretaría del Trabajo y Previsión Social (STPS) registró alrededor de 200 mil accidentes laborales, de los cuales 303 terminaron en defunción (Aguilar *et al.*, 2021). También, en el periodo de 2018 – 2019 un estudio independiente registró que el 22.4% de mexicanos con un nivel mínimo de estudios de educación superior sufrieron lesiones por accidentes; sin embargo no se cuenta con la información necesaria para conocer el porcentaje de accidentes que ocurrieron dentro de las IES (Hidalgo-Solórzano *et al.*, 2020).

Las IES no acostumbran a usar herramientas que ayuden a generar aprendizaje después de un accidente, esto reduce la capacidad de análisis y mejora de estrategias para evitar riesgos (Li *et al.*, 2018). Actualmente, no existen estudios previos que evalúen los riesgos presentes en los procesos ambientales de las IES.

En el caso de la UABC, sus procesos ambientales, como los sistemas fotovoltaicos y la planta de tratamiento de aguas residuales, cuentan con manuales de operación y mantenimiento. Sin embargo, no cuentan con evaluaciones de riesgos,

indicadores de seguridad ni monitoreos de cumplimiento normativo actualizados. Este tipo de herramientas ayudan a la mejora continua y a establecer medidas de control actualizadas, por lo que se puede deducir que, a falta de ellos, se tiene el riesgo de crear espacios vulnerables para los estudiantes y trabajadores, aumentar la posibilidad de accidentes o enfermedades, incumplir leyes, enfrentar procesos judiciales o multas elevadas, impactar negativamente en rankings o reconocimientos nacionales e internacionales, entre otros (Venables & Allender, 2006).

Por lo tanto, se presenta la siguiente pregunta de investigación: ¿Qué consecuencias tiene la falta de evaluación de riesgos en los procesos ambientales en una IES y cómo se puede mejorar la cultura de seguridad institucional en este contexto? Este planteamiento sugiere la necesidad de establecer una metodología que pueda identificar y evaluar los riesgos dentro de los procesos ambientales de la UABC, con el propósito de mejorar las condiciones laborales en este tipo de procesos y crear una cultura de seguridad en la universidad.

1.3 Justificación

Las IES tienen la responsabilidad garantizar condiciones seguras en sus instalaciones para la comunidad estudiantil (Ley General de Educación Superior, 2021). De igual modo, los centros de trabajo están obligados a crear estrategias y cumplir con lineamientos legales para asegurar la salud y la seguridad de sus trabajadores (Ley Federal Del Trabajo, 2015).

Una organización segura no se basa únicamente en el cumplimiento de normas y leyes, sino en desarrollar un compromiso con mantener un espacio seguro y saludable; para este cometido, empresas han desarrollado el concepto de cultura de seguridad. La cultura de seguridad se puede definir como el conjunto de valores, creencias, actitudes y acciones compartidas, que presentan los miembros de una organización en temas de seguridad e higiene. Por lo tanto, esta cultura refleja el nivel de

consciencia, educación y prioridad que tiene una organización respecto a la seguridad y la presencia de riesgos (Aguilar *et al.*, 2021).

Establecer una cultura de seguridad en IES se puede ver como las acciones colaborativas entre estudiantes, académicos y trabajadores para promover un entorno seguro. Para lograrlo se requiere de una concientización sobre los factores de riesgos que están presentes en las actividades diarias dentro de la institución, realizando registros, monitoreos y análisis de riesgos identificados y de accidentes ocurridos, entre otros (Li *et al.*, 2018).

Este estudio se enfoca en proponer una metodología que ayude a identificar y evaluar riesgos que estén relacionados con actividades rutinarias en los procesos ambientales de la UABC - campus Mexicali. Además, como resultado de la metodología, es posible establecer indicadores para dar seguimiento a los puntos vulnerables de dichos procesos, creando consciencia y, por lo tanto, una mejor cultura de seguridad en los miembros involucrados de la IES.

También, este estudio puede usarse como un trabajo pionero para posteriores investigaciones en temas de prevención de riesgos, identificación y evaluación de accidentes, planes de acción ante emergencias, entre otros. Este tipo de estudios provee a la comunidad de la UABC de herramientas necesarias para mitigar riesgos ante momentos o espacios vulnerables, lo que da como resultado a una IES segura.

Finalmente, el presente estudio ofrece ser una referencia para la gestión de riesgos en los procesos ambientales de más IES. Se espera que la metodología propuesta pueda ser replicada y adaptada, según las necesidades de otras instituciones educativas con la misma problemática.

1.4 Objetivos de investigación

1.4.1 General

Proponer una metodología para evaluar los riesgos asociados a los procesos ambientales gestionados en una institución educativa de nivel superior.

1.4.2 Específicos

- Identificar los procesos ambientales en operación, en las instalaciones de la UABC campus Mexicali.
- Cuantificar y evaluar los riesgos de los procesos ambientales tomando como base las normas, guías, procedimientos o planes de acción de seguridad en procesos ambientales.
- Proponer indicadores para el seguimiento y la mejora continua en el área de seguridad dentro de la institución.

1.5 Hipótesis

La aplicación de una metodología de evaluación de riesgos en los procesos ambientales de la UABC campus Mexicali permite reducir la probabilidad de accidentes laborales y sus impactos económicos.

2 Marco teórico

En este capítulo se expone el fundamento teórico que sustenta esta investigación, la cual aborda una propuesta metodológica para la evaluación de riesgos en los procesos ambientales de una institución de educación superior (IES). La estructura del capítulo se organizó en tres secciones: en primer lugar, se aborda la importancia

de que una IES sea ambientalmente sustentable y segura, en segundo lugar, se analizan los riesgos presentes en los procesos ambientales institucionales y, en tercer lugar, se abordan distintas metodologías para identificar y analizar riesgos. Finalmente, se presenta un marco normativo aplicable, que incluyó estándares internacionales como las ISO, legislación nacional y normas oficiales mexicanas (NOM) relacionadas con el medio ambiente, la seguridad e higiene de los trabajadores, enfocándose en los procesos ambientales.

2.1 Instituciones de educación superior sustentables

El informe Brundtland, publicado en 1987 para las Naciones Unidas, describió por primera vez la definición de sustentabilidad, a la que se refieren como el desarrollo de satisfacer las necesidades del presente sin comprometer la capacidad de las generaciones futuras para satisfacer sus propias necesidades (UN, 1987). Esto quiere decir que su objetivo es que las acciones antropogénicas no agoten los recursos actuales o impacten el ambiente de forma irreversible, de lo contrario las generaciones futuras no serán capaces de cubrir sus necesidades con la misma disponibilidad de recursos, posiblemente afectando su calidad de vida (UN, 2014).

Para que un entorno pueda considerarse sustentable, debe mantener un equilibrio entre los tres pilares fundamentales: equidad social, desarrollo económico y protección ambiental (UN, 1987). Alcanzar este equilibrio requiere la participación, individual y colectiva, de todos los sectores de la sociedad, siendo el educativo el de interés para este estudio. El concepto de sustentabilidad se incorporó por primera vez en dicho sector en 1975, a través del Programa Internacional de Educación Ambiental de la UNESCO. Desde entonces, se reconoció la importancia de integrar conocimientos y valores relacionados con la sustentabilidad en las instituciones educativas de todos los niveles, implementando iniciativas que fomenten una mayor conciencia y responsabilidad ambiental (Genovese, 2022).

Así mismo, con la publicación del documento Educación para el Desarrollo Sostenible (EDS) de la UNESCO, se ampliaron los objetivos de las instituciones

educativas y comenzaron a establecer políticas ambientales para abordar desafíos globales actuales como el cambio climático, la pérdida de biodiversidad, el consumo excesivo, el privilegio social y la oligarquía, entre otros (UNESCO, 2017). Estos desafíos también entran en el marco de la Agenda 2030, donde se incluye por primera vez a las IES como un agentes transversales en el cumplimiento de los ODS, alentándolas a asumir un papel de liderazgo y compromiso en el desarrollo académico y sustentable (Cuesta-Claros *et al.*, 2022).

Las IES desempeñan un papel importante en la sociedad; desde la década de 1990 se les reconoce por su contribución en las comunidades, a través de la investigación y la innovación científica, tecnológica, política y social (Groulx *et al.*, 2021). Su objetivo principal es formar a las nuevas generaciones de profesionales y líderes. Actualmente, esta labor debe vincularse con el compromiso de impulsar el desarrollo sustentable (Genovese, 2022). Las IES que integran el concepto de sustentabilidad en su cultura académica son definidas como universidades sustentables (Kang & Xu, 2018).

Las IES sustentables suelen contar con una política institucional de sustentabilidad que orienta la planeación y la toma de decisiones y cumplir con normativas e indicadores, además de implementar programas de gestión ambiental para reducir su impacto. También, fomentan la participación y colaboración con otros sectores y entidades en proyectos para el desarrollo sustentable. En el ámbito académico, incorporan la sustentabilidad en los programas de estudio, desarrollan proyectos de investigación enfocados en problemáticas ambientales e impulsan infraestructuras que favorecen la conservación, limpieza y restauración de los recursos naturales (UNESCO, 2017).

2.1.1 Procesos ambientales en instituciones de educación superior

Como se mencionó en los Capítulos 1 y 2.1, las IES integran estrategias para ser consideradas sustentables, una de ellas es la implementación de infraestructuras cuyas operaciones contribuyan directamente con la limpieza y conservación de

recursos, nombradas en este estudio como procesos ambientales. El objetivo de estos procesos es reducir el impacto ambiental negativo producido por las actividades cotidianas del humano y contribuir al desarrollo sustentable.

Antes de incorporar procesos ambientales en una IES, es necesario conocer las condiciones y características de esta. Por ejemplo, aquellas ubicadas en regiones lluviosas pueden aprovechar ese recurso por medio de sistemas de captación pluvial. En cambio, las que se encuentren en zonas con alta radiación solar, pueden optar por la instalación de paneles fotovoltaicos para generar energía eléctrica con una fuente renovable. No obstante, existen procesos que pueden ser útiles para todo tipo de IES, como la colocación de contenedores diferenciados para separar los residuos o la implementación de una planta de tratamiento de aguas residuales que permita reutilizar y reducir el consumo del agua (Mannina *et al.*, 2021). La Tabla 2.1 muestra los procesos ambientales más comunes en IES.

Tabla 2.1. Procesos ambientales en IES.

PROCESO	INFRAESTRUCTURA	REFERENCIA
Tratamiento de aguas residuales	Planta de tratamiento de aguas residuales	(Mannina <i>et al.</i> , 2021)
Reutilización de agua	- Sistema de captación y almacenamiento de agua de lluvia - Redes de riego de agua tratada	(Coelho de Freitas <i>et al.</i> , 2023)
Uso de energías renovables	Paneles solares fotovoltaicos o térmicos	(Barbosa Soares <i>et al.</i> , 2023)
Ahorro de energía	- Iluminación LED - Sensores de presencia	(Lee & Kim, 2020)
Separación y acopio de residuos	- Contenedores de separación de residuos - Centros de acopio de residuos valorizables	(Krishna <i>et al.</i> , 2013)
Aprovechamiento de residuos	- Centros de compostaje de residuos orgánicos - Biodigestor de residuos orgánicos	(Coelho de Freitas <i>et al.</i> , 2023)

Movilidad sustentable	- Estaciones de carga para vehículos eléctricos - Estaciones y préstamo de bicicletas	(Dell'Olio <i>et al.</i> , 2014)
-----------------------	--	----------------------------------

Las IES incorporan plantas de tratamiento de aguas residuales (PTAR) como una estrategia para recuperar y reutilizar este recurso, con el propósito de reducir la huella hídrica universitaria. Esta infraestructura permite el tratamiento físico, químico y biológico del agua residual, generada por las actividades universitarias, obteniendo un efluente destinado al riego de áreas verdes, labores de limpieza y uso en sanitarios (Mannina *et al.*, 2021). Igualmente, los sistemas de captación pluvial almacenan y aprovechan agua de lluvia para su recirculación en cisternas o sistemas de riego. Ambas infraestructuras contribuyen a disminuir el consumo de agua, reducir los costos de su uso y fomentar la cultura de economía circular y gestión sustentable del agua en la institución (Coelho de Freitas *et al.*, 2023).

El uso de energías renovables en las IES tiene como objetivo principal disminuir las emisiones de gases de efecto invernadero generadas del consumo energético; siendo la energía solar representa la fuente renovable más utilizada. La generación eléctrica mediante sistemas fotovoltaicos contribuye a la disminución del consumo de energía convencional al aprovechamiento de un recurso continuo. Barbosa Soares *et al.* (2023) presentó que la mayoría de las IES analizadas en su estudio implementaron sistemas fotovoltaicos por motivos ambientales y sociales, además de pretender el cumplimiento del ODS 7 “Energía asequible y no contaminante”.

No obstante, debido a limitaciones económicas y de eficiencia, aun no es posible abastecer por completo la demanda energética de una IES únicamente con energías renovables. Por ello, muchas de ellas complementan esta estrategia con medidas orientadas a la eficiencia y ahorro energético, como la instalación de sensores de movimiento, iluminación de bajo consumo y equipos de ahorro eléctrico. Lee & Kim (2020) mostró que, con la adopción de estas medidas, una institución puede ahorrar hasta un 30% de su consumo energético diario.

Rodríguez-Guerreiro *et al.* (2024) reportan que, en promedio, materiales reciclables como plástico, papel y cartón representan el 41% de los residuos generados por persona diariamente en las IES, a nivel mundial. Por ello, la adopción de estrategias como la separación de residuos valorizables, el reúso de materiales y la creación de campañas de acopio de residuos, se han convertido en prácticas comunes dentro de estas IES, y son consideradas como el punto de partida para el desarrollo del modelo de economía circular, logrando la meta de generar cero residuos. En el caso de la separación de residuos, suelen implementar contenedores con código de colores y disponer de áreas adaptadas como centros de acopio para el almacenamiento temporal de los residuos destinados al reciclaje (Krishna *et al.*, 2013).

Paralelamente, las IES procuran gestionar de forma sustentable su generación de residuos orgánicos, los cuales representan en promedio el 30% de la generación diaria por persona en las IES (Rodríguez-Guerreiro *et al.*, 2024). Para ello, integran estrategias como programas de prevención de desperdicio de alimentos, la instalación de biodigestores para la transformación energética de los residuos y la habilitación de áreas destinadas al compostaje. Este último método es el más empleado en las IES debido a su bajo costo y a su eficiencia para reducir el volumen de residuos destinados a disposición final, además de su capacidad de producir compost como fertilizante natural. Por otro lado, la implementación de biodigestores es un proceso menos común, debido a los requisitos técnicos que implica y la disponibilidad de equipos que puedan aprovechar el biogás producido como fuente de energía (Coelho de Freitas *et al.*, 2023).

Las estrategias de movilidad sustentable implementadas en las IES contribuyen a reducir las emisiones de gases de efecto invernadero y, por lo tanto, la huella de carbono universitaria. Entre las acciones más comunes se encuentra la instalación de estacionamientos exclusivos para una red de autos compartidos, préstamo de bicicletas y convenios con el transporte público para ofrecer tarifas preferenciales a estudiantes (Dell'Olio *et al.*, 2014). Otra estrategia es la instalación de estaciones de carga para vehículos eléctricos; sin embargo, requiere una mayor inversión y una

infraestructura más compleja. Además, esta alternativa suele aplicarse únicamente cuando la comunidad universitaria tiene una alta demanda de este tipo de infraestructuras (Liang & Lai, 2024).

2.2 Riesgos en el ámbito institucional

El riesgo se define generalmente como la relación entre la probabilidad de ocurrencia de un evento adverso y la consecuencia que pueda ocasionar a personas, bienes o al ambiente (PNUD, 2018). Este concepto fue desarrollándose a partir de los años 1970's, cuando principalmente se entendía este término en la teoría económica como la estimación de costos debido a pérdidas esperadas por la ocurrencia de un evento natural o antrópico (Aven, 2020).

El riesgo consta de tres elementos principales: peligro o amenaza, exposición y vulnerabilidad. Donde el peligro se entiende como un evento o fenómeno que tiene el potencial de provocar daño en un determinado periodo de tiempo; la exposición se refiere a la cantidad de personas, bienes o infraestructura que están presentes en la zona de peligro o que son susceptibles de ser dañados. Por último, la vulnerabilidad es el grado de susceptibilidad de los elementos expuestos al peligro (Servicio Geológico Mexicano, 2020). Entonces, se puede puntualizar que, en presencia de una amenaza, si no hay elementos expuestos o no son vulnerables, el riesgo es muy bajo o inexistente; por el contrario, dentro de una zona de peligro, entre mayor sea la exposición o exista una vulnerabilidad alta, el riesgo es aumenta considerablemente (Brenes, 2018).

En el caso de las instituciones y organizaciones, el riesgo se entiende como la presencia de una amenaza que puede afectar tanto el cumplimiento de sus objetivos y operaciones, como la salud y seguridad de las personas expuestas (AGN, 2024). Estos riesgos pueden originarse por diferentes factores, como fallas en procesos, planeación insuficiente, condiciones inseguras, error humano, entre otros (Aguilar *et al.*, 2021). Un único evento puede tener numerosos riesgos y, por lo tanto, diversas causas y consecuencias; por ello, usualmente se clasifican los riesgos en

distintas categorías como una estrategia para delimitar su alcance y controlar su impacto (ISO, 2018).

2.2.1 Clasificación de riesgos

Existen distintas formas de clasificar riesgos, esto depende principalmente, del contexto o disciplina y de su naturaleza. En cuanto al contexto, se refiere al sector de estudio donde se manifiesta o produce efectos. Por ejemplo, en el contexto ambiental los riesgos son asociados al impacto ambiental y a afecciones en los ecosistemas; mientras que, en un contexto laboral, los riesgos están relacionados con la salud y la integridad de los trabajadores. Entonces, los riesgos pueden clasificarse en categorías como laborales, empresariales, administrativos, financieros, operativos, sociales, legales ambientales, entre otros (Díaz, 2017).

Por otro lado, la naturaleza del riesgo se refiere a sus características, como el tipo de peligro, su origen y la forma en que se manifiesta. Por ejemplo, los riesgos de origen químico provienen de fugas de sustancias, exposición a agentes químicos o emisiones de gases; mientras que los riesgos de origen natural involucran sismos, inundaciones y climas extremos (ISO, 2018).

Las clasificaciones de riesgo por naturaleza pueden variar según la fuente de referencia, ya que cada autor aplica distintos criterios, dependiendo del tipo de estudio y de la metodología de análisis de riesgos consultada. Cabe mencionar que, en algunos estudios se utiliza el término factor de riesgo, en lugar de naturaleza del riesgo (Leñero & Solís, 2012). No obstante, la mayoría de las clasificaciones cuentan con las siguientes categorías de naturaleza o factor de riesgo, siendo estas las más representativas en los análisis de riesgos:

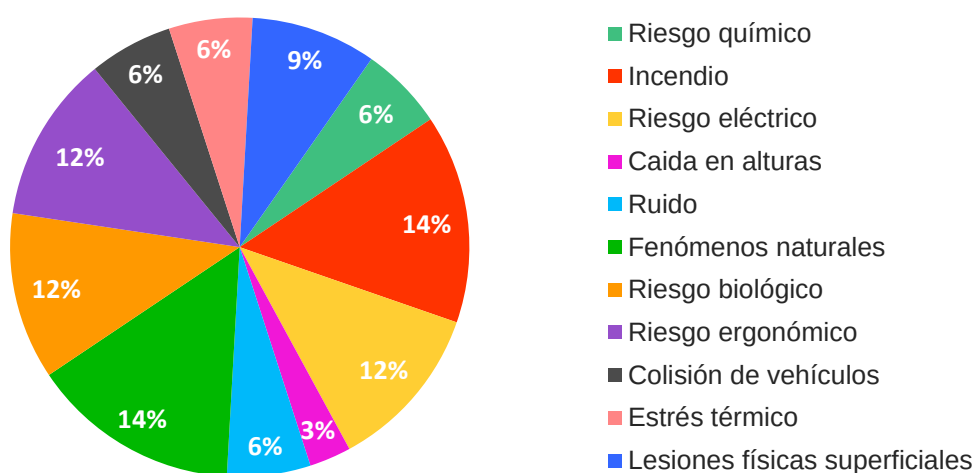
- Físico: Factores presentes en el entorno que pueden causar efectos adversos en la salud. Algunos ejemplos incluyen temperaturas extremas, ruido, radiación, iluminación y vibraciones (Leñero & Solís, 2012).

- Químico: Compuestos orgánicos e inorgánicos que pueden ingresar al organismo y provocar intoxicaciones o lesiones. Tales como líquidos, sólidos, gases, fibras y material particulado (Leñero & Solís, 2012).
- Biológico: Organismos y microorganismos capaces de generar enfermedades o reacciones tóxicas en las personas que entran en contacto con ellos. Entre estos se encuentran virus, bacterias, hongos y parásitos (Leñero & Solís, 2012).
- Ergonómico o biomecánico: Factores relacionados con la interacción entre una actividad y su entorno que pueden causar fatiga física o trastornos musculoesqueléticos. Tales como postura, esfuerzo, movimiento repetitivo, y cargas pesadas manuales (ICONTEC, 2010).
- Psicosocial: Factores relacionados con la gestión del trabajo que influyen en la salud mental y emocional. Estos incluyen organización del trabajo, relaciones interpersonales, ambiente de trabajo y contenido de las tareas (Leñero & Solís, 2012).
- Mecánico: Equipos y estructuras que, por su diseño o condiciones de uso, tienen el potencial de causar lesiones. Estos pueden ser herramientas de trabajo, pisos, paredes, escaleras, bandas, entre otros (Leñero & Solís, 2012).
- Eléctrico: Deficiencias en sistemas eléctricos que pueden provocar fallas operativas o descargas (Leñero & Solís, 2012).
- Fenómeno natural: Eventos meteorológicos o geológicos que pueden afectar la seguridad e integridad de personas. Estos pueden ser sismos, inundaciones, derrumbes, precipitaciones extremas, entre otros (ICONTEC, 2010).

2.2.2 Riesgos en procesos ambientales

Los procesos ambientales pueden involucrar actividades que comprometan la seguridad y la salud de personas que participan en ellos. Diversos estudios de análisis de riesgos de este tipo de operaciones han identificado distintos riesgos, los

cuales difieren según el tipo de proceso, las condiciones de operación y las medidas de seguridad presentes en cada entorno. La Figura 2.1 muestra los riesgos más frecuentes encontrados en diferentes riesgos ambientales, de acuerdo con investigaciones realizadas en distintos países.



Fuente: Elaboración propia.

Figura 2.1. Principales riesgos en procesos ambientales.

La gráfica en la Figura 2.1 se realizó a partir de los resultados encontrados en distintos estudios de análisis de riesgos en procesos ambientales como plantas de tratamiento de aguas residuales, sistemas fotovoltaicos, centros de compostaje y recolección y acopio de residuos. En total, se identificaron 11 tipos diferentes de riesgos para estos procesos, sin embargo, tres de estos riesgos (estrés térmico, lesiones físicas y ruido) se encuentran dentro de la clasificación de riesgos físicos, como se explicó en el Capítulo 2.2.1.

El riesgo físico fue el más presente entre los procesos ambientales, representando el 21% del total de riesgos identificados. Las consecuencias de estos riesgos pueden afectar tanto la salud como el desempeño laboral, causando desde lesiones generales hasta traumatismos crónicos. Falakh & Setiani (2018) y Amor *et al.* (2022)

identificaron el riesgo por exposición de ruido en plantas de tratamiento de aguas residuales, donde algunas operaciones alcanzaron niveles de decibelios que superan los valores límites establecidos en la legislación. Apostol *et al.* (2020) reportaron riesgos de lesiones, como cortes superficiales y laceraciones, en el trabajo de recolección de residuos. Duggan & Fishwick (2020) señalaron que el riesgo de mayor severidad en una planta de compostaje es la exposición a altas temperaturas, seguido de lesiones físicas, como cortes o moretones por el uso de maquinaria y esguinces o fracturas ocasionados por caídas.

Los riesgos por fenómenos naturales y de incendio representaron cada uno el 14% de los más frecuentes entre los procesos ambientales. En el caso de los incendios, pueden originarse por la presencia de materiales inflamables, fallas eléctricas o el uso inadecuado de equipos. Falakh & Setiani (2018) identificaron este tipo de riesgo en una planta de tratamiento de aguas residuales, a causa de cortocircuitos o derrames de sustancias químicas inflamables. De manera similar, Yasemin *et al.* (2014) concluyeron que el riesgo de incendio en viviendas aumenta considerablemente si tienen instalados paneles solares en sus paredes. Y Sreenath *et al.* (2020) señalaron la posibilidad de incendio en sistemas fotovoltaicos ubicados en estacionamientos, debido a cajas eléctricas expuestas.

Los riesgos originados por fenómenos naturales se presentan de forma impredecible y pueden provocar daños estructurales en las instalaciones, amenazando la operatividad de los procesos y la seguridad de los trabajadores. Sreenath *et al.* (2020) y Torrence *et al.* (2023) identificaron la probabilidad de deterioro estructural en sistemas fotovoltaicos, a causa de lluvias con granizo, tormentas eléctricas y corrientes de aire intensas. Trávníček *et al.* (2022) recopilaron 30 reportes de accidentes en plantas de tratamiento de aguas residuales de distintos países de europeos, provocados por lluvias torrenciales e inundaciones.

Los siguientes riesgos con mayor presencia son el eléctrico, el biológico y el ergonómico, cada uno representando el 12%. El riesgo eléctrico se relaciona principalmente con el deficiente mantenimiento de instalaciones eléctricas y la inadecuada manipulación de equipos. Falakh & Setiani (2018) identificaron este tipo

de riesgo en el panel de control de una planta de tratamiento de aguas residuales, lo que puede derivar en cortocircuitos, provocando fallas de la operatividad o incendios. Sreenath *et al.* (2020) detectaron cables y cajas eléctricas expuestas en un sistema fotovoltaico, lo que incrementa la probabilidad de descargas eléctricas y pérdidas de energía. Yasemin *et al.* (2014) señalaron que los componentes eléctricos de las celdas solares instaladas en techos y paredes de viviendas pueden aumentar el riesgo de descarga eléctrica.

El riesgo biológico se presenta por la exposición a microorganismos patógenos que pueden ocasionar infecciones respiratorias, gastrointestinales o dérmicas. Morales *et al.* (2023) reportaron concentraciones altas de *Cryptosporidium sp.*, *Giardia sp.*, Norovirus y Enterovirus en diferentes plantas de tratamiento de aguas residuales; además, el riesgo de contagio fue alto debido al uso esporádico del equipo de protección personal. Duan *et al.* (2022) observaron que, en la temporada de verano, las emisiones de COVs de las pilas de composta superaban los valores máximos permisibles.

Los riesgos ergonómicos surgen de actividades que requieren esfuerzos físicos, movimientos repetitivos, posturas forzadas o manipulación de cargas pesadas. Este tipo de riesgo impacta directamente en la salud y en el desempeño laboral. Asante *et al.* (2018) demostraron que cerca del 70% de las personas que trabajan en la recolección de residuos presentan fatiga muscular en la espalda, hombros, cuello, zona lumbar y cadera. Botti *et al.* (2020) detectaron una vulnerabilidad de riesgo ergonómico del 93%, atribuida a la falta de capacitación y a la manipulación frecuente de grandes volúmenes de residuos. Apostol *et al.* (2020) identificaron que los trabajadores del área de recolección de residuos están expuestos a fracturas, esguinces y conmociones cerebrales.

Por último, los riesgos menos presentes fueron la caída en altura, la colisión de vehículos y el riesgo químico. En el caso de este último, la exposición a sustancias químicas sin medidas preventivas puede ocasionar intoxicaciones, quemaduras o reacciones alérgicas. Por otro lado, a pesar de que el riesgo de caer desde alturas considerables es el menos frecuente, puede ocasionar lesiones graves como

fracturas, traumatismos craneales o incluso muertes. Del análisis realizado por Falakh & Setiani (2018), se determinó que entre los riesgos más relevantes se encontraban el contacto directo de sustancias químicas derramadas y el riesgo de caída desde ocho metros de altura de la planta de tratamiento de aguas residuales.

El riesgo de colisión de vehículos contra las infraestructuras se consideró uno de los menos probables, aunque sus consecuencias pueden ser graves. Duggan & Fishwick (2020) identificaron la posibilidad de colisión de automóviles en las pilas de composta debido a la falta de delimitación en el área de trabajo. Por otro lado, Sreenath *et al.* (2020) y Torrence *et al.* (2023) identificaron un alto riesgo de colisiones vehiculares en sistemas fotovoltaicos, ya que pueden ocasionar daños estructurales y en los componentes del sistema.

2.3 Gestión de riesgos

La gestión de riesgos se puede definir como el proceso de identificación y evaluación de eventos que pueden impactar de forma negativa, con el propósito de priorizar amenazas y tomar decisiones informadas (Brenes, 2018). Este término comenzó a usarse en empresas a inicios de los años 1980's cuando se buscaban métodos para prevenir accidentes, sobre todo en el contexto de seguridad financiera (Van Der Waal & Versluis, 2017). Posteriormente, la Organización Internacional de Normalización (ISO) publicó la norma ISO 31000, que establece los principios para la correcta gestión de riesgos en cualquier tipo de organización, y explica su importancia en la toma de decisiones integrales, ya que una correcta gestión de riesgos ayuda a enfrentar factores, internos y externos, que pueden afectar los objetivos de una organización (ISO, 2018). La norma ISO 31000 explica que para que una gestión de riesgos sea eficaz, debe tener los siguientes principios:

- Debe integrarse en todas las actividades de la organización.
- Para tener resultado coherentes y comparables, la gestión debe seguir un método estructurado y claro.

- Debe ser capaz de adaptarse a los objetivos y al contexto externo e interno de la organización.
 - Se requiere de la participación de todas las partes interesadas, por medio de intercambio de ideas, conocimiento y percepciones. Esto con el fin de tomar decisiones consientes e informadas.
 - Debe ser capaz de anticipar, detectar y responder, de forma oportuna, a la transformación o mutación de riesgos, provocados por cambios en el contexto interno y externo de la organización.
 - Todas las partes interesadas deben contar con información histórica y actualizada de la organización, para generar tendencias y predecir futuros riesgos.
 - Se debe tomar en cuenta que la cultura y el comportamiento humano influyen en todas las etapas de la gestión de riesgos.
 - Debe mejorarse continuamente, por medio de la experiencia y el aprendizaje.
- (ISO, 2018).

Anteriormente se había hablado de la cultura de seguridad, la cual es el conjunto de valores y comportamientos que se comparten en una organización, referente a la importancia de la seguridad y la salud (Aguilar *et al.*, 2021). Contar con este tipo de cultura es indispensable para que la gestión de riesgos no se convierta en una actividad aislada, sino que sea parte de la estrategia y objetivos de la organización (PNUD, 2018). El proceso de la gestión de riesgos es la aplicación de políticas, procedimientos, leyes, normas y medias que comprendan el alcance, contexto y antecedentes, comunicación y consulta, seguimiento, evaluación de riesgos, tratamiento de riesgos y registro (ISO, 2018).

También se requiere de una dirección y supervisión interna que asegure la integración de la gestión de riesgos en todas las actividades de la organización. Para cumplir con esto, las autoridades internas requieren asignar adecuadamente recursos, como personas con habilidades y experiencias relacionadas, métodos y

herramientas para el análisis de riesgos, sistemas de gestión de información y documentación, entre otros (ISO, 2018).

La norma ISO 31000 establece que, para una adecuada implementación de la gestión de riesgos, se requiere analizar el contexto externo e interno de la organización. Para analizar el contexto externo se deben tomar los factores sociales, culturales, políticos, legales, financieros y ambientales a nivel nacional e internacional; por otro lado, en el contexto interno se recomienda analizar la visión, misión y valores, la estructura organizacional, los objetivos y políticas, la cultura, normas, directrices y modelos, sistemas de datos y flujos de información, relaciones y compromisos con externos (ISO, 2018).

Por último, la implementación de la gestión de riesgos es la etapa de acción donde se analizan los riesgos en una organización, y puede contar un plan, método o instrumento formal donde se identifiquen plazos, recursos y roles en la toma de decisiones; con el fin de realizar los cambios necesarios en los procesos que así lo requieran. Además, considerando el crecimiento constante de las organizaciones, la gestión de riesgos debe ser capaz de adaptarse a cambios en los factores internos y externos mencionados anteriormente, volviéndose flexible y capaz de identificar oportunidades de mejora (Van Der Waal & Versluis, 2017).

2.3.1 Métodos de análisis de riesgos

Los métodos de análisis de riesgos son herramientas que ayudan a comprender el entorno, anticipar problemas y mejorar el tiempo de respuesta de las organizaciones ante un evento no deseado (PNUD, 2018). Pueden ser preventivos o correctivos, de aplicación general o especializada, de software libre o patentado. No obstante, la mayoría comparte una estructura general, que está descrita en la norma ISO 31000 (ISO, 2018). A continuación, se presentan las etapas principales de los instrumentos de análisis de riesgos.

2.3.1.1 Alcance del estudio

Existe una amplia cantidad de instrumentos de análisis de riesgos, por lo que la preferencia de un instrumento sobre otro depende del alcance del estudio. Para definir este alcance, existen diversos factores a tomar en cuenta, como la naturaleza del riesgo, la complejidad del procesos o sistema a analizar, la disponibilidad de datos y recursos, el objetivo del análisis y la exigencia legal (INSHT, 2015). A continuación, se presente de forma más detallada cada uno de estos factores.

- Naturaleza del riesgo: (véase Capítulo 2.2.1 del presente estudio).
- Complejidad del proceso o sistema: Un proceso o un sistema están formados por diversas actividades secuenciales e interrelacionadas, por lo que, a mayor complejidad o mayor número de actividades, requiere de un análisis de riesgo igual de complejo y detallado, como un software especializado, para visualizar cada parte y evitar omisiones, lo que podría pasar al usar un instrumento más general (Martín *et al.*, 2021).
- Disponibilidad de datos y recursos: Algunos instrumentos requieren mayor cantidad de información para realizar el análisis, este tipo de instrumentos suelen entregar una evaluación más detallada y específica de los riesgos; sin embargo, no significa que sean mejores que los generales. Un mayor requerimiento de datos conlleva a una mayor cantidad de tiempo, dinero y recurso humano, por lo que es importante conocer primero los recursos y la información que se tiene para elegir el instrumento (Martín *et al.*, 2021).
- Objetivo del análisis: Para objetivos generales como cumplir con una norma o justificar una inversión se pueden usar instrumentos sencillos y generales como una Matriz FODA o un Check list; por otro lado, para objetivos más específicos o de largo alcance como un análisis de riesgo laboral de un proceso de manufactura, requiere de instrumentos más detallados como el HAZOP (ISO, 2018).
- Exigencia legal: Existen instrumentos que son requeridos específicamente para el cumplimiento de normas nacionales o internacionales, por ejemplo,

la ISO 31000 que recomienda y describe alrededor de 30 técnicas de análisis de riesgos, según el contexto del estudio (ISO, 2018).

2.3.1.2 Identificación de riesgos

La identificación consiste en la búsqueda de eventos o actividades que potencialmente provoquen consecuencias negativas (Van Der Waal & Versluis, 2017). Su propósito es reconocer, describir y reportar riesgos que impiden que una organización cumpla sus objetivos (ISO, 2018). Los riesgos suelen estar asociados a objetivos, metas y actividades dentro de una organización; cuando existe un objetivo que cumplir, existe la posibilidad de que el resultado sea distinto al deseado. Por ello, es importante que durante el análisis se identifique la relación entre los riesgos y las actividades u objetivos correspondientes (Van Der Waal & Versluis, 2017).

En una identificación de riesgos se debe contar con información real y actualizada, así como referencias de regulaciones nacionales e internacionales; esto con el fin de considerar información necesaria para la etapa de evaluación. Principalmente, se recomienda considerar las causas y efectos de los riesgos, las amenazas que presentan, las oportunidades para evitarlos, la situación o lugar que se encuentra vulnerable, la naturaleza del riesgo, las consecuencias y sus impactos, las limitaciones de información y de medidas de control, y conductas de las personas involucradas (ISO, 2018).

2.3.1.3 Valoración de riesgos

La valoración consiste en analizar las características de los riesgos, como su naturaleza, fuente, consecuencia, probabilidad, nivel de impacto, medidas de control existentes, entre otras. Los riesgos pueden ser analizados y valorados en distintos niveles de complejidad y profundidad, dependiendo del objetivo del estudio y de la herramienta de análisis de riesgos que se use (ISO, 2018).

Estas herramientas pueden dividirse principalmente en dos categorías: cualitativos, que sirven sobre todo para obtener una visión general de los riesgos y se evalúan por medio de escalas con términos subjetivos y descriptivos, como “bajo”, “malo”, “medio”, “alto”, “bueno”, “excelente”, entre otros; y cuantitativos, los cuales, como su nombre lo indica, evalúan por medio de datos numéricos y estadísticas, estos tipos de métodos sirven para medir la probabilidad y el impacto de los riesgos. También, existe una tercera categoría que es la combinación de análisis entre datos cualitativos y cuantitativos, a este le llama combinado o semicuantitativo (Martín et al., 2021).

La valoración de riesgos no siempre es exacta, puede ser influenciado por diversos factores humanos como la diferencia de opiniones, percepción del riesgo y prejuicios. Otro tipo de influencias que puede tener es la cantidad de información presente, los límites de la herramienta de análisis y el alcance y los objetivos del estudio. En casos donde los eventos tienen una alta incertidumbre, suelen usarse una combinación de métodos (ya sean cualitativas o cuantitativas), lo que puede ampliar el nivel de detalle del estudio y disminuir la incertidumbre (ISO, 2018).

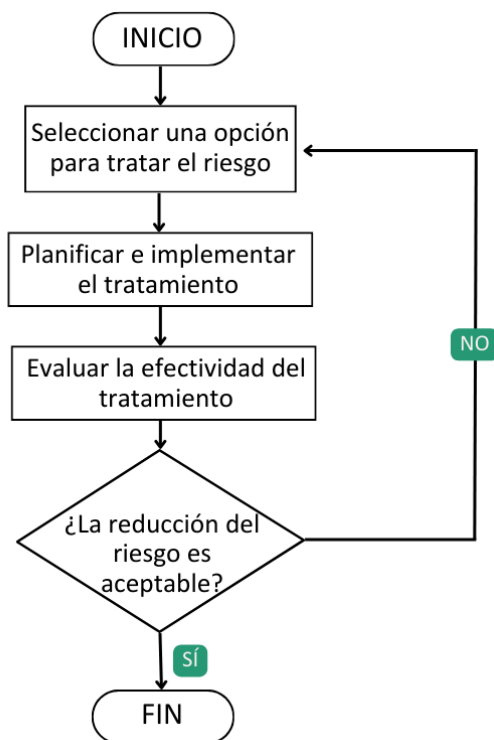
Además, existen otras categorías menos comunes como el método de análisis interno y externo. Sin embargo, estas opciones no suelen verse como categorías completas ya que suelen ser parte de las categorías principales. Por ejemplo, el análisis interno se refiere a la identificación, y evaluación de riesgos que se encuentren únicamente dentro de la organización, como problemas en los procesos y los recursos; por otro lado, el análisis externo se enfoca en riesgos que no son ocasionados por la organización, como la tendencia del mercado, desastres naturales o modificaciones en las regulaciones nacionales. A pesar de que los tipos de riesgos que analizan son distintos, para ambos se requiere determinar si sus riesgos serán evaluados de forma cualitativa o cuantitativa (o combinado), dependiendo del enfoque y la profundidad del estudio (INSHT, 2015).

La correcta valoración proporciona la información necesaria para la toma de decisiones en la etapa de tratamiento de riesgos, ya que sus resultados deben de

explicar el contexto real y actual de los elementos y eventos estudiados en la organización (ISO, 2018).

2.3.1.4 Tratamiento de riesgos

Para determinar el tipo de tratamiento que deben tener los riesgos previamente identificados y valorados, se realiza una comparación de los resultados obtenidos con los criterios establecidos por el método de análisis de riesgos seleccionado. Con base en esta comparación, se elige la opción más adecuada para minimizar o controlar los riesgos (PNUD, 2018). El proceso de tratamiento de riesgos implica una serie de pasos a seguir, los cuales se presentan en la Figura 2.2.



Fuente: elaboración propia.

Figura 2.2. Proceso de tratamiento de riesgos.

Para reducir los riesgos evaluados, se busca elegir el tratamiento de riesgo más adecuado, tomando en cuenta los recursos disponibles y las posibles desventajas del tratamiento. Según lo establecido en la norma ISO 31000 (ISO, 2018), las opciones básicas para tratar riesgos incluyen: evitar el riesgo, deteniendo o interrumpiendo la actividad o proceso que provoca el riesgo; aceptar el riesgo, sin hacer modificaciones; eliminar la fuente del riesgo; modificar la probabilidad; modificar las consecuencias; y delegar el riesgo.

A pesar de la planeación para implementar un tratamiento adecuado, existe la posibilidad de que no aporte los resultados esperados o que provoque nuevos riesgos. Por ello, el objetivo de dar seguimiento y evaluar los resultados del tratamiento es parte del proceso. Este seguimiento incluye la planificación, registro y análisis de la información obtenida, de esta forma es posible obtener una mejora continua en las medidas de control de los riesgos (ISO, 2018).

La Tabla 2.2 compara los métodos de análisis de riesgos más usados en el campo de riesgos laborales y ambientales, que son el tipo de riesgos en los que se enfoca este estudio.

Tabla 2.2. Métodos de análisis de riesgos.

MÉTODO	TIPO DE RESULTADOS	APLICACIONES RECOMENDADAS	LIMITACIONES	REFERENCIA
What if	- Cualitativo - Lista de escenarios con riesgos - Recomendación de acciones	- Procesos industriales - Seguridad industrial - Análisis preventivos	- Subjetivo - Depende de la experiencia del observador	(Lyon & Popov, 2020)
APR (Análisis Preliminar de Riesgos)	- Cualitativo - Nivel de riesgo (baja, media, alta) - Propuesta de medidas de control	- Etapa de diseño de proyectos - Plantas industriales - Procesos de ingeniería	- No es preciso - No evalúa la probabilidad	(Torrecilhas <i>et al.</i> , 2022)

AMFE (Análisis de modos y efectos de falla)	- Semi cuantitativo - Severidad (S) - Ocurrencia (O) - Detección (D) - Nivel de priorización de riesgos (NPR)	- Manufactura - Procesos de ingeniería automotriz y aeronáutica - Mantenimiento	- Requiere muchos datos - Complejo en sistemas grandes - Requiere tiempo	(Modes <i>et al.</i> , 2017)
HAZOP (Análisis Funcional de Operatividad)	- Cualitativo - Causa - Consecuencia - Recomendación de acciones	- Procesos químicos y petroquímicos - Farmacéutica - Plantas industriales	- Requiere gran cantidad de tiempo y recursos - No toma en cuenta riesgos externos	(PQRI, 2014)
FTA (Árbol de Fallas)	- Semi cuantitativo - Diagrama de árbol lógico - Lista de riesgos - Nivel de probabilidad	- Procesos nucleares - Aeronáutica - Sistemas críticos	- Requiere muchos datos - Complejo en sistemas grandes	(Ehiagwina <i>et al.</i> , 2022)
Matriz de riesgos	- Semi cuantitativo - Diagrama de matriz - Nivel de probabilidad - Nivel de consecuencia - Priorización de riesgos	- Salud e higiene - Seguridad industrial - Gestión organizacional - Gestión ambiental	- Poco preciso - General en los resultados - No identifica causas	(Duijm, 2015)

El método What if identifica riesgos basándose en preguntas hipotéticas empezando con “¿Qué pasaría si?”. Por lo que se puede decir que este es un método del tipo preventivo, ya que anticipa desde posibles fallos técnicos y humanos, hasta situaciones externas como desastres naturales. La característica principal de What if es que no cuenta con una estructura formal, lo que favorece la creatividad y pensamiento crítico para imaginar riesgos antes de que ocurran. Sin embargo, puede ser subjetivo ya que depende de la visión de un grupo de personas; es por esta razón que suele usarse en procesos nuevos o en pequeñas empresas (Lyon & Popov, 2020).

El Análisis Preliminar de Riesgos (APR) también es un método cualitativo que se usa de forma preventiva, como lo sugiere el nombre. El método consiste en la revisión de procesos, tomando en cuenta los recursos de entrada, los materiales de salida y las condiciones del entorno para anticipar posibles riesgos. Una característica que lo diferencia del What if es que, a pesar de ser un método cualitativo, puede usarse una escala simple para medir la probabilidad y el impacto de los riesgos analizados. Entre sus ventajas principales es que es muy versátil, puede ser usado en el sector industrial, institucional y organizacional; esto es por su estructura sencilla y su fácil documentación. Sin embargo, al ser sencillo, puede ser también poco detallado a comparación de otros métodos, lo que lo vuelve un método general, y se puede omitir riesgos más específicos (Torrecilhas *et al.*, 2022).

El Análisis Modal de Fallos y Efectos, conocido como FMEA por sus siglas en inglés (Failure Modes and Effects Analysis), es un método preventivo que identifica y evalúa las posibles formas en que puede fallar una operación, un producto o un proceso. Este método es menos general que los dos anteriores, ya que es capaz de analizar las causas y efectos de los riesgos. Se puede aplicar en distintos campos como la ingeniería, el sector salud, seguridad laboral y gestión ambiental. Este método es más detallado y requiere mayor información que los métodos anteriores, por lo que se puede usar para dar cumplimiento de normas internacionales. Por lo tanto, además de información, requiere de más tiempo y recursos para que la evaluación de riesgos sea significativa (Moses *et al.*, 2017).

El método HAZOP (Hazard and Operability Study, por sus siglas en inglés), en español Análisis Funcional de Operatividad, se especializa en identificar y analizar riesgos de operatividad en procesos industriales, por medio de palabras guía para generar cuestiones sobre la eficiencia de los procesos. Identifica las posibles causas de los riesgos y analiza sus consecuencias. Tiene una estructura definida, por sus palabras guía (más, menos, otro, inverso, etc.), lo que lo hace ideal para analizar procesos complejos o con muchas variables y es capaz de identificar riesgos más específicos, a comparación de los métodos generales. Sin embargo, al igual que el método FMEA, requiere de tiempo, recursos y personal específico para su

realización. Además, debido a que se especializa solo en análisis operativos, no toma en cuenta riesgos externos (PQRI, 2014).

El Árbol de Fallas, conocido como FTA por sus siglas en inglés (Fault Tree Analysis) es un instrumento gráfico deductivo que identifica las causas de un riesgo o un accidente, por medio de un diagrama de árbol lógico. Este instrumento puede ser útil en análisis de fallas críticas o como complemento para análisis de riesgos generales para visualizar causas más específicas y detalladas. Por lo que, requiere de mayor información, en comparación a un método más general. También es posible usar esta técnica por sí misma, pero se puede volver demasiado compleja en procesos grandes (Ehiagwina *et al.*, 2022).

Por último, la matriz de riesgos, al igual que el FTA, es un instrumento gráfico. Este evalúa la probabilidad y el impacto de los riesgos en un proceso, por medio de un cuadro de colores basado en una escala numérica. La matriz de riesgos es un instrumento general, fácil y requiere de pocos recursos, puede ser utilizado por si solo o como un complemento para otro método general; esto hace que sea versátil para cualquier campo disciplinario. Sin embargo, por si solo puede ser subjetivo ya que depende del observador. Otra desventaja es que no analiza las posibles causas del riesgo, a diferencia que los métodos más detallados, por esta razón se recomienda usar como un complemento, en lugar de usarlo solo (Duijm, 2015).

2.4 Marco Legal

Una evaluación de riesgos requiere fundamento legal, ya que este brinda los criterios iniciales para detectar anomalías o resultados desfavorables en las actividades o procesos de una organización (Albrecht *et al.*, 2011). El cumplimiento de las regulaciones ambientales y de seguridad evita sanciones legales y financieras, y promueve una cultura de seguridad y responsabilidad (Russell & Gruber, 1987). Por lo tanto, el presente marco legal tiene como finalidad el analizar las obligaciones de una institución que opera procesos ambientales. También, identificar las responsabilidades legales que surgen a partir de accidentes ocurridos

dentro de estos procesos. La legislación vigente establece estándares y procedimientos que una organización debe seguir para cumplir con su compromiso ambiental, así como, proteger la salud y seguridad de las partes involucradas (Holder & Lee, 2007).

En esta sección se agregó información de diversas normas internacionales, leyes nacionales y normas oficiales mexicanas que están relacionadas con el objetivo de este estudio, que es proponer una metodología para evaluar los riesgos en los procesos ambientales de una institución académica.

2.4.1 Convenios internacionales

El Convenio de Seguridad y la Salud de los Trabajadores de 1981, creado por la Organización Internacional del Trabajo (OIT), establece principios básicos para proteger la seguridad y salud de los trabajadores, incluyendo la prevención de accidentes y enfermedades relacionadas con el trabajo. Los países que participan en este convenio tienen el compromiso de aplicar políticas de seguridad e higiene, de forma periódica; realizar estrategias para crear una cultura preventiva ante accidentes y enfermedades; establecer un marco normativo para asegurar la implementación de las medidas propuestas; incluir responsabilidades en los diferentes niveles jerárquicos; fomentar la participación y cooperación en todos los sectores; y establecer procedimientos de supervisión e inspección (ILO, 2023).

El Acuerdo de París, adoptado en 2015, busca limitar la temperatura media global por debajo de los 2 °C, idealmente 1.5 °C, con la intención de reducir las consecuencias por el calentamiento global. Así mismo, tiene como objetivos incrementar la capacidad de resiliencia de los países vulnerables ante el cambio climático, movilizar financiamiento para fondos climáticos, y proporcionar un marco para la cooperación internacional. Este acuerdo impulsa la cooperación global y promueve un cambio de mentalidad hacia prácticas sustentables. El cumplimiento de sus objetivos transmite el mensaje a los sectores empresariales,

gubernamentales y a la sociedad en general de que el cambio hacia un futuro sustentable es una prioridad (NRDC, 2017).

En el mismo año se estableció la Agenda 2030, la cual aborda desafíos sociales, económicos y ambientales a nivel mundial que se esperan cumplir para el año 2030. Está compuesta por una serie de metas establecidas por las Naciones Unidas, conocidas como los 17 Objetivos de Desarrollo Sostenible (ODS), las cuales comprenden áreas como la salud y bienestar en todas las edades, trabajo decente y con crecimiento económico, innovación en la industria e infraestructuras, educación de calidad, producción y consumo responsables, energía asequible y no contaminante, acción ante el cambio climático, entre otros (UN, 2018).

2.4.2 Normas ISO

La norma ISO 14001 está enfocada en los sistemas de gestión ambiental, y deriva de la norma ISO 14000, que trata de aspectos generales de la gestión ambiental. Presenta un marco para diseñar, implementar y mejorar un sistema de gestión ambiental que sea capaz de identificar y controlar impactos ambientales. De esta forma, impulsa a las organizaciones a cumplir con normas aplicables, aprovechar recursos de forma sustentable y reducir su impacto ambiental. Una ventaja de la norma es que puede ser aplicable en cualquier organización, sin importar su tamaño o sector, por lo que es posible aplicarla en una institución de educación superior (ISO 14001, 2015).

La norma ISO 45001 tiene como objetivo establecer un sistema de gestión de seguridad y salud en el trabajo. Establece una serie de indicaciones para diseñar un sistema que se enfoque en la prevención de accidentes y enfermedades laborales; también, fomenta la participación de los empleadores y trabajadores en la gestión de riesgos. Esta norma puede ser similar a la ISO 31000 por su postura de mejora continua en la cultura de seguridad de las organizaciones y la inclusión de una identificación y evaluación de riesgos. Sin embargo, la ISO 45001 exige la

creación de acciones correctivas y planes de respuesta a emergencias, a diferencia de la ISO 31000. Otra diferencia es que esta norma se enfoca en los riesgos laborales, por lo que al implementarla para este estudio, se debe entender que su alcance es el sector trabajador de la institución académica (ISO 45001, 2018).

Como se mencionó en el Capítulo 2.4 sobre gestión de riesgos, la norma ISO 31000 establece principios para el diseño, desarrollo, implementación y mejora de la gestión de riesgos en una organización. Esta norma no es certificable, a diferencia de la ISO 14001 y la 45001; sin embargo, ayuda a las organizaciones a tener una guía para implementar el método de análisis de riesgos más adecuado para tomar decisiones informadas, reducir los riesgos y crear o mejorar medidas de control. La ISO 31000 es general y adaptable para cualquier sector, lo que la vuelve efectiva para usarse como guía en la elección de uno o más métodos para analizar los riesgos de procesos ambientales de una institución académica (ISO 31000, 2018).

Por último, la norma ISO 7243 facilita un método de evaluación de estrés térmico en el ambiente laboral, mediante el índice WBGT (siglas en inglés para la temperatura húmeda de bulbo globular). Es aplicable en trabajos interiores y exteriores, con jornadas de hasta 8 horas. La evaluación se realiza por medio de un cálculo matemático con fórmulas, establecidas en la norma, que consideran diversos factores como temperatura, humedad, radiación solar, velocidad del viento y efectos de la vestimenta. En caso de que los valores excedan el límite permisible, la norma recomienda medidas preventivas o, en caso de ser necesario, usar un método más detallado para su análisis (ISO 7243, 2017). Este método está descrito en la norma ISO 7933, conocido como PHS (por sus siglas en inglés, que se traduce como Esfuerzo Térmico Previsto). Este método es capaz de revelar la respuesta fisiológica de los trabajadores expuestos al calor, como el aumento de la temperatura corporal o la pérdida de agua por sudoración. Normalmente se aplica en sectores específicos como la industria, minería, agricultura y trabajos expuestos a una radiación solar extrema (ISO 7933, 2023).

2.4.3 Legislación nacional

La Ley General de Protección Civil (LGPC) tiene como objetivo proteger a la población, bienes y el ambiente ante emergencias y desastres. Contempla riesgos provocados por fenómenos naturales y de origen antrópico, como incendios, explosiones o derrames químicos. La LGPC, junto con las legislaciones estatales de protección civil, son de cumplimiento obligatorio y establecen lineamientos para identificar, analizar y prevenir riesgos. Entre estos lineamientos, establece que todas las instituciones, públicas y privadas, deben elaborar capacitaciones, campañas de concientización y programas internos de protección civil (Ley General de Protección Civil, 2023). En el caso de Baja California, la Ley de Protección Civil y Gestión Integral de Riesgos del Estado, y su reglamento, todas las instituciones tienen la obligación contar con brigadas capacitadas, señalizaciones, simulacros, rutas de evacuación, equipos contra incendios y planes de emergencia y protocolos con medidas preventivas ante distintos tipos de riesgos (Ley De Protección Civil Y Gestión Integral De Riesgos Del Estado De Baja California, 2017).

También, la Ley Federal del Trabajo (LFT) establece los derechos y obligaciones de empleadores y empleados para disponer de condiciones dignas en los centros de trabajo. La LFT regular aspectos como la salud y seguridad de los trabajadores, capacitaciones y productividad y regulación de jornadas, salarios y prestaciones. Las instituciones educativas, al ser organizaciones con empleadores y trabajadores, también tienen la obligación de cumplir con esta ley. El artículo 132 señala la obligación de instalar y mantener las medidas de seguridad e higiene necesarias para prevenir riesgos de trabajo. Para esto, establece criterios, como el cumplimiento de las normas oficiales mexicanas emitidas por la Secretaría del Trabajo y Previsión Social (STPS), la capacitación de los trabajadores en temas de seguridad, la integración de comisiones de seguridad, la implementación de medidas preventivas y el manejo adecuado de accidentes y enfermedades laborales (Ley Federal Del Trabajo, 2015).

La Ley General para la Prevención y Gestión Integral de los Residuos (LGPGIR) regula el manejo de los residuos en el país, desde su generación hasta su

disposición final, con el propósito de fomentar su aprovechamiento, reducir su generación y disponer de los residuos de manera correcta, disminuyendo riesgos en la salud y el ambiente. Esta ley clasifica los residuos en tres categorías: residuos sólidos urbanos, de manejo especial y peligrosos. En el caso de las instituciones educativas, pueden generarse los tres tipos debido a actividades relacionadas con laboratorios y al volumen de residuos que producen diariamente. La LGPGIR establece que los generadores de residuos están obligados a identificarlos y clasificarlos, contar con infraestructura adecuada para su almacenamiento temporal, presentar planes de manejo y cumplir con normas aplicables, como la NOM-052-SEMARNAT-2005, referente a la clasificación y etiquetado de residuos peligrosos y la NOM-161-SEMARNAT-2011, que establece criterios sobre residuos de manejo especial y la elaboración de planes de manejo (Ley General para la Prevención y Gestión Integral de los Residuos, 2018).

Por último, la Ley General para el Control del Tabaco (LGTC) establece políticas de prevención y control de la producción, comercialización y consumo de tabaco, planteando medidas de protección a la salud por el consumo y la exposición al humo. La LGTC, así como su reglamento, dispone que las instituciones educativas, los centros de trabajo, el transporte público, restaurantes, bares, playas, parques y, en general, cualquier espacio con concurrencia sean 100% libres de humo de tabaco, es decir, que está prohibido fumar en esas áreas. Por consiguiente, los encargados de este tipo de espacios tienen la responsabilidad de colocar señalizaciones visibles, implementar campañas de prevención y concientización y supervisar el cumplimiento de esta ley (Ley General para el Control del Tabaco, 2008).

2.4.4 Normas oficiales mexicanas

2.4.4.1 Gestión de riesgos ambientales

La NOM-002-SEMARNAT-1996 establece los límites máximos permisibles de agentes contaminantes presentes en aguas residuales que se descargan al sistema de drenaje. Es aplicable a descargas de fuentes domésticas, industriales y comerciales, lo que incluye a las instituciones educativas, que generan volúmenes considerables de efluentes de cafeterías, sanitarios y laboratorios. Las instituciones tienen la obligación de analizar periódicamente sus descargas y cumplir con los parámetros; de lo contrario, pueden aplicarse desde multas hasta la prohibición de descarga (NOM-002-SEMARNAT-1996).

Por otro lado, la NOM-003-SEMARNAT-1997 establece límites máximos permisibles de los contaminantes en aguas residuales tratadas que pretendan usarse en servicios públicos, como riego de áreas verdes o su uso en sanitarios. Las instituciones que reúsan agua tratada deben comprobar el cumplimiento de los valores permitidos, realizando monitoreos y análisis de calidad del efluente (NOM-003-SEMARNAT-1997).

La NOM-052-SEMARNAT-2005 se encarga de enlistar y clasificar los residuos que se deben considerar como peligrosos, con el fin de manejarlos adecuadamente. En esta norma se define el acrónimo CRETIB como los residuos que se consideran como peligrosos, los cuales tienen la característica de ser Corrosivos, Reactivos, Explosivos, Tóxicos, Inflamables o Biológico-infecciosos. Los generadores de este tipo de residuos, incluyendo a las instituciones educativas, tienen la obligación de identificar y clasificar sus residuos, etiquetar sus recipientes y contar con un registro de generación, almacenamiento y disposición (NOM-052-SEMARNAT-2005).

La NOM-054-SEMARNAT-1993 complementa a la NOM-052-SEMARNAT-2005, estableciendo procedimientos para identificar la incompatibilidad entre dos o más residuos peligrosos. La norma presenta tablas de información con combinaciones que pueden provocar reacciones químicas como liberaciones de gases tóxicos, explosiones, incendios o formación de compuestos adicionales peligrosos. Su objetivo es prevenir riesgos, ambientales y a la salud, durante el almacenamiento

temporal, transporte y disposición final de residuos peligrosos. En el caso de las instituciones educativas, sus obligaciones incluyen el almacenamiento de residuos peligrosos en áreas específicas y seguras, la colocación de etiquetas en contenedores y la prohibición de mezclar residuos incompatibles (NOM-054-SEMARNAT-1993).

Por otro lado, la NOM-161-SEMARNAT-2011 establece la clasificación y control de los residuos de manejo especial. Este tipo de residuos se definen de esta forma debido a su volumen, composición u otra característica que requiera de un control distinto al resto de residuos para evitar un impacto ambiental; estos pueden ser lodos de tratamiento de aguas residuales, residuos de construcción, residuos eléctricos o un gran volumen de un mismo tipo de residuos doméstico. Las instituciones educativas son generadoras de residuos de manejo especial, por lo que tienen la responsabilidad de elaborar planes de manejo y dirigir su entrega a alianzas de aprovechamiento de residuos o a una correcta disposición final (NOM-161-SEMARNAT-2011).

2.4.4.2 Gestión de riesgos laborales

La NOM-001-STPS-2008 presenta las condiciones que deben cumplir los centros de trabajo en sus áreas para prevenir riesgos a los trabajadores. Las obligaciones principales consisten en proporcionar mantenimiento preventivo y correctivo en espacios como techos, pisos, escaleras, rampas y barandales; disponer de accesos y rutas de evacuación seguros, libres de obstáculos y señalizados; verificar periódicamente el estado del inmueble y sus equipos y elaborar y actualizar programas de inspección y mantenimiento (NOM-001-STPS-2008).

La NOM-002-STPS-2010 establece medidas para prevenir incendios en los centros de trabajo, incluyendo a las instituciones educativas y, en general, cualquier espacio con materiales inflamables, fuentes de calor y procesos de generación de combustión. Estas medidas constan de clasificar las áreas de acuerdo con su nivel de riesgo, identificar posibles fuentes de ignición, instalar y dar mantenimiento al

equipo contra incendios, elaborar planes de atención a emergencias que contemplen responsables, brigadas internas y simulacros, y capacitar a trabajadores sobre la prevención y combate de incendios. Esta norma también cita condiciones complementarias de otras, como mantener el orden y limpieza de la NOM-001-STPS-2008, el almacenamiento seguro de sustancias inflamables indicado en la NOM-005-STPS-1998 y la revisión y protección de instalaciones y equipos eléctricos establecidas en la NOM-027-STPS-2011 (NOM-002-STPS-2010).

La NOM-004-STPS-1999 se refiere al uso de sistemas de protección y dispositivos de seguridad en maquinaria y equipos dentro de los centros de trabajo, con el propósito de prevenir riesgos de atrapamiento, cortaduras, amputaciones, quemaduras, descargas eléctricas, entre otros accidentes. En el caso de las instituciones educativas, esta norma es aplicables tanto a maquinaria como bombas y compresores en plantas de tratamiento, como a equipos de laboratorio. Establece que toda maquinaria y equipos deben contar con dispositivos como guardas, barreras, sistemas de paro de emergencia y señalizaciones de advertencia de riesgos de operación. Además, obliga a los centros de trabajo a implementar programas de mantenimiento preventivo y correctivo, capacitar a los trabajadores en el manejo adecuado de equipos y delimitar las zonas de operación para prevenir accidentes (NOM-004-STPS-1999).

La NOM-005-STPS-1998 establece las condiciones de seguridad para el manejo, transporte y almacenamiento de sustancias químicas peligrosas, con el fin evitar riesgos en las instalaciones como fugas, incendios, explosiones, derrames, entre otros. Para su cumplimiento, las instituciones tienen la responsabilidad de contar con hojas de datos de seguridad de las sustancias químicas, almacenarlas en recipientes etiquetados y confinarlos en un área aislada, contar con sistemas de contención de fugas o derrames, implementar planes de atención a emergencias y capacitar a los trabajadores sobre el manejo adecuado de sustancias y uso de equipo de protección personal (NOM-005-STPS-1998).

Por otro lado, la NOM-010-STPS-2014 previene enfermedades laborales por exposición a sustancias químicas contaminantes, como intoxicaciones, afecciones respiratorias y enfermedades crónicas. La norma obliga a las instituciones a evaluar periódicamente los niveles de contaminación en el aire laboral, añadir ventilación y contención en las áreas de almacenamiento de residuos, realizar monitoreos ambientales y de salud, capacitar a los trabajadores sobre riesgos y medidas preventivas y ofrecer equipos de protección personal (NOM-010-STPS-2014).

La NOM-011-STPS-2001 presenta condiciones de seguridad para trabajadores expuestos a niveles de ruido que afecten la salud. La norma establece los límites máximos permisibles de niveles de ruido en los centros de trabajo que poseen áreas con maquinaria, bombas y compresores. Este tipo de centros tienen la responsabilidad de identificar y evaluar las fuentes de ruido, implementar medidas de control, proveer el uso de equipo de protección personal, realizar exámenes médicos y difundir información para prevenir afecciones por el ruido (NOM-011-STPS-2001).

La NOM-009-STPS-2011 establece medidas de seguridad para trabajadores que realizan actividades en alturas igual o mayores a 1.80 m respecto al nivel del suelo. Obliga a los centros de trabajo a emitir autorizaciones escritas para realizar actividades en alturas, brindar mantenimiento a instalaciones como barandales, escaleras, plataformas, andamios y redes de seguridad y capacitar a los trabajadores sobre el uso correcto del equipo de protección personal y procedimientos de rescate y primeros auxilios en alturas (NOM-009-STPS-2011).

La NOM-015-STPS-2001 dispone medidas preventivas para trabajadores que estén expuestos a temperaturas ambientales extremas. En el caso de las instituciones educativas, la norma es aplicable a personal de mantenimiento, jardinería y operadores de procesos ambientales. Sus medidas constan de evaluar las condiciones térmicas de las áreas de trabajo con mayor exposición, proveer agua potable y pausas periódicas en sombras o áreas ventiladas, ajustar horarios de trabajo para evitar las horas de mayor radiación solar, instalar sistemas de ventilación, proporcionar uniformes ligeros y transpirables, realizar exámenes

médicos y capacitar al personal para actuar ante emergencias térmicas (NOM-015-STPS-2001).

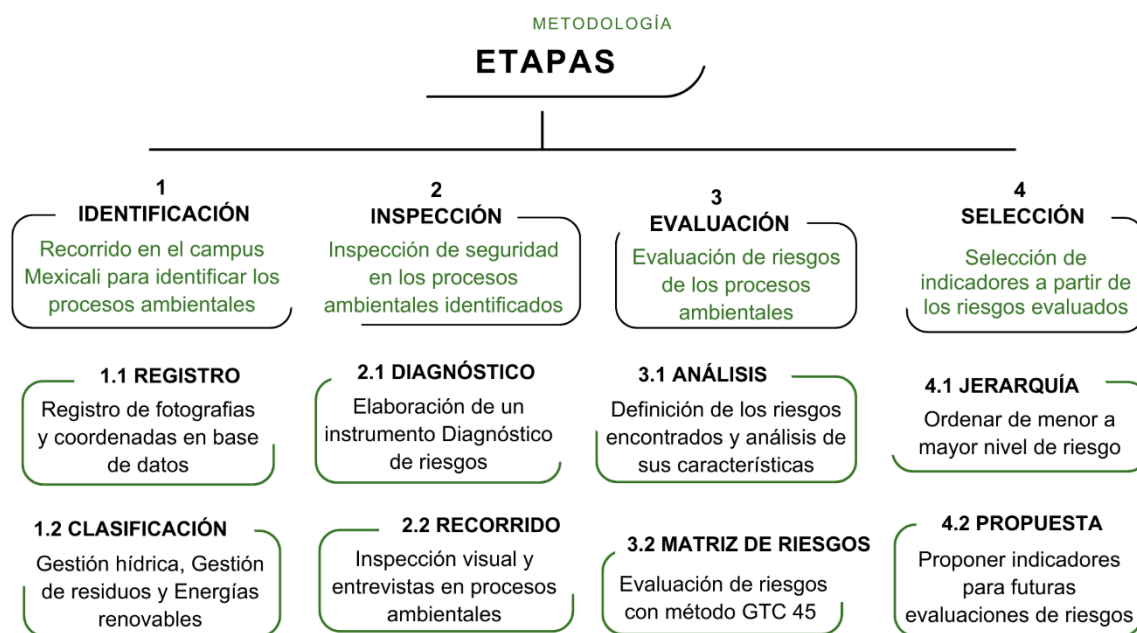
La NOM-017-STPS-2008 se enfoca en la selección, uso y mantenimiento de equipo de protección personal (EPP) necesario para proteger a los trabajadores de riesgos laborales. En el caso de las instituciones educativas, se aplica para trabajadores y estudiantes que realicen actividades en laboratorios, áreas de mantenimiento, almacenes, sistemas eléctricos, áreas verdes y procesos ambientales. Las principales obligaciones que presenta la norma son que los centros de trabajo identifiquen los riesgos en las áreas de trabajo, seleccionar los equipos de protección personal adecuado y que corresponda a los riesgos y, por último, darles mantenimiento o adquirir nuevos cuando se requieran (NOM-017-STPS-2008).

La NOM-029-STPS-2011 presenta controles de seguridad durante el mantenimiento de instalaciones eléctricas en los centros de trabajo. Estos tienen la responsabilidad de elaborar un análisis de riesgo eléctricos, emitir autorizaciones y documentar procedimientos de seguridad como el bloqueo y etiquetado de equipos eléctricos, el uso de equipos dieléctricos certificados y la verificación de voltaje antes de iniciar cualquier trabajo (NOM-029-STPS-2011).

Por último, la NOM-036-1-STPS-2018 se encarga de controlar los riesgos ergonómicos derivados de cargas manuales, para prevenir trastornos musculoesqueléticos. En el caso de las instituciones educativas, la norma es aplicable para el personal de mantenimiento, técnicos de laboratorios, personal administrativo y colaboradores en los procesos ambientales. La norma establece que los centros de trabajo deben identificar las actividades que impliquen un esfuerzo físico considerable, movimientos repetitivos y posturas forzadas. También, deben aplicar medidas de control como rediseñar actividades para reducir el riesgo, capacitar al personal con técnicas seguras de levantamiento, limitar el peso de carga y promover las pausas activas y rotación de tareas (NOM-036-1-STPS-2018).

3 Metodología

En este capítulo se describen las etapas que se realizaron en la presente investigación. El estudio se desarrolló en el campus central de Mexicali 1 y 2 de la UABC. Se dividió la metodología por medio de cinco etapas principales, las cuales se presentan en el diagrama de flujo de la Figura 3.1 y se describen más adelante.



Fuente: elaboración propia.

Figura 3.1. Etapas de la metodología del presente estudio.

3.1 Identificación de procesos ambientales

En la primera etapa se delimitó el área de estudio, donde se tomó en cuenta el campus central Mexicali 1 y 2 y la Unidad Deportiva. Se realizó un recorrido de reconocimiento a lo largo de las áreas elegidas y se identificaron los procesos ambientales.

Durante el recorrido, se tomaron evidencias fotográficas de los procesos ambientales identificados y se registró su ubicación en coordenadas geográficas, por medio de Google Maps. También, se registraron observaciones sobre las condiciones físicas de las áreas aledañas, la cantidad de afluencia de estudiantes y trabajadores que están involucrados y las actividades que se realizan en cada proceso.

Los datos anteriores se registraron en una base de datos en Excel, permitiendo buscar patrones en las actividades de los procesos y su beneficio ambiental en la UBAC. De esta forma, se realizó la propuesta de clasificar los procesos ambientales en tres categorías principales: Gestión hídrica, Gestión de residuos y Energías renovables.

3.2 Inspecciones de verificación de riesgos

Concluida la identificación de los procesos ambientales, la siguiente etapa consistió en la elaboración de un instrumento Diagnóstico de riesgos, diseñado para identificar los riesgos y las obligaciones normativas que deben cumplir los procesos ambientales; el instrumento fue elaborado con base en las características de los procesos observados y en una revisión del marco legal nacional que regulan las actividades desempeñadas en estos espacios, el cual está descrito en el Capítulo 2.4 del presente estudio.

El Diagnóstico de riesgos se compone de dos secciones: la primera corresponde a la inspección visual con la ayuda de una serie de preguntas en referencia a las condiciones de seguridad establecidas por las NOM de la Secretaría del Trabajo y Previsión Social; mientras que la segunda sección es una entrevista destinada a los trabajadores y estudiantes voluntarios, la cual está basada en los derechos y obligaciones de los trabajadores, descritos en las leyes y las normas nacionales. La Figura 3.2 muestra una perspectiva general del diseño del instrumento, el cual puede observarse con más detalle en el Anexo A.

Inspección Visual			
Universidad Autónoma de Baja California			
Campus Mexicali			
Unidad académica:			Día y fecha:
Proceso ambiental:		Responsable:	
Departamento:		No. colaboradores:	
Coordenadas:			Dimensión:
Seguridad en instalaciones y áreas (NOM-001-STPS-2008)			
1. El lugar presenta orden y limpieza.			
Sí		No	
		NA	

Entrevista			
Universidad Autónoma de Baja California			
Campus Mexicali			
Unidad académica:			Fecha y hora:
Proceso ambiental:		Responsable:	
Departamento:		No. colaboradores:	
Coordenadas:			Dimensión:
1. ¿Cuenta con un plano identificando los equipos contra incendio, equipos de primeros auxilios y rutas de evacuación?			

Fuente: Elaboración propia.

Figura 3.2. Formato de Diagnóstico de riesgos: a) sección de inspección visual; b) sección de entrevista a trabajadores.

Durante la inspección visual, se realizó un recorrido en las áreas donde se identificaron procesos ambientales, con el fin de observar y registrar las condiciones físicas y operáticas de cada sitio. Esto posibilitó el reconocimiento de elementos relacionados a las condiciones físicas de las infraestructuras, la señalización existente, el nivel de mantenimiento proporcionado, las características del entorno laboral, la exposición a fenómenos naturales y otros aspectos que se describen en la primera sección del Diagnóstico de riesgos (Anexo A).

En la etapa de entrevistas, se programaron reuniones individuales con los encargados de cada proceso. Posteriormente, se realizaron las entrevistas a los trabajadores y voluntarios que colaboran en los procesos ambientales, quienes proporcionaron información sobre las actividades que llevan a cabo, las

capacitaciones que han recibido, la cantidad de accidentes ocurridos desde el año 2023 y otras preguntas relacionadas con el cumplimiento de las obligaciones enunciadas en las NOM de la Secretaría del Trabajo y Previsión Social.

La información obtenida durante la inspección visual y las entrevistas se encuentra descrita en el Anexo B del presente estudio.

3.3 Evaluación de riesgos

Para esta etapa, fue necesario seleccionar un instrumento de análisis y evaluación de riesgos. Se optó por la Guía Técnica Colombiana GTC 45: “Guía para la Identificación de los Peligros y la Valoración de los Riesgos en Seguridad y Salud Ocupacional”, porque se consideró la más apropiada para este estudio debido a sus características. Esta guía es aplicable en cualquier organización o institución, se adapta al alcance y a los recursos disponibles, presenta una clasificación de riesgos amplia y su metodología es fácil de implementar y documentar (ICONTEC, 2010).

Por lo tanto, las observaciones obtenidas por medio del Diagnóstico de riesgos fueron registradas en una base de datos creada en Excel, de acuerdo con el formato y los pasos establecidos en la GTC 45 para la evaluación de riesgos. En esta base de datos se organizó la información en categorías específicas, con el fin de determinar, de forma fundamentada, los posibles riesgos de cada actividad o condición laboral observada en los procesos ambientales:

1. Características de la actividad o condición laboral: nombre del proceso ambiental, ubicación o área donde se lleva a cabo, descripción de la actividad y si esta es rutinaria.
2. Características del riesgo: descripción, naturaleza del riesgo y sus posibles efectos.
3. Criterios para establecer controles del riesgo: cantidad de personas expuestas, peor resultado posible y si existe fundamento legal que se pueda aplicar controlar el riesgo.

Después de organizar las observaciones y describir los riesgos potenciales, procede la etapa de evaluación. Para ello, los riesgos se añadieron a una matriz, tomando en cuenta tres variables: nivel de deficiencia, nivel de exposición y nivel de consecuencia. A cada una se le asignó un valor numérico para calcular los niveles de probabilidad y de riesgo. La GTC 45 describe las clasificaciones y el procedimiento para valorar las tres variables. La Ecuación 3.1 presenta la ecuación para calcular el nivel de probabilidad de cada riesgo.

$$\text{Nivel de Probabilidad} = \text{Nivel de deficiencia} * \text{Nivel de exposición}$$

Fuente: ICONTEC (2010).

Ecuación 3.1. Nivel de probabilidad de riesgo.

Como su nombre lo indica, este valor determina la probabilidad de ocurrencia de cada uno de los riesgos identificados. La Tabla 3.1 muestra una interpretación resumida de los valores correspondientes al nivel de probabilidad.

Tabla 3.1. Nivel de probabilidad.

VALOR DE NIVEL DE PROBABILIDAD	INTERPRETACIÓN DE NIVEL DE PROBABILIDAD
40 – 24	Muy Alto
20 – 10	Alto
8 – 6	Medio
4 – 2	Bajo

Fuente: ICONTEC (2010).

Finalmente, el nivel de riesgo se determina utilizando la ecuación que aparece en la Ecuación 3.2, tomando en cuenta el nivel de probabilidad calculado y el nivel de consecuencia.

$$\text{Nivel de Riesgo} = \text{Nivel de probabilidad} * \text{Nivel de consecuencia}$$

Fuente: ICONTEC (2010).

Ecuación 3.2. Nivel de riesgo.

Como se observa en la Ecuación 3.2, el nivel de riesgo es el producto de la probabilidad y la consecuencia o gravedad de que ocurra un accidente o enfermedad. Una vez calculado este valor, es posible determinar si los riesgos identificados son aceptables o si necesita de una medida de control. La Tabla 3.2 presenta la interpretación de los valores del nivel de riesgo, correspondientes a la GTC 45.

Tabla 3.2. Nivel de riesgo.

VALOR DE NIVEL DE RIESGO	INTERPRETACIÓN DE NIVEL DE RIESGO	SIGNIFICADO
4,000 – 600	I	Riesgo crítico, necesita suspensión de actividad y atención inmediata.
500 – 150	II	Riesgo medio, necesita una nueva medida de control.
120 – 40	III	Riesgo bajo, requiere mejorar su medida de control.
20	IV	Riesgo aceptable.

Fuente: ICONTEC (2010).

3.4 Selección de indicadores

Una vez terminada la etapa de evaluación, los riesgos se ordenaron respecto a su nivel de riesgo, de mayor a menor valor, para priorizar aquellos que presentan una mayor probabilidad de ocurrencia y con consecuencias significativas. Con base en esta jerarquía, se seleccionaron únicamente los riesgos clasificados en los niveles I y II para la etapa de desarrollo de indicadores.

Por último, se relacionó cada riesgo seleccionado con la ley o norma nacional que no cumplía, agrupando así aquellos que presentaban el mismo tipo de incumplimiento. A partir de esto, se propuso una lista de indicadores basada en el fundamento legal y en los riesgos más relevantes identificados en los procesos ambientales.

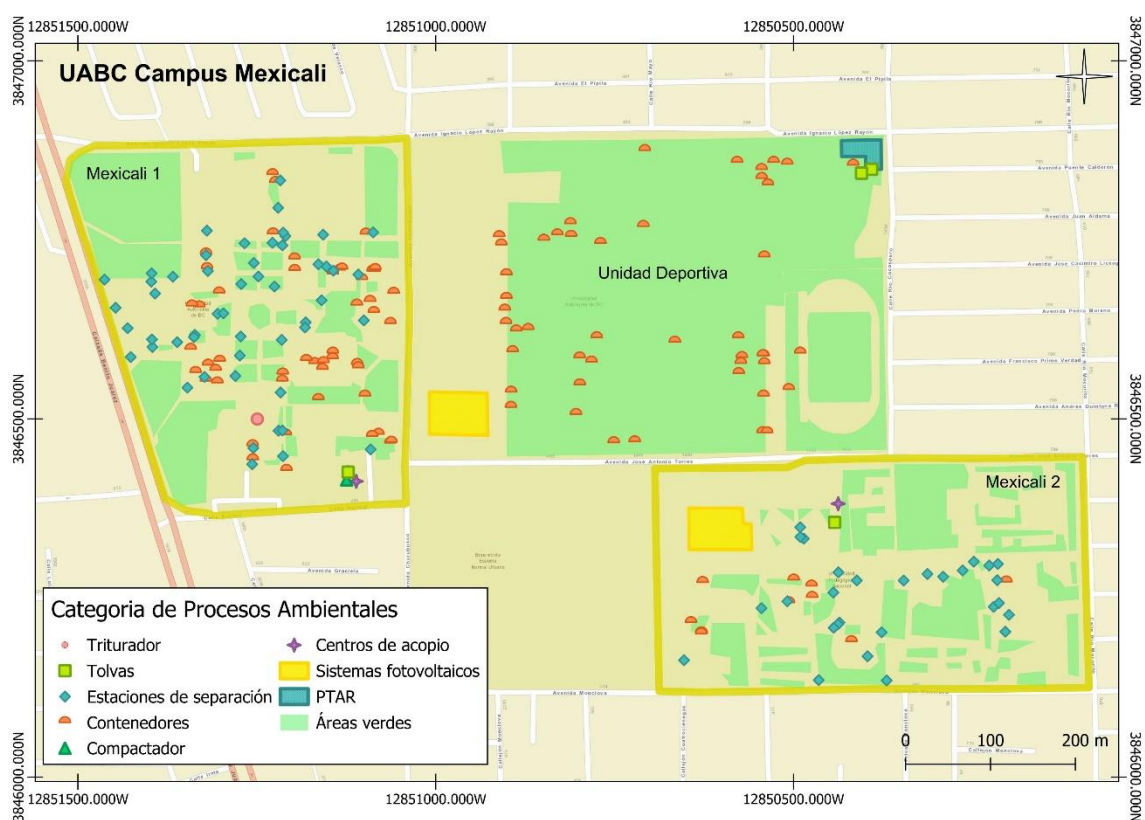
4 Resultados

En este capítulo se presentan los resultados obtenidos a lo largo de la investigación descrita en la metodología. La información se organizó en tres secciones: la identificación de los procesos ambientales en las áreas elegidas de la UABC, la cantidad de infraestructuras relacionadas a estos procesos y la identificación de condiciones peligrosas y riesgos en actividades.

4.1 Identificación de procesos ambientales

Durante el periodo 2023-2, se realizaron recorridos de reconocimiento en el campus central de UABC Mexicali, para identificar procesos ambientales. Durante estos recorridos se reconocieron las infraestructuras que pertenecen a este tipo de procesos, para cada una se registró el nombre, la ubicación en coordenadas geográficas obtenidas por medio de Google Maps, y se realizó el registro fotográfico. Además, se solicitó al personal responsable información general y especificaciones técnicas de la operatividad de los procesos ambientales identificados.

La información recopilada fue organizada en una tabla de Excel, la cual sirvió como base de datos que se incorporó al software de sistemas de información geográfica QGIS. Con esta herramienta se elaboró un mapa temático para la identificación geoespacial de los procesos ambientales presentes en campus central de Mexicali. La Figura 4.1 muestra la ubicación de los procesos ambientales que se encuentran dentro del campus central. Para el análisis de este estudio, se dividió el campus en tres secciones: Mexicali 1, Mexicali 2 y la Unidad Deportiva.



Fuente: Elaboración propia.

Figura 4.1. Identificación de procesos ambientales.

Una vez concluido el registro de las infraestructuras, estas fueron clasificadas con base en el tipo de contribución ambiental. Las infraestructuras relacionadas con la

recolección, valorización y disposición de residuos fueron clasificadas en la categoría de Gestión de residuos, aquellas que contribuyen al ahorro, tratamiento o limpieza del recurso hídrico se clasificaron en la categoría de Gestión hídrica y, por último, las infraestructuras relacionadas al aprovechamiento de fuentes de energías no convencionales formaron parte de la categoría de Energías renovables. La Tabla 4.1 presenta la lista de las infraestructuras identificadas y su respectiva clasificación, dependiendo del tipo de proceso ambiental; además, se asignó un código para cada infraestructura, como forma de representación en las siguientes etapas del estudio.

Tabla 4.1. Infraestructuras catalogadas por categorías.

CATEGORÍA	INFRAESTRUCTURA	CÓDIGO
Gestión de residuos	Tolva de residuos de poda e inorgánicos	TOLV
	Estación de separación	SEPAR
	Contenedor de residuos inorgánicos	CINORG
	Contenedor de papel de oficina	CPAPEL
	Contenedor de plásticos	CPLÁSTIC
	Compactador de residuos	COMPACT
	Centro de acopio	ACOPIO
	Triturador de residuos orgánicos	TRITU
Gestión hídrica	Planta de tratamiento de aguas residuales	PTAR
	Sistema de riego de agua tratada	RIEGO
Energías renovables	Estacionamiento fotovoltaico	EFOTOV

Fuente: Elaboración propia.

Como se observa en la Figura 4.1, la categoría con mayor concentración de procesos e infraestructura corresponde a la categoría de Gestión de residuos. Entre sus elementos identificados se encuentran un triturador, un compactador de residuos, tolvas para residuos de poda y orgánicos, estaciones con contenedores diferenciados para separar los residuos y centros de acopio.

La categoría de Gestión hídrica incluye la planta de tratamiento de aguas residuales (PTAR) y el sistema de riego del campus. Este último está representado en la Figura 4.1 mediante la limitación de áreas verdes.

La última categoría, Energías renovables, está conformada exclusivamente por dos sistemas de paneles solares, instalados como techos en los estacionamientos del campus. Por su ubicación se nombraron estacionamientos fotovoltaicos.

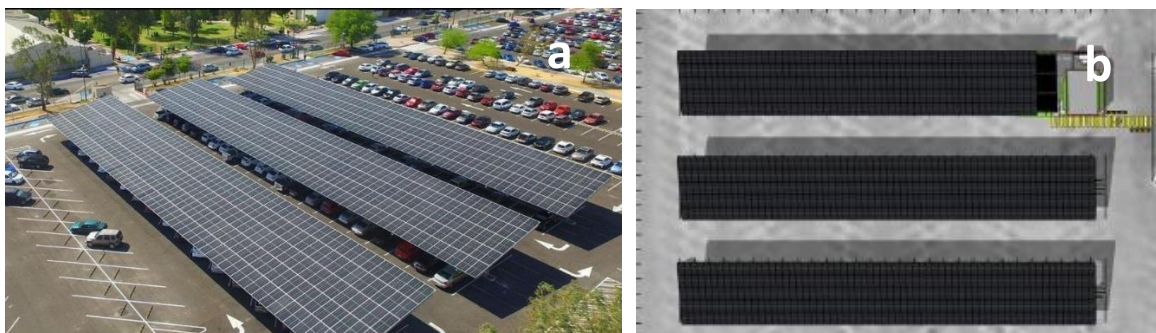
A continuación, se presenta una breve descripción de estos procesos ambientales, con información sobre su función operativa, su contribución ambiental para la UABC y otras características relevantes documentadas durante el recorrido de reconocimiento y la revisión documental.

4.1.1 Energías renovables

Los estacionamientos fotovoltaicos del campus Mexicali contribuyen al abastecimiento de la demanda energética de las instalaciones mediante la captación de energía solar. Según los datos proporcionados por el encargado de esta infraestructura, Ibarra & Suástegui (2023), la energía generada ayuda a reducir el consumo energético de la UABC, tan solo en 2023 se generó 6,917 MWh, lo que ayudó a reducir 293 toneladas de CO₂ de emisión en el campus. El primer sistema fotovoltaico se encuentra en un estacionamiento adyacente a Mexicali 1 (32.631585, -115.442233), y consta de tres hileras de 61 x 5 m con 305 paneles solares cada una, el sistema completo cubre 150 cajones de estacionamiento (Estudiosolar, 2020). Por otro lado, el segundo se encuentra en un estacionamiento de Mexicali 2 (32.630355, -115.438891) y consta de tres hileras, la primera cuenta con 275 paneles solares, tiene una dimensión de 55 x 5 m y abarca 48 cajones de estacionamiento; las siguientes dos hileras miden 64 x 5 m, cuentan con 320 paneles solares cada una y cubren 108 cajones en total (Estudiosolar, 2022).

La Figura 4.2a muestra una foto aérea del estacionamiento fotovoltaico de Mexicali 1, cerca del estacionamiento se ubica un laboratorio donde resguardan los

inversores y la computadora que registra la generación de energía del sistema. Por otro lado, la Figura 4.2b muestra un diagrama del estacionamiento fotovoltaico de Mexicali 2, en el cual se puede observar un espacio diseñado para almacenar los inversores del sistema, que se encuentra adyacente a la primera hilera de paneles.



Fuente: Ibarra & Suástegui (2023).

Figura 4.2. Estacionamientos fotovoltaicos: a) de Mexicali 1; b) de Mexicali 2.

4.1.2 Gestión hídrica

En la Unidad Deportiva se localiza la PTAR, la cual se encarga de procesar el agua residual proveniente de la colonia adyacente al campus central de Mexicali, para su tratamiento y reutilización en el riego de las áreas verdes del campus (Figura 4.3b).

La operación de la PTAR inicia con la etapa de pretratamiento, en la cual se realiza la separación física de residuos sólidos y materiales con un diámetro mayor a media pulgada, mediante un cilindro desarenador y un cárcamo de bombeo, lo que evita obstrucciones en las etapas posteriores; la siguiente etapa consiste en el desbaste de sólidos finos, donde las partículas de menor tamaño son retenidas por medio de una rejilla. Posteriormente, el tratamiento secundario se lleva a cabo en un reactor central donde la materia orgánica del agua es degradada a través de una combinación de procesos anóxicos y aerobios, asistidos por aireación. El agua pasa después a un sedimentador secundario, donde los lodos activados se separan por

gravedad y son recirculados al reactor de aireación. En la etapa final, el agua tratada se conduce a un tanque de desinfección, donde se inyecta hipoclorito de calcio y, finalmente, atraviesa dos filtros de arena de lecho profundo, que eliminan partículas suspendidas remanentes. Como resultado se obtiene agua clara y sin olor, con calidad suficiente para su descarga al drenaje o su reutilización en el riego de áreas verdes, conforme lo establecido en la NOM-003-SEMARNAT-2021 (Grupo EMESA, 2023).

La PTAR cuenta con un laboratorio para analizar el agua tratada de forma periódica. En 2024, la PTAR recibió un volumen de 107,370 m³ de aguas residuales, de los cuales se trataron adecuadamente 49,560 m³. De este total, 25,314 m³ fueron destinados al riego de áreas verdes en Mexicali 1 y 24,314 m³ al riego de los campos de la Unidad deportiva; el volumen restante no cumplió con la norma NOM-003-SEMARNAT-2021 y se descargó al drenaje.

La Unidad deportiva cuentan con un sistema de aspersores para sus campos; por otro lado, en Mexicali 1 se emplean diferentes mecanismos, como tomas de agua y mangueras que son operadas manualmente por el personal, diariamente (Figura 4.3a).



Fuente: Elaboración propia.

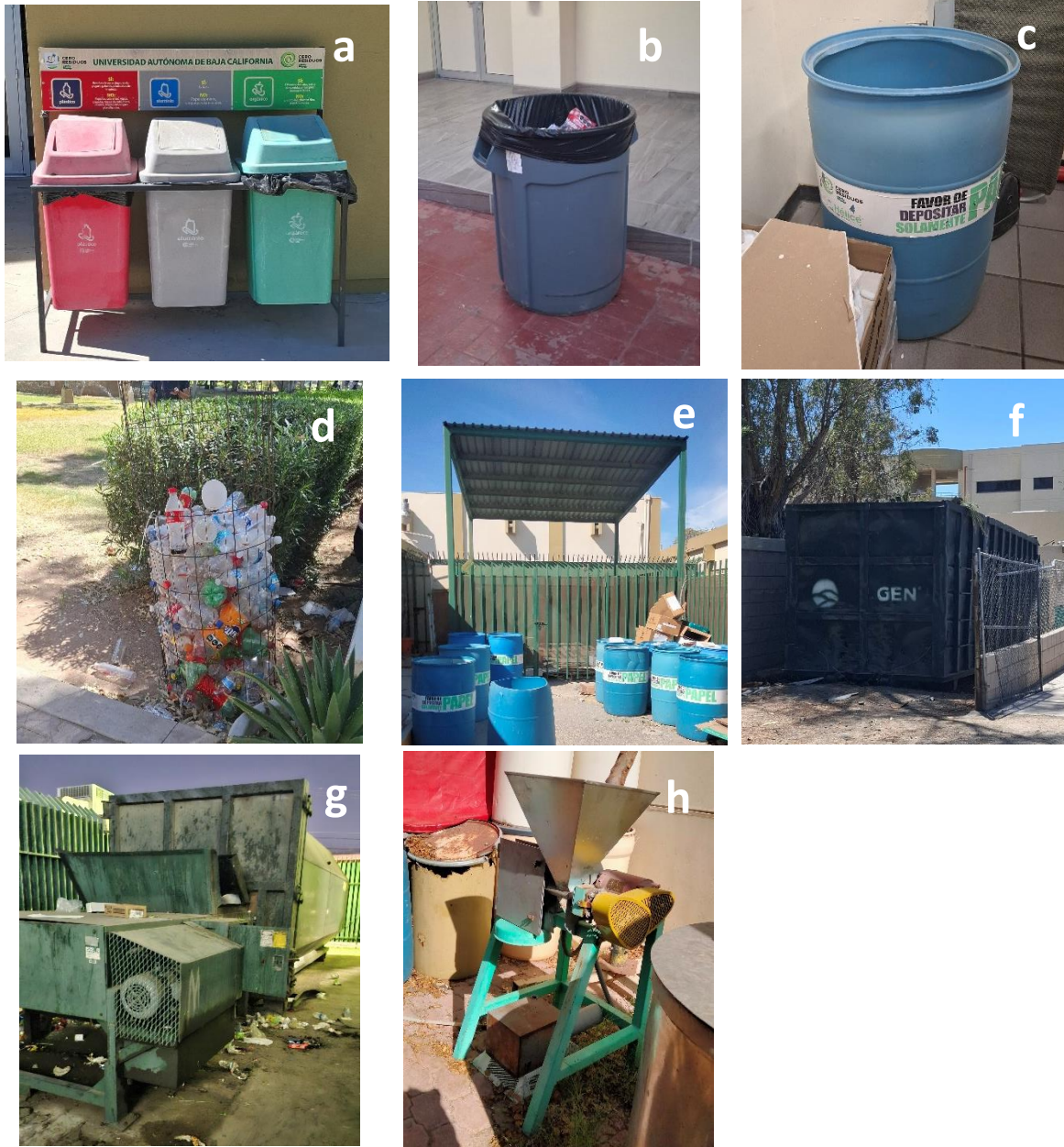
Figura 4.3. Infraestructura de la categoría Gestión Hídrica: a) sistema de riego de agua tratada; b) planta de tratamiento de aguas residuales.

4.1.3 Gestión de residuos

La sección Mexicali 1 dispone de una gran variedad de infraestructura para la gestión de residuos. Entre ellas se encuentran las estaciones de separación de residuos valorizables (Figura 4.4a), que están conformadas por una estructura metálica con tres contenedores de distinto color: rojo para botellas de plástico, gris para latas de aluminio y verde para orgánicos; la estructura está acompañada de un letrero que especifica el tipo de residuos permitidos en cada uno. También, se encuentran contenedores negros, donde se depositan todos los residuos que no van en las estaciones de separación (Figura 4.4b) y contenedores azules para el papel de oficina usado (Figura 4.4c). Además, el campus cuenta con un centro de acopio donde se almacenan temporalmente papel y cartón antes de enviarlos a reciclaje (Figura 4.4e), una tolva para residuos de poda (Figura 4.4f), una compactadora utilizada para comprimir ramas y otros residuos voluminosos (Figura 4.4g) y, finalmente, una trituradora de residuos orgánicos que es destinada exclusivamente a proyectos de investigación del Instituto de Ingeniería (Figura 4.4h).

En Mexicali 2, la diversidad de infraestructuras es menor en comparación con Mexicali 1. Además de las estaciones de separación de residuos y contenedores de residuos inorgánicos, esta sección del campus cuenta con un contenedor de alambre donde se depositan botellas de plástico (Figura 4.4d), una tolva destinada para residuos generales, otra para residuos de poda, un centro de acopio y contenedores de residuos peligrosos ubicados únicamente en el Centro Universitario de Promoción y Atención en Salud (CUPAS).

La infraestructura instalada en el campus para la separación de residuos, permite extender el ciclo de vida útil de diversos materiales mediante su incorporación a procesos de reciclaje. Tan solo en 2024 se lograron separar y enviar a reciclaje 465 kg de plástico, 79 kg de aluminio, 11,800 kg de papel y 2,943 kg de cartón.



Fuente: Elaboración propia.

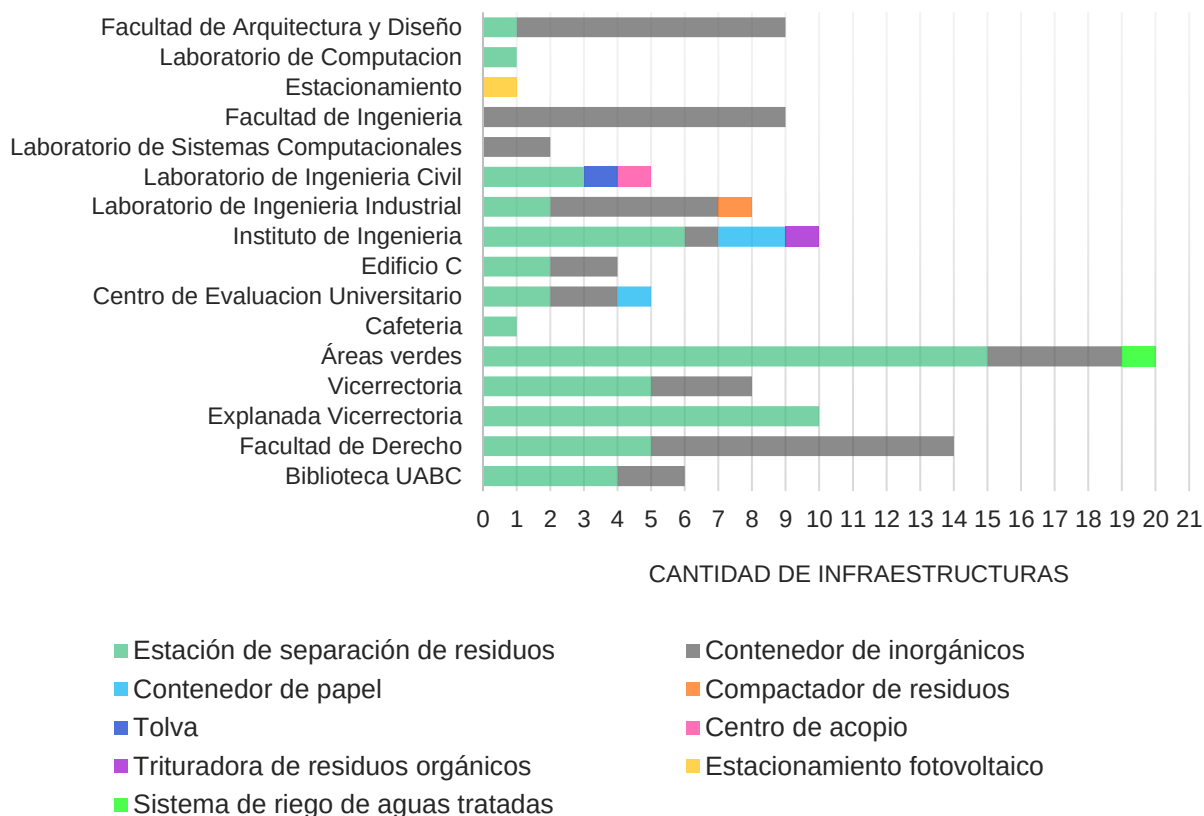
Figura 4.4. Infraestructura de la categoría Gestión de Residuos: a) estación de separación de residuos; b) contenedor de residuos inorgánicos; c) contenedor de papel de oficina; d) contenedor de botellas de plástico; e) centro de acopio; f) tolva; g) compactadora de residuos; h) trituradora de residuos orgánicos.

4.1.4 Cantidad de Infraestructuras

La sección Mexicali 1 cuenta con el mayor número de infraestructura relacionada con la gestión ambiental, esto puede deberse a que la concentración de su población estudiantil es mayor en comparación con Mexicali 2 y la Unidad Deportiva. Además, cuenta con una gran densidad de actividades académicas, administrativas y culturales, por la presencia de las facultades, la Vicerrectoría, la biblioteca principal y el teatro.

Mexicali 1 tiene en total 56 estaciones de separación de residuos, 47 contenedores de residuos inorgánicos, tres contenedores de papel de oficina, un centro de acopio de papel y cartón, una tolva para residuos de poda, una compactadora de residuos, una trituradora de residuos orgánicos, un sistema de riego de agua tratada y un estacionamiento fotovoltaico.

La Figura 4.5 muestra la distribución de la infraestructura ambiental identificada en las facultades y otros espacios institucionales de Mexicali 1, de esta forma se puede observar que áreas cuentan con una mayor concentración de este tipo de elementos. Las áreas verdes y la Facultad de Derecho presentan el mayor número de infraestructuras; con 15 estaciones de separación de residuos y cuatro contenedores de residuos inorgánicos en las áreas verdes y cinco estaciones de separación de residuos y nueve contenedores de residuos inorgánicos en la Facultad de Derecho. Por otro lado, la Cafetería y el Laboratorio de Computación son los espacios con menor cantidad, ya que ambos cuentan con una estación de separación de residuos cada uno.

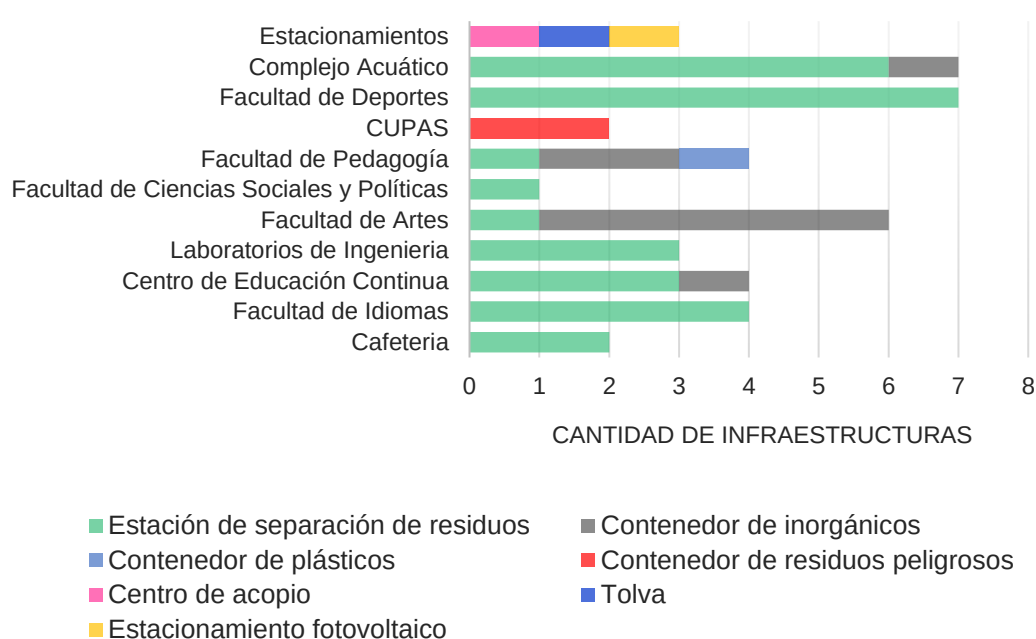


Fuente: Elaboración propia.

Figura 4.5. Procesos ambientales en Mexicali 1.

En Mexicali 2 se identificaron 28 estaciones de separación de residuos, nueve contenedores de residuos inorgánicos, un contenedor de botellas de plástico con distinto diseño en comparación a los contenedores rojos de las estaciones de separación, dos contenedores de residuos peligrosos, un centro de acopio, una tolva para residuos inorgánicos, una tolva para residuos de poda y un estacionamiento fotovoltaico. No se consideran los contenedores de residuos peligrosos para el estudio de identificación de riesgos, ya que cuenta con los controles debidos de su gestión, conforme a las normas de seguridad establecidas por el CUPAS y por la empresa externa que recoge estos residuos.

La Facultad de Deportes y el Complejo Acuático con los espacios con mayor cantidad de infraestructuras; con siete estaciones de separación de residuos en la Facultad de Deportes y seis estaciones de separación de residuos y un contenedor de residuos inorgánicos en el Complejo Acuático. Por otro lado, la Facultad de Ciencias Sociales y Políticas es el espacio con menor cantidad de infraestructuras, con una estación de separación de residuos. La cantidad total de infraestructuras encontradas en Mexicali 2 se pueden observar en la Figura 4.6.

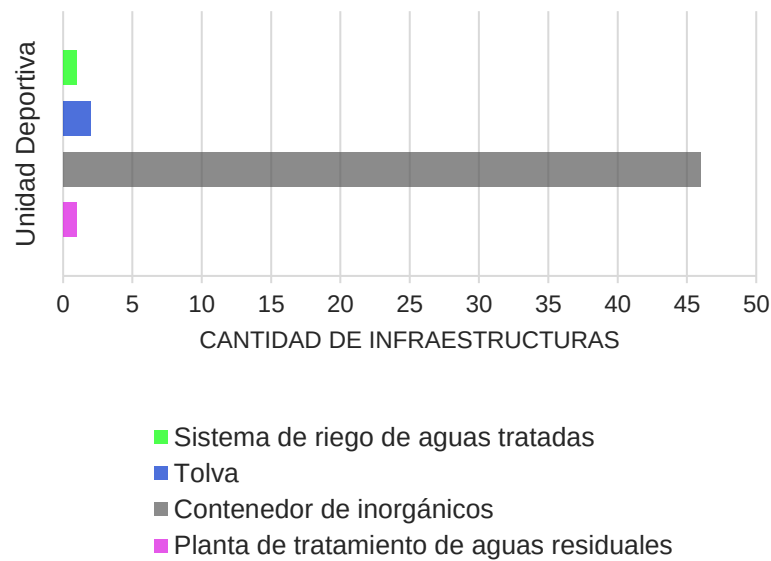


Fuente: Elaboración propia.

Figura 4.6. Procesos ambientales en Mexicali 2.

Por último, la Figura 4.7 muestra el número de infraestructuras dentro de la Unidad Deportiva. Entre ellas se encuentra con la PTAR, ubicada lejos del área deportiva y de las canchas. En su periferia se ubican dos tolvas destinadas a residuos inorgánicos y de poda. El sistema de riego de agua tratada está instalado en todas

las áreas verdes y en los campos deportivos; además, en toda la Unidad Deportiva se distribuyen 46 contenedores para residuos inorgánicos.



Fuente: Elaboración propia.

Figura 4.7. Procesos ambientales en Unidad deportiva.

Como se evidencia en las Figuras 4.5, 4.6 y 4.7, la categoría de Gestión de Residuos es la más representativa dentro del campus Mexicali, ya que se identificó una alta concentración de contenedores de residuos, estaciones de separación, tolvas y centros de acopio. Esto puede indicar una relación directa entre la afluencia de la población de las tres secciones del campus y la demanda de actividades de manejo y tratamiento de sus residuos generados.

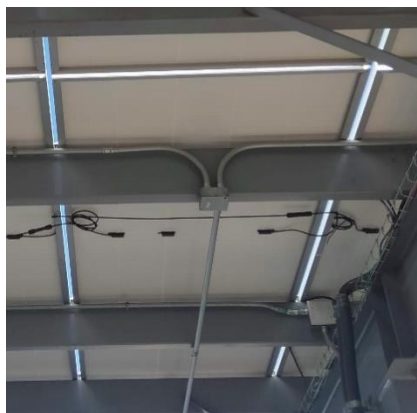
4.2 Identificación de condiciones inseguras y actos de riesgo

En esta sección se presentan los resultados obtenidos de la inspección de verificación de riesgos que se realizó posteriormente al recorrido de identificación de procesos ambientales. Para estas inspecciones, se solicitó apoyo de las personas encargadas de aquellas infraestructuras que así lo requerían. Por lo tanto, se realizaron las inspecciones de la PTAR y los estacionamientos fotovoltaicos en días y horarios distintos, de acuerdo a las citas acordadas. En el caso de las infraestructuras de la categoría de Gestión de Residuos se realizaron cinco inspecciones de riesgos debido a su variedad y cantidad. Para cada inspección se documentó en el Diagnóstico de Riesgos los riesgos encontrados y la información brindada por las respuestas de los trabajadores y voluntarios (Anexo B).

A continuación, se presenta una descripción detallada de las condiciones de riesgo identificadas durante las actividades de los procesos ambientales y registradas en el Anexo B, organizadas por categorías.

4.2.1 Energías renovables

Ambos sistemas fotovoltaicos son estudiados por la red de expertos en energía de la UABC y por estudiantes voluntarios, ellos se encargan de registrar mensualmente la generación de energía y la condición operativa de los inversores. Con esta información es posible detectar anomalías de forma más rápida y solicitar el mantenimiento necesario. En el caso del estacionamiento fotovoltaico de Mexicali 1, se identificó la ausencia de tapas de seguridad eléctrica en los paneles que, al ser un tipo de medida preventiva, puede derivar en cortos circuitos durante temporadas de lluvia (Figura 4.8).



Fuente: Elaboración propia.

Figura 4.8. Instalación de paneles sin tapas de seguridad.

También, se realizó una inspección en el laboratorio adyacente al estacionamiento de la Facultad de Ingeniería, el cual está encargado del registro de los datos del sistema fotovoltaico de Mexicali 1. Se identificó que los inversores resguardados en el laboratorio no se encuentran debidamente fijados a los racks (Figura 4.9). Esta situación representa un riesgo en caso de sismos, ya que los equipos pueden caer, ocasionando daño físico, fallas en su operatividad, cortocircuito o un accidente laboral en caso de impactar sobre los estudiantes voluntarios que realizan las actividades de monitoreo.

Otra observación fue que el laboratorio carece de un botiquín de primeros auxilios, lo cual incrementa la vulnerabilidad del lugar ante posibles riesgos eléctricos o mecánicos durante las actividades de monitoreo y mantenimiento, ya que se encuentra aislado del resto de los edificios del campus.



Fuente: Elaboración propia.

Figura 4.9. Inversor no fijado en el rack.

En cuanto al estacionamiento, se identificaron dos riesgos principales. El primero corresponde a la falta de un punto de reunión cercano, esto puede provocar desorganización entre las personas durante un caso de sismo o incendio, derivando en actos inseguros o irresponsables. El segundo riesgo fue la posible colisión de un automóvil contra la estructura del sistema fotovoltaico, lo que podría ocasionar daños estructurales. En un escenario grave, el impacto podría provocar un colapso parcial o total del sistema sobre los vehículos, generando un cortocircuito y, potencialmente, un incendio.

4.2.2 Gestión hídrica

La operación de la PTAR está a cargo del trabajador asignado al turno matutino, quien es responsable de supervisar su funcionamiento y de ejecutar las actividades relacionadas con el tratamiento del agua residual. Debido al clima extremo de Mexicali, caracterizado por la elevada radiación solar y temperatura en la temporada de verano, el trabajador programa sus actividades laborales durante las primeras horas de la mañana. En caso de que se requiera realizar actividades en un horario

de mayor exposición, la duración de sus tareas no excede de 20 minutos, para evitar el estrés térmico.

El trabajador señaló la necesidad de instalar un altavoz cercano a la PTAR para alertas de caso de sismo o incendio, y que no suele enterarse de los simulacros, o eventos reales, debido a la falta de un sistema de aviso. Por último, comentó la ausencia de capacitaciones actualizadas en temas relacionados con sus funciones y de seguridad e higiene laboral, agregando que en el horario de descanso suele fumar dentro del área delimitada de la planta, lo que puede derivar a un riesgo de incendio debido al manejo de sustancias químicas inflamables y a la vegetación que se encuentran en el lugar, además, infringe lo establecido en el Reglamento de la Ley General para el Control del Tabaco que prohíbe fumar en centros de trabajo e instituciones educativas.

Además de la información obtenida en la entrevista, durante la inspección visual se identificaron condiciones inseguras localizadas en los alrededores de la PTAR que infringen la normatividad de seguridad e higiene y que pueden provocar accidentes laborales. Por ejemplo, se encontró basura y cadáveres de aves cerca de los tanques de cloración y filtración (Figura 4.10), esto representa un riesgo biológico e incumple lo establecido en la NOM-001-STPS-2008 sobre mantener los espacios de trabajo limpios y en orden.



Fuente: Elaboración propia.

Figura 4.10. Cadáver de ave cerca de tanque de desinfección.

Otra condición observada fue el deterioro de la reja perimetral, que estaba vencida y parcialmente sostenida por un arbusto alto; esto representa un riesgo de accidente para el personal, si la reja termina de caerse. Asimismo, se detectó que el punto de reunión asignado en caso de sismo o incendio está ubicado muy próximo a las posibles zonas de riesgo (Figura 4.11), lo que contradice lo estipulado en la NOM-002-STPS-2010 sobre la ubicación estratégica de este tipo de señalamientos.

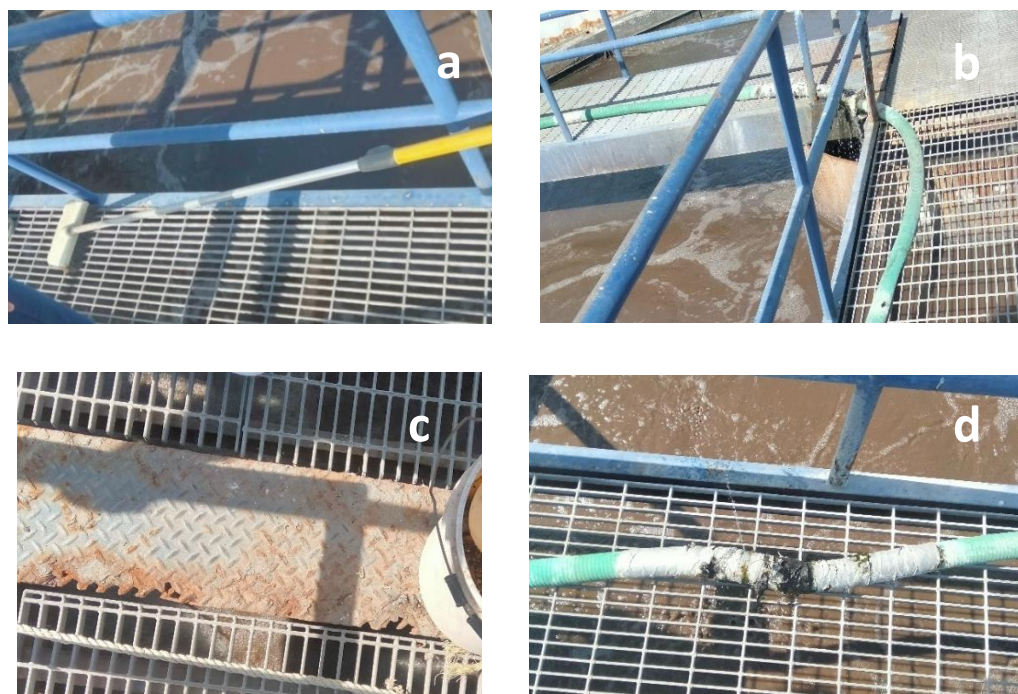


Fuente: Elaboración propia.

Figura 4.11. Punto de reunión mal ubicado.

Después, se observaron diversas situaciones relacionadas con el mantenimiento de la PTAR y las actividades operativas. En primer lugar, el pasillo ubicado sobre el reactor de aireación se encontraba obstruido por los cepillos de limpieza (Figura 4.12a) y la manguera de recirculación de agua residual (Figura 4.12b). Como el pasillo es estrecho, estas obstrucciones pueden provocar tropiezos o caídas y, en el peor escenario, puede derivar a una caída hacia el reactor de aireación. Además, el pasillo se encontraba con láminas desprendidas por falta de puntos de soldadura, generando inestabilidad (Figura 4.12c). Ambas situaciones infringen la NOM-001-STPS-2008 que exige mantener en condiciones seguras los pisos y estructuras, así como evitar obstrucciones de pasillos y puertas en el centro de trabajo. Igualmente,

la manguera de recirculación mostraba daños visibles y reparaciones deficientes ocasionando fugas de agua residual (Figura 4.12d), lo que aumenta la exposición del trabajador a contraer una infección biológica, ya que este no utiliza guantes u otro tipo de protección personal en manos y cara.



Fuente: Elaboración propia.

Figura 4.12. Condiciones de riesgo en pasillo de reactor: a) obstrucción con cepillo; b) obstrucción con manguera; c) piso deteriorado y desoldado; d) manguera rota.

También se identificaron actos inseguros con el equipo, en este caso una válvula de presión instalada a una altura considerable (Figura 4.13a). El trabajador requiere trepar sobre las tuberías para manipularla, lo que implica un riesgo de caída. De igual forma, las escaleras del reactor de aireación cuentan con el riesgo de caída de altura porque no cuentan con material antiderrapante (Figura 4.13b). El trabajador reportó una caída de casi tres metros de altura, en 2022, desde las escaleras, al resbalar con sus botas de seguridad; esto ocasionó dolor agudo y una

lesión en la espalda que requirió meses de incapacidad. Cabe mencionar que las botas de seguridad eran viejas, con el antiderrapante desgastado, por lo que la ausencia de un equipo de protección personal (EPP) nuevo y la falta de mantenimiento a las escaleras provocó su caída.



Fuente: Elaboración propia.

Figura 4.13. Condiciones de riesgo en escaleras: a) válvula inaccesible; b) escaleras sin antiderrapante.

Por último, los contenedores de sustancias químicas destinadas a la desinfección del agua, están almacenados en un área techada como lo indica la NOM-005-STPS-1998, pero no cuentan con etiquetas que identifiquen el nombre de la sustancia ni las advertencias necesarias para su manipulación segura (Figura 4.14). Además, el trabajador señaló no haber recibido capacitación para el manejo de productos químicos y no utiliza EPP para el manejo de estos.



Fuente: Elaboración propia.

Figura 4.14. Sustancias químicas sin etiquetas.

En el caso del sistema de riego con agua tratada, se identificó un riesgo principal, que es el sobreriego de las áreas verdes (Figura 4.15). Esto puede generar múltiples consecuencias, pero se destacan dos en particular para el marco legal planteado en este estudio. En Mexicali 1 y en la Unidad Deportiva se observaron áreas inundadas por el riego irresponsable, lo que puede ocasionar erosión temprana del suelo y afectar la estabilidad estructural de los edificios cercanos. También, estudiantes reportaron lesiones en extremidades inferiores, como esguinces, torceduras y caídas, provocadas por la excesiva humedad de los campos deportivos, ya que dificulta su uso.



Fuente: Elaboración propia.

Figura 4.15. Áreas verdes inundadas.

4.2.3 Gestión de residuos

En el centro de acopio de Mexicali 2 no se identificaron riesgos, esto se debe a que los trabajadores de mantenimiento se encargan de mantener el lugar limpio y en orden, además, suelen vigilar constantemente el centro para que permanezca en estas condiciones.

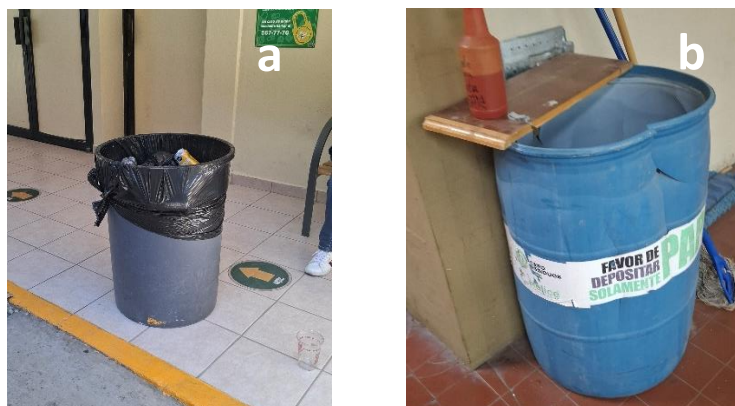
Por otro lado, el centro de acopio de Mexicali 1 presentó desorden en los materiales que almacena, el papel se encontraba desbordado de los contenedores y el cartón estaba sin compactar y desorganizado fuera del centro (Figura 4.16). Esta situación presenta distintos riesgos, por ejemplo, la acumulación prolongada de estos materiales puede favorecer a la proliferación de insectos u otro tipo de plagas, convirtiéndolo en un foco de infección; en caso de que ocurra una contaminación cruzada por la presencia de otro tipo de residuo puede dificultar la recolección para su recolección; por último, el desorden que presenta incrementa la probabilidad de tropiezos y caídas de los trabajadores, que pueden resultar en lesiones como dolor agudo, esguinces o torceduras. Cabe destacar que esta condición insegura se repitió durante las posteriores inspecciones, lo que muestra una falta de control recurrente en esta área e infringe con la NOM-001-STPS-2008.



Fuente: Elaboración propia.

Figura 4.16. Desorden en centro de acopio.

Durante las inspecciones realizadas a los contenedores de residuos en ambas secciones del campus, se observó que alrededor de siete contenedores de residuos inorgánicos se encuentran ubicados en pasillos estrechos, obstruyendo el paso de los estudiantes (Figura 4.17a). Esto es una infracción a la NOM-001-STPS-2008. También, se identificaron contenedores de papel en mal estado, deformados o rotos (Figura 4.17b), lo que puede provocar cortes superficiales en manos y brazos de los trabajadores encargados de su traslado. De igual manera, el contenedor tipo reja destinada para botellas de plástico presenta orillas filosas y levemente oxidadas, esto puede provocar rasguños e, incluso, infecciones como tétanos en los trabajadores.



Fuente: Elaboración propia.

Figura 4.17. Condiciones de riesgo con contenedores: a) obstrucción de pasillos; b) contenedores rotos.

En el caso de las tolvas, en ambas secciones del campus se identificó el mismo riesgo. Debido a la altura de estas infraestructuras, los trabajadores de mantenimiento realizan hiperextensiones al momento de depositar los residuos, o que puede derivar en contracturas o esguinces. De acuerdo con lo mencionado en las entrevistas, los trabajadores no han recibido capacitación en temas de ergonomía y prevención de lesiones por movimientos repetitivos, lo que incrementa la vulnerabilidad durante las actividades de recolección y deposición de residuos. También, se observó que los trabajadores no utilizan guantes de protección al manipular las bolsas de residuos inorgánicos y los residuos de poda, exponiéndose a rasguños o cortes superficiales en caso de entrar en contacto con materiales filosos.

Durante las entrevistas se mencionó que en 2024 uno de los contenedores de las estaciones de separación se incendió por una colilla de cigarro mal apagada, dicha situación fue controlada con un extintor. Sin embargo, a pesar de la prohibición de esta actividad dentro del campus, existe una probabilidad de que vuelva a ocurrir, ya que se encontraron colillas de cigarro en los espacios aledaños del centro de acopio y de la tolva de Mexicali 1. Considerando la ausencia de extintores cercanos

a ambos espacios, que almacenan residuos inflamables, el riesgo de incendio es alto.

Por último, durante la inspección de la compactadora se observaron residuos dispersos a su alrededor, lo que infringe la NOM-001-STPS-2008 y representa un riesgo de resbalones, tropiezos o caídas para los trabajadores. También, se reportó que la operación de la compactadora suele realizarse por una sola persona, lo cual es un riesgo, ya que en caso de accidente no habría personal disponible para actuar de forma inmediata. Una situación similar ocurre con la trituradora de residuos orgánicos, puesto que se identificó la ausencia de un sistema de seguridad para prevenir atrapamientos o cortes (Figura 4.18), lo que incrementa la vulnerabilidad de su operación e infringe la NOM-004-STPS-1999.



Fuente: Elaboración propia.

Figura 4.18. Trituradora sin dispositivo de seguridad.

La Tabla 4.2, que resume los riesgos identificados durante la inspección de riesgos de los procesos ambientales. Esta tabla muestra la acción o condición detectada como un riesgo, de acuerdo con lo establecido en el marco legal del Capítulo 2.4. Para cada una se elige su factor de riesgo y describiendo los posibles efectos.

Tabla 4.2. Riesgos identificados en procesos ambientales.

CÓDIGO	ACTIVIDAD	RIESGO	EFEECTO
PTAR	Limpieza / supervisión de tanque de aireación	Residuos y cadáveres de animales cerca del tanque de desinfección	Exposición a infección bacteriana
		Exposición a radiación solar y calor extremo	Deshidratación y fatiga
		Pasillo estrecho con obstáculos de manguera y cepillo de limpieza	Caída al tanque de aireación
		Piso metálico antiderrapante suelto y desoldado	Tropezamiento o caída en el pasillo
		Manguera de transporte de agua residual con fugas	Exposición a infección bacteriana
	Regulación de válvula de tanque	Falta de escalera en tanque con válvula	Caída de altura
	Manejo de sustancias químicas	Contenedores de sustancias químicas sin etiquetas	Desconocimiento del manejo de sustancias químicas
	Subir escaleras hacia el tanque de aireación	Escaleras sin antiderrapante	Tropezamiento o caída de las escaleras
	NA	Reja de delimitación pandeada	Caída de reja
		Punto de reunión en una zona no segura	Desorganización y mayor probabilidad de accidentes
		Falta de altavoz cercana en caso de sismo o incendio	Desorganización y mayor probabilidad de accidentes
RIEGO	Riego de áreas verdes	Inundación de campos deportivos y otras áreas verdes	Ablandamiento del suelo
			Problemas estructurales en edificios cercanos
EFOTOV	Chequeo de eficiencia de inversores	Los inversores no están fijados	Caída de inversores
	Maniobrar autos en el estacionamiento	Colisión de un auto contra el sistema fotovoltaico	Daño estructural en el sistema
		No se cuenta con un kit de primeros auxilios	Accidentes sin tratamiento inmediato

	NA	No cuenta con puntos de reunión	Desorganización y mayor probabilidad de accidentes
		Falta de tapas de seguridad eléctrica en paneles	Lesiones por cortocircuito
ACOPIO	Almacenamiento de residuos valorizables	Residuos en desorden, sin compactar y desbordados	Generación de plagas Tropiezos y caídas con los residuos
	NA	No se cuenta con un extintor cercano al centro de acopio	Mayor probabilidad de incendio
CINORG	Colocación de contenedores de residuos	Los contenedores obstruyen pasillos estrechos	Dificultad para evacuar en emergencias
CPAPEL	Cargar bolsas o contenedores de residuos	Contenedores con grietas o rotos	Cortes y rasguños en manos y brazos
CPLÁSTIC	Manipulación de rejilla de residuos plásticos	Orilla oxidada y punzante	Cortes y rasguños en manos y brazos
TRITU	Trituración de residuos orgánicos	Falta de dispositivo de seguridad	Atrapamiento o cortes de dedos y manos
COMPACT	Compactación de residuos	Actividad sin supervisión	Falta de acción rápida ante emergencias
	NA	Residuos tirados alrededor del compactador	Resbalones o caídas
TOLV	Disposición de residuos de poda o inorgánicos	La altura de la tolva es mayor a los trabajadores	Hiperextensiones y lesiones musculoesqueléticas
PTAR ACOPIO SEPAR TOLV	NA	Consumo de tabaco cerca del lugar	Incendio
ACOPIO CINORG SEPAR	Manejo de residuos	Los trabajadores no usan guantes al manipular los residuos	Cortes y rasguños en manos y brazos
ACOPIO CINORG SEPAR	Cargar bolsas o contenedores de residuos	Los trabajadores sin capacitación de carga pesada y movimientos repetitivos	Hiperextensiones y Lesiones musculoesqueléticas

Fuente: Elaboración propia.

La Tabla 4.2 muestra que los procesos ambientales incluidos en la categoría de Gestión hídrica presentan la mayor cantidad de riesgos identificados, con un total de 13. De estos, 12 corresponden a las actividades y condiciones de la PTAR y uno al sistema de riego.

La siguiente categoría con mayor número de riesgos fue Gestión de residuos, con un total de 12. De los cuales, cinco pertenecen a las actividades realizadas en los centros de acopio, cuatro a los contenedores diferenciados de residuos, tres a las estaciones de separación, dos al compactador, dos a las tolvas y uno al triturador de residuos orgánicos.

Por último, la categoría de Energías renovables obtuvo el menor número de riesgos presentes en sus actividades, encontrándose con un total de cinco para ambos sistemas fotovoltaicos.

Cabe mencionar que el número de riesgos encontrados en una o más actividades no indica, necesariamente, que estos sean inevitables ni que sus consecuencias sean graves. Para saber si un riesgo es relevante, se requiere hacer una evaluación que considere factores como la probabilidad de que ocurra, el impacto de sus consecuencias, la cantidad de personas expuestas y la existencia de medidas de control, como se mencionó en el Capítulo 3.3.

4.3 Evaluación de riesgos

En esta sección se presentan los resultados obtenidos en la evaluación de riesgos desarrollada de acuerdo con la GTC 45. En la primera etapa de evaluación, se organizó la información obtenida del Diagnóstico de riesgos en las categorías descritas en el Capítulo 3.3. La Tabla 4.3 presenta los datos más relevantes de toda la información descrita en la base de datos original creada para este estudio.

Tabla 4.3. Descripción de actividades y sus riesgos.

PROCESO	ZONA / LUGAR	ACTIVIDAD	RIESGO				
			DESCRIPCIÓN	CLASIFICACIÓN	POSIBLES EFECTOS	PEOR CONSECUENCIA	REFERENCIA LEGAL
PTAR	Unidad Deportiva	Limpieza / supervisión de PTAR	Residuos y cadáveres de animales cerca del tanque de desinfección	Biológico	Exposición a infección bacteriana	Tifoidea, Ántrax, E Coli o enterobacterias	NOM-001-STPS-2008
PTAR	Unidad Deportiva	Limpieza / supervisión de PTAR	Exposición a radiación solar y calor extremos	Físico	Deshidratación y fatiga	Pérdida del conocimiento, convulsiones, desorientación	NOM-015-STPS-2001
PTAR	Unidad Deportiva	Limpieza / supervisión de tanque de aireación	Pasillo estrecho con obstáculos de manguera y cepillo de limpieza	Biológico	Caída al tanque de aireación	Infecciones entéricas, parasitarias, oculares y cutáneas	NOM-001-STPS-2008
PTAR	Unidad Deportiva	Limpieza / supervisión de tanque de aireación	Pasillo estrecho con obstáculos de manguera y cepillo de limpieza	Condiciones de seguridad	Tropezo o caída en el pasillo	Golpes, esguinces o fracturas	NOM-001-STPS-2008
PTAR	Unidad Deportiva	Limpieza / supervisión de tanque de aireación	Piso metálico antiderrapante suelto y desoldado	Condiciones de seguridad	Tropezo o caída en el pasillo	Golpes, esguinces o fracturas	NOM-001-STPS-2008

PTAR	Unidad Deportiva	NA	Reja de delimitación pandeada	Condiciones de seguridad	Caída de reja	Caída de reja sobre trabajador	NOM-001-STPS-2008
PTAR	Unidad Deportiva	Regulación de válvula de tanque	Falta de escalera en tanque con válvula	Condiciones de seguridad	Caída de altura	Fracturas, lesiones craneoencefálicas, hemorragia interna	NOM-001-STPS-2008
PTAR	Unidad Deportiva	NA	Consumo de tabaco dentro de la instalación	Condiciones de seguridad	Incendio	Quemaduras e intoxicación por humo	Ley general para el control del tabaco
PTAR	Unidad Deportiva	NA	Punto de reunión en una zona no segura	Condiciones de seguridad	Desorganización y mayor probabilidad de accidentes	Descontrol y pánico, lesiones secundarias, sensación falsa de seguridad	NOM-002-STPS-2010
PTAR	Unidad Deportiva	Limpieza / supervisión de tanque de aireación	Manguera de transporte de agua residual con fugas	Biológico	Exposición a infección bacteriana	Infecciones entéricas, parasitarias, oculares y cutáneas	NOM-005-STPS-1998
PTAR	Unidad Deportiva	Todas las actividades dentro de la PTAR	Falta de EPP	Condiciones de seguridad	Accidentes por falta de protección personal	Exposición a agentes biológicos y químicos, caídas, atrapamientos y golpes	NOM-017-STPS-2008
PTAR	Unidad Deportiva	Manejo de sustancias químicas	Contenedores de sustancias químicas sin etiquetas	Químico	Desconocimiento del manejo de sustancias químicas	Irritación de piel, garganta o nariz o quemadura química	NOM-018-STPS-2015

PTAR	Unidad Deportiva	Subir escaleras del tanque de aireación	Escaleras sin antiderrapante	Condiciones de seguridad	Tropezos o caída de las escaleras	Lesiones craneoencefálicas o de médula espinal, incapacidad permanente o muerte	NOM-001-STPS-2007
PTAR	Unidad Deportiva	NA	Falta de altavoz cercana en caso de sismo o incendio	Condiciones de seguridad	Desorganización y mayor probabilidad de accidentes	Retraso en la evacuación, mayor riesgo de lesiones, pánico colectivo	NOM-002-STPS-2010
RIEGO	Unidad Deportiva	Riego de áreas verdes	Inundación de campos deportivos	Condiciones de seguridad	Ablandamiento del suelo	Caídas, fracturas o lesiones en rodillas y tobillos	NOM-001-STPS-2008
RIEGO	Mexicali 1	Riego de áreas verdes	Inundación de áreas verdes	Condiciones de seguridad	Problemas estructurales en edificios cercanos	Inclinación de edificios por el exceso de humedad en cimientos	NOM-001-STPS-2008
EFOTOV	Mexicali 1	Chequeo de eficiencia de inversores	Los inversores no están fijados	Condiciones de seguridad	Caída de inversores	Caída de inversores sobre una persona, corto circuito	NOM-001-STPS-2008
EFOTOV	Mexicali 1 y 2	NA	No cuenta con puntos de reunión	Condiciones de seguridad	Desorganización y mayor probabilidad de accidentes	Descontrol y pánico, lesiones secundarias, sensación falsa de seguridad	NOM-002-STPS-2010

EFOTOV	Mexicali 1 y 2	Chequeo de eficiencia de inversores	No se cuenta con un kit de primeros auxilios	Condiciones de seguridad	Accidentes sin tratamiento inmediato	Retraso en atención de emergencias, agravamiento de lesiones	NOM-002-STPS-2010
EFOTOV	Mexicali 1	NA	Falta de tapas de seguridad eléctrica en paneles	Físico	Lesiones por cortocircuito	Corto circuito, incendio o explosión	NOM-029-STPS-2011
EFOTOV	Mexicali 1 y 2	Estacionar autos en cajones	Colisión de un auto contra el sistema fotovoltaico	Condiciones de seguridad	Daño estructural en el sistema	Caída del sistema sobre autos, corto circuito, incendio o explosión	NOM-029-STPS-2011
ACOPIO	Mexicali 1	Almacenamiento de residuos valorizables	Residuos valorizables desorganizados y sin compactar	Biológico	Generación de plagas	Transmisión de enfermedades, contaminación de materiales	NOM-001-STPS-2008
ACOPIO	Mexicali 1	Almacenamiento de residuos valorizables	Alto desorden, cajas de cartón desbordados	Condiciones de seguridad	Tropiezos y caídas con los residuos	Golpes, esguinces o lesiones musculares	NOM-001-STPS-2008
ACOPIO	Mexicali 1 y 2	NA	No se cuenta con un extintor cercano al centro de acopio	Condiciones de seguridad	Mayor probabilidad de incendio	Propagación rápida de incendio, pérdida total de materiales, quemaduras e intoxicación por humo	NOM-002-STPS-2010

ACOPIO	Mexicali 1	NA	Consumo de tabaco cerca del lugar	Condiciones de seguridad	Incendio	Pérdida total de materiales, quemaduras e intoxicación por humo	Ley general para el control del tabaco
ACOPIO	Mexicali 1 y 2	Almacenamiento de residuos valorizables	Los trabajadores no usan guantes al manipular los residuos	Condiciones de seguridad	Cortes y rasguños en manos y brazos	Infecciones como tétanos, hepatitis, o dermatitis, cortes y laceraciones	NOM-017-STPS-2008
ACOPIO	Mexicali 1 y 2	Cargar bolsas pesadas de residuos	Los trabajadores no cuentan con capacitación de carga de pesos grandes	Biomecánico	Hiperextensiones y sobrecarga	Lesiones musculoesqueléticas, incapacidad temporal, dolor crónico	NOM-036-1-STPS-2018
CINORG	Mexicali 1 y 2	Colocación de contenedores de residuos	Los contenedores obstruyen pasillos estrechos	Condiciones de seguridad	Dificultad para evacuar en emergencias	Mayor riesgo de accidentes, pánico y desorganización	NOM-002-STPS-2010
CINORG	Mexicali 1 y 2	Cargar bolsas o contenedores de residuos	Movimientos repetitivos al cargar	Biomecánico	Lesiones musculoesqueléticas	Contracturas, desgarros musculares, hernias, incapacidad temporal, dolor crónico	NOM-036-1-STPS-2018
CINORG	Mexicali 1 y 2	Cargar bolsas o contenedores de residuos	Los trabajadores no usan guantes al manipular los residuos	Condiciones de seguridad	Cortes y rasguños en manos y brazos	Infecciones como tétanos, hepatitis o dermatitis, cortes y laceraciones	NOM-017-STPS-2008

SEPAR	Mexicali 1 y 2	Cargar bolsas o contenedores de residuos	Movimientos repetitivos al cargar	Biomecánico	Lesiones musculoesqueléticas	Contracturas, desgarros musculares, hernias, incapacidad temporal, dolor crónico	NOM-036-1-STPS-2018
SEPAR	Mexicali 1 y 2	Cargar bolsas o contenedores de residuos	Los trabajadores no usan guantes al manipular los residuos	Condiciones de seguridad	Cortes y rasguños en manos y brazos	Infecciones como tétanos, hepatitis, o dermatitis, cortes y laceraciones	NOM-017-STPS-2008
SEPAR	Mexicali 1	NA	Consumo de tabaco cerca del lugar	Condiciones de seguridad	Incendio	Quemaduras e intoxicación por humo	Ley general para el control del tabaco
CPAPEL	Mexicali 1	Cargar bolsas o contenedores de residuos	Contenedores con grietas o rotos	Condiciones de seguridad	Cortes y rasguños en manos y brazos	Heridas profundas, infecciones bacterianas	NOM-083-SEMARNAT-2003
CPLÁSTIC	Mexicali 2	Manipulación de rejilla de residuos plásticos	Orilla oxidada y punzante	Condiciones de seguridad	Cortes y rasguños en manos y brazos	Heridas profundas, tétanos o hepatitis	NOM-083-SEMARNAT-2004
TRITU	Mexicali 1	Trituración de residuos orgánicos	Falta de dispositivo de seguridad	Condiciones de seguridad	Atrapamiento o cortes de dedos y manos	Cortes, amputación o mutilación	NOM-004-STPS-2020

COMPACT	Mexicali 1	Compactación de residuos	Actividad sin supervisión	Condiciones de seguridad	Falta de acción rápida ante emergencias	Aplastamiento o pérdida de extremidades, muerte	NOM-004-STPS-2020
COMPACT	Mexicali 1	NA	Residuos tirados alrededor del compactador	Condiciones de seguridad	Resbalones o caídas	Golpes, esguinces o lesiones musculares	NOM-001-STPS-2008
TOLV	Mexicali 1 y 2	Disposición de residuos de poda o inorgánicos	La altura de la tolva es mayor a los trabajadores	Condiciones de seguridad	Hiperextensiones y lesiones musculoesqueléticas	Contracturas, desgarros musculares, hernias, incapacidad temporal, dolor crónico	NOM-036-1-STPS-2018
TOLV	Mexicali 1	NA	Consumo de tabaco cerca del lugar	Condiciones de seguridad	Incendio	Pérdida total de materiales, quemaduras e intoxicación por humo	Ley general para el control del tabaco

NA: No aplica.

Fuente: Elaboración propia.

La base de datos de la Tabla 4.3 cuenta con un total de 40 riesgos identificados dentro de los procesos ambientales del campus Mexicali. El 73% de ellos se relacionan principalmente a las tareas y actividades que se realizan en cada proceso; por otro lado, los riesgos que se manifiestan debido a las condiciones físicas de las infraestructuras o del lugar solo representan el 27%, esto quiere decir que la mayoría de los riesgos provienen de factores humanos.

Además, se identificó que el 67% de las actividades registradas son rutinarias, lo que implica que los riesgos que conllevan también están presentes de forma constante durante el tiempo que duren estas. Como ya se ha mencionado, la mayoría de las actividades registradas son realizadas por trabajadores de la UABC, con la única excepción de los estudiantes voluntarios que monitorean los sistemas fotovoltaicos. Los resultados de la Tabla 4.3 muestran que una gran cantidad de riesgos están relacionados a comportamientos o prácticas laborales inadecuadas, como la falta de uso del equipo de protección personal, el incumplimiento al reglamento universitario al fumar en las instalaciones, realizar tareas sin las capacitaciones correspondientes y otros incumplimientos a las NOM de la Secretaría de Trabajo y Previsión Social.

Del total de riesgos identificados, el 75% fue clasificado como “Condiciones de seguridad”, de acuerdo con la clasificación establecida en la GTC 45. Esto debido a que la mayoría de las observaciones se originaron por la deficiencia o la falta de medidas de control de riesgos, como la falta de señalizaciones, uso inadecuado de equipo de protección personal, falta de supervisión en actividades y falta de orden en las áreas de trabajo.

Por otro lado, el 25% restante corresponde a cuatro clasificaciones diferentes. Los riesgos de naturaleza química correspondieron al manejo inadecuado de sustancias químicas; los riesgos biológicos se presentaron en actividades de operación y limpieza de la PTAR y los centros de acopio donde existe exposición a microorganismos patógenos; los riesgos físicos se debieron principalmente a la exposición prolongada a la radiación solar y, por último, los riesgos de naturaleza

biomecánica se originaron por las actividades con movimientos repetitivos y de manipulación de cargas pesadas.

Las posibles consecuencias de estos riesgos son graves tanto para los trabajadores expuestos como para la institución. Como se puede observar en la Tabla 4.3, los trabajadores se vuelven vulnerables a intoxicaciones, enfermedades infecciosas, lesiones físicas y, en algunos casos, pueden provocar una incapacidad permanente o incluso la muerte. En el caso de la UABC, las consecuencias pueden ser daños a la infraestructura, suspensión de actividades, sanciones o multas por el incumplimiento normativo y el impacto negativo en la imagen institucional.

En la segunda etapa de la evaluación de riesgos se utilizó la información presentada en la Tabla 4.3 como referencia. Los riesgos identificados fueron registrados en una matriz de riesgos, que toma en cuenta los factores de deficiencia, exposición y consecuencia. Para cada riesgo, se asignaron valores a estos factores, de acuerdo con los parámetros establecidos en la GTC 45, para determinar su nivel de riesgo. La Tabla 4.4 muestra los resultados de esta evaluación.

Tabla 4.4. Matriz de riesgos.

CÓDIGO	ZONA/ LUGAR	RIESGO	EVALUACIÓN DE RIESGOS				
			NIVEL DE DEFICIENCIA	NIVEL DE EXPOSICIÓN	NIVEL DE PROBABILIDAD (NP)	NIVEL DE CONSECUENCIA	NIVEL DE RIESGO (NR)
PTAR	Unidad Deportiva	Residuos y cadáveres de animales cerca del tanque de desinfección	2	2	4 = BAJO	10	40 = III
PTAR	Unidad Deportiva	Exposición a radiación solar y calor extremos	2	2	4 = BAJO	10	40 = III
PTAR	Unidad Deportiva	Pasillo estrecho con obstáculos de manguera y cepillo de limpieza	10	3	30 = MUY ALTO	100	3000 = I
PTAR	Unidad Deportiva	Pasillo estrecho con obstáculos de manguera y cepillo de limpieza	2	3	6 = MEDIO	25	150 = II
PTAR	Unidad Deportiva	Piso metálico antiderrapante suelto y desoldado	2	4	8 = MEDIO	10	80 = III
PTAR	Unidad Deportiva	Reja de delimitación pandeada	2	4	8 = MEDIO	10	80 = III
PTAR	Unidad Deportiva	Falta de escalera en tanque con válvula	6	4	24 = MUY ALTO	25	600 = I

PTAR	Unidad Deportiva	Consumo de tabaco dentro de la instalación	6	2	12 = ALTO	25	300 = II
PTAR	Unidad Deportiva	Punto de reunión en una zona no segura	2	4	8 = MEDIO	25	200 = II
PTAR	Unidad Deportiva	Manguera de transporte de agua residual con fugas	6	4	24 = MUY ALTO	25	600 = I
PTAR	Unidad Deportiva	Falta de EPP	10	4	40 = MUY ALTO	25	1000 = I
PTAR	Unidad Deportiva	Contenedores de sustancias químicas sin etiquetas	6	4	24 = MUY ALTO	10	240 = II
PTAR	Unidad Deportiva	Escaleras sin antiderrapante	10	4	40 = MUY ALTO	60	2400 = I
PTAR	Unidad Deportiva	Falta de altavoz cercana en caso de sismo o incendio	6	4	24 = MUY ALTO	10	240 = II
RIEGO	Unidad Deportiva	Inundación de campos deportivos	10	3	30 = MUY ALTO	25	750 = I
RIEGO	Mexicali 1	Inundación de áreas verdes	10	4	40 = MUY ALTO	10	400 = II
EFOTOV	Mexicali 1	Los inversores no están fijados	10	3	30 = MUY ALTO	10	300 = II

EFOTOV	Mexicali 1 y 2	No cuenta con puntos de reunión	6	4	24 = MUY ALTO	10	240 = II
EFOTOV	Mexicali 1 y 2	No se cuenta con un kit de primeros auxilios	6	2	12 = ALTO	10	120 = III
EFOTOV	Mexicali 1	Falta de tapas de seguridad eléctrica en paneles	6	2	12 = ALTO	25	300 = II
EFOTOV	Mexicali 1 y 2	Colisión de un auto contra el sistema fotovoltaico	2	2	4 = BAJO	60	240 = II
ACOPIO	Mexicali 1	Residuos valorizables desorganizados y sin compactar	6	3	18 = ALTO	25	450 = II
ACOPIO	Mexicali 1	Alto desorden, cajas de cartón desbordados	6	4	24 = MUY ALTO	25	600 = I
ACOPIO	Mexicali 1 y 2	No se cuenta con un extintor cercano al centro de acopio	6	3	18 = ALTO	25	450 = II
ACOPIO	Mexicali 1	Consumo de tabaco cerca del lugar	6	2	12 = ALTO	25	300 = II

ACOPIO	Mexicali 1 y 2	Los trabajadores no usan guantes al manipular los residuos	2	4	8 = MEDIO	25	200 = II
ACOPIO	Mexicali 1 y 2	Los trabajadores no cuentan con capacitación de carga de pesos grandes	6	4	24 = MUY ALTO	25	600 = I
CINORG	Mexicali 1 y 2	Los contenedores obstruyen pasillos estrechos	2	2	4 = BAJO	10	40 = III
CINORG	Mexicali 1 y 2	Movimientos repetitivos al cargar	6	4	24 = MUY ALTO	25	600 = I
CINORG	Mexicali 1 y 2	Los trabajadores no usan guantes al manipular los residuos	2	4	8 = MEDIO	25	200 = II
SEPAR	Mexicali 1 y 2	Movimientos repetitivos al cargar	6	4	24 = MUY ALTO	25	600 = I
SEPAR	Mexicali 1 y 2	Los trabajadores no usan guantes al manipular los residuos	2	4	8 = MEDIO	25	200 = II
SEPAR	Mexicali 1	Consumo de tabaco cerca del lugar	2	1	2 = BAJO	25	50 = III

CPAPEL	Mexicali 1	Contenedores con grietas o rotos	2	3	6 = MEDIO	10	60 = III
CPLÁSTIC	Mexicali 2	Orilla oxidada y punzante	6	2	12 = ALTO	10	120 = III
TRITU	Mexicali 1	Falta de dispositivo de seguridad	2	2	4 = BAJO	60	240 = II
COMPACT	Mexicali 1	Actividad sin supervisión	6	2	12 = ALTO	60	720 = I
COMPACT	Mexicali 1	Residuos tirados alrededor del compactador	6	2	12 = ALTO	25	300 = II
TOLV	Mexicali 1 y 2	La altura de la tolva es mayor a los trabajadores	6	4	24 = MUY ALTO	25	600 = I
TOLV	Mexicali 1	Consumo de tabaco cerca del lugar	6	2	12 = ALTO	25	300 = II

Fuente: Elaboración propia.

En la Tabla 4.4 se observó que el 45% de los riesgos presenta un nivel de probabilidad medio, mientras que el 30% corresponde a un nivel alto y el 25% restante a un nivel bajo. Esto quiere decir que la mayoría de los riesgos identificados en los procesos ambientales poseen una probabilidad considerable de manifestarse, esto puede deberse a que el 67% de los riesgos provienen de actividades rutinarias.

Al relacionar el nivel de probabilidad de los riesgos con la Tabla 4.3, se observa que todos los riesgos clasificados como Condiciones de seguridad presentan niveles de probabilidad de medio a alto. Entonces se puede afirmar que el 75% de los riesgos identificados, los cuales son originados por falta de medidas preventivas y prácticas inseguras, tienen una considerable probabilidad de presentarse durante las actividades laborales. Este tipo de riesgos se identificaron, en su mayoría, en los procesos de Gestión hídrica y Gestión de residuos, donde las tareas se realizan de forma rutinaria y en condiciones que dependen directamente del comportamiento y capacitación de los trabajadores.

En cuanto al nivel de riesgo, los resultados muestran que el 40% de los riesgos se evaluaron en Nivel II, seguido de un 35% en Nivel III, un 15% en Nivel I y el 10% restante en Nivel IV. Esto significa que la mayoría de los riesgos identificados requieren ser controlados con nuevas medidas de control, especialmente en la clasificación de Condiciones de seguridad. También, cabe mencionar que el 15% de los riesgos encontrados son críticos y requieren la suspensión inmediata de actividades hasta que sean eliminados, según lo establecido en la GTC 45.

Los riesgos con niveles más altos (I y II) se encontraron principalmente en los procesos de Gestión hídrica y Gestión de residuos, lo cual coincide con los lugares que mostraron mayor número de observaciones en el Diagnóstico de riesgos. Entre estos, se encuentran caídas desde alturas, exposición biológica, atrapamientos e incendios; esto tiene sentido ya que representan una amenaza significativa para la seguridad de los trabajadores.

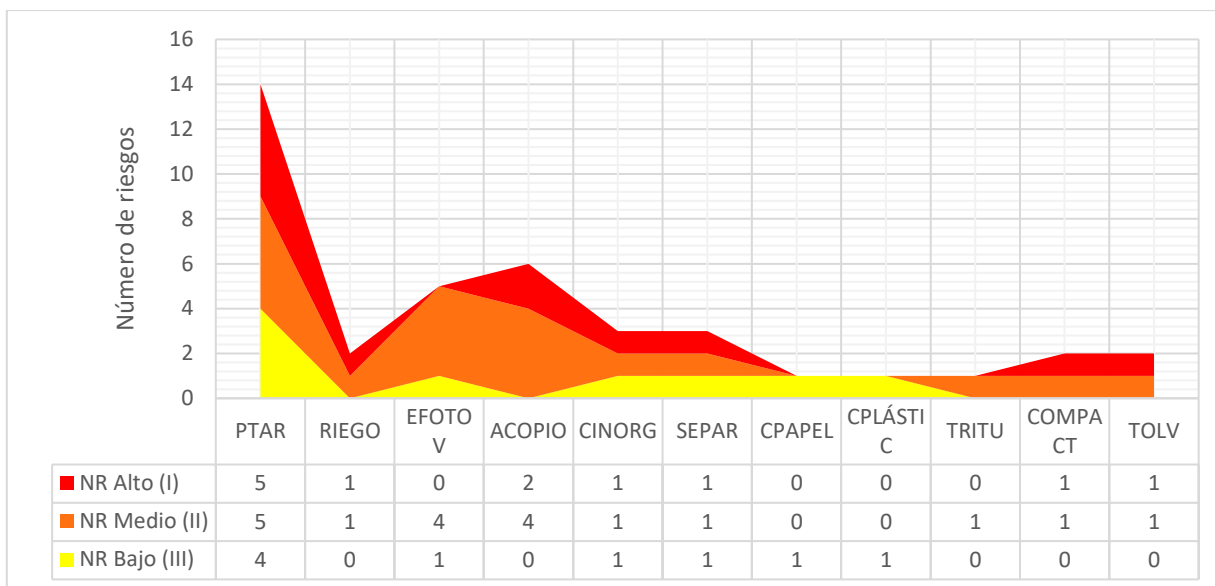
Por último, los riesgos evaluados con niveles de probabilidad y de riesgo bajos corresponden principalmente a las condiciones físicas de los contendores de

residuos y el mantenimiento insuficiente de la PTAR. Estos pueden corregirse por medio de medidas preventivas básicas como la reubicando o sustitución de contenedores y la implementación de programas de mantenimiento a la PTAR. Sin embargo, la presencia de estos riesgos no debe subestimarse, ya que su acumulación o falta de atención puede contribuir a la generación de riesgos más significativos y, por lo tanto, potenciales accidentes a largo plazo.

5 Análisis de resultados

Este capítulo presenta el análisis de los resultados obtenidos en el capítulo anterior. Se divide en tres secciones: la interpretación de los niveles de riesgo no aceptables identificados en las infraestructuras ambientales, la relación de estos riesgos con el incumplimiento normativo y su impacto económico y la propuesta de indicadores para la evaluación y seguimiento de los riesgos dentro de los procesos ambientales de la UABC.

Para este capítulo se consideraron únicamente los riesgos no aceptables, es decir, aquellos clasificados con niveles I, II y III en la Tabla 4.4, con el propósito de priorizar los que representan un mayor peligro para los trabajadores expuestos. La Figura 5.1 presenta la distribución de estos riesgos por el tipo de infraestructura.



Fuente: Elaboración propia.

Figura 5.1. Cantidad y nivel de riesgos por infraestructura.

En la Figura 5.1 se puede observar que la PTAR presenta el mayor número de riesgos, con un total de 14, de los cuales cinco son de nivel alto (I), cinco de nivel medio (II) y cuatro de nivel bajo (III). Esto significa que, el 71% de los riesgos detectados requieren una intervención inmediata, recomendándose la suspensión parcial de las actividades involucradas hasta implementar medidas de control efectivas, de acuerdo con lo dispuesto en la GTC 45. Por otro lado, los riesgos de nivel III únicamente requieren del fortalecimiento de las medidas preventivas existentes.

De acuerdo con la Tabla 4.3, la mayoría de los riesgos en la PTAR están relacionadas con actividades de limpieza y mantenimiento, además del manejo de sustancias químicas y supervisión de las operaciones. Esto implica que las actividades dentro de la PTAR presentan una exposición a riesgos de diversa naturaleza, principalmente relacionados con condiciones inseguras, agentes patógenos y actos inseguros del personal. Por lo tanto, las acciones de control que deben implementar en esta infraestructura también deben ser diversificadas; entre

estas se pueden incluir programas de capacitación para los trabajadores, planes de mantenimiento preventivo y protocolos actualizados de respuesta ante emergencias.

En cambio, el sistema de riego (RIEGO) de agua tratada presentó una cantidad considerablemente menor de riesgos, con solo dos identificados, uno de nivel I y otro de II; esto indica que, aunque la cantidad de observaciones sea menor, los riesgos resultantes son relevantes. De acuerdo con la Tabla 4.3, las consecuencias pueden afectar a la salud y seguridad de los estudiantes, así como la integridad estructural de los edificios de la UABC. No obstante, ambos riesgos pueden mitigarse mediante la elaboración de un plan estratégico de riego de áreas verdes, para evitar su inundación.

Es importante destacar que la metodología de GTC 45 permitió obtener resultados complejos y con criterios cualitativos y cuantitativos, que otros métodos no presentan en conjunto. Por ejemplo, Pérez-Vidal *et al.* (2018) utilizaron una matriz FODA para evaluar una PTAR, obteniendo como resultado niveles de riesgo en porcentajes, con un 60% de riesgos altos; y Solís & Robles (2018) aplicaron el método HAZOP, el cuál es de carácter cualitativo, obteniendo un porcentaje del 32.6% en el cumplimiento normativo de tres áreas de una PTAR.

Los sistemas fotovoltaicos (EFOTOV) presentaron un total de cinco riesgos, de los cuales cuatro corresponden al nivel II. Estos se relacionan con la exposición a riesgos eléctricos y la falta de controles preventivos como señalizaciones y kits de primeros auxilios. Por lo tanto, el control de estos riesgos puede lograrse con la implementación de dichas medidas y de un plan de acción ante emergencias. Estos resultado difieren del estudio de Sreenath *et al.* (2020), el cual se realizó con el método HIRA para clasificar la probabilidad y severidad de los riesgos identificados en un sistema fotovoltaico; sin embargo, sus valores fueron únicamente cualitativos.

Los centros de acopio de residuos (ACOPIO) representan la segunda infraestructura con mayor número de riesgos, con un total de seis, de los cuales dos son de nivel I y cuatro de nivel II. El 83% de estos riesgos se deben a la falta de organización, el uso inadecuado de equipo de protección personal y actos inseguros

cometidos por los trabajadores; por otro lado, el 17% restante se debe a la falta de equipos de seguridad cerca de estos espacios. Por lo tanto, la mayoría de los riesgos presentes en estas infraestructuras pueden controlarse por medio de la implementación de capacitaciones contantes al personal.

Zamora Cusme *et al.* (2016) aplicaron una matriz de riesgos en un centro de acopio industrial, e identificaron el 31% de riesgos correspondientes a factores físicos, el 26% a ergonómicos y el 16% a psicosociales. Por otro lado, Salgado (2016) utilizó el método GTC 45; sin embargo, se limitaron a expresar sus resultados en porcentajes, al igual que el estudio de Zamora Cusme *et al.* (2016). Reportando un 39% en riesgos físicos, 18% químicos y 15% ergonómicos. Esto quiere decir, que el método de GTC 45 puede ser flexible en el análisis de riesgos, brindando resultados simplificados o detallados, dependiendo de los objetivos y el alcance de cada estudio.

Como se observa en la Figura 5.1, los contenedores de residuos inorgánicos (INORG) y las estaciones de separación (SEPAR) muestran un patrón similar, al contar con un riesgo en cada uno de los tres niveles (I, II y III). En ambos casos, las actividades implican movimientos repetitivos y falta de uso de equipo de protección personal. Estos riesgos pueden ser controlados por medio de programas de capacitación dirigidos a los trabajadores.

En el caso de los contenedores de papel de oficina (CPAPEL) y plástico (CPLÁSTIC), se identificó un riesgo en cada uno, ambos de nivel III, por lo que se consideran controlables mediante acciones correctivas simples, como la sustitución de contenedores dañados. Por otro lado, el triturador de residuos orgánicos (TRITU) presentó un riesgo de nivel de II, el cual representa una amenaza directa en la integridad de los estudiantes por no contar un dispositivo de seguridad que eviten atrapamientos de extremidades; por lo que requiere atención inmediata.

Finalmente, el compactador de residuos (COMPACT) y las tolvas de residuos de poda (TOLV) presentaron dos riesgos, uno de nivel I y otro de nivel II. En el caso del compactador, ambos riesgos estaban relacionados con la falta de supervisión durante su operación y la ausencia de limpieza y orden en el área. Estas

condiciones pueden derivar en caídas o atrapamientos. Por otro lado, los riesgos presentes en las tolvas se deben a actos inseguros como fumar cerca de estas áreas y mala postura al manipular los residuos. Al igual que en el caso del triturador, estos riesgos deben ser atendidos inmediatamente, y pueden tratarse realizando un plan de limpieza y supervisión durante las actividades.

Asante *et al.* (2018) identificaron los riesgos ergonómicos del personal que recolecta residuos en una ciudad, a través de encuestas y un análisis postural, dando como resultado distintos tipos de lesiones en lumbares, cuello, cadera y muslos de los recolectores de residuos. Por otro lado, Rossi *et al.* (2022) encontró diversos tipos de riesgos ergonómicos por medio de la observación directa de los trabajadores y la aplicación del método RULA. Ambos estudios presentaron resultados de carácter cualitativo, sin incluir una evaluación numérica del nivel de riesgo, ya que su enfoque fue la observación y recopilación de información. Además, su alcance fue el análisis de riesgos de una sola naturaleza, mientras que el presente estudio aborda múltiples categorías de riesgo asociadas con las actividades en diferentes procesos ambientales y en el cumplimiento normativo.

5.1 Impacto económico

Todas las NOM son de cumplimiento obligatorio para los sectores que apliquen, incluyendo instituciones educativas. En México existen sanciones económicas si un centro de trabajo no cumple con las obligaciones presentadas por la Secretaría del Trabajo y Previsión Social, según se explica en la Ley Federal del Trabajo. Los motivos de una multa pueden ser la falta de planes de emergencia o brigadas, no capacitar a los empleados, ausencia de EPP o en mal estado, manejo incorrecto de residuos o sustancias químicas, no contar con señalizaciones de emergencia, falta de mantenimiento en las instalaciones, entre otros (Ley Federal Del Trabajo, 2015).

Según lo establecido en el artículo 994 de la Ley de Trabajo, el precio de las multas está en un rango entre 50 y 5,000 UMA (Unidades de Medida y Actualización). En 2025, una UMA equivale a \$113.14 MXN, entonces las multas van desde \$5,657 a

\$565,700 MXN, dependiendo de la gravedad de la infracción. Además, la resistencia a una inspección laboral contempla una multa entre 250 a 5,000 UMA, es decir, entre \$28,285 y \$565,700 MXN (Ley Federal Del Trabajo, 2015).

En el caso del campus Mexicali, los riesgos detectados que infringen directamente con una o más normas de la STPS pueden resultar en una multa. No obstante, las sanciones no se establecen por tipo de infracción o cantidad de normas incumplidas, el monto de la multa lo determina un inspector. Por lo tanto, para estimar un costo aproximado de una multa de la STPS, se determinó un rango de valores a cada nivel de riesgo, tomando como referencia los valores mínimo y máximo de este tipo de multas, y se calculó el valor promedio para cada uno. Estos valores se presentan en la Tabla 5.1. Cabe señalar que los valores propuestos representan únicamente una aproximación para fines académicos, ya que un monto de una multa real depende de las autoridades federales.

Tabla 5.1. Valor de multa por infracción.

NIVEL DE RIESGO	NÚMERO TOTAL DE RIESGOS	RANGO DE PRECIOS (UMA)	PRECIO APROXIMADO (UMA)	PRECIO APROXIMADO (MXN)
Riesgo alto (I)	11	2,501 – 5,000	3,750.5	\$424,331.57
Riesgo medio (II)	18	801 – 2,500	1,650.5	\$186,737.57
Riesgo bajo (III)	9	250 – 800	525	\$59,398.50

Fuente: elaboración propia.

Además, los accidentes o enfermedades por causas laborales también generan un impacto económico. El artículo 74 de la Ley del Seguro Social establece que todos los centros de trabajo, incluyendo las instituciones educativas, tienen la obligación de calcular y pagar una prima de seguro de riesgos de trabajo, anualmente. Esta depende de los siniestros ocurridos en el año, entre mayor sea el número de

accidentes, mayor es el porcentaje de la prima, la cual permanece en un rango de 0.5% a 15% del salario base (Ley del Seguro Social, 2024).

En el Capítulo 4.2.2 del presente estudio se documentó un accidente ocurrido en el 2022, que consistió de una caída desde las escaleras del tanque de aireación de la PTAR. Este accidente, junto con otros registrados en ese año, representó un costo económico para la UABC, constituido por el incremento en la prima del seguro de riesgos de trabajo, el pago de salarios durante el periodo de incapacidad y la pérdida de productividad por la ausencia del trabajador.

Por último, en los resultados se identificó un riesgo frecuente, el consumo de tabaco dentro del campus Mexicali. A pesar de la existencia de señalamientos de prohibición, se reportó un incendio en un contenedor de residuos, ocasionado por una colilla de cigarro mal apagada. Fumar dentro de una institución educativa es una infracción directa a la Ley General para el Control del Tabaco, que puede resultar en una multa que va desde 100 a 5,000 UMA (\$11,314 a \$565,700 MXN), según lo establecido en su artículo 48, dependiendo de la gravedad de la infracción.

5.2 Selección de indicadores de evaluación de riesgos

A partir del análisis presentado en el Capítulo 5, se propuso una serie de indicadores de seguimiento que deben ser capaces de evaluar los riesgos identificados en este estudio, así como los riesgos potenciales que puedan surgir, posteriormente, en los procesos ambientales de la UABC. Estos indicadores se formaron a partir de palabras clave que surgieron de las principales áreas de mejora detectadas en los procesos ambientales durante la evaluación de riesgos descrita en los Capítulos 4.3 y 5; por lo que, los indicadores están adaptados al contexto real del campus central de Mexicali. Además, los conceptos de estos indicadores están sustentados en el marco legal del Capítulo 2.4, ya que son parte de las obligaciones establecidas en la normativa nacional de seguridad y salud en el trabajo. A continuación, se muestran los indicadores propuestos, junto con su justificación legal.

- **Limpieza y orden:** De acuerdo con la NOM-001-STPS-2008, es una obligación mantener condiciones de limpieza y orden en los espacios laborales para asegurar la salud y seguridad de los trabajadores. El propósito de este indicador es prevenir distintos riesgos como obstáculos que provoquen golpes y caídas y enfermedades debidas a la contaminación cruzada.
- **Mantenimiento y recurso de equipo:** El mantenimiento preventivo asegura que los equipos funcionen correctamente y tengan una mayor vida útil. La NOM-004-STPS-1999 establece que los equipos e instalaciones de trabajo deben estar en buenas condiciones, para evitar riesgos de accidentes como lesiones en trabajadores, cortocircuitos o fallas estructurales. Se espera que este indicador evalúe la aplicación de programas de mantenimiento preventivo y correctivo, así como la disponibilidad de recursos necesarios para su ejecución.
- **Equipo de protección personal:** El uso de equipo de protección personal ayuda con la prevención de accidentes y enfermedades laborales. La NOM-017-STPS-2008 indica que los trabajadores usen este tipo de equipos, dependiendo de sus actividades y los riesgos presentes. Con este indicador se espera evaluar la disponibilidad y las condiciones del equipo de protección personal presente en los procesos ambientales, así como la existencia de capacitación del personal para su correcto uso y cuidado.
- **Sistemas y dispositivos de seguridad:** De acuerdo con la NOM-026-STPS-2008, es una obligación implementar equipos y sistemas de seguridad en los centros de trabajo, para prevenir y responder de forma efectiva a situaciones de emergencia. Este indicador evalúa la presencia, funcionamiento y mantenimiento de equipos como alarmas, extintores, señalizaciones de seguridad laboral, puntos de reunión y mapas de rutas de evacuación. Mientras que la NOM-004-STPS-1999 establece la obligación de colocar dispositivos de seguridad en maquinaria para prevenir accidentes laborales como atrapamiento, proyección de objetos o contacto con partes móviles.

- **Prevención ante incendios y fenómenos naturales:** Este indicador tiene el propósito de evaluar la existencia y aplicación de planes internos, equipos contra incendios, protocolos ante fenómenos naturales, condiciones seguras y otras medidas preventivas que eviten la vulnerabilidad de la comunidad universitaria ante emergencias como incendios, sismos inundaciones y temperaturas extremas, como se establece en la NOM-002-STPS-2010 y la Ley General de Protección Civil. También, se espera que identifique posibles fuentes de ignición, considerando actos inseguros como el consumo de cigarros (ley General para el Control de Tabaco) en la universidad u otro tipo de generación de chispa cerca de áreas con materiales inflamables.
- **Capacitación y documentación:** El propósito de este indicador es verificar que los trabajadores sean capacitados regularmente para realizar sus actividades de forma segura. Estas capacitaciones pueden ser de manejo de sustancias químicas, prevención y atención de incendios y primeros auxilios, entre otros mencionados en las distintas NOM de la Secretaría del Trabajo. También, este indicador identifica la existencia de evidencia documental de programas, análisis, bitácoras y planes internos que son requeridos para prevenir sanciones en auditorias o inspecciones.

Una vez propuestos los indicadores, fue necesario comprobar que estos puedan dar seguimiento al control y evaluación de los riesgos identificados en los procesos ambientales. Para esto, se elaboró la Tabla 5.2, la cual muestra la relación entre los indicadores y los riesgos correspondiente. Además, los indicadores fueron ordenados de acuerdo al nivel de riesgo, para jerarquizar los de mayor relevancia.

Tabla 5.2. Relación entre indicadores y riesgos.

PROCESO	INDICADOR	DESCRIPCIÓN DEL RIESGO	NIVEL DE RIESGO
PTAR	Limpieza y orden	Pasillo estrecho con obstáculos, provocando caída al tanque de aireación	I
		Pasillo estrecho con obstáculos, provocando tropiezos	II
		Residuos y cadáveres de animales cerca del tanque de desinfección	III
	Mantenimiento y recurso de equipos	Falta de escalera en tanque con válvula	I
		Escaleras sin antiderrapante	I
		Manguera de recirculación con fugas	I
		Piso metálico antiderrapante desoldado	III
		Reja de delimitación pandeada	III
	Prevención ante incendios y fenómenos naturales	Consumo de tabaco dentro de la instalación	II
		Falta de altavoz cercana en caso de sismo o incendio	II
		Exposición a radiación solar y calor extremos	III
	Sistemas y dispositivos de seguridad	Punto de reunión colocado en una zona no segura	II
		Contenedores de sustancias químicas sin etiquetas	II
	Equipo de protección personal	Falta de EPP en trabajadores	I
RIEGO	Limpieza y orden	Inundación de campos deportivos	I
		Inundación de áreas verdes	II
EFOTOV	Mantenimiento y recurso de equipos	Los inversores no están fijados	II
		No cuenta con puntos de reunión	II

	Sistemas y dispositivos de seguridad	Falta de tapas de seguridad eléctrica en paneles	II
		Colisión de un auto contra el sistema fotovoltaico	II
		No se cuenta con un kit de primeros auxilios	III
ACOPIO	Limpieza y orden	Cajas de cartón desbordadas	I
		Residuos valorizables desorganizados y sin compactar	II
	Prevención ante incendios y fenómenos naturales	No se cuenta con un extintor cercano al centro de acopio	II
		Consumo de tabaco cerca del lugar	II
	Equipo de protección personal	Los trabajadores no usan guantes al manipular residuos	II
	Capacitación y documentación	Falta de capacitación de cargas pesadas y movimientos repetitivos	I
CINORG	Capacitación y documentación	Movimientos repetitivos al cargar	I
	Equipo de protección personal	Los trabajadores no usan guantes al manipular los residuos	II
	Limpieza y orden	Los contenedores obstruyen pasillos estrechos	III
CPAPEL	Mantenimiento y recurso de equipos	Contenedores con grietas o rotos	III
CPLÁSTIC	Mantenimiento y recurso de equipos	Orilla de contenedor oxidada y punzante	III
SEPAR	Capacitación y documentación	Movimientos repetitivos al cargar	I
	Equipo de protección personal	Los trabajadores no usan guantes al manipular los residuos	II
	Prevención ante incendios y fenómenos naturales	Consumo de tabaco cerca del lugar	III
TRITU	Sistemas y dispositivos de seguridad	Falta de dispositivo de seguridad	II
COMPACT	Sistemas y dispositivos de seguridad	Actividad de compactación sin supervisión	I
	Limpieza y orden	Residuos alrededor del compactador	II

TOLV	Capacitación y documentación	La altura de la tolva es mayor a los trabajadores	I
	Prevención ante incendios y fenómenos naturales	Consumo de tabaco cerca del lugar	II

Fuente: Elaboración propia.

De la Tabla 5.2, se observa que el indicador de “Limpieza y orden” es el más frecuente entre los procesos ambientales, presentándose en cinco de las 11 infraestructuras evaluadas. Esto puede significar que la ausencia de limpieza y orden es la deficiencia más relevante en las actividades dentro de los procesos ambientales del campus Mexicali. Esta afirmación coincide con los resultados obtenidos en la evaluación de riesgos, ya que una gran parte de los riesgos identificados eran derivados de este tipo de condiciones. Además, cabe mencionar que, en este indicador, todos los riesgos presentaron niveles de I y II, interpretándose como los más peligrosos.

El indicador de “Mantenimiento y recurso de equipos” presentó una correlación con riesgos de nivel I, II y III en las tres clasificaciones de procesos ambientales. Por lo que, este indicador confirma la necesidad de elaborar programas de mantenimiento preventivo y sustitución de equipos o materiales deteriorados.

En el caso del indicador “Prevención ante incendios y fenómenos naturales”, se presentó en cuatro infraestructuras, esto puede ser debió a que todos los procesos ambientales del campus Mexicali se encuentran en áreas expuestas y, en su mayoría, sin vigilancia para evitar actos inseguros. Por lo que se recomienda al campus realizar los lineamientos necesarios para certificarse como espacio libre de humo de tabaco, supervisar las áreas vulneradas y elaborar programas de simulacros de sismos e incendios para estos espacios.

El indicador de “Sistemas y dispositivos de seguridad” también se presentó en cuatro infraestructuras, en su mayoría con riesgos de niveles I y II. Esto implica que hay una deficiencia en la implementación de elementos de seguridad básicos en los

procesos ambientales, y se recomienda reubicar y dar mantenimiento a los equipos de seguridad ya existentes, como alarmas y extintores, así como implementar señalizaciones de seguridad laboral, puntos de reunión y mapas de rutas de evacuación.

Por último, los indicadores de “Equipo de protección personal” y “Capacitación y documentación” se relacionan directamente con riesgos de comportamiento y actos inseguros. A pesar de que su presencia fue en menos procesos ambientales, tienen una gran relevancia en el marco legal y en sus posibles consecuencias, como se puede observar en los niveles de riesgo relacionados a estos indicadores. Por lo que se recomienda realizar programas de capacitación en diferentes temas de seguridad y salud laboral y documentar bitácoras, análisis y planes internos realizados en estos procesos.

6 Conclusiones

El presente estudio tuvo como objetivo general proponer una metodología para identificar y evaluar riesgos en los procesos ambientales presentes en una institución de educación superior, tomando como caso de estudio el campus central de Mexicali de la UABC. Se logró el cumplimiento de este objetivo, por medio del desarrollo de cuatro etapas: el reconocimiento de los procesos ambientales dentro de la institución, identificación de los riesgos presentes, la evaluación y jerarquización de estos, y el diseño de indicadores para su monitoreo y mejora constante.

El diseño de un instrumento Diagnóstico de riesgos desde una perspectiva técnica-normativa, permitió identificar los riesgos y las obligaciones normativas incumplidas, lo que aporta un fundamento legal a este estudio. Posteriormente, la aplicación de la Guía Técnica Colombiana GTC 45 resultó útil para cuantificar, evaluar y jerarquizar los riesgos identificados. Esta combinación de ambos métodos facilitó la adaptación al contexto institucional de la UABC y permitió obtener resultados más complejos y precisos.

Por medio de los resultados, se confirmó que los procesos ambientales del campus Mexicali presentan riesgos significativos de diversa naturaleza, principalmente relacionados con condiciones de seguridad, falta de mantenimiento y actos inseguros. La evaluación que se llevó a cabo con la GTC 45 reveló 40 riesgos entre el total de procesos e infraestructuras ambientales, de los cuales el 72% fueron clasificados como no aceptables. La planta de tratamiento de aguas residuales presentó la mayor cantidad y gravedad de estos riesgos. Las áreas e infraestructuras dedicadas a la gestión de residuos ocuparon el segundo lugar. Y los sistemas fotovoltaicos presentaron una menor frecuencia de riesgos, pero con consecuencias de alto nivel de gravedad. Lo que muestra una deficiencia en la gestión preventiva de riesgos y la falta de una cultura de seguridad institucional.

En el contexto económico, los resultados revelaron que el incumplimiento normativo puede dar lugar a multas que varían entre \$5,657 y \$565,700 MXN, dependiendo del nivel de gravedad. Los riesgos de nivel I de este estudio se pueden traducir a un promedio de \$424,331 MXN y los de nivel más bajo (III) a \$59,398 MXN. Además, se debe tomar en cuenta otras pérdidas económicas relacionadas, como la prima del seguro de riesgos de trabajo, los salarios durante incapacidades y la disminución de productividad. Esto significa que el impacto económico de implementar medidas de prevención es menor a la inacción, respaldando la hipótesis de este estudio donde se afirma que la aplicación de una metodología de evaluación de riesgos en este caso de estudio permite reducir la probabilidad de accidentes y su impacto económico.

La importancia del presente estudio está en la aportación de seis indicadores para la evaluación y seguimiento de los procesos ambientales del campus central de Mexicali: Limpieza y orden, Mantenimiento y recurso de equipo, Equipo de protección personal, Sistemas y dispositivos de seguridad, Prevención ante incendios y fenómenos naturales y Capacitación y documentación. Estos fueron creados a partir de las deficiencias detectadas y las obligaciones legales establecidas en el marco legal nacional. Su implementación permitirá monitorear las

condiciones de seguridad de cada proceso ambiental y detectar a tiempo riesgos e incumplimientos, mejorando así la cultura de seguridad de la UABC.

Finalmente, se concluye respondiendo a la pregunta de investigación: ¿Qué consecuencias tiene la falta de evaluación de riesgos en los procesos ambientales en una institución de educación superior y cómo se puede mejorar la cultura de seguridad institucional en este contexto? La falta de una evaluación de riesgos en los procesos ambientales en el campus Mexicali de la UABC tiene consecuencias directas en la seguridad y salud de su comunidad, el cumplimiento normativo, los costos por multas y accidentes y su reputación como institución. Por lo tanto, se recomienda fortalecer la cultura de seguridad institucional mediante la implementación de programas de mantenimiento preventivo y correctivo, el desarrollo de programas anuales de capacitación en temas de seguridad y salud laboral, la instalación y mantenimiento de equipos de seguridad y dispositivos de protección y, por último, la incorporación de los indicadores de evaluación y seguimiento de riesgos en los planes internos de los procesos ambientales.

7 ANEXOS

En este capítulo se presenta el instrumento Diagnóstico de riesgos, el cual fue elaborado para este estudio a partir de la investigación del marco legal sobre la seguridad y salud laboral. Este instrumento está separado por un formato de Inspección visual de los procesos ambientales y un formato de Entrevista para los trabajadores. Por último, se presentan las observaciones registradas de los procesos ambientales.

7.1 Anexo A.1: Formato de inspección visual

DR: Inspección Visual Universidad Autónoma de Baja California Campus Mexicali 			
Unidad académica:			Día y fecha:
Proceso ambiental:		Responsable:	
Departamento:		No. colaboradores:	
Coordenadas:			Dimensión:
Seguridad en instalaciones y áreas (NOM-001-STPS-2008)			
1. El lugar presenta orden y limpieza.			
Si	No	NA	
2. Los pasillos y salidas se encuentran libres de obstrucciones.			
Si	No	NA	
3. Las áreas de mantenimiento, limpieza, almacenes, entre otros están delimitados.			
Si	No	NA	
4. Escaleras, rampas y puentes cuentan con antiderrapante.			
Si	No	NA	
5. El techo es de un material que proteja de las condiciones ambientales extremas, permite salida de líquidos y soporta hasta 100 kg en caso de ser necesario.			
Si	No	NA	
6. Las paredes son de un material que proteja de las condiciones ambientales extremas, son de colores que eviten la reflexión de luz y soporta cargas si están destinadas para eso.			
Si	No	NA	

7. El piso es llano en las zonas de tránsito, libre de estancamientos de líquidos no generen riesgos de caídas o resbalones y tiene señalamiento en caso de desniveles.		
Si	No	NA
8. Los espacios encerrados cuentan con buena ventilación, para permitir la purga de contaminantes.		
Si	No	NA
9. Las áreas aledañas de tránsito vehicular está delimitada o señalizadas.		
Si	No	NA
Prevención y protección contra incendios (NOM-002-STPS-2010)		
10. Cuenta con extintores y otro tipo de equipo contra incendios pertinente como areneros, hidrantes, detector de humo, etc.		
Si	No	NA
11. Cuenta con señalización que prohíba fumar o generar chispa en áreas donde se almacenan productos inflamables.		
Si	No	NA
12. El almacenaje o colocación de materiales y objetos no obstruyen el acceso de equipos y dispositivos contra incendio.		
Si	No	NA
13. Cuenta con rutas de evacuación y puntos de reunión con señalizaciones colocadas en lugares estratégicos y libres de obstáculos.		
Si	No	NA
14. Cuenta con salidas de emergencias que abran en el sentido del flujo peatonal, estén señalizadas y sin obstáculos.		
Si	No	NA
Manejo, transporte y almacenamiento de sustancias químicas (NOM-005-STPS-1998)		
15. Cuentan con zonas específicas para el almacenamiento de las sustancias químicas peligrosas.		
Si	No	NA
16. El almacenamiento de sustancias corrosivas, irritantes o tóxicas se hace en recipientes específicos, de materiales compatibles con la sustancia.		
Si	No	NA
17. Los recipientes con sustancias químicas peligrosas permanecen cerrados mientras no están en uso.		
Si	No	NA
18. Las tuberías, mangueras u otro medio de transporte de fluidos están en buenas condiciones.		
Si	No	NA
19. Cuenta con lavaojos, regaderas o neutralizadores, en caso de necesitarlos.		
Si	No	NA
20. Cuenta con el EPP eficiente para prevenir quemaduras, quemaduras químicas, entre otros incidentes.		
Si	No	NA
Control de agentes químicos contaminantes (NOM-010-STPS-2014)		
21. Cuenta con señalamientos de precaución, obligaciones y prohibiciones en las áreas con exposición a agentes químicos.		
Si	No	NA

Identificación de sustancias químicas (NOM-018-STPS-2015)		
22. Los contenedores, depósitos y anaqueles que almacenan sustancias químicas están etiquetados con nombre y sus riesgos implicados, como indica la norma.		
Si	No	NA
Trabajos en alturas mayores a 1.80 m (NOM-009-STPS-2011)		
23. Los bordes de azoteas, terrazas, miradores, etc., cuentan con barreras fijas u otro tipo de protección.		
Si	No	NA
Exposición al ruido (NOM-011-STPS-2001)		
24. Los colaboradores no se exponen a niveles de ruido mayores a los límites máximos permisibles, 90 dB(A) por 8 horas continuas.		
Si	No	NA
25. Cuenta con EPP auditivo para los colaboradores que estén expuestos a 85 dB(A) o más.		
Si	No	NA
Equipo de protección personal (NOM-017-STPS-2008)		
26. Los colaboradores usan EPP en función de los riesgos a los que puedan estar expuestos.		
Si	No	NA
27. Señalan las áreas donde se requiere el uso obligatorio de EPP.		
Si	No	NA
Riesgos por electricidad estática (NOM-022-STPS-2015)		
28. Usan el EPP apropiado para evitar electricidad estática.		
Si	No	NA
Iluminación (NOM-025-STPS-2008)		
29. Cuenta con los niveles de iluminación suficientes según las áreas: exteriores 20 luxes, interiores 100 luxes.		
Si	No	NA
Señalamientos (NOM-026-STPS-2008)		
30. Los señalamientos están ubicados en lugares que pueden ser vistos por todos los colaboradores.		
Si	No	NA
31. Todos los señalamientos están libres de obstrucciones.		
Si	No	NA
32. Las tuberías están pintadas con los colores correspondientes y cuentan con etiquetas que representan a dirección del fluido.		
Si	No	NA

7.2 Anexo A.2: Formato de entrevista

DR: Entrevista Universidad Autónoma de Baja California Campus Mexicali			
Unidad académica:			Fecha y hora:
Proceso ambiental:		Responsable:	
Departamento:		No. colaboradores:	
Coordenadas:			Dimensión:
1	¿Cuenta con un plano identificando los equipos contra incendio, equipos de primeros auxilios y rutas de evacuación?		
2	¿Cuenta con instrucciones de seguridad preventiva y las difunde entre los colaboradores?		
3	¿Cuenta con un plan de atención a emergencia de incendios.?		
4	¿Usted y los colaboradores son parte de los simulacros de sismos e incendios realizados en la institución? ¿Cada cuando se realizan estos simulacros?		
5	¿Cuenta con un manual de procedimiento de manejo, transporte y almacenamiento de sustancias químicas?		
6	¿El trasvase (vaciar de un recipiente a otro) de sustancias inflamables se realiza con ventilación o aislamiento?		
7	¿Se prohíbe el uso de herramientas, ropa, zapatos y objetos personales que puedan generar chispa, flama abierta o temperaturas que puedan provocar ignición?		
8	¿Cuenta con un manual y kit de primeros auxilios?		
9	¿Cuenta con equipo y/o materiales para contener las sustancias químicas peligrosas en caso de derrame o fuga?		
10	¿Cuenta con una lista de las sustancias químicas manejadas?		
11	¿Cuenta con las hojas de datos de seguridad de los agentes químicos que estan a la vista de todos los colaboradores?		

12	¿Usted y los colaboradores conocen o son instruidos sobre como leer las hojas de datos de seguridad y las etiquetas según la norma?
13	¿Los trabajos en altura son realizados con autorización previa? ¿Quién emite dicha autorización?

14	¿Se utiliza el Equipo de Protección Personal "EPP" apropiado para actividades en alturas? Esto incluye casco, chaleco antirreflejante, arnés, inea de vida, botas de seguridad.
15	¿Se supervisa a los contratistas externos que realizan actividades en los procesos?
16	¿Se ha realizado un análisis de riesgo de ruido realizado por un experto? ¿en que fecha?
17	¿Se realizan mantenimiento a los equipos sujetos a presión y estos trabajos son registrados en bitácora con fecha y descripción?
18	¿Las actividades de mantenimiento a instalaciones eléctricas, fugas de agua, o directamente al proceso ambiental son realizadas exclusivamente por el personal capacitado y autorizado?
19	¿Al realizar actividades de mantenimiento, el personal capacitado usa e EPP adecuado?
20	¿Se lleva un extintor al área cuando se realizan actividades de mantenimiento que lo requieran?
21	¿Cuentan con una lista de contactos de emergencia, que deben incluir a protección civil, bomberos, policía, cruz roja, etc.?
22	¿Usted y los colaboradores son parte de las capacitaciones en temas de ...
	↳ (a) prevención y combate de incendios realizados en la institución?
	↳ (b) riesgos químicos y primeros auxilios?
	↳ (c) el uso, revisión, reposición, limpieza, resguardo, y disposición final del Equipo de Protección Personal "EPP", acorde a las instrucciones del fabricante?
	↳ (d) manejo de equipos sujetos a presión?

	↳ (e) técnicas para descargar o evitar la generación de electricidad estática?
	↳ (f) mencione las capacitaciones adicionales recibidas, que no se incluyen en el cuestionario, incluir fecha.
23	Mencione los accidentes de trabajo ocurridos en el último año, incluir fecha y una breve descripción.
24	¿Usted y los colaboradores, cuántas horas a la semana pasan bajo el sol? ¿Cómo se protegen de los rayos solares cuando sus funciones implican trabajo bajo el sol? ¿se han sufrido consecuencias a la salud relacionadas?

25	¿Usted y los colaboradores participan en las auditorías de revisión de riesgos?
26	¿Su lugar de trabajo cuenta con documentos de cumplimiento o verificación, como dictámenes, manifiestos, reconocimientos, entre otros?

7.3 Anexo B: Observaciones de procesos ambientales

DR: Inspección visual Universidad Autónoma de Baja California Campus Mexicali			
Unidad académica:	Unidad Deportiva Rubén Castro Bojórquez - UABC		Fecha y hora: 13/10/2023 10:13 hrs
Proceso ambiental:	Planta de tratamiento de aguas residuales	Responsable:	Carlos Alfonso Sagaste Bernal
Departamento:		No. colaboradores:	tres trabajadores en dos turnos
Coordenadas:	32.634406, -115.437158		Dimensión: 1225.6 m2
Seguridad en instalaciones y áreas (NOM-001-STPS-2008)			
1. El lugar presenta orden y limpieza.			
Si ☐		No ☒ NA	
Observación: Se encontraron residuos como envoltorios de alimentos, hojarasca y un ave muerta cerca del tanque de desinfección. Recomendación: Realizar limpieza en los suelos que rodean los tanques de la planta de tratamiento.		 	
2. Los pasillos y salidas se encuentran libres de obstrucciones.			
Si ☐		No ☒ NA	
Observación: Los pasillos estrechos tiene como obstáculos una manguera de circulación de agua y cepillos de limpieza. Recomendación: Implementar un espacio específico para colocar los cepillos limpiadores fuera de los pasillos y colocar la manguera por fuera del pasillo.		 	
3. Las áreas de mantenimiento, limpieza, almacenes, entre otros están delimitados.			
Si ☐		No ☒ NA	
Observación: Las áreas de limpieza, almacenes y mantenimiento estan separados por habitaciones. Sin embargo, la reja que delimita la planta de tratamiento está pandeada por el crecimiento de la vegetación. Recomendación: Pedir presupuesto para un encercado más efectivo.			
4. Escaleras, rampas y puentes cuentan con antiderrapante.			
Si ☐		No ☒ NA	
Como observación: trabajadores indican que requieren una escalera en esta sección para realizar las actividades necesarias en esta parte del proceso. Ya que la válvula está a una altura considerable.			
5. El techo es de un material que proteja de las condiciones ambientales extremas, permite salida de líquidos y soporta hasta 100 kg en caso de ser necesario.			
Si ☐		No ☐ NA	
6. Las paredes son de un material que proteja de las condiciones ambientales extremas, son de colores que eviten la reflexión de luz y soporta cargas si están destinadas para eso.			
Si ☐		No ☐ NA	
7. El piso es llano en las zonas de tránsito, libre de estancamientos de líquidos no generen riesgos de caídas o resbalones y tiene señalamiento en caso de desniveles.			
Si ☐		No ☒ NA	
Observación: El piso de reja está suelto en algunas partes, y el piso antiderrapante está oxidado. Recomendación: Soldar o fijar este piso para evitar caídas y cambiar el piso antiderrapante por uno nuevo.		 	
8. Los espacios encerrados cuentan con buena ventilación, para permitir la purga de contaminantes.			

Si	No	NA
Todos los espacios de la PTAR están ventilados.		
9. Las áreas aledañas de tránsito vehicular están delimitadas o señalizadas.		
Si	No	NA
El espacio de estacionamiento no requiere tener señalamiento, ya que solo entran los trabajadores.		
Prevención y protección contra incendios (NOM-002-STPS-2010)		
10. Cuenta con extintores y otro tipo de equipo contra incendios pertinente como areneros, hidrantes, detector de humo, etc.		
Si	No	NA
11. Cuenta con señalización que prohíba fumar o generar chispa en áreas donde se almacenan productos inflamables.		
Si	No	NA
Observación: No se encontraron señalamientos de prohibido fumar. Recomendación: Colocar al menos dos señalamientos que prohíban fumar en el área. Especialmente en el área donde se encuentren almacenadas las sustancias químicas.		Sin foto de evidencia
12. El almacenaje o colocación de materiales y objetos no obstruyen el acceso de equipos y dispositivos contra incendio.		
Si	No	NA
El lugar cuenta con este tipo de dispositivos.		
13. Cuenta con rutas de evacuación y puntos de reunión con señalizaciones colocadas en lugares estratégicos y libres de obstáculos.		
Si	No	NA
Observación: El punto de reunión está colocado en un lugar no estratégico para la seguridad del personal. Recomendación: Colocar el punto de reunión fuera de la reja perimetral de la PTAR.		
14. Cuenta con salidas de emergencias que abran en el sentido del flujo peatonal, estén señalizadas y sin obstáculos.		
Si	No	NA
Manejo, transporte y almacenamiento de sustancias químicas (NOM-005-STPS-1998)		
15. Cuentan con zonas específicas para el almacenamiento de las sustancias químicas peligrosas.		
Si	No	NA
16. El almacenamiento de sustancias corrosivas, irritantes o tóxicas se hace en recipientes específicos, de materiales compatibles con la sustancia.		
Si	No	NA
17. Los recipientes con sustancias químicas peligrosas permanecen cerrados mientras no están en uso.		
Si	No	NA
18. Las tuberías, mangueras u otro medio de transporte de fluidos están en buenas condiciones.		
Si	No	NA
Observación: La manguera que transporta el agua tiene una visible fuga. Recomendación: Cambiar la manguera para evitar una mayor fuga de agua.		
19. Cuenta con lavajos, regaderas o neutralizadores, en caso de necesitarlos.		
Si	No	NA
Observación: No se encontraron lavajos, regaderas ni neutralizadores. Recomendación: Revisar presupuesto para la futura instalación de un lavajero.		Sin foto de evidencia
20. Cuenta con el EPP eficiente para prevenir quemaduras, quemaduras químicas, entre otros incidentes.		
Si	No	NA
Observación: No se encontró con EPP en caso de incendio o de quemaduras químicas. Recomendación: Realizar un análisis potencial del potencial riesgo de incendio antes de decidir si es necesario la compra de EPP contra incendio o quemaduras químicas. En caso de requerirlo, pedir asesoría a las analistas de CPGA para la realización de este análisis.		Sin foto de evidencia
Control de agentes químicos contaminantes (NOM-010-STPS-2014)		
21. Cuenta con señalamientos de precaución, obligaciones y prohibiciones en las áreas con exposición a agentes químicos.		
Si	No	NA
Observación: No se encontró con señalamientos de precaución, obligaciones o prohibición en las áreas expuestas a agentes químicos. Recomendación: Pedir presupuesto en el futuro para señalamientos de este tipo.		Sin foto de evidencia
Identificación de sustancias químicas (NOM-018-STPS-2015)		
22. Los contenedores, depósitos y anaques que almacenan sustancias químicas están etiquetados con nombre y sus riesgos implicados, como indica la norma.		
Si	No	NA

Observación: Los recipientes de sustancias químicas no cuentan con etiquetas de identificación según lo establecido en la NOM-018-STPS-2015. Recomendación: Colocar las etiquetas en los contenedores que identifiquen el tipo de sustancia que se esté almacenando.		
Trabajos en alturas mayores a 1.80 m (NOM-009-STPS-2011)		
23. Los bordes de azoteas, terrazas, miradores, etc., cuentan con barreras fijas u otro tipo de protección.		
Si	No	NA
Exposición al ruido (NOM-011-STPS-2001)		
24. Los colaboradores no se exponen a niveles de ruido mayores a los límites máximos permisibles, 90 dB(A) por 8 horas continuas.		
Si	No	NA
25. Cuenta con EPP auditivo para los colaboradores que estén expuestos a 85 dB(A) o más.		
Si	No	NA
Equipo de protección personal (NOM-017-STPS-2008)		
26. Los colaboradores usan EPP en función de los riesgos a los que puedan estar expuestos.		
Si	No	NA
Observación: No se encontró a los trabajadores usando el EPP adecuado. Recomendación: Pedir a todos los trabajadores usar el EPP en todo momento que realicen sus actividades.		Sin foto de evidencia
27. Señalan las áreas donde se requiere el uso obligatorio de EPP.		
Si	No	NA
Observación: No se encontró con señalamientos que indiquen el uso obligatorio de EPP. Recomendación: Pedir presupuesto en el futuro para señalamientos de este tipo.		Sin foto de evidencia
Riesgos por electricidad estática (NOM-022-STPS-2015)		
28. Usan el EPP apropiado para evitar electricidad estática.		
Si	No	NA
Observación: No se encontró a los trabajadores usando el EPP adecuado. Recomendación: Pedir a todos los trabajadores usar el EPP en todo momento que realicen sus actividades, para este caso particular son botas de seguridad antiestáticas.		Sin foto de evidencia
Iluminación (NOM-025-STPS-2008)		
29. Cuenta con los niveles de iluminación suficientes según las áreas: exteriores 20 luxes, interiores 100 luxes.		
Si	No	NA
Señalamientos (NOM-026-STPS-2008)		
30. Los señalamientos están ubicados en lugares que pueden ser vistos por todos los colaboradores.		
Si	No	NA
31. Todos los señalamientos están libres de obstrucciones.		
Si	No	NA
32. Las tuberías están pintadas con los colores correspondientes y cuentan con etiquetas que representan a dirección del fluido.		
Si	No	NA

DR: Entrevista			
Universidad Autónoma de Baja California			
Campus Mexicali			
Unidad académica:	Unidad Deportiva Rubén Castro Bojórquez - UABC	Fecha y hora:	30/10/2023 09:00 hrs
Proceso ambiental:	Planta de tratamiento de aguas residuales	Responsable:	Carlos Alfonso Sagaste Bernal
Departamento:	NA	No. colaboradores:	tres trabajadores en dos turnos
Coordenadas:	32.634406, -115.437158	Dimensión:	NA
1	¿Cuenta con un plano identificando los equipos contra incendio, equipos de primeros auxilios y rutas de evacuación?		
	No se cuenta con planos de identificación de equipo contra incendio, primeros auxilios ni rutas de evaluación.		
2	¿Cuenta con instrucciones de seguridad preventiva y las difunde entre los colaboradores?		
	Si cuentan con instructivos de seguridad, el último se actualizó hace 8 meses durante una capacitación.		
3	¿Cuenta con un plan de atención a emergencia de incendios?		
	No cuentan con un plan oficial, pero si con un instructivo sobre las actividades en caso de incendio.		
4	¿Usted y los colaboradores son parte de los simulacros de sismos e incendios realizados en la institución?		
	¿Cada cuando se realizan estos simulacros?		
	No son parte de los simulacros y las alarmas no se escuchan en su lugar de trabajo. Tampoco cuentan con radios en caso de comunicar un accidente.		

5	¿Cuenta con un manual de procedimiento de manejo, transporte y almacenamiento de sustancias químicas?
	No cuentan con manuales de manejo, transporte y almacenamiento de sustancias químicas.
6	¿El trasvase (vaciar de un recipiente a otro) de sustancias inflamables se realiza con ventilación o aislamiento?
	Si se realiza con ventilación y aislamiento, sin embargo, no se realiza con guantes ni gafas recomendados.
7	¿Se prohíbe el uso de herramientas, ropa, zapatos y objetos personales que puedan generar chispa, flama abierta o temperaturas que puedan provocar ignición?
	No se prohíbe el uso de materiales inflamables en las cercanías de la PTAR.
8	¿Cuenta con un manual y kit de primeros auxilios?
	Si se cuenta con un kit de primeros auxilios, pero no con un manual.
9	¿Cuenta con equipo y/o materiales para contener las sustancias químicas peligrosas en caso de derrame o fuga?
	No cuentan con dicho equipo.
10	¿Cuenta con una lista de las sustancias químicas manejadas?
	No cuentan con una lista, únicamente cuentan con dos sustancias químicas.
11	¿Cuenta con las hojas de datos de seguridad de los agentes químicos que están a la vista de todos los colaboradores?
	Cuentan con las fichas técnicas, pero no están a la vista de los colaboradores.
12	¿Usted y los colaboradores conocen o son instruidos sobre como leer las hojas de datos de seguridad y las etiquetas según la norma?
	No son instruidos para leer las etiquetas y las hojas de seguridad de las sustancias químicas.
13	¿Los trabajos en altura son realizados con autorización previa? ¿Quién emite dicha autorización?
	No solicitan autorización previa ni hay un documento que solicite.
14	¿Se utiliza el Equipo de Protección Personal "EPP" apropiado para actividades en alturas? Esto incluye casco, chaleco antirreflejante, arnés, línea de vida, botas de seguridad.
	Utilizan, arnés y botas de seguridad. No usan cascos.
15	¿Se supervisa a los contratistas externos que realizan actividades en los procesos?
	Si se supervisan pero no se realizan más medidas al respecto.
16	¿Se ha realizado un análisis de riesgo de ruido realizado por un experto? ¿en que fecha?
	Se realizó un estudio de ruido al inicio de la operación de la PTAR, no es necesario otro.
17	¿Se realizan mantenimiento a los equipos sujetos a presión y estos trabajos son registrados en bitácora con fecha y descripción?
	No cuentan con equipos sujetos a presión.
18	¿Las actividades de mantenimiento a instalaciones eléctricas, fugas de agua, o directamente al proceso ambiental son realizadas exclusivamente por el personal capacitado y autorizado?
	La mayoría son realizadas por personal externo. El engrasado y mantenimiento externo a compresores lo realizan los empleados de la PTAR, usando el EPP debido.
19	¿Al realizar actividades de mantenimiento, el personal capacitado usa el EPP adecuado?
	Si.
20	¿Se lleva un extintor al área cuando se realizan actividades de mantenimiento que lo requieran?
	No se ha requerido.
21	¿Cuentan con una lista de contactos de emergencia, que deben incluir a protección civil, bomberos, policía, cruz roja, etc.?

Diagnóstico de Riesgos Universidad Autónoma de Baja California Campus Mexicali			
Unidad académica:	Facultad de Ingeniería - UABC		Día y fecha: 01/11/2023 16:00 hrs
Proceso ambiental:	Estacionamiento solar	Responsable:	Jose Alejandro Suastegui Macias
Departamento:	Laboratorio de Energías Renovables	No. colaboradores:	Cuatro voluntarios
Coordenadas:	32.63206327676151, -115.44247146190914		Dimensión: 11625 m2
Seguridad en instalaciones y áreas (NOM-001-STPS-2008)			
1. El lugar presenta orden y limpieza.			
Si		No	NA
Como observación, los inversores no están fijados en el suelo, lo que puede provocar su caída en caso de sismos.			
2. Los pasillos y salidas se encuentran libres de obstrucciones.			
Si		No	NA
3. Las áreas de mantenimiento, limpieza, almacenes, entre otros están delimitados.			
Si		No	NA
4. Escaleras, rampas y puentes cuentan con antiderrapante.			
Si		No	NA
5. El techo es de un material que proteja de las condiciones ambientales extremas, permite salida de líquidos y soporta hasta 100 kg en caso de ser necesario.			
Si		No	NA
6. Las paredes son de un material que proteja de las condiciones ambientales extremas, son de colores que eviten la reflexión de luz y soporta cargas si están destinadas para eso.			
Si		No	NA
7. El piso es llano en las zonas de tránsito, libre de estancamientos de líquidos no generen riesgos de caídas o resbalones y tiene señalamiento en caso de desniveles.			
Si		No	NA
8. Los espacios encerrados cuentan con buena ventilación, para permitir la purga de contaminantes.			
Si		No	NA
9. Las áreas aledañas de tránsito vehicular está delimitada o señalizadas.			
Si		No	NA
Prevención y protección contra incendios (NOM-002-STPS-2010)			
10. Cuenta con extintores y otro tipo de equipo contra incendios pertinente como areneros, hidrantes, detector de humo, etc.			
Si		No	NA
11. Cuenta con señalización que prohíba fumar o generar chispa en áreas donde se almacenan productos inflamables.			
Si		No	NA
Observación: No se encontraron señalamientos de prohibido fumar.		Sin foto de evidencia	
Recomendación: Colocar al menos un señalamiento que prohíba fumar en el área.			
12. El almacenaje o colocación de materiales y objetos no obstruyen el acceso de equipos y dispositivos contra incendio.			
Si		No	NA
13. Cuenta con rutas de evacuación y puntos de reunión con señalizaciones colocadas en lugares estratégicos y libres de obstáculos.			
Si		No	NA
14. Cuenta con salidas de emergencias que abran en el sentido del flujo peatonal, estén señalizadas y sin obstáculos.			
Si		No	NA
Manejo, transporte y almacenamiento de sustancias químicas (NOM-005-STPS-1998)			
15. Cuentan con zonas específicas para el almacenamiento de las sustancias químicas peligrosas.			
Si		No	NA
16. El almacenamiento de sustancias corrosivas, irritantes o tóxicas se hace en recipientes específicos, de materiales compatibles con la sustancia.			
Si		No	NA
17. Los recipientes con sustancias químicas peligrosas permanecen cerrados mientras no están en uso.			
Si		No	NA
18. Las tuberías con fluidos cuentan con señales, avisos, colores e identificación del fluido conforme a lo establecido en las NOM-026-STPS-1993.			
Si		No	NA
19. Cuenta con lavajos, regaderas o neutralizadores, en caso de necesitarlos.			
Si		No	NA
20. Cuenta con el EPP eficiente para prevenir quemaduras, quemaduras químicas, entre otros incidentes.			
Si		No	NA
Control de agentes químicos contaminantes (NOM-010-STPS-2014)			
21. Cuenta con señalamientos de precaución, obligaciones y prohibiciones en las áreas con exposición a agentes químicos.			
Si		No	NA

Identificación de sustancias químicas (NOM-018-STPS-2015)		
22. Los contenedores, depósitos y anaqueles que almacenan sustancias químicas están etiquetados con nombre y sus riesgos implicados, como indica la norma.	Si	No NA
Trabajos en alturas mayores a 1.80 m (NOM-009-STPS-2011)		
23. Los bordes de azoteas, terrazas, miradores, etc., cuentan con barreras fijas u otro tipo de protección.	Si	No NA
Exposición al ruido (NOM-011-STPS-2001)		
24. Los colaboradores no se exponen a niveles de ruido mayores a los límites máximos permisibles, 90 dB(A) por 8 horas continuas.	Si	No NA
25. Cuenta con EPP auditivo para los colaboradores que estén expuestos a 85 dB(A) o más.	Si	No NA
Equipo de protección personal (NOM-017-STPS-2008)		
26. Los colaboradores usan EPP en función de los riesgos a los que puedan estar expuestos.	Si	No NA
27. Señalan las áreas donde se requiere el uso obligatorio de EPP.	Si	No NA
Riesgos por electricidad estática (NOM-022-STPS-2015)		
28. Usan el EPP apropiado para evitar electricidad estática.	Si	No NA
Iluminación (NOM-025-STPS-2008)		
29. Cuenta con los niveles de iluminación suficientes según las áreas: exteriores 20 luxes, interiores 100 luxes.	Si	No NA
Señalamientos (NOM-026-STPS-2008)		
30. Los señalamientos están ubicados en lugares que pueden ser vistos por todos los colaboradores.	Si	No NA
31. Todos los señalamientos están libres de obstrucciones.	Si	No NA
32. Las tuberías están pintadas con los colores correspondientes y cuentan con etiquetas que representan a dirección del fluido.	Si	No NA

DR: Entrevista			
Universidad Autónoma de Baja California			
Campus Mexicali			
Unidad académica:	Facultad de Ingeniería - UABC	Fecha y hora:	01/11/2023 16:00 hrs
Proceso ambiental:	Estacionamiento solar	Responsable:	Jose Alejandro Suastegui Macias
Departamento:	Laboratorio de Energías Renovables	No. colaboradores:	Cuatro voluntarios
Coordenadas:	32.631585, -115.442233	Dimensión:	61 x 5 m
1	¿Cuenta con un plano identificando los equipos contra incendio, equipos de primeros auxilios y rutas de evacuación?		
	No se cuenta con un plano de identificación de equipo contra incendio. En este caso no es necesario la identificación de rutas de evacuación porque es un estacionamiento.		
2	¿Cuenta con instrucciones de seguridad preventiva y las difunde entre los colaboradores?		
	No se cuenta con esta información, ya que los voluntarios no manipulan las celdas solares.		
3	¿Cuenta con un plan de atención a emergencia de incendios.?		
	En caso de tenerlo, los voluntarios no cuentan con esto.		
4	¿Usted y los colaboradores son parte de los simulacros de sismos e incendios realizados en la institución?		
	¿Cada cuando se realizan estos simulacros?		
	Si forman parte de los simulacros.		
5	¿Cuenta con un manual de procedimiento de manejo, transporte y almacenamiento de sustancias químicas?		
	NA		
6	¿El trasvase (vaciar de un recipiente a otro) de sustancias inflamables se realiza con ventilación o aislamiento?		
	NA		
7	¿Se prohíbe el uso de herramientas, ropa, zapatos y objetos personales que puedan generar chispa, flama abierta o temperaturas que puedan provocar ignición?		
	No cuentan		
8	¿Cuenta con un manual y kit de primeros auxilios?		
	NA		

9	¿Cuenta con equipo y/o materiales para contener las sustancias químicas peligrosas en caso de derrame o fuga?
	NA
10	¿Cuenta con una lista de las sustancias químicas manejadas?
	NA
11	¿Cuenta con las hojas de datos de seguridad de los agentes químicos que estan a la vista de todos los colaboradores?
	NA
12	¿Usted y los colaboradores conocen o son instruidos sobre como leer las hojas de datos de seguridad y las etiquetas según la norma?
	NA
13	¿Los trabajos en altura son realizados con autorización previa? ¿Quién emite dicha autorización?
	Estos se realizan con personal externo con autorizacion previa de la administración encargada.
14	¿Se utiliza el Equipo de Protección Personal "EPP" apropiado para actividades en alturas? Esto incluye casco, chaleco antirreflejante, arnés, línea de vida, botas de seguridad.
	Los voluntarios comentan que durante la instalación de los paneles, los trabajadores no usaron casco ni arnés.
15	¿Se supervisa a los contratistas externos que realizan actividades en los procesos?
	Si
16	¿Se ha realizado un análisis de riesgo de ruido realizado por un experto? ¿en que fecha?
	NA
17	¿Se realizan mantenimiento a los equipos sujetos a presión y estos trabajos son registrados en bitácora con fecha y descripción?
	NA
18	¿Las actividades de mantenimiento a instalaciones eléctricas, fugas de agua, o directamente al proceso ambiental son realizadas exclusivamente por el personal capacitado y autorizado?
	Si son realizadas por personal externo y autorizado. Como observación, durante la instalación de los paneles, se usó un polímero para tapar espacios de las tuberías donde el cableado sobresalía, en lugar de usar las tapas correctas. A largo plazo, esta resina se desprenderá y época de lluvias puede ocurrir un corto circuito.
19	¿Al realizar actividades de mantenimiento, el personal capacitado usa EPP adecuado?
	No constantemente.
20	¿Se lleva un extintor al área cuando se realizan actividades de mantenimiento que lo requieran?
	No ha ocurrido una situación en la que amerite el extintor como apoyo.

DR: Inspección visual			
Universidad Autónoma de Baja California			
Campus Mexicali			
Unidad académica:	Campus Mexicali 1 y 2	Día y fecha:	25/11/2023 16:00 hrs
Proceso ambiental:	Centro de acopio	Responsable:	Carlos Alfonso Sagaste Bernal
Departamento:	Campus Mexicali 1 y 2	No. colaboradores:	18
Coordenadas:	32.630852, -115.443602	Dimensión:	NA
Seguridad en instalaciones y áreas (NOM-001-STPS-2008)			
1. El lugar presenta orden y limpieza.			
Si		No	
Observación: Los residuos valorizables se encontraban desorganizados y sin compactar. Recomendación: Establecer un orden de almacenaje de residuos para evitar su derrumbe.			
2. Los pasillos y salidas se encuentran libres de obstrucciones.			
Si		No	
		NA	

3. Las áreas de mantenimiento, limpieza, almacenes, entre otros están delimitados.		
Si	No	NA
4. Escaleras, rampas y puentes cuentan con antiderrapante.		
Si	No	NA
5. El techo es de un material que proteja de las condiciones ambientales extremas, permite salida de líquidos y soporta hasta 100 kg en caso de ser necesario.		
Si	No	NA
6. Las paredes son de un material que proteja de las condiciones ambientales extremas, son de colores que eviten la reflexión de luz y soporta cargas si están destinadas para eso.		
Si	No	NA
Observación: El centro de almacenaje si tiene paredes, sin embargo los residuos están esparcido fuera de las limitaciones del centro de acopio.		
7. El piso es llano en las zonas de tránsito, libre de estancamientos de líquidos no generen riesgos de caídas o resbalones y tiene señalamiento en caso de desniveles.		
Si	No	NA
8. Los espacios encerrados cuentan con buena ventilación, para permitir la purga de contaminantes.		
Si	No	NA
9. Las áreas aledañas de tránsito vehicular está delimitada o señalizadas.		
Si	No	NA
Prevención y protección contra incendios (NOM-002-STPS-2010)		
10. Cuenta con extintores y otro tipo de equipo contra incendios pertinente como areneros, hidrantes, detector de humo, etc.		
Si	No	NA
Observación: No se cuenta con un extintor cercano al centro de acopio. Recomendación: Se recomienda colocar un extintor a menos de 30 m de distancia del centro.		Sin foto de evidencia
11. Cuenta con señalización que prohíba fumar o generar chispa en áreas donde se almacenan productos inflamables.		
Si	No	NA
Observación: No cuenta con señalización de no fumar. Recomendación: Se recomienda colocar un señalamiento de no fumar.		Sin foto de evidencia
12. El almacenaje o colocación de materiales y objetos no obstruyen el acceso de equipos y dispositivos contra incendio.		
Si	No	NA

DR: Inspección visual			
Universidad Autónoma de Baja California			
Campus Mexicali			
Unidad académica:	Campus Mexicali 1 y 2	Día y fecha:	25/11/2023 16:00 hrs
Proceso ambiental:	Contenedores de residuos	Responsable:	Carlos Alfonso Sagaste Bernal
Departamento:	Campus Mexicali 1 y 2	No. colaboradores:	18
Coordenadas:	32.630852, -115.443602	Dimensión:	NA
Seguridad en instalaciones y áreas (NOM-001-STPS-2008)			
1. El lugar presenta orden y limpieza.			
Si	No	NA	
Observación: Los residuos se encuentran esparcidos alrededor del triturador			
2. Los pasillos y salidas se encuentran libres de obstrucciones.			
Si	No	NA	
Observación: Algunos contenedores inorgánicos obstruyen los pasillos estrechos de las facultades			

3. Las áreas de mantenimiento, limpieza, almacenes, entre otros están delimitados.		
Si	No	NA
4. Escaleras, rampas y puentes cuentan con antiderrapante.		
Si	No	NA
Observación: Se requiere de un escalón para evitar problemas de ergonomía en trabajadores, ya que la altura de las tolvas son significativas		
5. El techo es de un material que proteja de las condiciones ambientales extremas, permite salida de líquidos y soporta hasta 100 kg en caso de ser necesario.		
Si	No	NA
Observación: los contenedores de residuos están expuestos, sin techos ni paredes.		
6. Las paredes son de un material que proteja de las condiciones ambientales extremas, son de colores que eviten la reflexión de luz y soporta cargas si están destinadas para eso.		
Si	No	NA
7. El piso es llano en las zonas de tránsito, libre de estancamientos de líquidos no generen riesgos de caídas o resbalones y tiene señalamiento en caso de desniveles.		
Si	No	NA
8. Los espacios encerrados cuentan con buena ventilación, para permitir la purga de contaminantes.		
Si	No	NA
9. Las áreas aledañas de tránsito vehicular está delimitada o señalizadas.		
Si	No	NA
Prevención y protección contra incendios (NOM-002-STPS-2010)		
10. Cuenta con extintores y otro tipo de equipo contra incendios pertinente como areneros, hidrantes, detector de humo, etc.		
Si	No	NA
Observación: Solo algunos contenedores se encuentran cercanos a extintores, pero la mayoría no		Sin foto de evidencia
11. Cuenta con señalización que prohíba fumar o generar chispa en áreas donde se almacenan productos inflamables.		
Si	No	NA
Observación: No cuenta con señalización de no fumar cerca		Sin foto de evidencia
12. El almacenaje o colocación de materiales y objetos no obstruyen el acceso de equipos y dispositivos contra incendio.		
Si	No	NA
13. Cuenta con rutas de evacuación y puntos de reunión con señalizaciones colocados en lugares estratégicos y libres de obstáculos.		
Si	No	NA
14. Cuenta con salidas de emergencias que abran en el sentido del flujo peatonal, estén señalizadas y sin obstáculos.		
Si	No	NA
Manejo, transporte y almacenamiento de sustancias químicas (NOM-005-STPS-1998)		
15. Cuentan con zonas específicas para el almacenamiento de las sustancias químicas peligrosas.		
Si	No	NA
16. El almacenamiento de sustancias corrosivas, irritantes o tóxicas se hace en recipientes específicos, de materiales compatibles con la sustancia.		
Si	No	NA
17. Los recipientes con sustancias químicas peligrosas permanecen cerrados mientras no están en uso.		
Si	No	NA
18. Las tuberías, mangueras u otro medio de transporte de fluidos están en buenas condiciones.		
Si	No	NA
19. Cuenta con lavajos, regaderas o neutralizadores, en caso de necesitarlos.		
Si	No	NA
20. Cuenta con el EPP eficiente para prevenir quemaduras, quemaduras químicas, entre otros incidentes.		
Si	No	NA
Control de agentes químicos contaminantes (NOM-010-STPS-2014)		
21. Cuenta con señalamientos de precaución, obligaciones y prohibiciones en las áreas con exposición a agentes químicos.		
Si	No	NA
Identificación de sustancias químicas (NOM-018-STPS-2015)		

22. Los contenedores, depósitos y anaqueles que almacenan sustancias químicas están etiquetados con nombre y sus riesgos implicados, como indica la norma.		
Si	No	NA
Trabajos en alturas mayores a 1.80 m (NOM-009-STPS-2011)		
23. Los bordes de azoteas, terrazas, miradores, etc., cuentan con barreras fijas u otro tipo de protección.		
Si	No	NA
Exposición al ruido (NOM-011-STPS-2001)		
24. Los colaboradores no se exponen a niveles de ruido mayores a los límites máximos permisibles, 90 dB(A) por 8 horas		
Si	No	NA
25. Cuenta con EPP auditivo para los colaboradores que estén expuestos a 85 dB(A) o más.		
Si	No	NA
Equipo de protección personal (NOM-017-STPS-2008)		
26. Los colaboradores usan EPP en función de los riesgos a los que puedan estar expuestos.		
Si	No	NA
Observación: No usan guantes para evitar lesiones superficiales		Sin foto de evidencia
27. Señalan las áreas donde se requiere el uso obligatorio de EPP.		
Si	No	NA
Riesgos por electricidad estática (NOM-022-STPS-2015)		

28. Usan el EPP apropiado para evitar electricidad estática.		
Si	No	NA
Iluminación (NOM-025-STPS-2008)		
29. Cuenta con los niveles de iluminación suficientes según las áreas: exteriores 20 luxes, interiores 100 luxes.		
Si	No	NA
Señalamientos (NOM-026-STPS-2008)		
30. Los señalamientos están ubicados en lugares que pueden ser vistos por todos los colaboradores.		
Si	No	NA
31. Todos los señalamientos están libres de obstrucciones.		
Si	No	NA
32. Las tuberías están pintadas con los colores correspondientes y cuentan con etiquetas que representan a dirección del fluido.		
Si	No	NA

Diagnóstico de Riesgo: Entrevista Universidad Autónoma de Baja California Campus Mexicali			
Unidad académica:	Facultad de Ingeniería - UABC		Fecha y hora: 13/10/2023 11:00 hrs
Proceso ambiental:	Centro de acopio de residuos valorizables	Responsable:	Carlos Alfonso Sagaste Bernal
Departamento:	Campus 1 Mexicali	No. colaboradores:	12
Coordenadas:	32.630852, -115.443602		Dimensión: 274.8 m ²
1	¿Cuenta con un plano identificando los equipos contra incendio, equipos de primeros auxilios y rutas de evacuación?		
No se cuenta con un plano con estas especificaciones.			
2	¿Cuenta con instrucciones de seguridad preventiva y las difunde entre los colaboradores?		
No se cuenta con instrucciones de seguridad preventiva.			
3	¿Cuenta con un plan de atención a emergencia de incendios?		
Se cuenta con un plan de atención a emergencias de parte de Recursos Humanos. Sin embargo, no es difundido a los colaboradores ni se cuenta con capacitación.			
4	¿Usted y los colaboradores son parte de los simulacros de sismos e incendios realizados en la institución?		
¿Cada cuando se realizan estos simulacros?			
Si, una vez al año se realiza un simulacro de sismo general.			
5	¿Cuenta con un manual de procedimiento de manejo, transporte y almacenamiento de sustancias químicas?		
N/A			

6	¿El trasvase (vaciar de un recipiente a otro) de sustancias inflamables se realiza con ventilación o aislamiento?
N/A	
7	¿Se prohíbe el uso de herramientas, ropa, zapatos y objetos personales que puedan generar chispa, flama abierta o temperaturas que puedan provocar ignición?
Únicamente se presenta señalamientos de prohibido fumar.	
8	¿Cuenta con un manual y kit de primeros auxilios?
Se encuentra en un almacén cercano a la planta de tratamiento de aguas residuales.	
9	¿Cuenta con equipo y/o materiales para contener las sustancias químicas peligrosas en caso de derrame o fuga?
N/A	
10	¿Cuenta con una lista de las sustancias químicas manejadas?
N/A	
11	¿Cuenta con las hojas de datos de seguridad de los agentes químicos que están a la vista de todos los colaboradores?
N/A	
12	¿Usted y los colaboradores conocen o son instruidos sobre cómo leer las hojas de datos de seguridad y las etiquetas según la norma?
N/A	
13	¿Los trabajos en altura son realizados con autorización previa? ¿Quién emite dicha autorización?
N/A	
14	¿Se utiliza el Equipo de Protección Personal "EPP" apropiado para actividades en alturas? Esto incluye casco, chaleco antirreflejante, arnés, línea de vida, botas de seguridad.
N/A	
15	¿Se supervisa a los contratistas externos que realizan actividades en los procesos?
El encargado en turno está presente cuando una empresa externa recoge los residuos valorizables.	
16	¿Se ha realizado un análisis de riesgo de ruido realizado por un experto? ¿en qué fecha?

N/A	
17	¿Se realizan mantenimientos a los equipos sujetos a presión y estos trabajos son registrados en bitácora con fecha y descripción?
N/A	
18	¿Las actividades de mantenimiento a instalaciones eléctricas, fugas de agua, o directamente al proceso ambiental son realizadas exclusivamente por el personal capacitado y autorizado?
N/A	
19	¿Al realizar actividades de mantenimiento, el personal capacitado usa el EPP adecuado?
Los colaboradores usan el EPP durante toda su jornada, incluyendo los mantenimientos.	
20	¿Se lleva un extintor al área cuando se realizan actividades de mantenimiento que lo requieran?
N/A	
21	¿Cuentan con una lista de contactos de emergencia, que deben incluir a protección civil, bomberos, policía, Cruz Roja, etc.?
No cuentan con esta lista.	
22	¿Usted y los colaboradores son parte de las capacitaciones en temas de ...

↳	(a) prevención y combate de incendios realizados en la institución?
No.	
↳	(b) riesgos químicos y primeros auxilios?
No.	
↳	(c) el uso, revisión, reposición, limpieza, resguardo, y disposición final del Equipo de Protección Personal "EPP", acorde a las instrucciones del fabricante?
No.	
↳	(d) manejo de equipos sujetos a presión?
N/A	
↳	(e) técnicas para descargar o evitar la generación de electricidad estática?
N/A	
↳	(f) mencione las capacitaciones adicionales recibidas, que no se incluyen en el cuestionario, incluir fecha.
Capacitación de 2023 y 2024 sobre la disposición correcta de residuos.	
23	Mencione los accidentes de trabajo ocurridos en el último año, incluir fecha y una breve descripción.
En 2023, un trabajador se resbaló mientras cargaba cajas y se lesionó un tobillo.	
24	¿Usted y los colaboradores, cuántas horas a la semana pasan bajo el sol? ¿Cómo se protegen de los rayos solares cuando sus funciones implican trabajo bajo el sol? ¿se han sufrido consecuencias a la salud relacionadas?
El tiempo de exposición es de media a baja y los trabajadores terminan su jornada a las 2 pm.	
25	¿Usted y los colaboradores participan en las auditorías de revisión de riesgos?
No han ocurrido auditorías en temas de riesgos.	
26	¿Su lugar de trabajo cuenta con documentos de cumplimiento o verificación, como dictámenes, manifiestos, reconocimientos, entre otros?
Se cuentan con manifiestos de recolección de residuos valorizables de parte de la empresa externa.	

Diagnóstico de Riesgo: Entrevista Universidad Autónoma de Baja California Campus Mexicali			
Unidad académica:	Facultad de Ingeniería - UABC	Fecha y hora:	25/11/2023 16:00 hrs
Proceso ambiental:	Recolección y almacen de resiuos de poda de jardín	Responsable:	Carlos Alfonso Sagaste Bernal
Departamento:	Campus 1 Mexicali	No. colaboradores:	12
Coordenadas:	32.630892, -115.443587	Dimensión:	14 m³ (tolva)
1	¿Cuenta con un plano identificando los equipos contra incendio, equipos de primeros auxilios y rutas de evacuación?		
En este caso sería un plano del campus 1, el cuál no se cuenta. Sin embargo, los colaboradores conocen la ubicación de extintores y equipos básicos de primeros auxilios.			
2	¿Cuenta con instrucciones de seguridad preventiva y las difunde entre los colaboradores?		
No se cuenta con instrucciones de seguridad preventiva.			
3	¿Cuenta con un plan de atención a emergencia de incendios.?		
Se cuenta con un plan de atención a emergencias de parte de Recursos Humanos. Sin embargo, no es difundido a los colaboradores ni se cuenta con capacitación.			

4	¿Usted y los colaboradores son parte de los simulacros de sismos e incendios realizados en la institución? ¿Cada cuando se realizan estos simulacros?
Si, una vez al año se realiza un simulacro de sismo general.	
5	¿Cuenta con un manual de procedimiento de manejo, transporte y almacenamiento de sustancias químicas?
N/A	
6	¿El trasvase (vaciar de un recipiente a otro) de sustancias inflamables se realiza con ventilación o aislamiento?
N/A	
7	¿Se prohíbe el uso de herramientas, ropa, zapatos y objetos personales que puedan generar chispa, flama abierta o temperaturas que puedan provocar ignición?
No existen indicaciones de prohibiciones de objetos o actividades que conlleve un riesgo de chispa. Se observó que se fuma cerca de la tolva de poda de jardín.	
8	¿Cuenta con un manual y kit de primeros auxilios?
Se encuentra en un almacen cercano a la planta de tratamiento de aguas residuales (a una larga distancia del campus 1).	
9	¿Cuenta con equipo y/o materiales para contener las sustancias químicas peligrosas en caso de derrame o fuga?
No cuentan con este tipo de equipo.	
10	¿Cuenta con una lista de las sustancias químicas manejadas?
N/A	
11	¿Cuenta con las hojas de datos de seguridad de los agentes químicos que estan a la vista de todos los colaboradores?
N/A	
12	¿Usted y los colaboradores conocen o son instruidos sobre como leer las hojas de datos de seguridad y las etiquetas según la norma?
N/A	
13	¿Los trabajos en altura son realizados con autorización previa? ¿Quién emite dicha autorización?
N/A	
14	¿Se utiliza el Equipo de Protección Personal "EPP" apropiado para actividades en alturas? Esto incluye casco, chaleco antirreflejante, arnés, inea de vida, botas de seguridad.
N/A	
15	¿Se supervisa a los contratistas externos que realizan actividades en los procesos?
El encargado en turno está presente cuando una empresa externa recoge los residuos de poda.	
16	¿Se ha realizado un análisis de riesgo de ruido realizado por un experto? ¿en que fecha?
N/A	
17	¿Se realizan mantenimiento a los equipos sujetos a presión y estos trabajos son registrados en bitácora con fecha y descripción?
N/A	
18	¿Las actividades de mantenimiento a instalaciones eléctricas, fugas de agua, o directamente al proceso ambiental son realizadas exclusivamente por el personal capacitado y autorizado?
N/A	
19	¿Al realizar actividades de mantenimiento, el personal capacitado usa el EPP adecuado?
No han realizado mantenimiento a la tolva.	
20	¿Se lleva un extintor al área cuando se realizan actividades de mantenimiento que lo requieran?

N/A	
21	¿Cuentan con una lista de contactos de emergencia, que deben incluir a protección civil, bomberos, policía, cruz roja, etc.?
No cuentan con esta lista.	
22	¿Usted y los colaboradores son parte de las capacitaciones en temas de ...
↳	(a) prevención y combate de incendios realizados en la institución?
No.	
↳	(b) riesgos químicos y primeros auxilios?
No.	
↳	(c) el uso, revisión, reposición, limpieza, resguardo, y disposición final del Equipo de Protección Personal "EPP", acorde a las instrucciones del fabricante?
No.	
↳	(d) manejo de equipos sujetos a presión?
N/A	
↳	(e) técnicas para descargar o evitar la generación de electricidad estática?
N/A	
↳	(f) mencione las capacitaciones adicionales recibidas, que no se incluyen en el cuestionario, incluir fecha.
Capacitación de 2023 y 2024 sobre la disposición correcta de residuos.	
23	Mencione los accidentes de trabajo ocurridos en el último año, incluir fecha y una breve descripción.
Lesiones generales de los colaboradores como contracturas y fatiga.	
24	¿Usted y los colaboradores, cuántas horas a la semana pasan bajo el sol? ¿Cómo se protegen de los rayos solares cuando sus funciones implican trabajo bajo el sol? ¿se han sufrido consecuencias a la salud relacionadas?
Los colaboradores trabajan todos los días en distintos horarios. Para el turno de la tarde, los colaboradores se exponen en mayor tiempo a la radiación solar y a las altas temperaturas.	
25	¿Usted y los colaboradores participan en las auditorías de revisión de riesgos?
No han ocurrido auditorías en temas de riesgos.	
26	¿Su lugar de trabajo cuenta con documentos de cumplimiento o verificación, como dictámenes, manifiestos, reconocimientos, entre otros?
Se cuentan con manifiestos de recolección de residuos de poda de parte de la empresa externa.	

8 Referencias bibliográficas

- Aghaei, M., Yaghmaeian, K., Hassanvand, M. S., Hedayati, M. H., Yousefian, F., Janjani, H., Nabizadeh, R., & Yunesian, M. (2020). Exposure to endotoxins and respiratory health in composting facilities. *Ecotoxicology and Environmental Safety*, 202(March), 110907. <https://doi.org/10.1016/j.ecoenv.2020.110907>
- AGN - Archivo General de la Nación. (2024). *Administración de Riesgos Institucional (ARI)*.
- Aguilar, C., Cetina, T., Centeno, G., & Ramírez, E. (2021). Cultura de seguridad organizacional: variables grupales relacionadas con la conducta segura. *Revista Psicología Para América Latina*, 35(31–43), 1–13.
- Albrecht, E., Egute, T. O., & Forbid, G. T. (2011). Psychophysical Determinants of Waste Sector Workforce Performance: Integrating Behavioural Safety in Risk Management Systems. In *Risk Assessment and Management for Environmental Protection in Sub-Saharan Africa*.
- Amarachukwu, E., Evuti, A. M., Salam, K. A., & Silas, S. S. (2020). Determination of waste generation, composition and optimized collection route for university of Abuja main campus using “MyRouteOnline” software. *Scientific African*, 10. <https://doi.org/10.1016/j.sciaf.2020.e00569>
- Amor, M. del M. D. del, Caracena, A. B., Llorens, M., & Esquembre, F. (2022). Tools for evaluation and prediction of industrial noise sources. Application to a wastewater treatment plant. *Journal of Environmental Management*, 319(March). <https://doi.org/10.1016/j.jenvman.2022.115725>
- Apostol, J. R., Clemente, J. D., Diaz de Rivera, A. C., & Custodio, B. (2020). Occupational Risk Assessment of Municipal Solid Waste Collectors in a City Subdivision in the Philippines. *Advances in Physical, Social & Occupational Ergonomics*, 109–115.
- Asante, B. O., Bath, B., & Trask, C. (2018). Trunk posture assessment during work tasks at a Canadian recycling center. *International Journal of Industrial Ergonomics*, 68(August), 297–303. <https://doi.org/10.1016/j.ergon.2018.09.001>
- Aven, T. (2020). The risk concept. *Risk, Surprises and Black Swans*, 4(1), 31–63. <https://doi.org/10.4324/9781315755175-9>
- Barbosa Soares, C. A., De Nadae, J., Do Nascimento, D. C., Alves Firmino, P. R., &

- Morioka, S. N. (2023). Photovoltaic solar energy and sustainability in higher education institutions: a multiple case study. In *Revista Gestão da Produção Operações e Sistemas*. <https://doi.org/10.15675/gepros.v18i00.2939>
- Bellamy, L. J., Damen, M., Jan Manuel, H., Aneziris, O. N., Papazoglou, I. A., & Oh, J. I. H. (2015). Risk horoscopes: Predicting the number and type of serious occupational accidents in the Netherlands for sectors and jobs. *Reliability Engineering and System Safety*, 133, 106–118. <https://doi.org/10.1016/j.ress.2014.09.012>
- Botti, L., Battini, D., Sgarbossa, F., & Mora, C. (2020). Door-to-door waste collection: Analysis and recommendations for improving ergonomics in an Italian case study. *Waste Management*, 109, 149–160. <https://doi.org/10.1016/j.wasman.2020.04.027>
- Brenes, A. (2018). Informe de Gestión del Riesgo. *Revista Gestion de Riesgo*, 2(6), 8–13. https://www.eird.org/cd/toolkit08/material/proteccion-infraestructura/gestion_de_riesgo_de_amenaza/8_gestion_de_riesgo.pdf
- Coelho de Freitas, Y., Nicolau Korres, A. M., & Veronez, F. (2023). Organic Waste Management in Educational Institutions: A Systematic Review. In *Handbook of Sustainability Science in the Future, Policies, Technologies and Education by 2050* (Vol. 5, pp. 1–17). <https://doi.org/10.55248/gengpi.5.1224.3424>
- NOM-003-SEMARNAT-1997, que establece los límites máximos permisibles de contaminantes para las aguas residuales tratadas que se reusen en servicios al público, 21 (1997).
- Ley General para el Control del Tabaco, Diario Oficial de la Federación 1 (2008). <https://www.diputados.gob.mx/LeyesBiblio/pdf/LGCT.pdf>
- Ley Federal Del Trabajo, 236 (2015). https://www.gob.mx/cms/uploads/attachment/file/156203/1044_Ley_Federal_d_el_Trabajo.pdf
- Ley General para la Prevención y Gestión Integral de los Residuos, 1 (2018).
- NOM-054-SEMARNAT-1993, que establece el procedimiento para determinar la incompatibilidad entre dos o más residuos considerados como peligrosos por la Norma Oficial Mexicana NOM-052-ECOL-1993, 1 (2018).
- Ley General de Educación Superior, 1 (2021). https://www.diputados.gob.mx/LeyesBiblio/pdf/LGES_200421.pdf

Ley General de Protección Civil (2023).

Ley del Seguro Social, Artículo reformado DOF 20 (2024).

Ley De Protección Civil Y Gestión Integral De Riesgos Del Estado De Baja California, CCXXIV Periódico Oficial No. 41 40 (2017).

Cuesta-Claros, A., Malekpour, S., Raven, R., & Kestin, T. (2022). Understanding the roles of universities for sustainable development transformations: A framing analysis of university models. *Sustainable Development*, 30(4), 525–538. <https://doi.org/10.1002/sd.2247>

Dell'Olio, L., Bordagaray, M., Barreda, R., & Ibeas, A. (2014). A methodology to promote sustainable mobility in college campuses. *Transportation Research Procedia*, 3, 838–847. <https://doi.org/10.1016/j.trpro.2014.10.061>

Desmarais, S. L., Johnson, K. L., & Singh, J. P. (2017). Performance of Recidivism Risk Assessment Instruments in U.S. Correctional Settings. *Handbook of Recidivism Risk/Needs Assessment Tools*, 1–29. <https://doi.org/10.1002/9781119184256.ch1>

Díaz Gómez, D. A. (2017). Gestión de riesgos en entornos empresariales alineados a la norma ISO 31000. *Repositorio Institucional Universidad Piloto de Colombia*.

Duan, Z., Lu, W., Mustafa, M. F., Du, J., & Wen, Y. (2022). Odorous gas emissions from sewage sludge composting windrows affected by the turning operation and associated health risks. *Science of the Total Environment*, 839(January), 155996. <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2022.155996>

Duggan, S., & Fishwick, T. (2020). Risk assessment and solutions at a waste composting plant - a useful technique for SMEs. *Loss Prevention Bulletin*, 274, 23–27. <http://search.ebscohost.com/login.aspx?direct=true&db=bsu&AN=146004307&site=bsi-live>

Duijm, N. J. (2015). Recommendations on the use and design of risk matrices. *Safety Science*, 76(July 2015), 21–31. <https://doi.org/10.1016/j.ssci.2015.02.014>

Ehiagwina, F. O., Kehinde, O., Ojiemhende Ehiagwina, F., Kehinde, O. O., Sidiq Nafiu, A., Afolabi, L. O., & Olatinwo, I. (2022). Fault Tree Analysis and its Modifications as Tools for Reliability and Risk Analysis of Engineering Systems- An Overview. *International Journal of Research Publication and Reviews*, 3(1),

383–396. <https://www.nrc.gov/docs/ML1216/ML12160A479.pdf>

Estudiosolar Arquitectura e Ingeniería. (2020). *Proyecto Cubiertas Solares Fotovoltaicas en Estacionamientos de la Facultad de Ingeniería del Campus Mexicali*.

Estudiosolar Arquitectura e Ingeniería. (2022). *Proyecto Cubiertas Solares Fotovoltaicas en Estacionamientos de la Facultad de Ingeniería del Campus Mexicali*.

Falakh, F., & Setiani, O. (2018). Hazard Identification and Risk Assessment in Water Treatment Plant considering Environmental Health and Safety Practice. *E3S Web of Conferences*, 31, 1–5. <https://doi.org/10.1051/e3sconf/20183106011>

Genovese, E. (2022). University student perception of sustainability and environmental issues. *AIMS Geosciences*, 8(4), 645–657. <https://doi.org/10.3934/geosci.2022035>

Groulx, M., Nowak, N., Levy, K., & Booth, A. (2021). Community needs and interests in university–community partnerships for sustainable development. *International Journal of Sustainability in Higher Education*, 22(1), 274–290. <https://doi.org/10.1108/IJSHE-03-2020-0086>

Grupo EMESA. (2023). *Planta LAOTSS-PK Universidad Autonoma de Baja California*.

Guerin, T. F. (2017). Evaluating expected and comparing with observed risks on a large-scale solar photovoltaic construction project: A case for reducing the regulatory burden. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 74(February), 333–348. <https://doi.org/10.1016/j.rser.2017.02.040>

Hidalgo-Solórzano, E., Pérez-Núñez, R., Mojarro, F. R., Vera-López, J. D., & Híjar, M. (2020). Accidentes no fatales en población mexicana, prevalencia y factores asociados. Ensanut 2018-19. *Salud Publica de Mexico*, 62(6), 829–839. <https://doi.org/10.21149/11563>

Holder, J., & Lee, M. (2007). Environmental Protection, Law and Policy: Text and Materials. *Cambridge: Cambridge University Press*.

Ibarra, B. A., & Suástegui, J. A. (2023). *Estacionamiento Fotovoltaico UABC Campus 1 2023*.

ICONTEC - Instituto Colombiano de Normas Técnicas y Certificación. (2010). *GTC*

45. Guía para la Identificación de los Peligros y la Valoración de los Riesgos en Seguridad y Social Ocupacional.

ILO - International Labour Organization. (2023). *The Fundamental Conventions on Occupational Safety and Health* (Vol. 1981, Issue 155). www.ilo.org/publns.

INSHT - Instituto Nacional de Seguridad e Higiene en el Trabajo. (2015). Guía técnica para la evaluación y prevención de los riesgos relativos a la utilización de los lugares de trabajo. In *Proceedings of the National Academy of Sciences* (Vol. 3, Issue 1).

ISO 14001:2015 Environmental management systems, (2015). <https://www.iso.org/obp/ui/#iso:std:iso:14001:ed-3:v1:es>

ISO 7243:2017 Ergonomics of the thermal environment, (2017). <https://www.iso.org/standard/67188.html>

ISO 45001:2018 Occupational health and safety management systems, (2018). <https://www.iso.org/obp/ui/#iso:std:iso:45001:ed-1:v1:es>

ISO 7933: Ergonomics of the thermal environment - Analytical determination and interpretation of heat stress using calculation of the predicted heat strain, 2023 (2023).

Kang, L., & Xu, L. (2018). Creating Sustainable Universities: Organizational Pathways of Transformation. *European Journal of Sustainable Development*, 7(4), 339–348. <https://doi.org/10.14207/ejsd.2018.v7n4p339>

Krishna, A., Nandan, K., Pradeep Kumar, S. S., & Srihari, K. S. (2013). Case study of solid waste management at a college campus. *International Journal of Applied Engineering Research*, 8(16 SPEC. ISSUE), 1871–1878.

Lee, J. W., & Kim, Y. II. (2020). Energy saving of a university building using a motion detection sensor and room management system. *Sustainability (Switzerland)*, 12(22), 1–17. <https://doi.org/10.3390/su12229471>

Leñero, M. M., & Solís, G. H. (2012). Clasificación de los Factores de Riesgo. *Universidad Nacional Autónoma De Mexico*.

Li, H., Pálsdóttir, Á., Trill, R., Suomi, R., & Amelina, Y. (2018). Well-Being in the Information Society. *What Happens in Lessons? Risks and Incidents at Schools*, 79–87. <http://www.springer.com/series/7899>

Liang, Q., & Lai, Y. (2024). Considerations for Planning Charging Stations on College

- Campuses: A Focus on Safety and Economy. *Journal of Electronic Research and Application*, 8(5), 58–65. <https://doi.org/10.26689/jera.v8i5.8475>
- Lyon, B., & Popov, G. (2020). The power of what if assessing & understanding risk. *Risk Assessment*, June, 37–43.
- Mannina, G., Alduina, R., Badalucco, L., Barbara, L., Capri, F. C., Cosenza, A., Di Trapani, D., Gallo, G., Laudicina, V. A., Muscarella, S. M., & Presti, D. (2021). Water resource recovery facilities (Wrrfs): The case study of palermo university (Italy). *Water (Switzerland)*, 13(23), 1–19. <https://doi.org/10.3390/w13233413>
- Martín, N., Pérez, M., & Piñero, P. (2021). Análisis cualitativo y cuantitativo de los riesgos en proyectos de software. *Serie Científica de La Universidad de Las Ciencias Informáticas*, 14(4), 96–110. <https://publicaciones.uci.cu/index.php/serie/article/view/790/666>
- Merchán-Sanmartín, B., Carrión-Mero, P., Suárez-Zamora, S., Aguilar-Aguilar, M., Cruz-Cabrera, O., Hidalgo-Calva, K., & Morante-Carballo, F. (2022). Sanitary Sewerage Master Plan for the Sustainable Use of Wastewater on a University Campus. *Water (Switzerland)*, 14(15). <https://doi.org/10.3390/w14152425>
- Mobaraki, A., Mirzaei, R., & Ansari, H. (2017). A Survey of Health, Safety and Environment (HSE) Management and Safety Climate in Construction Sites. *Engineering, Technology & Applied Science Research*, 7(1), 1334–1337. <https://doi.org/10.48084/etasr.904>
- Modes, F., Diagram, E., Diagram, D., Modes, F., Chart, P., Form, P. P., Chart, R., Chart, C., & Diagram, S. (2017). *Failure Modes and Effects Analysis (FMEA) Template*. <http://www.ihl.org/resources/Pages/Tools/Flowchart.aspx>.
- Morales, E., Badilla, A., Rivera, P., Alfaro, E., Symonds, E. M., Barrantes, K., Ruepert, C., Crowe, J., & Chacón, L. (2023). A novel approach to biological risk surveillance in occupational hygiene: A case study on the use of quantitative microbial risk assessment to determine occupational risks for wastewater treatment plants workers in Costa Rica. *Microbial Risk Analysis*, 24(December 2022). <https://doi.org/10.1016/j.mran.2023.100262>
- Ngoma, W., Hoko, Z., Misi, S., & Chidya, R. C. G. (2020). Assessment of efficiency of a decentralized wastewater treatment plant at Mzuzu University, Mzuzu, Malawi. *Physics and Chemistry of the Earth*, 118–119(April), 102903. <https://doi.org/10.1016/j.pce.2020.102903>
- NRDC - Natural Resources Defense Council. (2017). The Paris Agreement on

Climate Change. *Issue Brief*, 2. <chrome-extension://efaidnbnmnibpcajpcglclefindmkaj/https://www.nrdc.org/sites/default/files/paris-agreement-climate-change-2017-ib.pdf>

Oh, M., & Park, H.-D. (2019). Optimization of Solar Panel Orientation Considering Temporal Volatility and Scenario Based Photovoltaic Potential: A Case Study in Seoul National University. *Energies*, 12(3262), 17.

ISO 31000:2018 Risk Management, 2018 Guidelines. ISO 1 (2018).

Pérez-Vidal, A., Escobar-Rivera, J. C., & Torres-Lozada, P. (2018). Evaluación del riesgo en procesos de tratamiento de agua para el desarrollo de un Plan de Seguridad del Agua – PSA. *Dyna*, 85(206), 304–310. <https://doi.org/10.15446/dyna.v85n206.65427>

PNUD - Programa de las Naciones Unidas para el Desarrollo en México. (2018). *Protocolo de análisis de riesgos*. https://www.gob.mx/cms/uploads/attachment/file/398048/ProtocoloAna_lisisRiesgos.pdf

PQRI - Product Quality Research Institute. (2014). Hazard & Operability Analysis (HAZOP). *Risk Management Training Guides*, 1–9.

Rodríguez-Guerreiro, M. J., Torrijos, V., & Soto, M. (2024). A Review of Waste Management in Higher Education Institutions: The Road to Zero Waste and Sustainability. *Environments - MDPI*, 11(12), 1–24. <https://doi.org/10.3390/environments11120293>

Rojas, O., & Martínez, C. (2011). Riesgos naturales: evolución y modelos conceptuales. *Revista Universitaria de Geografía*, 20, 83–116. http://bibliotecadigital.uns.edu.ar/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1852-42652011001100005&lng=es&nrm=iso&tlng=es

Rossi, M., Papetti, A., & Germani, M. (2022). A comparison of different waste collection methods: Environmental impacts and occupational risks. *Journal of Cleaner Production*, 368(June), 133145. <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2022.133145>

Russell, M., & Gruber, M. (1987). Risk Assessment in Environmental Policy-Making. *Science*, 236(4799), 286–290. <http://www.jstor.org/stable/1698638>

Sadeghi, S., Nikaeen, M., Mohammadi, F., Hossein Nafez, A., Gholipour, S., Shamsizadeh, Z., & Hadi, M. (2022). Microbial characteristics of municipal solid

waste compost: Occupational and public health risks from surface applied compost. *Waste Management*, 144(February), 98–105.
<https://doi.org/10.1016/j.wasman.2022.03.012>

Salgado, O. I. (2016). *Identificación de peligros y evaluación de riesgos en el centro de acopio de residuos del consorcio CCC Ituango, en Ituango - Antioquia*.

NOM-002-STPS-2010, Condiciones de seguridad-Prevención y protección contra incendios en los centros de trabajo, Diario Oficial de la Federación 54 (2010).
<http://www.canaero.org.mx/canaero/images/Biblioteca/categorias/REF-015 ANEXO DOF 30dic08.pdf>

NOM-009-STPS-2011, Condiciones de seguridad para realizar trabajos en altura, 1 (2011).

NOM-005-STPS-1998, Relativa a las condiciones de seguridad e higiene en los centros de trabajo para el manejo, transporte y almacenamiento de sustancias químicas peligrosas, 11 (1998).
<http://www.stps.gob.mx/bp/secciones/dgsst/normatividad/normas/Nom-005.pdf>

NOM-004-STPS-1999, Maquinaria y equipo que se utilice en los centros de trabajo. Sistemas de protección y dispositivos de seguridad, 1 (1999).

NOM-015-STPS-2001, Condiciones térmicas elevadas o abatidas Condiciones de seguridad e higiene, Diario Oficial de la federación 11 (2001).
<http://www.stps.gob.mx/bp/secciones/dgsst/normatividad/normas/Nom-017.pdf>

NOM-001-STPS-2008, Edificios, locales, instalaciones y áreas en los centros de trabajo Condiciones de seguridad, 1 (2008).
<http://asinom.stps.gob.mx:8145/upload/noms/Nom-026.pdf>

NOM-017-STPS-2008, Equipo de protección personal-Selección, uso y manejo en los centros de trabajo, 1 (2008).

NOM-011-STPS-2001, Condiciones de seguridad e higiene en los centros de trabajo donde se genere ruido, (2011).
https://www.dof.gob.mx/nota_detalle.php?codigo=734536&fecha=17/04/2002#gsc.tab=0

NOM-029-STPS-2011, Mantenimiento de las instalaciones eléctricas en los centros de trabajo-Condiciones de seguridad, 1 (2011).

NOM-010-STPS-2014, Agentes químicos contaminantes del ambiente laboral -

- Reconocimiento, evaluación y control, (2014). [https://www.gob.mx/cms/uploads/attachment/file/680155/NOM-010-STPS-2014.pdf%0Ahttp://siaat.stps.gob.mx/Reglamento Federal de SST.pdf](https://www.gob.mx/cms/uploads/attachment/file/680155/NOM-010-STPS-2014.pdf%0Ahttp://siaat.stps.gob.mx/Reglamento%20Federal%20de%20SST.pdf)
- NOM-036-1-STPS-2018, Factores de riesgo ergonómico en el Trabajo- Identificación, análisis, prevención y control. Parte 1: Manejo manual de cargas, 1 (2018).
- NOM-002-SEMARNAT-1996, que establece los límites máximos permisibles de contaminantes en las descargas de aguas residuales a los sistemas de alcantarillado urbano o municipal, 6 Diario Oficial de la Federación 1 (1996). <https://www.profepa.gob.mx/innovaportal/file/3295/1/nom-002-semarnat-1996.pdf>
- NOM-052-SEMARNAT-2005, Que establece las características, el procedimiento de identificación, clasificación y los listados de los residuos peligrosos, 1 (2005).
- NOM-161-SEMARNAT-2011, que establece los criterios para clasificar a los Residuos de Manejo Especial y determinar cuáles están sujetos a Plan de Manejo; el listado de los mismos, el procedimiento para la inclusión o exclusión a dicho listado; así como los, 12 Diario Oficial de la Federación 12 (2011). <http://www2.inecc.gob.mx/publicaciones/libros/402/cuencas.html>
- Servicio Geológico Mexicano. (2020). Peligros y riesgos por fenómenos naturales. *Servicio Geológico Mexicano*. <https://www.gob.mx/cms/uploads/attachment/file/157799/Peligros-y-Riesgos.pdf>
- Solís, A. M., & Robles, H. A. (2018). Análisis de riesgo de la PTAR de Sombrerete, Zacatecas. Mediante el método HAZOP. *Revista Latinoamericana El Ambiente y Las Ciencias*, 9(21), 1594–1619.
- Sreenath, S., Sudhakar, K., & Yusop, A. F. (2020). Solar photovoltaics in airport: Risk assessment and mitigation strategies. *Environmental Impact Assessment Review*, 84(May), 106418. <https://doi.org/10.1016/j.eiar.2020.106418>
- Tocabens, B. E. (2011). Definiciones acerca del riesgo y sus implicaciones. *Revista Cubana de Higiene y Epidemiología*, 49(3), 470–481.
- Torrecilhas, A. R., Vedovatte, R. M., Santos, K. T. dos, Caviglione, G. T., Chiavelli, H. G. R., & Kanashiro, R. O. (2022). Improvement of the Preliminary Risk Analysis (PRA) integrated to the Ishikawa Diagram for risk prevention in civil construction. *Conjecturas*, 22(2), 787–797. <https://doi.org/10.53660/conj-750->

- Torrence, C. E., Libby, C. S., Nie, W., & Stein, J. S. (2023). Environmental and health risks of perovskite solar modules: Case for better test standards and risk mitigation solutions. *IScience*, 26(1), 105807. <https://doi.org/10.1016/j.isci.2022.105807>
- Trávníček, P., Junga, P., Kotek, L., & Vítěz, T. (2022). Analysis of accidents at municipal wastewater treatment plants in Europe. *Journal of Loss Prevention in the Process Industries*, 74(April 2021). <https://doi.org/10.1016/j.jlp.2021.104634>
- UN - United Nations. (1987). Report of the World Commission on Environment and Development: Our Common Future. In *Oxford University Press*. <https://sustainabledevelopment.un.org/content/documents/5987our-common-future.pdf>
- UN - United Nations. (2014). *Sustainability*. <https://www.un.org/en/academic-impact/sustainability>
- UN - United Nations. (2018). La Agenda 2030 y los Objetivos de Desarrollo Sostenible Una oportunidad para América Latina y el Caribe Gracias por su interés en esta publicación de la CEPAL. In *Publicación de las Naciones Unidas*. https://repositorio.cepal.org/bitstream/handle/11362/40155/24/S1801141_es.pdf
- UNESCO - Organización de las Naciones Unidas para la Educación la Ciencia y la Cultura. (2017). Educación para los Objetivos de Desarrollo Sostenible: Objetivos de Aprendizaje. In *Isbn 978-92-3-300070-4*. <https://unesdoc.unesco.org/ark:/48223/pf0000252423?posInSet=1&queryId=9352a53f-c965-49dd-9bc8-8e677bf4a20e>
- Universidad Autónoma de Baja California Campus Mexicali. (2014). *Iniciativas Ambientales*. <http://negro.iing.mx/uabc.mx/~pau/facultades-participantes/>
- Vallinkoski, K. K., & Koirikivi, P. M. (2020). Enhancing Finnish basic education schools' safety culture through comprehensive safety and security management. *Nordic Journal of Studies in Educational Policy*, 6(2), 103–115. <https://doi.org/10.1080/20020317.2020.1720069>
- Van Der Waal, D., & Versluis, V. (2017). Introduction to Risk Management: Main Principles of the Risk Management Process. *Erasmus*, 61. <https://ec.europa.eu/programmes/erasmus-plus/project-result-content/cb343a20-d186-46e7-952e->

- Vázquez, M. A., Plana, R., Pérez, C., & Soto, M. (2020). Development of technologies for local composting of food waste from universities. *International Journal of Environmental Research and Public Health*, 17(9). <https://doi.org/10.3390/ijerph17093153>
- Venables, K., & Allender, S. (2006). Occupational health needs of universities: a review with an emphasis on the United Kingdom. *Occupational and Environmental Medicine*. <https://doi.org/10.1136/oem.2005.022145>
- Yasemin, A., Doğan, M., & Bayramlı, E. (2014). The effect of red phosphorus on the fire properties of intumescent pine wood flour – LDPE composites Yasemin. *Finnish-Swedish Flame Days 2009*, 4B. <https://doi.org/10.1002/fam>
- Zamora Cusme, Y., Montesdeoca Calderón, M., Negrin Sosa, E., & Párraga Álava, J. (2016). Riesgos laborales trabajadores centro de acopio almidón de yuca sitio tarugo. *ECA Sinergia*, 7(2), 102. https://doi.org/10.33936/eca_sinergia.v7i2.394