

**FORMULACIÓN DE UN PLAN DE GESTIÓN DEL RIESGO Y DEL DESASTRE PDGRD
PARA EL CENTRO DE PROCESOS E INNOVACIÓN PARA LA INDUSTRIA SOSTENIBLE
CEPIIS MEDIANTE ANÁLISIS DE CONSECUENCIA**

KIMBERLLY TATIANA ASCENCIO BLANCO

**PROYECTO INTEGRAL DE GRADO PARA OPTAR POR EL TÍTULO DE:
INGENIERO AMBIENTAL**

ASESORES:

DIRECTOR:

**YOVANNY MORALES HERNÁNDEZ
INGENIERO QUÍMICO**

CO DIRECTOR:

**JUAN CAMILO CELY GARZÓN
INGENIERO QUÍMICO**

**FUNDACIÓN UNIVERSIDAD DE AMÉRICA
FACULTAD DE INGENIERIAS
PROGRAMA DE INGENIERÍA AMBIENTAL
BOGOTÁ D.C**

2024

NOTA DE ACEPTACIÓN

Nombre

Firma del Director

Nombre

Firma del presidente del Jurado

Nombre

Firma del Jurado

Nombre

Firma del Jurado

Bogotá D.C., enero de 2024

DIRECTIVOS DE LA UNIVERSIDAD

Presidente de la Universidad y Rector del Claustro

Dr. Mario Posada García-Peña

Consejero Institucional

Dr. Luis Jaime Posada Garcia-Peña

Vicerrectora Académica

Dra. María Fernanda Vega de Mendoza

Vicerrectora de Investigaciones y Extensión

Dra. Susan Margarita Benavides Trujillo

Vicerrector Administrativo y Financiero

(Dr.) Ricardo Alfonso Peñaranda Castro

Secretario General

Dr. José Luis Macías Rodríguez

Decano de la Facultad de Ingenierías

Dra. Naliny Patricia Guerra Prieto

Directora del Programa de Ingeniería Ambiental e Ingeniería Química

Dra. Nubia Liliana Becerra Ospina

Las directivas de la Universidad de América , los jurados calificadores y el cuerpo docente no son responsables por los criterios e ideas expuestas en el presente documento. Estos corresponden únicamente a los autores.

TABLA DE CONTENIDO

	Pág.
RESUMEN	16
1. .INTRODUCCIÓN	17
1.1. Generalidades	17
1.2. Marco Normativo	18
1.3. Objetivos	23
1.3.1. <i>Objetivo general</i>	23
1.3.2. <i>Objetivos específicos</i>	23
2. CONOCIMIENTO DEL RIESGO	24
2.1. Cobertura Geográfica	24
2.2. Análisis del riesgo	27
2.2.1. <i>Metodologías</i>	28
2.2.2. <i>Contexto Externo del Proyecto</i>	31
2.2.3. <i>Contexto Interno Del Proyecto</i>	36
2.3. Valoración del riesgo	42
2.3.2. <i>Elementos Expuestos</i>	49
2.3.3. <i>Escenarios de Riesgo</i>	51
3. ANÁLISIS CUANTITATIVO Y CUALITATIVO DE AMENAZAS	56
3.1. Eventos Naturales	56
3.1.1. <i>Sismo</i>	56
3.1.2. <i>Inundación</i>	61
3.1.3. <i>Avenidas Torrenciales</i>	66
3.1.4. <i>Movimientos en Masa</i>	71

3.1.5. <i>Tormenta Eléctrica</i>	75
3.1.6. <i>Erosión</i>	81
3.1.7. <i>Incendios Forestales</i>	83
3.1.8. <i>Pérdida de verticalidad de árbol</i>	89
3.2. Amenazas Industriales y Operativas	94
3.2.1. <i>Ruptura Catastrófica</i>	96
3.2.2. <i>CEPURE (Centro de Purificación y Refinación de Productos)</i>	97
3.2.3. <i>Ruptura Catastrófica</i>	99
3.2.4. <i>Chorro de fuego – JetFire (Explosión asociada)</i>	103
3.2.5. <i>Planta de Absorción</i>	105
3.2.6. <i>Ruptura Catastrófica (Nube de Dispersión)</i>	106
3.2.7. <i>Vaporización del Charco o piscina (Derrame)</i>	109
3.2.8. <i>Piscina de Fuego</i>	113
3.2.9. <i>CESI (Centro de servicios Industriales)</i>	117
3.2.10. <i>Ruptura Catastrófica</i>	118
3.2.11. <i>Fuga</i>	129
3.2.12. <i>CETA (Centro de Transformación y Adecuación)</i>	135
3.2.13. <i>Fuga</i>	136
3.2.14. <i>BIOCAL (Centro de Calidad y Procesos Biológicos)</i>	149
3.2.15. <i>CUBO</i>	153
3.3. Calificación de amenaza	164
3.4. Identificación de Elementos Vulnerables	165
3.4.1. <i>Obtención de la vulnerabilidad a partir de la fragilidad y la exposición</i>	167
3.4.2. <i>Evaluación del riesgo</i>	179

3.4.3.	<i>Análisis y evaluación del riesgo Individual</i>	182
3.4.4.	<i>Análisis y evaluación del riesgo Ambiental</i>	183
3.4.5.	<i>Análisis de riesgo Social y Socioeconómico</i>	184
4.	MONITOREO DEL RIESGO	186
4.1.	Auditorias	186
4.2.	Objetivos de la auditoría	186
4.3.	Análisis de reserva	187
4.4.	Reevaluación de Riesgos	187
4.5.	Reuniones	187
4.5.1.	<i>Protocolo o Procedimiento de Notificación</i>	187
4.5.2.	<i>Selección de indicadores objeto de la Valoración de Riesgo</i>	188
4.5.3.	<i>Reducción del Riesgo</i>	188
4.5.4.	<i>Intervención Correctiva</i>	188
4.5.5.	<i>Intervención Prospectiva</i>	195
4.5.6.	<i>Protección Financiera</i>	196
5.	MANEJO DE LA CONTINGENCIA	197
5.1.	Mecanismo Estratégico	198
5.1.1.	<i>Objetivo</i>	198
5.1.2.	<i>Mecanismo Operativo</i>	199
5.1.3.	Mecanismo Informativo	199
5.1.4.	<i>Plan Estratégico</i>	200
5.1.5.	<i>Definición de niveles de emergencia</i>	201
5.1.6.	<i>Estructura Organizacional</i>	202
5.1.7.	<i>Conformación del Grupo de Respuesta</i>	208

<i>5.1.8. Acciones preventivas que minimizarán los Riesgos</i>	211
<i>5.1.9. Plan Operativo</i>	213
<i>5.1.10. Plan de Acción</i>	216
<i>5.1.11. Plan Informativo</i>	228
6. CONCLUSIONES	231
REFERENCIAS	233
GLOSARIO	237
ANEXOS	242

LISTA DE FIGURAS

	Pág.
Figura 1. Marco Normativo	18
Figura 2. Localización CEPIIS Universidad de América	25
Figura 3. Equipos Y Procesos CEPIIS	26
Figura 4. Estructura para análisis de riesgo	28
Figura 5. Metodología de análisis de riesgos	30
Figura 6. Estructura para análisis de riesgo	31
Figura 7. Identificación De Escenarios De Riesgo Bogotá DC	33
Figura 8. Eventos Registrados UNGRD 2000-2022	35
Figura 9. Esquema de proceso de Gestión del riesgo	38
Figura 10. Proceso de gestión del Riesgo	39
Figura 11. Mapa de Plan de Acción	41
Figura 12. Equipo Organizacional Universidad de América	42
Figura 13. Eventos Amenazantes Del Proyecto	48
Figura 14. Elementos Y Aspectos Expuestos A Evaluar	50
Figura 15. Criterios Y Elementos Expuestos	51
Figura 16. Escenarios De Riesgos Presentes En CEPIIS	51
Figura 17. Mapa de Amenaza Sísmica asociada al Servicio Geológico Colombiano	56
Figura 18. Amenaza por Inundación área de Influencia Centro de Procesos e Innovación para la Industria Sostenible CEPIIS.	64
Figura 19. Amenaza por Inundación CEPIIS	65
Figura 20. Amenaza por Avenidas Torrenciales CEPIIS	71
Figura 21. Amenaza por Movimiento en Masa área de Influencia Centro de Procesos e Innovación para la Industria Sostenible CEPIIS	74

Figura 22. Amenaza por Movimiento en Masa	75
Figura 23. Niveles Cerámicos	75
Figura 24. Amenaza por Densidad de descargas a tierra / tormenta eléctrica CEPIIS	80
Figura 25. Amenaza por erosión	83
Figura 26. Incendios ocurridos por departamento	83
Figura 27. Amenaza por incendios CEPIIS	88
Figura 28. Amenaza por incendios Final CEPIIS	89
Figura 29. Arbolado circundante CEPIIS	91
Figura 30. Cobertura Geográfica	96
Figura 31. Riesgos Asociados A La Columna De Destilación	98
Figura 32. Huella Máxima de la Nube	101
Figura 33. Análisis de consecuencia Ruptura Catastrófica Planta de Destilación CEPURE	102
Figura 34. Amenaza por ruptura Catastrófica CEPURE	103
Figura 35. Amenaza por Nube de Dispersión- Ruptura Catastrófica CEPURE	105
Figura 36. Riesgos Asociados A La Planta De Absorción	106
Figura 37. Huella Máxima de la Nube Planta de Absorción CEPIIS	107
Figura 38. Área Máxima de la Nube Planta de Absorción CEPURE	108
Figura 39. Amenaza por Nube de Dispersión- Ruptura Catastrófica	109
Figura 40. Radio del derrame en relación al tiempo Planta de Absorción CEPIIS	110
Figura 41. Profundidad derrame en relación al tiempo Planta de Absorción CEPIIS	111
Figura 42. Radios de intensidad para Piscina de Fuego (Charco de Fuego)	112
Figura 43. Amenaza por Derrame CEPIIS	113
Figura 44. Piscina de Fuego Planta de Absorción CEPIIS	115
Figura 45. Piscina de Fuego Planta de Absorción CEPIIS	116

Figura 46. Amenaza por Piscina de Fuego CEPIIS	117
Figura 47. Huella Máxima de la Nube Planta Térmica CEPIIS- CESI	118
Figura 48. Área Máxima de la Nube Planta de Absorción CEPURE	122
Figura 49. Amenaza por Nube de Dispersión- Ruptura Catastrófica	123
Figura 50. Amenaza por radio de explosión- Ruptura Catastrófica	125
Figura 51. Amenaza por radio de explosión- CEPIIS- CESI	126
Figura 52. Amenaza por explosión- CEPIIS- CESI	127
Figura 53. Análisis De Consecuencias De Explosión Por Distancia	128
Figura 54. Radio de Intensidad de Bola de fuego- CEPIIS- CESI	130
Figura 55. Radio de Intensidad de Bola de fuego- CEPIIS- CESI	131
Figura 56. Amenaza por Bola de fuego- CEPIIS- CESI	132
Figura 57. Amenaza por Derrame – Charco de fuego- CEPIIS- CESI	133
Figura 58. Amenaza por Derrame – Piscina de fuego- CEPIIS- CESI	134
Figura 59. Amenaza por Derrame CESI	135
Figura 60. Radio peor caso de explosión Banco de reactores	136
Figura 61. Radio explosión Banco de reactores - CETA	141
Figura 62. Amenaza por Explosión Banco de Reactores - CETA	142
Figura 63. Radio huella Máxima Banco de reactores	143
Figura 64. Radio huella Máxima Banco de reactores CETA	144
Figura 65. Amenaza por Huella máxima de dispersión Banco de reactores CETA	145
Figura 66. Radio de exposición Bola de Fuego/FireBall Banco de reactores CETA	147
Figura 67. Localización espacial de Bola de Fuego/FireBall	148
Figura 68. Amenaza por Bola de Fuego CETA	149
Figura 69. Riesgos Asociados Al Biorreactor	150

Figura 70. Radio de exposición nube de exposición BIOCAL	151
Figura 71. Radio de exposición nube de exposición Espacial BIOCAL	152
Figura 72. Amenaza por exposición de nube de dispersión BIOCAL	153
Figura 73. Nube de Dispersión CUBO	157
Figura 74. Espacialización de la Nube de Dispersión CUBO	159
Figura 75. Espacialización de la letalidad de la nube	161
Figura 76. Probabilidad de muerte tóxica en función de la distancia	162
Figura 77. Letalidad tóxica espacial CUBO	163
Figura 78. Amenaza por Letalidad Tóxica	164
Figura 79. Distribución Porcentual de Fragilidad Individual	169
Figura 80. Distribución Porcentual de Fragilidad Social	172
Figura 81. Distribución Porcentual de Fragilidad Socioeconómico	173
Figura 82. Distribución Porcentual de Fragilidad Ambiental	173
Figura 83. Distribución Porcentual de Exposición Individual	174
Figura 84. Distribución Porcentual de Exposición Social	176
Figura 85. Distribución Porcentual de Exposición Socioeconómica	177
Figura 86. Distribución Porcentual de Exposición Ambiental	178
Figura 87. Riesgo Individual	183
Figura 88. Riesgo Ambiental	184
Figura 89. Riesgo Social y Socioeconómico	185
Figura 90. Monitoreo del Riesgo	186
Figura 91. Proceso del Plan Estratégico Y Operativo	197
Figura 92. Cobertura Geográfica	201
Figura 93. Estructura Organizacional	209

Figura 94. Procedimiento general de respuesta	214
Figura 95. Estructura de comunicación de emergencias	229
Figura 96. Entidades De Apoyo Para Atender Contingencias	230

LISTA DE TABLAS

	Pág.
Tabla 1. Criterios De Probabilidad De Amenazas	44
Tabla 2. Criterios De Calificación De Amenazas	44
Tabla 3. Escalas Establecidas Para Los Criterios Y/O Consecuencias	46
Tabla 4. Niveles De Riesgo, Aceptabilidad Y Niveles De Planeación	47
Tabla 5. Valores De Amenaza Sísmica En La Zona	58
Tabla 6. Rangos De Aceleración Horizontal Máxima Del Terreno En Roca (Pga)	58
Tabla 7. Amenaza Sísmica De La Zona	59
Tabla 8. Escenario De Riesgos Asociado A La Infraestructura	61
Tabla 9. Rangos De Precipitación	63
Tabla 10. Amenaza Por Inundación CEPIIS	63
Tabla 11. Rango De Valoración Para Avenidas Torrenciales	67
Tabla 12. Calificación De Valoración Para Avenidas Torrenciales	69
Tabla 13. Intervalos De Amenaza Por Avenidas Torrenciales CEPIIS	70
Tabla 14. Rango De Valoración De Movimiento En Masa	72
Tabla 15. Descripción De Análisis De Intervalos Por Movimiento En Masa	72
Tabla 16. Amenaza Por Movimiento En Masa	74
Tabla 17. Probabilidad De Amenaza De Tormenta Eléctrica Con Relación A Niveles Cerámicos	78
Tabla 18. Calificación De Amenaza De Tormenta Eléctrica Con Relación A Niveles Cerámicos	78
Tabla 19. Intervalos De Calificación Por Erosión	81
Tabla 20. Calificación Por Erosión CEPIIS	82
Tabla 21. Coberturas De Tierra Presentes En CEPIIS	86
Tabla 22. Coberturas CEPIIS Amenaza Por Incendios	87

Tabla 23. Amenaza Por Incendios Cepiis	87
Tabla 24. Especies Arbóreas Presentes en CEPIIS	90
Tabla 25. Análisis Fitosanitario Y De Estado Arbolado Cepiis	92
Tabla 26. Análisis De Consecuencia CEPIIS	95
Tabla 27. Exposición Crónica	160
Tabla 28. Calificación De Probabilidad De Ocurrencia De Amenazas	165
Tabla 29. Componentes Vulnerables	165
Tabla 30. Vulnerabilidad Calculada Por Amenaza Natural, Industria Y Operativa Por Centro De Operación	167
Tabla 31. Calificación Nivel Del Riesgo	179
Tabla 32. Distribución Porcentual Riesgos	182
Tabla 33. Descripción De Los Rangos De Aceptabilidad Para El Proyecto	205
Tabla 34. Recurso Mínimo Para Atención De Desastres	206
Tabla 35 Procedimiento De Notificación	214
Tabla 36. Procedimiento De Notificación	217

RESUMEN

En el presente documento se realizó de manera detallada con la finalidad de elaborar un Plan de Gestión de Riesgo para el Centro de Procesos e Innovación para la Industria Sostenible (CEPIIS) mediante análisis de consecuencias. El plan, se dividió en varios apartados, abordando la identificación de la amenaza desde diferentes métodos cuantitativos, semi cuantitativos y cualitativos permitiendo identificar los grados de especialización de la amenaza sobre los diversos elementos expuestos circundantes al Centro de Procesos e Innovación para la Industria Sostenible CEPIIS, debido a esto, se logró reconocer la magnitud de las amenazas y sus consecuencias con la finalidad de proponer medidas de prevención y mitigación enmarcadas bajo lo establecido en el Decreto 2157 de 2017, con la finalidad de propender su manejo y minimización a los elementos expuestos identificados.

En un inicio, se llevó a cabo un análisis matricial que permitió calificar las amenazas en función con la consecuencia, lo anterior se realizó de acuerdo con la metodología para análisis de riesgos de Ecopetrol 2016, la cual fue estructurada considerando la consecuencia y la magnitud de la misma, seguido a ello, se realizó un cruce cartográfico mediante el uso del software Qgis, para lograr evidenciar la espacialización de la consecuencia desde su epicentro de generación, lo anterior se realizó siguiendo diversos parámetros climatológicos cuya información fue tomada de diversas fuentes estatales, gubernamentales, ambientales, públicas y privadas, con una temporalidad no mayor a diez años.

Finalmente, se seleccionaron los eventos que generaron mayor calificación en consideración con la consecuencia de los mismos, los cuales fueron cruzados matricial y cartográficamente para lograr determinar su aceptabilidad y proceder con las medidas de manejo de la contingencia, por lo tanto, se lograron llevar a cabo medidas de índole correctivas y prospectivas que lograrían mitigar el riesgo, en las cuales se contemplan manejo de recursos, planes de acción entre otros.

Es entonces que se contemplan diversos mecanismos de entrenamiento y capacitación al personal que se desee vincular al Centro de procesos e Innovación para la Industria Sostenible o aquel que se encuentre haciendo sus actividades actualmente junto con procesos de auditoria en el marco de la mejora continua y cumpliendo con los estándares propuestos en el Sistema de gestión Interno de la Fundación Universidad de América.

Palabras Clave

Riesgo, manejo de la contingencia, vulnerabilidad, fragilidad, exposición, reducción del riesgo, evaluación del riesgo

1. .INTRODUCCIÓN

En este apartado, se detallan las estrategias y medidas destinadas a ser implementadas durante la ejecución de las diversas actividades de construcción y operación del proyecto del Centro de Procesos e Innovación para la Industria Sostenible (CEPIIS). Estas medidas están diseñadas para disminuir las condiciones de riesgo y minimizar las posibles afectaciones. En concordancia con la Ley 1523 de 2012, se especifica que todas las entidades, tanto públicas como privadas, encargadas de servicios públicos y que lleven a cabo obras civiles mayores o desarrollen actividades industriales con potencial riesgo de desastre deben adoptar dichas estrategias. Esto incluye aquellas entidades que sean específicamente determinadas por la Unidad Nacional para la Gestión del Riesgo de Desastres.

El plan de contingencias se ha desarrollado en el marco del inicio de operaciones del CEPIIS, ubicado en el departamento de Cundinamarca. A través de estudios específicos, se realizará una categorización de los riesgos. Esta clasificación servirá como base para la definición de acciones de prevención, control y respuesta que se implementarán para reducir la probabilidad de ocurrencia de los riesgos y mitigar los efectos de posibles eventos.

El objetivo primordial de este plan es asegurar un manejo oportuno y eficiente de todos los recursos técnicos, humanos y económicos disponibles en la organización. Esto se llevará a cabo para hacer frente a situaciones de emergencia que puedan surgir durante las actividades de construcción y, posteriormente, durante las operaciones preliminares del Centro de Procesos e Innovación para el Desarrollo Sostenible (CEPIIS).

1.1. Generalidades

El Análisis de Riesgos y Plan de Contingencia delineado en este capítulo responde a las exigencias establecidas en el Decreto 2157 de 2017, el cual denota que las directrices generales para la elaboración del plan de gestión del riesgo de desastres de entidades públicas y privadas en cumplimiento del artículo 42 de la Ley 1523 de 2012, emitido por el Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible (MADS).

Este documento detalla las diversas actividades que se llevarán a cabo durante el proceso de operación del Centro de Procesos e Innovación para la Industria Sostenible (CEPIIS). La estructura de este plan se ajusta a las pautas generales para la elaboración de planes de gestión del riesgo y del desastre de entidades, según lo establecido en el artículo 42 de la Ley 1523 de 2012.

1.2. Marco Normativo

A continuación, en la Figura 1, se presenta el marco normativo y jurídico tomado en cuenta para la elaboración del Plan de Emergencias y Contingencia.

Figura 1.

Marco Normativo

MARCO LEGAL Y NORMATIVO	
Norma	Aportes
Constitución Política de Colombia	<p>El marco normativo general de la jurisprudencia colombiana se establece a través de los Artículos 79 y 80, la protección ambiental en el país. En el Artículo 79, se consagra el derecho de todas las personas a disfrutar de un ambiente sano, asegurando la participación de la comunidad en decisiones que puedan afectarlo, el Estado asume la responsabilidad de preservar la diversidad e integridad del ambiente, así como de conservar áreas de especial importancia ecológica, promoviendo la educación en pro de estos objetivos.</p> <p>Por otro lado, el Artículo 80 establece que el Estado llevará a cabo la planificación del manejo y aprovechamiento de los recursos naturales, con el fin de garantizar su desarrollo sostenible, conservación, restauración o sustitución. Asimismo, se enfoca en prevenir y controlar factores de deterioro ambiental, imponer sanciones legales y exigir la reparación de daños causados, además de colaborar con otras naciones para la protección de los ecosistemas en las zonas fronterizas.</p>
Ley 1575 de 2012	Ley General de Bomberos de Colombia
Ley 1523 de 2012	Por la cual se adopta la Política Nacional De Gestión del Riesgo de Desastres y se establece el Sistema Nacional de Gestión del Riesgo de Desastres y se dictan otras disposiciones.
Ley 46 de 1988	Por la cual se crea el “Sistema Nacional para la Prevención y Atención de Desastres (SNPAD)”.

<p>Decreto 283 de 1990</p>	<p>El Artículo 20 establece requisitos específicos para la contención segura de tanques que almacenan productos de petróleo. Según esta disposición, es obligatorio rodear todo tanque o conjunto de tanques con un muro de retención impermeabilizado. Este muro debe construirse utilizando materiales como concreto, tierra apisonada impermeabilizada u otros materiales apropiados. Se establece una altura mínima de sesenta (60) cm. y una altura máxima de dos (2) metros para dicho muro. Además, se permite la protección de estos muros mediante la colocación de grama o pastos de crecimiento limitado, proporcionando así una medida adicional para garantizar la seguridad y la integridad ambiental en el almacenamiento de productos de petróleo.</p> <p>El Artículo 21 establece criterios fundamentales para la capacidad de los recintos que albergan tanques de almacenamiento. Si el recinto tiene un solo tanque, su capacidad neta debe ser al menos igual a la capacidad del tanque, considerando que, en caso de un derrame máximo, el nivel de líquido en el tanque coincidirá con la altura del muro de retención. Para recintos con dos o más tanques, la capacidad neta debe ser al menos igual a la del tanque de mayor capacidad dentro del recinto, más el diez por ciento (10%) de la capacidad de los otros tanques. Los Artículos 22 y 23 detallan la necesidad de cunetas, sumideros y bases sólidas para asegurar el drenaje efectivo y la estabilidad de los tanques. En cuanto al Artículo 24, se prohíbe el uso permanente de mangueras flexibles en los recintos, limitándolo a operaciones esporádicas de corta duración, y se requiere que las motobombas de trasiego estén ubicadas fuera de los recintos.</p> <p>Finalmente, el Artículo 25 establece la especificación de que todas las tuberías y accesorios, tanto dentro como fuera de los recintos, deben ser de acero-carbón, y aquellas instaladas en el interior deben estar diseñadas para resistir altas temperaturas. Estos artículos colectivamente proporcionan directrices integrales para la seguridad y el manejo eficiente de tanques de almacenamiento en diversos contextos.</p>
----------------------------	---

MARCO LEGAL Y NORMATIVO	
Norma	Aportes
Decreto Legislativo 919 de mayo 1 de 1989	Mediante este documento, la Presidencia de la República ha establecido la estructura del Sistema Nacional para la Prevención y Atención de Desastres (SNPAD). En el marco de este sistema, se requiere que tanto entidades públicas como privadas, involucradas en la ejecución de obras o actividades consideradas peligrosas o de alto riesgo, formulen planes, programas, proyectos y acciones específicas. El objetivo principal de estas iniciativas es salvaguardar a la población de posibles amenazas a la seguridad derivadas de la eventual ocurrencia de fenómenos naturales o de origen humano.
Decreto 2811 de 1974	El Código Nacional de Recursos Naturales en su Título VIII, Artículo 31 establece que “En accidentes que causen deterioro ambiental o hechos ambientales que constituyen peligro”.
Decreto ley 4147 de 2011	Por el cual se crea la Unidad Nacional para la Gestión del Riesgo de Desastres, se establece su objeto y estructura.
Decreto 2893 de 2011	“Modificó los objetivos, la estructura orgánica y las funciones del Ministerio del Interior, separando del mismo las relativas a la gestión del riesgo de desastres y las relacionadas con la dirección y coordinación del Sistema Nacional para la Prevención y Atención de Desastres”.
Decreto 926 de 2010	Por el cual se establecen los requisitos de carácter técnico y científico para construcciones sismo resistentes NSR-10.
Decreto 321 de 1999	Por el cual se adopta el Plan Nacional de Contingencias (PNC) Contra Derrames de Hidrocarburos, Derivados y Sustancias Nocivas en aguas Marinas, Fluviales y Lacustres.
Decreto 93 del 13 de enero de 1998.	Por medio del cual el Gobierno Nacional adopta el Plan Nacional para la Prevención y Atención de Desastres, cuyos objetivos son reducción de riesgos y prevención de desastres, la respuesta efectiva en caso de desastres y, la rápida recuperación de las zonas afectadas

MARCO LEGAL Y NORMATIVO	
Norma	Aportes
Decreto 2323 de 2006	El propósito de este documento es estructurar la red nacional de laboratorios y regular su administración, con el objetivo de asegurar su óptimo desempeño y operación en las áreas clave del laboratorio, como la vigilancia en salud pública, la gestión de la calidad, la provisión de servicios y la investigación.
Decreto 2157 de 2017	Por medio del cual se adoptan directrices generales para la elaboración del plan de gestión del riesgo de desastres de las entidades públicas y privadas en el marco del artículo 42 de la ley 1523 de 2012.
Decreto 1076 de 2015	Por medio del cual se expide el Decreto Único Reglamentario del Sector Ambiente y Desarrollo Sostenible.
Decreto 1072 de 2015	Por medio del cual se expide el Decreto Único Reglamentario del Sector Trabajo (Artículo 2.2.4.6.25. Prevención, preparación y respuesta ante emergencias).
Decreto 321 de 1999	Por medio del cual se adopta el Plan Nacional de Contingencias contra derrames de hidrocarburos, derivados y sustancias nocivas.
Resolución 1767 de 2016 del MADS	Por el cual se adopta el formato único para el reporte de las contingencias y se adoptan otras determinaciones.
Resolución 256 de 2014 de la DNB	Por medio de la cual se reglamenta la conformación, capacitación y entrenamiento para las Brigadas Contra incendios de los sectores energéticos, industrial, petrolero, minero, laboratorios, portuario, comercial y similar en Colombia, derogando las disposiciones que le sean contrarias en especial la Resolución 044 de 2014.
Resolución 1229 de 2019	Define a la Red de Laboratorios, como un capital fundamental para el funcionamiento del modelo de inspección, vigilancia y control sanitario como apoyo para el diagnóstico de efectos y análisis de calidad de productos y servicios, en la evaluación de los riesgos sanitarios

MARCO LEGAL Y NORMATIVO	
Norma	Aportes
Resolución 1619 de 2015	Tiene por objeto establecer el Sistema de Gestión de la Red Nacional de Laboratorios en los ejes estratégicos de Vigilancia en Salud Pública y Gestión de Calidad, que deben tener en cuenta para su funcionamiento los integrantes de dicha Red.
Resolución 1209 de 2018	Por el cual se adoptan los Términos de Referencia únicos para la elaboración de Planes de Contingencia para el transporte y manejo de hidrocarburos, derivados o sustancias nocivas y tóxicas de que trata el artículo 2.2.3.3.4.14. del Decreto 1076 de 2015.
Resolución 561 de 2019	Conocer la capacidad de respuesta de los laboratorios del país (incluyendo los universitarios) frente al sistema de vigilancia en Salud Pública y la inspección, vigilancia y control sanitario.
NTC 1461 de 1987	Por medio del cual se establecen los criterios de higiene, seguridad, señalización de seguridad. Esta norma tiene por objeto establecer los colores y señales de seguridad utilizados para la prevención de accidentes y riesgos contra la salud y situaciones de emergencia.

Nota. en la Figura 1 se evidencia el marco legal aplicable por jerarquía aplicado a la elaboración, formulación, e implementación de Planes de Gestión de riesgos y desastre, planes de contingencia y planes informativos, estratégicos y operativos Tomado del (Archivo General de la Nación, 2023).

De la misma manera, se tomó en consideración los lineamientos establecidos en:

- Norma Técnica Colombiana (NTC)- Occupational Health and Safety Assessment series (OHSAS) 18001: Sistema de Gestión en Seguridad y Salud Ocupacional.
- Norma Técnica Colombiana (NTC) 2524. 2004-05-31. Gestión del Riesgo. Instituto Colombiano de Normas Técnicas y Certificación (ICONTEC). Bogotá D.C
- Metodología de análisis de riesgos Documento Soporte Guía para elaborar planes de Emergencias y Contingencias. Fondo de prevención y Atención de Emergencias - FO- PAE. Bogotá D.C. enero de 2014.
- Guía Técnica Colombiana GTC 45. Guía para la identificación de los peligros y la valoración de los riesgos en Seguridad y Salud Ocupacional. Gestión, principios y procesos. Instituto Colombiano de Normas Técnicas y Certificación [1].

1.3. Objetivos

1.3.1. Objetivo general.

Elaborar el Plan de Gestión de Riesgos y Desastres PDGRD del Centro de Procesos e Innovación para la Industria Sostenible CEPIIS para la identificación, corrección y mitigación de las posibles amenazas que puedan estar presentes en las fases de operación y mantenimiento para la prevención de eventos amenazantes sobre los componentes ambiental, socioeconómico y cultural e industrial-operativo.

1.3.2. Objetivos específicos.

- Identificar los escenarios de riesgo en el entorno durante el desarrollo de las actividades académicas en el laboratorio y en la planta piloto.
- Definir las medidas de reducción a implementar para disminuir el nivel de riesgo identificado y prevenir la ocurrencia de una emergencia.
- Establecer las medidas de mitigación para atender las posibles emergencias de acuerdo con el nivel de riesgo reconocido.
- Formular la estructura de atención para emergencias considerando las brigadas que se tienen actualmente conforme a los grupos o niveles de atención definidos en la identificación de amenazas.

2. CONOCIMIENTO DEL RIESGO

El ámbito de aplicación de este Plan de Contingencia abarca las áreas donde se llevan a cabo las actividades operativas del proyecto en el Centro de Procesos e Innovación para el Desarrollo Sostenible (CEPIIS).

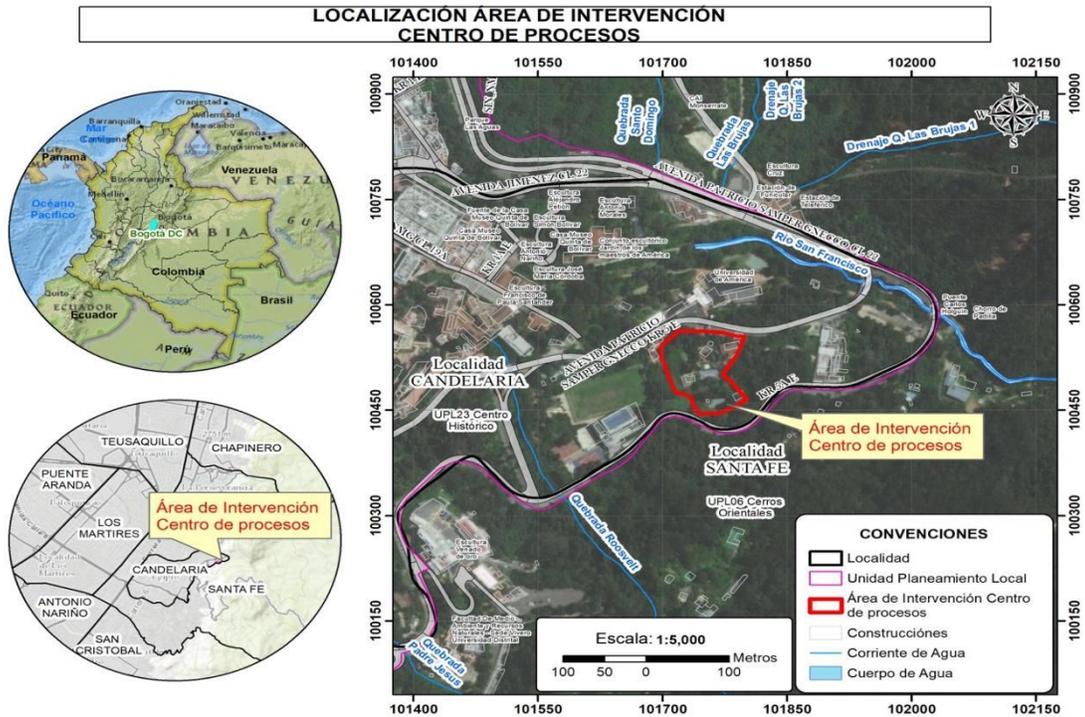
2.1. Cobertura Geográfica

El proyecto engloba la operación de una planta piloto cuyo propósito es ejecutar partes específicas ensambladas que operan de manera integral para reproducir, a escala, procesos productivos [2]. El Centro de Procesos e Innovación para el Desarrollo Sostenible (CEPIIS) incluye la operación de la mencionada planta piloto y los equipos asociados, ubicados en el departamento de Cundinamarca, en la ciudad de Bogotá DC, en el nororiente de la ciudad.

La zona de estudio del proyecto se sitúa a lo largo de la Avenida Circunvalar, también conocida como Avenida de los Cerros, en transición con los cerros orientales. Este lugar se localiza en la localidad No. 3, limitando al norte con la localidad de Chapinero, al sur con la localidad de San Cristóbal y Antonio Nariño, al oriente con el municipio de Choachí, y al occidente con las localidades de Teusaquillo, Mártires y Antonio Nariño. La Figura 2 ilustra la cobertura geográfica del Centro de Procesos e Innovación para el Desarrollo Sostenible (CEPIIS).

Figura 2.

Localización CEPIIS Universidad de América



Nota. en la Figura 2 se evidencia la cobertura geográfica de intervención del Centro de Procesos e innovación para la Industria Sostenible CEPIIS, tomado de la fotografía de (SAS PLANET, 2022).

La legislación colombiana sobre seguridad y salud en el trabajo establece que las empresas incluidas las instituciones educativas deben cumplir con la obligación de implementar un Programa Integral para la Prevención y Control de Emergencias. Esto se hace con el objetivo de salvaguardar la integridad y salud de los trabajadores, así como garantizar la existencia de instalaciones y equipos de trabajo seguros.

A continuación, en la Figura 3, se describen los procesos que se desarrollarán en el Centro de Procesos e Innovación para el desarrollo Sostenible CEPIIS por cada uno de los equipos:

Figura 3.*Equipos Y Procesos CEPIIS*

CENTRO	EQUIPO	
CEPURE (Centro de Purificación)	1	Columna de destilación
	2	Columna de Absorción
	3	Secador
	4	Filtro Prensa
	5	Extractor líquido- Líquido
CESI (Centros de Servicios Industriales)	3	Compresor
	4	Torre de Enfriamiento
	5	Gases especiales
	6	Planta térmica
	7	Planta de Tratamiento de Aguas Residuales PTAR
CETA (Centro de transformación y adecuación)	1	Banco de reactores
	2	Banco de evaporadores
BIOCAL (Centro de Calidad y Procesos Biológicos)	8	Centrífuga
	9	Autoclaves
	1	Congelador
	11	Cabinas de extracción
	12	Biorreactores
COCO (Centro de Optimización y Control)	13	Tableros de Control
CUBO (Centro de Bombeo y almacenamiento de reactivos y Respel)	14	Bombas
	15	Residuos Peligrosos

Nota: en la Figura 3, se presentan los procesos que estarán presentes en el Centro de Procesos de Innovación para la Industria Sostenible CEPIIS junto con los equipos que elaborarán dichas labores. Tomado de: Centro de procesos de Innovación para la Industria Sostenible CEPIIS, 2023.

2.2. Análisis del riesgo

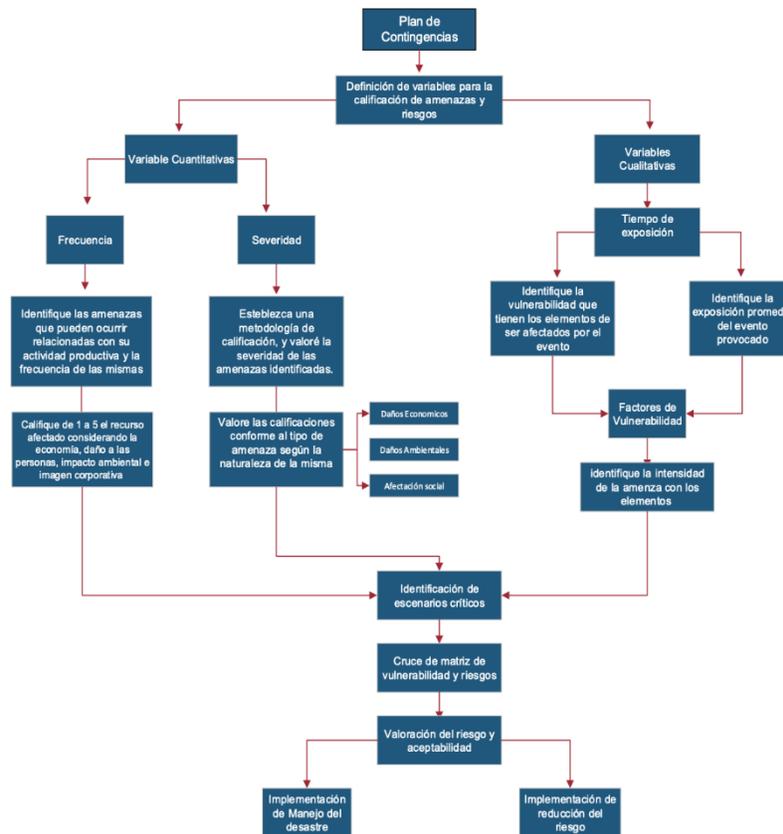
El análisis de riesgos implica la identificación y evaluación de los posibles perjuicios y pérdidas derivadas de la materialización de un fenómeno amenazante sobre las personas, los bienes materiales, recursos económicos y el entorno expuestos en el área de influencia del proyecto. Con el propósito de categorizar los riesgos que podrían surgir en el Centro de Procesos e Innovación para el Desarrollo Sostenible (CEPIIS), se llevó a cabo una evaluación de riesgos para cada evento considerado, basándose en la frecuencia y severidad, y clasificándolos según criterios de aceptabilidad como Aceptable, Tolerable, Moderado, Peligroso e Inadmisible.

Este procedimiento se fundamenta en la metodología de evaluación de riesgos denominada "Análisis de Riesgos y Vulnerabilidad", que sigue los lineamientos de la Norma Técnica Colombiana NTC 31000: 2011 en Gestión de riesgos, e incluye la identificación de amenazas, la evaluación de riesgos y la elaboración del plan de administración de riesgos. Debido a la complejidad de los fenómenos amenazantes y a la dinámica de los elementos expuestos, se considera necesario completar el análisis de riesgos mediante la concepción de escenarios detallados que describan el evento a ocurrir y sus posibles consecuencias. Esta clasificación sirve como base para determinar las medidas de prevención y atención de riesgos que se deben incluir en el Plan de Contingencia, con el objetivo de evitar la generación de nuevas condiciones de vulnerabilidad y reducir el riesgo.

La Figura 4 ilustra las etapas de identificación y valoración de riesgos en el Centro de Procesos e Innovación para el Desarrollo Sostenible (CEPIIS).

Figura 4.

Estructura para análisis de riesgo



Nota: en la Figura 4, se evidencia la cobertura geográfica de intervención del Centro de Procesos e innovación para la Industria Sostenible CEPIIS, tomado de la fotografía de (SAS PLANET, 2022) y modificado por Universidad de América, 2023

2.2.1. Metodologías

Metodología general

La metodología propuesta, que será aplicada a lo largo de este Plan de Gestión de Riesgos, tomó en cuenta los elementos presentados por el Fondo de Prevención y Atención de Emergencias (FOPAE) en la Resolución 004/09, específicamente en la Metodología de Análisis de Riesgo y el Documento Soporte Guía para Elaborar Planes de Emergencia y Contingencias. También se consideraron las pautas de la Guía Técnica Colombia GTC 45, que aborda la identificación de peligros y la evaluación de riesgos en el ámbito de Seguridad y Salud Ocupacional, bajo los principios y procesos de gestión [4]. Además, se incorporaron los lineamientos conceptuales del Plan Nacional de Adaptación al Cambio Climático (ABC), específicamente en lo referente a las bases conceptuales para la adaptación

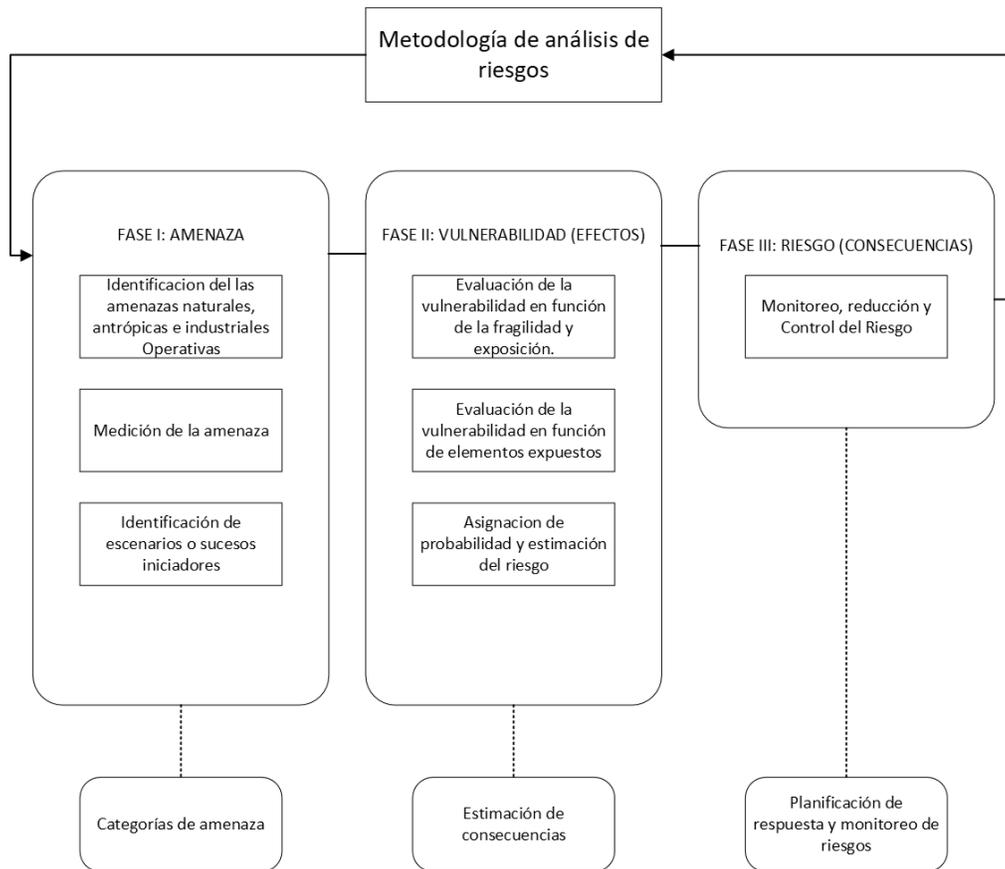
Metodología Especifica

La metodología empleada para llevar a cabo el análisis de riesgo tiene como objetivo identificar, a partir de los resultados obtenidos, planes estratégicos, operativos e informativos con el propósito de promover la seguridad y reducir los riesgos durante la operación del Centro de Procesos. La evaluación del riesgo en el proyecto se basa en la probabilidad y las consecuencias potenciales para las personas, bienes materiales, recursos económicos y el medio ambiente en caso de que ocurra un evento. Para ello, se inicia con la identificación de amenazas de origen natural, socio-natural, operacional, antrópico y de tipo endógeno y exógeno. La Matriz de evaluación, complementa la metodología establecida y aplicada por el Departamento Nacional de Planeación (DNP), el Ministerio de Ambiente y la Unidad Nacional para la Gestión del Riesgo de Desastres (UNGRD), la cual tiene como objetivo valorar los índices de riesgos [6] [5]. La Figura 3 presenta la metodología adoptada para la realización del análisis de riesgos, guiada por los siguientes lineamientos:

- Definición de la cobertura geográfica de las áreas del CEPIIS que podrían ser afectadas en caso de emergencia.
- Análisis de amenazas internas y externas del proyecto, evaluación de las consecuencias de eventos amenazantes sobre elementos identificados como vulnerables y determinación de niveles aceptables de riesgo.
- Identificación de los recursos necesarios y evaluación de la capacidad real de respuesta ante emergencias.
- Directrices para la atención de emergencias en cada uno de los escenarios evaluados en el análisis de riesgos, los cuales requieren de un plan detallado.

Figura 5.

Metodología de análisis de riesgos



Nota: la figura presentada en la Figura 5, presenta de manera esquemática la forma en la cual se llevará a cabo la identificación, medición, identificación y evaluación de cada una de las amenazas y propender un manejo en función del grado de riesgo derivado de su vulnerabilidad, 2024.

Metodología de análisis de amenazas Industriales y Operativas

Con relación a las actividades presentes en el CEPIIS, se contemplaron las actividades que pueden propender consecuencias por la operación de cada uno de los centros de Proceso, por lo cual, para la identificación armónica de los escenarios amenazantes, se realizará uso de la metodología Bow-Tie la cual, es un análisis cualitativo que incorpora técnicas de sistemas de gestión y el uso de metodologías de análisis de consecuencia por interacción cartográfica y matricial.

La metodología actual posibilita la integración de la causa mediante un árbol de fallos y la consecuencia mediante un árbol de eventos. En este enfoque, el árbol de fallos se representa en el lado izquierdo, mientras que el árbol de eventos se sitúa en el lado derecho, con el riesgo visualizado como un "nudo". Este diseño

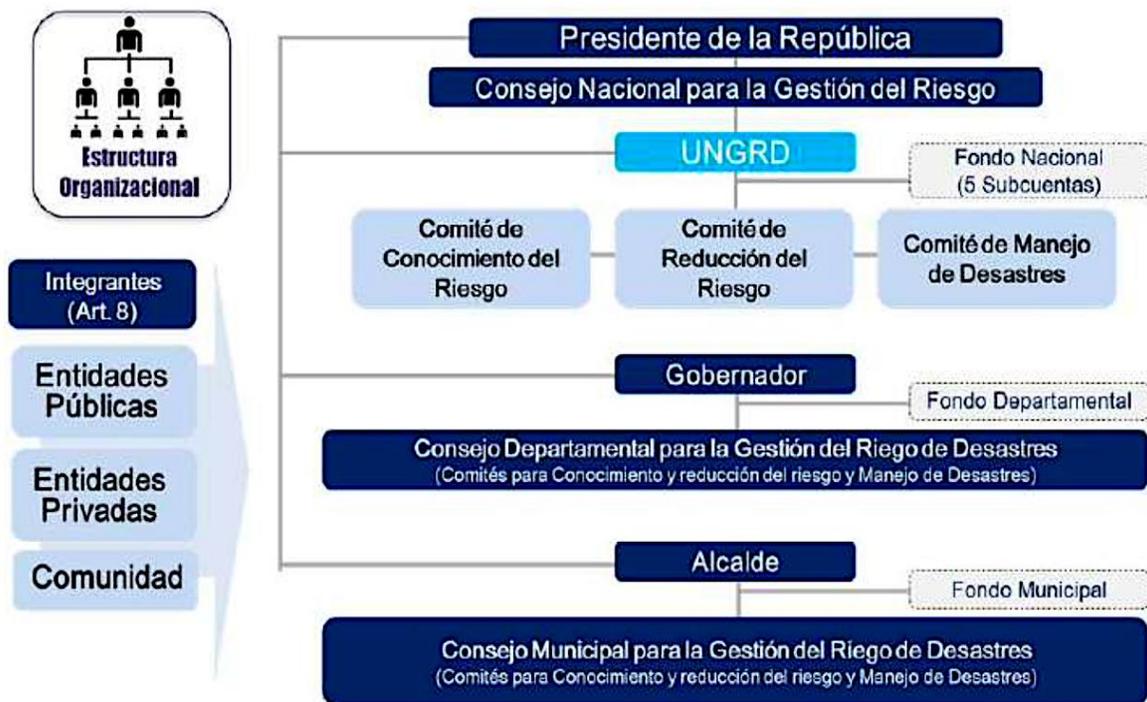
busca favorecer niveles de especialización que posteriormente serán amplificados en sistemas de información, permitiendo así destacar las ondas de magnitud asociadas a cada uno de estos elementos.

2.2.2. Contexto Externo del Proyecto.

En la Figura 6 se presenta la estructura del Sistema Nacional de Gestión del Riesgo de Desastres. En caso de manifestarse una emergencia Nivel II o mayor se deberá notificar y en caso de ser requerido por parte de la Universidad y cuyo evento no pueda atenderse internamente, solicitar apoyo en la atención de estas.

Figura 6.

Estructura para análisis de riesgo



Nota: la información que se evidencia en la Figura 6 presenta la estructura organizacional para análisis de riesgo, tomado de (Unidad Nacional para la Gestión del Riesgo de Desastres, 2019). (Departamento Nacional de Planeación, 2010).

El Centro de Procesos e Innovación para la Industria sostenible CEPIIS se encuentra en la ciudad de Bogotá, departamento de Cundinamarca, por lo cual, se realizó un análisis de la ciudad en cuanto a eventos amenazantes del área con la finalidad de determinar las amenazas más propensas.

2.2.2.a. Bogotá. A través del Acuerdo 001 emitido el 9 de noviembre de 2018 y posteriormente adoptado mediante el Decreto 837 de 2018 [8], se estableció el Sistema de Planificación del Sistema Distrital de Gestión de Riesgos y Cambio Climático (SDGR-CC), el cual guarda coherencia con los planes de ordenamiento territorial de la ciudad de Bogotá. Actualmente, la ciudad cuenta con la agenda 2018-2030, en la cual se siguen

las directrices establecidas por el Decreto 2157 de 2017, abarcando acciones para mitigar las condiciones de riesgo existentes y preparar y ejecutar respuestas ante emergencias y desastres.

El Plan Distrital para la Gestión de Riesgos de Desastres de Bogotá tiene como objetivo principal la identificación de escenarios de riesgo en el municipio con el propósito de reducir futuros riesgos, disminuir la vulnerabilidad y fortalecer las capacidades tanto en la sociedad como en las instituciones. Este plan se desarrolló considerando diversos instrumentos de planificación, destacando estrategias e instrumentos específicos aplicados en la ciudad y sus alrededores.

- Plan Nacional de Gestión del Riesgo
- Plan Distrital de Gestión del riesgo y cambio climático
- Mapas de cartografía básica
- Plan de Desarrollo Distrital 2020-2024.
- Mapas temáticos y aerofotografías.
- Planes de Ordenamiento y manejo de la Cuenca Hidrográfica POMCA río Bogotá y subcuenca río San Francisco.
- POT Decreto 555 de 2021 Bogotá.

A continuación, en la Figura 7, se identifican los escenarios de riesgo potenciales en el departamento de Bogotá según lo indicado por la secretaría de Planeación:

Figura 7.

Identificación De Escenarios De Riesgo Bogotá DC

Escenario	Tipo de Riesgo
Escenarios de riesgo asociado con fenómenos de origen hidrometeorológico	<ul style="list-style-type: none">• Inundación gradual debido al desbordamiento del Río Bogotá y sus cuencas adyacentes.• Vendaval en áreas urbanas y/o rurales.• Vientos intensos durante la temporada de lluvias en las zonas urbanas y rurales.• Tormentas eléctricas que generan tormentas en áreas urbanas y rurales.• Efectos del Fenómeno del Niño en entornos urbanos.• Incendios forestales.
Escenarios de riesgo asociado con fenómenos de origen Geológico	<ul style="list-style-type: none">• Terremoto en áreas rurales y urbanas.• Deslizamiento en los Cerros Orientales.• Deslizamiento de tierra.• Deslizamiento aislado en el resto de la Zona Rural.• Erosión en los Cerros debido a la deforestación en áreas urbanas y rurales.
Escenario de riesgo fenómeno de origen tecnológico	<ul style="list-style-type: none">• Derrames• Explosión de Transformadores• Actividades industriales• Transporte de combustible• Incendios estructurales.

Escenario	Tipo de Riesgo
<p>Escenario de riesgo con fenómeno de Origen Humano No intencional</p>	<ul style="list-style-type: none"> • Aglomeraciones públicas. • Celebración de eventos electorales o procesiones fúnebres. • Incendio causado por el uso de pólvora. • Incendio derivado de fogatas, quema de basuras y escapes de gas domiciliario. • Accidentes de tránsito aéreo. • Accidentes de tránsito terrestre y comercial.
<p>Escenarios de Riesgo asociados con otros fenómenos.</p>	<ul style="list-style-type: none"> • Escapes de gas en las redes domiciliarias en áreas urbanas. • Transporte de productos tóxicos en áreas rurales. • Transporte de hidrocarburos a través de oleoductos o vehículos. • Derrames.

Nota: la información que se encuentra en la Figura 7, se asocia las posibles emergencias que se encuentran en el Plan de Distrital de desarrollo 2018-2030, tomado de (Alcaldía mayor de Bogotá, 2015), ingreso el día 2 de Agosto de 2023.

Con relación a la información que se encuentra en las bases de datos de la Unidad Nacional para la Gestión del Riesgo y del Desastre UNGRD y Desinventar. Net, se realizó la recopilación de los eventos amenazantes que se han registrado en estas plataformas con la finalidad de determinar las amenazas presentes durante los últimos 22 años.

Figura 8.

Eventos Registrados UNGRD 2000-2022

Departamento: Cundinamarca																														
Evento	Municipio	Observaciones																												
 <p>Registro eventos 2000-2022</p> <table border="1"> <thead> <tr> <th>Categoría</th> <th>Registro</th> </tr> </thead> <tbody> <tr><td>Biológicos</td><td>2</td></tr> <tr><td>Tormeta eléctrica</td><td>5</td></tr> <tr><td>Tormentas</td><td>3</td></tr> <tr><td>Explosiones</td><td>24</td></tr> <tr><td>Fallas estructurales</td><td>27</td></tr> <tr><td>Lluvias</td><td>3</td></tr> <tr><td>Terremotos</td><td>2</td></tr> <tr><td>Avenidas Torrenciales</td><td>3</td></tr> <tr><td>Incendios estructurales</td><td>151</td></tr> <tr><td>Vendaval</td><td>38</td></tr> <tr><td>Incendios Forestales</td><td>73</td></tr> <tr><td>Deslizamientos</td><td>140</td></tr> <tr><td>Inundación</td><td>139</td></tr> </tbody> </table>	Categoría	Registro	Biológicos	2	Tormeta eléctrica	5	Tormentas	3	Explosiones	24	Fallas estructurales	27	Lluvias	3	Terremotos	2	Avenidas Torrenciales	3	Incendios estructurales	151	Vendaval	38	Incendios Forestales	73	Deslizamientos	140	Inundación	139	Bogotá	<p>Desde el año 2000-2020, en la ciudad de Bogotá se contó con la presencia de 13 eventos asociados, dentro de los cuales se encuentra con mayor presencia, incendios estructurales, deslizamiento, inundación e incendios forestales.</p> <p>Los eventos se encuentran registrados en el consolidado de amenazas registradas en le Unidad Nacional de Gestión del Riesgo y desastres UNGRD y la plataforma de Desinventar.NET.</p>
Categoría	Registro																													
Biológicos	2																													
Tormeta eléctrica	5																													
Tormentas	3																													
Explosiones	24																													
Fallas estructurales	27																													
Lluvias	3																													
Terremotos	2																													
Avenidas Torrenciales	3																													
Incendios estructurales	151																													
Vendaval	38																													
Incendios Forestales	73																													
Deslizamientos	140																													
Inundación	139																													

Nota: la información que se encuentra en la

Figura 8, asocia las emergencias registradas por diversos eventos naturales, y antrópicas de la ciudad de Bogotá, tomado de las bases de datos de UNGRD (UNGRD, 2022). (Departamento Nacional de Planeación, 2010).

2.2.2.b. Plan local de Gestión de riesgos y Desastres- Localidad de Santa Fe. Se llevó a cabo la revisión del Plan Local de Gestión de Riesgos y Desastres de la localidad de Santa Fe con el propósito de identificar los eventos amenazantes potenciales, considerando variables como geología, suelos, geomorfología, densidad de drenaje, cuerpos hídricos, paisaje, relieve, entre otros. Específicamente, se examinaron los eventos amenazantes en el barrio Las Aguas, donde se ubica el área del Proyecto Centro de Procesos e Innovación para la Industria Sostenible (CEPIIS). A continuación, se resumen las amenazas identificadas en la localidad:

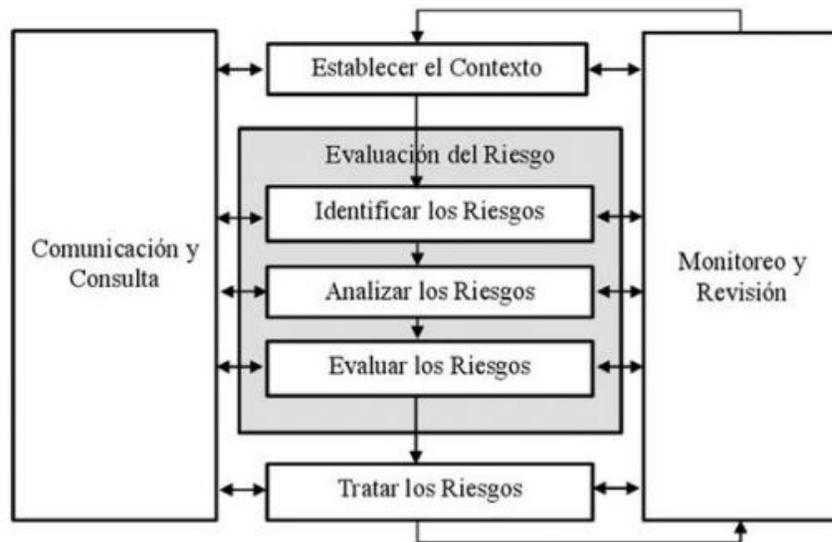
- **Amenaza Sísmica:** Según la Microzonificación Sísmica de Bogotá, la localidad de Santa Fe abarca tres de las cinco zonas clasificadas en la ciudad. La Zona 1, conocida como "Cerros" en la parte este de la localidad, específicamente en la Subzona 1A, Cerros Orientales y Sur Occidentales, presenta formaciones rocosas con una capacidad portante relativamente mayor, lo que resulta en una alta proporción de ocurrencia.
- **Deslizamientos y zonas de tratamiento especial:** El Fondo para la Prevención y Atención de Emergencias (FOPAE) llevó a cabo la "Zonificación Por Inestabilidad Del Terreno Para Diferentes Localidades en la Ciudad de Bogotá D.C." en 1998, estudiando el 24.2% del área total de la localidad de Santa Fe, de la cual el 50% tiene uso rural y el otro 50% uso urbano. Según el Plan de Ordenamiento Territorial (POT), el 73% del área estudiada (1092.7 hectáreas) presenta algún grado de amenaza, distribuido de la siguiente manera: 6.9% en amenaza alta por Fenómenos de Remoción en Masa correspondiente a 74.9 hectáreas, 58.2% en amenaza media (635.9 hectáreas) y el restante 34.9% en amenaza baja (381.9 hectáreas) [10].
- **Incendios Forestales:** Históricamente, durante las épocas de verano, se registra un aumento en los incendios forestales que afectan negativamente el ecosistema. En la Localidad de Santa Fe, estos eventos han ocurrido principalmente en las zonas de reserva forestal, especialmente en la zona oriental (cerros orientales).
- **Amenaza Tecnológica:** Según la distribución de los eventos tecnológicos en la localidad en comparación con el total de la ciudad, Santa Fe se clasifica como un riesgo intermedio a alto, representando el 12% del total de eventos tecnológicos en la ciudad.

2.2.3. Contexto Interno Del Proyecto.

La gestión del riesgo del proyecto seguirá lo estipulado en la Norma Técnica Colombiana (NTC) 5254 [4] (ver Figura 9) dicha gestión deberá estar articulada con la gestión y administración de los recursos humanos, técnicos y económicos disponibles de la Universidad de América en el marco al cumplimiento de seguridad de administrativos, estudiantes y auxiliares.

Figura 9.

Esquema de proceso de Gestión del riesgo

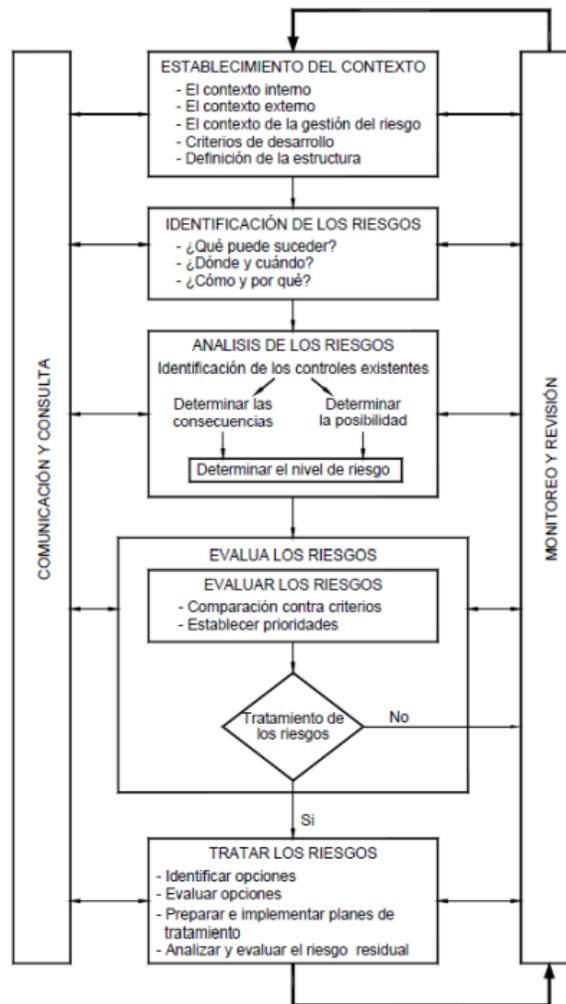


Nota: en la Figura 9, se expone la estandarización de riesgos desde el establecimiento del contexto (identificación de amenazas) hasta el análisis del riesgo, tomado (UNGRD, 2022), revisado el día 23 de agosto de 2023.

2.2.3.a. Proceso de Gestión del Proyecto. Durante la elaboración de este Plan, se consideraron las directrices establecidas en el Decreto 2157 de 2017, así como las metodologías de análisis de riesgo proporcionadas en el Documento de Soporte Guía para Elaborar Planes de Emergencia y Contingencias por parte del Fondo de Prevención y Atención de Emergencias (FOPAE). Además, se tuvo en cuenta la normativa ISO 31000:2009 y la NTC-IEC-ISO 31010. El proceso de gestión del riesgo se detalla en la Figura 10.

Figura 10.

Proceso de gestión del Riesgo



Nota: la información que se evidencia en la Figura 10 se establece el contexto interno, externo y gestión del riesgo con los tratamientos de análisis de riesgos, evaluar los riesgos y tratamiento de los mismos, tomado de (UNGRD, 2022), ingreso el día 23 de agosto de 2023.

Por su lado, la Fundación Universidad de América FUA en su sistema Integrado de Gestión como institución de educación superior, y en su compromiso por la docencia, la investigación y la labor de extensión, propone diversos principios y políticas que contienen objetivos, alcances y metas dentro de los cuales se encuentran los objetivos del sistema de administración del riesgo y del sistema de Gestión de Seguridad y salud en el Trabajo.

- Identificar, valorar y evaluar los riesgos y controles a través de la implementación de la metodología institucional.
- Establecer los objetivos de cada uno de los procesos e identificar su cumplimiento.

- Documentar las acciones requeridas de acuerdo a los riesgos identificados con el fin de minimizar las ocurrencias de eventos inesperados.

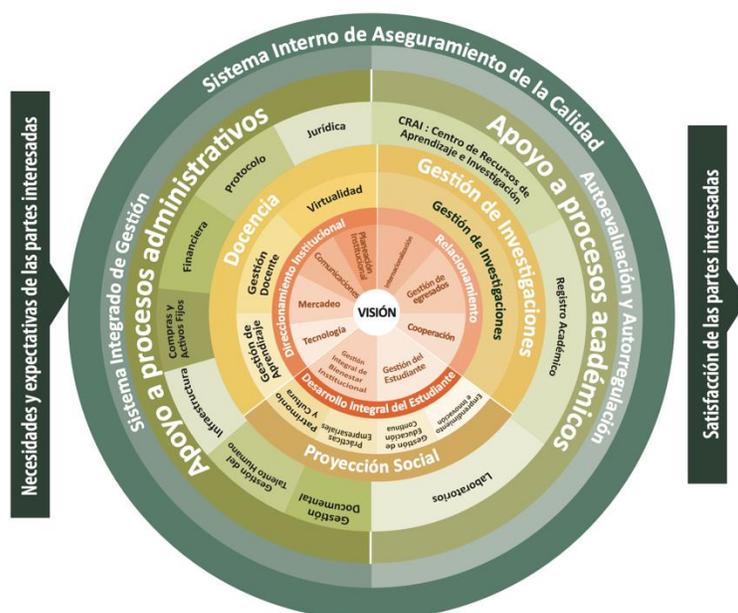
Así mismo, se disponen los objetivos en el marco de las actividades de Seguridad y Salud en el trabajo que rigen en todo el plantel educativo:

- Realizar las actividades establecidas dentro del plan de trabajo anual, dando cumplimiento a lo establecido dentro del Sistema de Gestión de Seguridad y Salud en el Trabajo del año en curso.
- Mantener y efectuar actividades de promoción y prevención encaminadas a minimizar los riesgos existentes.
- Dar cumplimiento a la normatividad legal aplicable del Sistema de Gestión y Salud en el Trabajo SST
- Gestionar los riesgos y peligros identificados en la matriz definida del Sistema de Gestión y Salud en el Trabajo, teniendo en cuenta la valoración del riesgo identificado.
- Adoptar medidas de bioseguridad en función de la prevención de contagio de enfermedades sanitarias y con posterioridad a la misma protección de las personas, con el fin de mitigar y controlar su adecuado manejo.

Para lograrlo, la Fundación Universidad de América, suministra los recursos financieros, humanos, técnicos y de infraestructura necesarios y facilita espacios de participación y consulta para mejorar su desempeño. Como resultado de esto, la Universidad emplea un plan de acción que parte de las necesidades y expectativas de las partes interesadas en pro al cumplimiento del Sistema Interno de Aseguramiento de la Calidad de la Fundación Universidad de América.

Figura 11.

Mapa de Plan de Acción



Nota: en función de lo presentado en la Figura 11, se presenta el plan de acción que posee la Universidad de América en términos de necesidad y satisfacción de acuerdo al Sistema Interno de Aseguramiento de la Calidad (Fundación Universidad de América, 2023). La Fundación Universidad de América (FUA) tiene sus raíces desde el año 1952, cuando el Ministerio de Educación otorgó la licencia para el inicio de estudios y labores, y en 1956 aprobó los estudios y la titulación para las facultades de arquitectura y economía.

En ese mismo año, la universidad destacó y dio importancia a las facultades de arquitectura, con énfasis en urbanismo y economía. Además, impulsó el funcionamiento, por primera vez en Bogotá, de las ingenierías industrial, mecánica, de petróleos y química. El 12 de octubre de 1957, coincidiendo con el Día de la Raza y la celebración del descubrimiento de América, el fundador y rector de la universidad, Jaime Posada, creó la Asociación Colombiana de Universidades (ASCUN), desempeñando un papel fundamental en el posterior desarrollo de la universidad.

A partir de 1999, se registraron las especializaciones de la universidad. Después de un esfuerzo constante para adaptar una de las sedes más modernas del país y reclutar directores y profesores de alta categoría, las clases en la Torre de Posgrados comenzaron el 13 de agosto de 2005.

Para obtener información adicional, se puede consultar el informe del Plan de Desarrollo de la Fundación Universidad de América 2020-2025, publicado en la página <https://www.uamerica.edu.co> en la sección de Plan de Desarrollo. La estructura organizacional se presenta en la Figura 12, Equipo Organizacional,

comenzando con la Junta Directiva, pasando por la Gerencia General y desglosándose en las unidades dependientes de la Gerencia General y otras unidades.

Figura 12.

Equipo Organizacional Universidad de América



Nota: la información expuesta en la Figura 12 presenta el equipo organizacional de la Fundación Universidad de América. Fuente: (Fundación Universidad de América, 2023)

2.3. Valoración del riesgo

El análisis de riesgos se define como el conjunto de procedimientos, tanto cualitativos como cuantitativos, que se llevan a cabo de manera sistemática para identificar amenazas que podrían materializarse en un proyecto o instalación, así como para evaluar sus posibles consecuencias en el proyecto y/o su entorno (ambiente). Los procedimientos técnicos y operativos pueden desencadenar eventos no deseados, como accidentes, que afectan no solo la integridad humana sino también el medio ambiente. En este contexto, se aplican varios criterios de análisis de riesgos con el objetivo de identificar las variables de vulnerabilidad ante las amenazas presentes en la operación y mantenimiento del Centro de Procesos e Innovación para la Industria Sostenible (CEPIIS).

Después de identificar las amenazas o siniestros y estimar su probabilidad de ocurrencia, se evalúa la manifestación del evento amenazante en diferentes escenarios para determinar el nivel de riesgo y la gravedad de los eventos que podrían generar emergencias.

La evaluación del riesgo estará dada por la expresión de Gordillo y Acuña [12].

$$R = A * V$$

Dónde:

R = Riesgo

A = Amenaza, representada en la probabilidad de ocurrencia

V = Vulnerabilidad, asociada a los efectos o consecuencias.

2.3.1.a. Identificación y análisis de Amenazas. Se llevó a cabo la identificación y descripción de las amenazas de índole natural, operativa y sociocultural en la ubicación destinada para la construcción del Centro de Procesos e Innovación para la Industria Sostenible CEPIIS. Se recurrió a la información detallada en la caracterización ambiental del actual Plan de Gestión del Riesgo y del Desastre PDGRD, así como a datos proporcionados por entidades públicas como IDEAM, Sistema Nacional de Parques y Dirección para la Gestión de Riesgo, INGEOMINAS, entre otras. Siguiendo las directrices establecidas por el Decreto 2157 de diciembre de 2017, se consideraron diversas amenazas naturales como sismos, deslizamientos, tormentas eléctricas e incendios forestales. También se evaluaron situaciones operativas o endógenas, tales como incendios, explosiones, accidentes laborales y percances durante las actividades de transporte en la fase constructiva, así como posibles eventos como protestas y robos que podrían afectar el proyecto.

En el contexto de las cuatro categorías de amenaza (natural, forestal, social e industrial), se procedió a identificar los posibles siniestros, destacando tanto las situaciones más comunes como las amenazas de baja probabilidad de ocurrencia en el área de influencia del proyecto. Esta área se corresponde con la zona donde podrían manifestarse los impactos derivados principalmente de las actividades de construcción y operación, y está directamente relacionada con la ubicación del proyecto.

Una vez identificados estos eventos se procede a la calificación de la amenaza¹ que se representa por la probabilidad de ocurrencia de la misma, por medio de los criterios que se presentan en la Tabla 1.

¹ Los criterios de calificación de amenaza definidos en esta metodología se dispondrán de manera cuantitativa para cada una de las amenazas identificadas.

Tabla 1.*Criterios De Probabilidad De Amenazas*

PROBABILIDAD	DEFINICIÓN	OCURRENCIA CASOS	PUNTOS
Frecuente	Posibilidad de ocurrencia alta. Sucede de forma reiterada	1 al mes	6
Moderado	Posibilidad de ocurrencia media. Sucede Algunas veces	1 entre 6 y 12 meses	5
Ocasional	Posibilidad de ocurrencia limitada. Sucede Pocas veces	1 entre 1 a 5 años	4
Remoto	Posibilidad de ocurrencia baja. Sucede de forma esporádica	1 entre 6 a 10 años	3
Improbable	Posibilidad de ocurrencia muy baja. Sucede en forma excepcional	1 entre 11 a 19 años	2
Imposible	Difícil posibilidad de ocurrencia. No ha sucedido hasta ahora	1 en 20 años o más	1

Nota: la información que se encuentra en la Tabla 1 se encuentran los criterios de probabilidad tomados del criterio de exposición de Ecopetrol gestionados y operativos, tomado de (Ecopetrol , 2019) y adaptado por (Fundación Universidad de América, 2023).

2.3.1.b. Identificación y Análisis de Vulnerabilidad. La vulnerabilidad está intrínsecamente ligada a la fragilidad o a las repercusiones que surgen de la materialización de un evento amenazante sobre los elementos susceptibles. La evaluación de los niveles de vulnerabilidad se lleva a cabo de manera independiente en distintos contextos: los posibles impactos en la integridad física, los efectos medioambientales y sociales. Para determinar el grado de vulnerabilidad, se emplearán las consecuencias o afectaciones según la escala de valores establecida en la Tabla 2 como referencia.

Tabla 2.*Criterios De Calificación De Amenazas*

#	CRITERIO/ CONSECUENCIA	INSIGNIFICANTES		MARGINAL	CRÍTICO	CATASTRÓFICO
		1	2	3	4	5
1	Económicas	Ninguna	Insignificante	Marginal	Crítica	Catastrófico
2	Daño a personas	Ninguna	Insignificante	Marginal	Crítica	Catastrófico
3	Impacto Ambiental	Ninguna	Insignificante	Marginal	Crítica	Catastrófico
4	Imagen empresarial	Ninguna	Insignificante	Marginal	Crítica	Catastrófico

Nota: la información que se encuentra en la La vulnerabilidad está intrínsecamente ligada a la fragilidad o a las repercusiones que surgen de la materialización de un evento amenazante sobre los elementos susceptibles. La evaluación de los niveles de vulnerabilidad se lleva a cabo de manera independiente en distintos contextos: los posibles impactos en la integridad física, los efectos medioambientales y sociales. Para determinar el grado de vulnerabilidad, se emplearán las consecuencias o afectaciones según la escala de valores establecida en la Tabla 2 como referencia.

Tabla 2 se encuentran los criterios de probabilidad tomados del criterio de exposición de Ecopetrol gestionados y operativos, tomado de (Ecopetrol , 2019) y adaptado por (Fundación Universidad de América, 2023).

La determinación allí presente de cada una de las escalas definidas para cada criterio y/o consecuencia, se presenta en la Tabla 3.

Tabla 3.

Escalas Establecidas Para Los Criterios Y/O Consecuencias

Recurso Afectado	Gravedad	Definición
Económica	Ninguna (1)	Pérdidas económicas menor al 25% de las instalaciones
	Insignificante (2)	Pérdidas económicas menores a 50% de las instalaciones
	Marginal (3)	Pérdidas económicas menores a 75% de las instalaciones
	Crítica (4)	Pérdidas económicas entre 75% y 100% del valor de las instalaciones
	Catastrófica (5)	Pérdidas económicas superiores al valor proyecto
Daño a Personas	Ninguna (1)	Lesión leves primeros auxilios
	Insignificante (2)	Lesión menor sin incapacidad (Incluyendo casos de Primeros Auxilios y de tratamiento médico y enfermedades ocupacionales)
	Marginal (3)	Incapacidad temporal >1 (lesiones que producen tiempo perdido)
	Crítica (4)	Incapacidad permanente (Incluyendo incapacidad parcial y permanente y enfermedades ocupacionales)
	Catastrófica (5)	1 o más muertes
Impacto Ambiental	Ninguna (1)	Efectos Leves
	Insignificante (2)	Efectos menores
	Marginal (3)	Contaminaciones localizadas
	Crítica (4)	Contaminaciones mayores
	Catastrófica (5)	Contaminaciones irreparables
Imagen de la empresa	Ninguna (1)	Interna
	Insignificante (2)	Local
	Marginal (3)	Regional
	Crítica (4)	Nacional
	Catastrófica (5)	Internacional

Nota: la información que se encuentra en la Tabla 3 se encuentran los criterios de probabilidad tomados del criterio de exposición de Ecopetrol gestionados y operativos, tomado de (Ecopetrol , 2019) y adaptado por (Fundación Universidad de América, 2023).

2.3.1.c. Calificación o evaluación del Nivel de riesgo. El riesgo se determina considerando tanto la probabilidad de ocurrencia como las posibles consecuencias en términos de impacto en personas, bienes materiales, recursos económicos y el medio ambiente en caso de que el evento se materialice. Luego de evaluar la probabilidad de ocurrencia y la vulnerabilidad asociada, se procede a calificar o valorar el riesgo para cada evento utilizando la matriz de calificación de riesgo, que se presenta en la Tabla 4 ($R=A*V$). Esta matriz proporciona información sobre la gravedad del evento, categorizándolo como insignificante, marginal, crítico o catastrófico. Además, establece los niveles de aceptabilidad del riesgo y sugiere acciones específicas para prevenir y mitigar los riesgos identificados.

Tabla 4.

Niveles De Riesgo, Aceptabilidad Y Niveles De Planeación

PROBABILIDAD	VALOR	NIVEL DE ACEPTABILIDAD			
Frecuente	6	6	12	18	24
Moderado	5	5	10	15	20
Ocasional	4	4	8	12	16
Remoto	3	3	6	9	12
Improbable	2	2	4	6	8
Imposible	1	1	2	3	4
Consecuencia		1 y 2 insignificantes	3 marginal	4 crítico	5 catastrófico
ACEPTABILIDAD DEL RIESGO		ALTO		MEDIO	BAJO
PROBABILIDAD	VALOR	NIVEL DE ACEPTABILIDAD			
ACCIONES A IMPLEMENTAR		Requiere diseñar una respuesta detallada a las contingencias y exige inversión de recursos		Diseño de una respuesta de carácter general	No requiere Plan

Nota: la información que se encuentra en la Tabla 4. se encuentran los criterios de probabilidad tomados del criterio de exposición de Ecopetrol gestionados y operativos, tomado de (Ecopetrol, 2019) y adaptado por (Fundación Universidad de América, 2023).

2.3.1.d. Identificación de eventos Amenazantes derivados del proyecto. La identificación de estos eventos se inicia a través del planteamiento de la pregunta "¿Qué podría ocurrir?" ("What if"). Mediante el análisis detallado y la revisión de registros históricos pertinentes, se determinaron las amenazas vinculadas a las

actividades y procesos del proyecto, considerando también el entorno externo en el que se ubica. Este enfoque permitió identificar tanto las amenazas internas (endógenas) como las externas (exógenas) que podrían afectar el desarrollo del proyecto.

Figura 13.

Eventos Amenazantes Del Proyecto

EVENTO	CENTRO DE PROCESO					
	CEPURE	CESI	CETA	COCO	BIOCAL	CUBO
Accidente	X	X	X	X	X	X
Sismo	X	X	X	X	X	X
Avenida Torrencial	X	X	X	X	X	X
Deslizamiento	X	X	X	X	X	X
Derrame	X		X		X	X
Caída de árboles	X	X	X	X	X	X
Explosión	X	X	X	X	X	X
Incendio Forestal	X	X	X		X	X
Inundación				X		
Erosión						
Tormenta Eléctrica	X	X	X	X	X	X
Explosiones	X	X		X	X	X

Nota: la información que se encuentra en la Figura 13. es la consolidación de eventos amenazantes que pueden estar presentes en la operación y mantenimiento del Centro de Procesos e Innovación para la Sostenibilidad CEPILS.

Para la valoración de las amenazas endógenas asociadas con el manejo de sustancias peligrosas se realiza el análisis cuantitativo de riesgo, considerando un escenario teórico sobre la sobrepresión de reactores y demás equipos de mayor alcance.

2.3.2. Elementos Expuestos.

Para determinar el valor de la calificación de vulnerabilidad y riesgo, se analizan también los elementos expuestos a las amenazas previamente identificadas relacionadas con la incapacidad física, económica política o social de anticipar, resistir y recuperarse del daño sufrido cuando era dicha amenaza.

Considerando los elementos expuestos y clasificados de conformidad con la metodología CORINE LAND COVER para Colombia [14] se identificaron ciertos elementos, que acorde a su ubicación puedan ser posteriormente amenazados.

Figura 14.

Elementos Y Aspectos Expuestos A Evaluar

CRITERIO	PUNTO A CALIFICAR
Personas	Gestión Organizacional
	Capacitación y entrenamiento
	Características de Seguridad
Recursos	Suministros
	Edificación
	Equipos
Sistemas y Procesos	Servicios Públicos
	Sistemas Alternos

Nota: la Información que se encuentra en la Figura 14. presenta la división de los elementos expuestos, tomado de: (IDEAM, 2015).

En la Figura 15. se presentan los elementos expuestos acorde a los criterios:

Figura 15.

Criterios Y Elementos Expuestos

CRITERIO	ELEMENTO EXPUESTOS
PERSONAS	Presencia de Individuos vinculado y no vinculados al proyecto
RECURSOS	Infraestructura casetas de Seguridad
	Edificación de viviendas
	Infraestructura Universitaria (salones)
	Infraestructura eléctrica
	Infraestructura de Subestación Eléctrica
	Infraestructura deportiva
	Shut de basuras
	Edificación centro administrativo y oficinas
	Tanques de Almacenamiento de agua.
Edificación puente y vías de acceso	
SISTEMAS Y PROCESOS	Servicios públicos
	Servicios Ambientales y ecosistémicos

Nota: la información que se ubica en la Figura 15., presenta los elementos expuestos identificados en el área de influencia e intervención del Centro de Procesos e Innovación para la Industria Sostenible CEPIIS.

Los elementos expuestos previamente fueron determinados por las siguientes consideraciones:

- La amenaza estudiada es del entorno al CEPIIS, los elementos expuestos pertenecen al mismo.
- La amenaza es del proyecto al entorno, los elementos expuestos son del entorno y de su área de influencia
- La amenaza es interna del CEPIIS, los elementos expuestos a esa amenaza son del proyecto.²

2.3.3. Escenarios de Riesgo.

Después de identificar las amenazas potenciales para el proyecto, se procede a la identificación de los distintos escenarios de riesgo. Este análisis se enfoca en entender "Cómo", "Por qué" y "Dónde" podrían ocurrir estas amenazas, así como las posibles consecuencias que podrían surgir. Al evaluar el entorno del proyecto y

² Las amenazas identificadas y su radio de propagación, parte de la revisión de un área de influencia que permita la delimitación por medio de una barrera física, por lo cual, el presente PGDRD tendrá inmerso un área de influencia y un área de intervención.

considerar las diversas fases, actividades y procesos involucrados, se examinan las posibles afectaciones al proyecto a partir de las amenazas identificadas y los elementos expuestos relevantes.

A continuación, se definen los escenarios de riesgo específicos asociados con el proyecto y los elementos expuestos.

Figura 16.*Escenarios De Riesgos Presentes En CEPIIS*

Amenaza	Escenario
Sismos	Réplicas que afecte la infraestructura del Centro de Procesos e innovación para la industria sostenible
	Sismos de magnitud superior a las consideradas en los diseños
Inundaciones	Inundación de la infraestructura
	Rebose de los tanques de almacenamiento
Avenidas Torrenciales	Rebose de río San Francisco
Deslizamiento	Remoción de masa que afecten la infraestructura
	Desestabilización del suelo
	Desprendimiento de rocas que afecten elementos expuestos
Desertificación	Desestabilización de la infraestructura
Tormentas eléctricas	Cortocircuitos en estructuras eléctricas
Incendios Forestales	Erosión del suelo
	Calentamiento térmico y explosión
	Desestabilización estructural
Amenaza de incendio industrial-Op	Derrames y explosiones
Derrames de sustancias peligrosas	Derrame de aceites en la subestación sin barreras de contención
	Derrame de sustancias peligrosas en el transporte
Electrocución	Daños humanos
Accidentes de trabajo	Daños humanos
Explosiones	Explosión no controlada por falla en protecciones

Nota: la información que se ubica en la Después de identificar las amenazas potenciales para el proyecto, se procede a la identificación de los distintos escenarios de riesgo. Este análisis se enfoca en entender "Cómo", "Por qué" y "Dónde" podrían ocurrir estas amenazas, así como las posibles consecuencias que podrían surgir. Al evaluar

el entorno del proyecto y considerar las diversas fases, actividades y procesos involucrados, se examinan las posibles afectaciones al proyecto a partir de las amenazas identificadas y los elementos expuestos relevantes. A continuación, se definen los escenarios de riesgo específicos asociados con el proyecto y los elementos expuestos.

Figura 16. presenta las posibles amenazas que se podrían presentar en el área de influencia e intervención del Centro de Procesos e Innovación para la Industria Sostenible CEPIIS.

3. ANÁLISIS CUANTITATIVO Y CUALITATIVO DE AMENAZAS

3.1. Eventos Naturales

3.1.1. Sismo.

Los terremotos, también conocidos como sismos, son fenómenos naturales que involucran un movimiento o sacudida brusca de la tierra, causado por la liberación de energía acumulada durante un período extenso. Según el Servicio Geológico Colombiano, esta amenaza se presenta en el área de estudio debido a la presencia de fallas regionales de gran extensión que atraviesan todo el departamento de Cundinamarca.

La información obtenida del Mapa Sísmico de Colombia y del Reglamento Colombiano de Construcción Sismo Resistente NSR-10 (2010), emitido por el Ministerio de Ambiente, Vivienda y Desarrollo Territorial (actualmente Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible), indica que la ciudad de Bogotá, dentro de la jurisdicción del departamento de Cundinamarca, se encuentra en una zona de Amenaza Sísmica intermedia. Además, se ha considerado información del Mapa Nacional de Amenaza Sísmica para un período de retorno de 475 años [15] en la evaluación correspondiente a este evento. Esta información es fundamental para la elaboración del Mapa de Riesgos destinado al plan de contingencia.

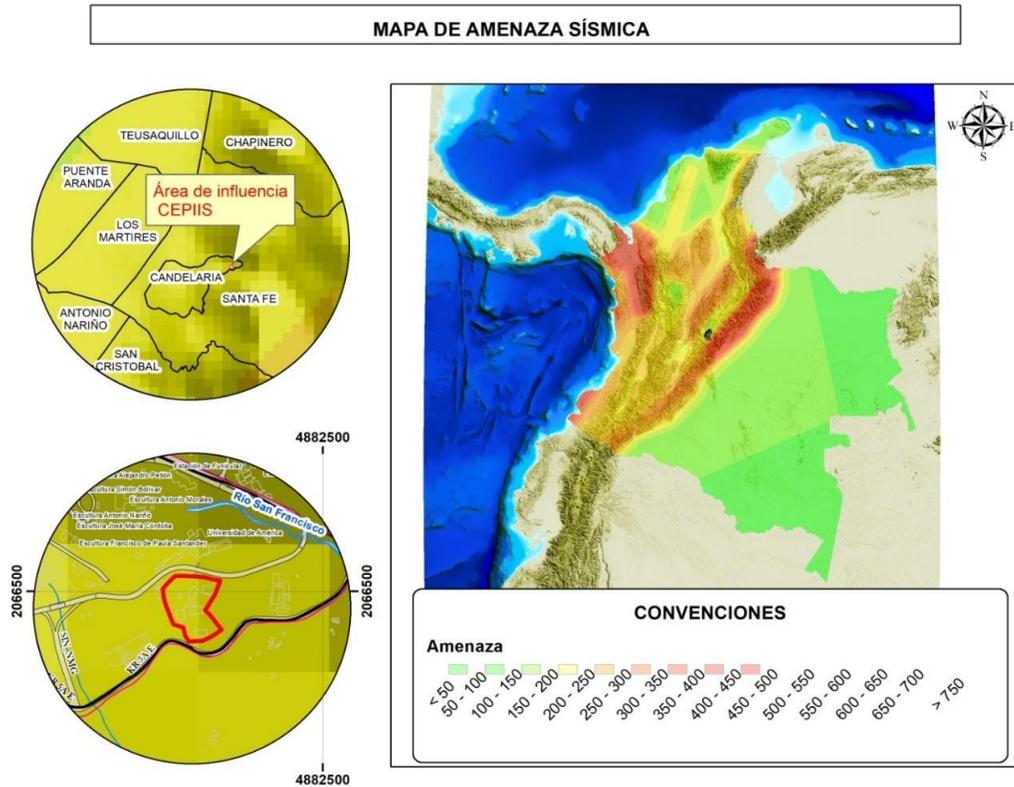
- **Amenaza sísmica en la Zona**

En esta versión actualizada del mapa de amenaza sísmica, el parámetro clave es la aceleración pico del suelo, también conocida como valores PGA (Peak Ground Acceleration). Esta aceleración máxima, a nivel de la roca, es ampliamente utilizada en estudios de amenaza sísmica para representar el movimiento del terreno. Se han propuesto diversos modelos de atenuación de este parámetro, teniendo en cuenta la distancia y las propiedades del medio transmisor [16].

Según el Mapa de Amenaza Sísmica para Colombia elaborado por el Servicio Geológico Colombiano, la zona donde se ubica el proyecto Centro de Procesos e Innovación para la Industria Sostenible CEPIIS (Departamento de Cundinamarca) se clasifica como amenaza sísmica intermedia, con valores de 150 a 200 Aa, como se muestra en la Figura 17. La aceleración pico efectiva (Aa) representa las aceleraciones horizontales del sismo y está diseñada conforme a las Normas Colombianas de Diseño y Construcción Sismo Resistente (NSR-10), expresada como un porcentaje de la aceleración de la gravedad terrestre ($g = 980 \text{ cm/s}^2$). Estas aceleraciones tienen una probabilidad del 10% de ser superadas en un lapso de 50 años, correspondiente a la vida útil de una edificación. El valor del parámetro Aa se utiliza para determinar las cargas sísmicas de diseño exigidas por el reglamento de Construcciones Sismo Resistentes.

Figura 17.

Mapa de Amenaza Sísmica asociada al Servicio Geológico Colombiano



Nota: la información contenida en la En esta versión actualizada del mapa de amenaza sísmica, el parámetro clave es la aceleración pico del suelo, también conocida como valores PGA (Peak Ground Aceleration). Esta aceleración máxima, a nivel de la roca, es ampliamente utilizada en estudios de amenaza sísmica para representar el movimiento del terreno. Se han propuesto diversos modelos de atenuación de este parámetro, teniendo en cuenta la distancia y las propiedades del medio transmisor [16].

Según el Mapa de Amenaza Sísmica para Colombia elaborado por el Servicio Geológico Colombiano, la zona donde se ubica el proyecto Centro de Procesos e Innovación para la Industria Sostenible CEPIIS (Departamento de Cundinamarca) se clasifica como amenaza sísmica intermedia, con valores de 150 a 200 Aa, como se muestra en la Figura 17. La aceleración pico efectiva (Aa) representa las aceleraciones horizontales del sismo y está diseñada conforme a las Normas Colombianas de Diseño y Construcción Sismo Resistente (NSR-10), expresada como un porcentaje de la aceleración de la gravedad terrestre ($g=980\text{ cm/s}$). Estas aceleraciones tienen una probabilidad del 10% de ser superadas en un lapso de 50 años, correspondiente

a la vida útil de una edificación. El valor del parámetro Aa se utiliza para determinar las cargas sísmicas de diseño exigidas por el reglamento de Construcciones Sismo Resistentes.

Figura 17. presenta la amenaza sísmica asociada al Servicio Geológico Colombiano en un período de retorno de 475 años tomado de: (Servicio Geológico Colombiano, 2015).

En consideración con la Norma Sismo Resistente NSR10, se realizó el análisis de valores Aa, Av, y su amenaza de la ciudad de Bogotá siendo está el área de ubicación geográfica del Centro de Procesos e Innovación para la Industria Sostenible CEPIIS.

Tabla 5.

Valores De Amenaza Sísmica En La Zona

Departamento	Municipio	Aa	Av	Zona de amenaza sísmica
Cundinamarca	Bogotá	0.15	0.20	Intermedia

Nota: la información que se encuentra en la Tabla 5., presentan los valores sísmicos de la ciudad de Bogotá, se tomó en consideración la ciudad de Bogotá debido a que es la ciudad donde se encuentra el Centro de Procesos para la Industria Sostenible CEPIIS Fuente: (Ministerio de Ambiente, Vivienda y Desarrollo Territorial, 2010).

Adicionalmente, el mapa de amenaza sísmica representa un modelo probabilístico del movimiento del terreno que podría esperarse debido a la ocurrencia de sismos en Colombia. Este movimiento del terreno se calcula en términos de la aceleración horizontal máxima del terreno en roca (PGA) y se estima para probabilidades del 2%, 10% o 50% de ser sobrepasado en un periodo de 50 años, que es el tiempo estimado de vida útil de una construcción estándar. Estas probabilidades están asociadas con la frecuencia de ocurrencia (o periodo de retorno) de los sismos potencialmente destructivos, clasificados como de ocurrencia excepcional (periodo de retorno de 2475 años), frecuentes (periodo de retorno de 475 años) o muy frecuentes (periodo de retorno de 75 años)” (Tabla 6 - Rangos De Aceleración Horizontal Máxima Del Terreno En Roca (Pga)).

Tabla 6.

Rangos De Aceleración Horizontal Máxima Del Terreno En Roca (Pga)

Susceptibilidad	Rangos de PGA
Muy Baja	0 - 50 Valor PGA (cm/s ²)
Baja	50 - 100 Valor PGA (cm/s ²)
Moderada	100 - 150 Valor PGA (cm/s ²)
	150 - 200 Valor PGA (cm/s ²)
	200 - 250 Valor PGA (cm/s ²)
Alta	250 - 300 Valor PGA (cm/s ²)
	300 - 350 Valor PGA (cm/s ²)
Muy Alta	350 - 400 Valor PGA (cm/s ²)
	400 - 750 Valor PGA (cm/s ²)

Nota: en la Adicionalmente, el mapa de amenaza sísmica representa un modelo probabilístico del movimiento del terreno que podría esperarse debido a la ocurrencia de sismos en Colombia. Este movimiento del terreno se calcula en términos de la aceleración horizontal máxima del terreno en roca (PGA) y se estima para probabilidades del 2%, 10% o 50% de ser sobrepasado en un periodo de 50 años, que es el tiempo estimado de vida útil de una construcción estándar. Estas probabilidades están asociadas con la frecuencia de ocurrencia (o periodo de retorno) de los sismos potencialmente destructivos, clasificados como de ocurrencia excepcional (periodo de retorno de 2475 años), frecuentes (periodo de retorno de 475 años) o muy frecuentes (periodo de retorno de 75 años)” (Tabla 6 - Rangos De Aceleración Horizontal Máxima Del Terreno En Roca (Pga)).

Tabla 6. se encuentran los rangos de aceleración horizontal aplicados a nivel nacional para análisis de susceptibilidad por eventos sísmicos tomado de (Ministerio de Ambiente, Vivienda y Desarrollo Territorial, 2010) .

Para evaluar la amenaza sísmica de una zona, es fundamental tener conocimiento de la sismicidad del área de estudio, que se describe mediante parámetros que caracterizan un fenómeno sísmico, como el tamaño y la localización. Los parámetros empleados incluyen momento, magnitud, intensidad, desplazamiento del suelo y aceleración. La magnitud y el momento sísmico están vinculados a la energía liberada en el foco del terremoto, mientras que la intensidad y la aceleración, velocidad y desplazamiento del suelo están relacionados con la energía recibida en un punto específico de la superficie. La intensidad del área epicentral se considera una medida del tamaño del terremoto, especialmente en épocas no instrumentales [16].

Cada zona tiene un coeficiente de aceleración que depende de las condiciones del terreno, como fallas geológicas, rellenos naturales no consolidados y otros factores que puedan amplificar las ondas sísmicas. A mayor coeficiente de aceleración, mayor es la susceptibilidad del terreno a la amenaza sísmica.

Según el Mapa Nacional de Amenaza Sísmica de Colombia de 2012, publicado por la red sismológica nacional del Servicio Geológico Colombiano (Tabla 7 - Amenaza Sísmica De La Zona), el 100% del área de influencia se encuentra en una zona de riesgo sísmico intermedio.

Tabla 7.

Amenaza Sísmica De La Zona

Amenaza sísmica			
Grado de amenaza (Aceleración PGA)	Categoría	AI	
		Área (Ha)	Área %
250 - 300 cm/s ²	Intermedia	0,85	100,00%
Total, General		0,85	100,00

Nota: en la Para evaluar la amenaza sísmica de una zona, es fundamental tener conocimiento de la sismicidad del área de estudio, que se describe mediante parámetros que caracterizan un fenómeno sísmico, como el tamaño y la localización. Los parámetros empleados incluyen momento, magnitud, intensidad, desplazamiento del suelo y aceleración. La magnitud y el momento sísmico están vinculados a la energía liberada en el foco del terremoto, mientras que la intensidad y la aceleración, velocidad y desplazamiento del suelo están relacionados con la energía recibida en un punto específico de la superficie. La intensidad del área epicentral se considera una medida del tamaño del terremoto, especialmente en épocas no instrumentales [16].

Cada zona tiene un coeficiente de aceleración que depende de las condiciones del terreno, como fallas geológicas, rellenos naturales no consolidados y otros factores que puedan amplificar las ondas sísmicas. A mayor coeficiente de aceleración, mayor es la susceptibilidad del terreno a la amenaza sísmica.

Según el Mapa Nacional de Amenaza Sísmica de Colombia de 2012, publicado por la red sismológica nacional del Servicio Geológico Colombiano (Tabla 7 - Amenaza Sísmica De La Zona), el 100% del área de influencia se encuentra en una zona de riesgo sísmico intermedio.

Tabla 7. se encuentra la amenaza sísmica de la zona del Centro de Procesos e Innovación Para la Industria Sostenible CEPIIS, siendo la zona de Bogotá, una de las ciudades con categoría Sísmica intermedia debido a los niveles de aceleración, momento y magnitud que posee, tomado de (Servicio Geológico Colombiano, 2015).

Dado lo anterior, se puede concluir con relación a la información de la amenaza frente a esta amenaza, que el área posee una actividad sísmica importante, por lo cual se asignó un valor de **Ocasional (4)**. Posibilidad de ocurrencia limitada, podría suceder, pero entre 1 a 5 años como se evidencia en la Para evaluar la amenaza sísmica de una zona, es fundamental tener conocimiento de la sismicidad del área de estudio, que se describe mediante parámetros que caracterizan un fenómeno sísmico, como el tamaño y la localización. Los parámetros empleados incluyen momento, magnitud, intensidad, desplazamiento del suelo y aceleración. La magnitud y el momento sísmico están vinculados a la energía liberada en el foco del terremoto, mientras que la intensidad y la aceleración, velocidad y desplazamiento del suelo están relacionados con la energía recibida en un punto específico de la superficie. La intensidad del área epicentral se considera una medida del tamaño del terremoto, especialmente en épocas no instrumentales [16].

Cada zona tiene un coeficiente de aceleración que depende de las condiciones del terreno, como fallas geológicas, rellenos naturales no consolidados y otros factores que puedan amplificar las ondas sísmicas. A mayor coeficiente de aceleración, mayor es la susceptibilidad del terreno a la amenaza sísmica.

Según el Mapa Nacional de Amenaza Sísmica de Colombia de 2012, publicado por la red sismológica nacional del Servicio Geológico Colombiano (Tabla 7 - Amenaza Sísmica De La Zona), el 100% del área de influencia se encuentra en una zona de riesgo sísmico intermedio.

Tabla 7.

- Escenarios de Riesgo: Magnitud superior a las consideradas en los diseños afectando infraestructura del proyecto

Este escenario hace referencia a la ocurrencia de un sismo cuyas magnitudes obedecen a un periodo de retorno superior al de diseño de la infraestructura llegando a ocasionar daños e incluso el colapso de estas; de acuerdo a esto en la Tabla 8. se presenta el sismo de diseño considerado en la infraestructura del proyecto.

Tabla 8.

Escenario De Riesgos Asociado A La Infraestructura

Infraestructura	Período de retorno
Infraestructura educativa	475
Planchas o Plataformas	475

Nota: la información presentada en la Tabla 8. presenta los escenarios de riesgo asociada a la infraestructura presente del Centro de Procesos e Innovación para la Industria Sostenible CEPIIS en consideración con lo expuesto en (Ministerio de Ambiente, Vivienda y Desarrollo Territorial, 2010).

3.1.2. Inundación

A partir de los estudios realizados por el Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales (IDEAM) en la zona, se identificó que la inundación es uno de los eventos más probables en las temporadas de precipitaciones debido a las condiciones morfológicas del terreno. En consecuencia, la probabilidad de amenaza por inundación en el proyecto es alta, ya que se observan extensas áreas inundables en el área de influencia.

La definición de la amenaza por inundación se basó en los resultados del Plan de Ordenamiento y Manejo de Cuencas Hidrográficas (POMCA). La metodología incluyó la categorización y calificación de variables que desencadenan inundaciones, cruzadas con la zonificación de susceptibilidad generada. El proceso de zonificación se llevó a cabo de la siguiente manera:

- Análisis geomorfológico e histórico: La categorización de amenazas consideró la temporalidad de los eventos de inundación, clasificándolos en tres rangos según su fecha de ocurrencia. Cada unidad geomorfológica se ajustó según la temporalidad de los eventos históricos.
- La zonificación se complementó y ajustó con información de estudios previos, como la zonificación de amenaza por inundaciones del Plan de Ordenamiento Territorial (POT) vigente de Bogotá.

Se tuvieron en cuenta eventos de inundación ocurridos durante fenómenos de La Niña en los años 1985, 2000, 2011 y 2012, clasificándolos en amenazas bajas, medias y altas. En la zonificación de amenazas, se consideraron la geomorfología de los terrenos y las unidades geomorfológicas del área de influencia del Centro de Procesos e Innovación para la Industria Sostenible. El factor detonante de las inundaciones se definió como la precipitación, ya que su ocurrencia está asociada al aumento de los caudales superficiales y al desbordamiento de los cauces. Se asignaron categorías de evaluación a los rangos de precipitación media anual, numeradas del 1 al 5, donde 1 representa la condición más favorable y 5 la más desfavorable.

Tabla 9.

Rangos De Precipitación

Rango de la Precipitación mm	Categoría	Calificación
< 1000	Muy Baja	1
1000 - 2000	Baja	2
2000- 3000	Moderada	3
3000- 4000	Alta	4
> 400	Muy Alta	5

Nota: los rangos de precipitación fueron considerando la zonificación del informe de Gestión del riesgo y del Desastre elaborado por la Unidad de Gestión del Riesgo y del Desastre UNGRD para la Ciudad de Bogotá, cuyo informe menciona la precipitación media anual.

Aplicando la evaluación para determinación de amenaza por inundación, se determinó la amenaza considerando la susceptibilidad geomorfológica del área por paisaje y relieve, y la calificación por precipitación. Aplicando la evaluación previamente ilustrada, para el área de influencia del proyecto se encontró la distribución espacial de las zonas con tendencia a inundaciones, las cuales se pueden evidenciar en la Tabla 10.

Tabla 10.*Amenaza Por Inundación CEPIIS*

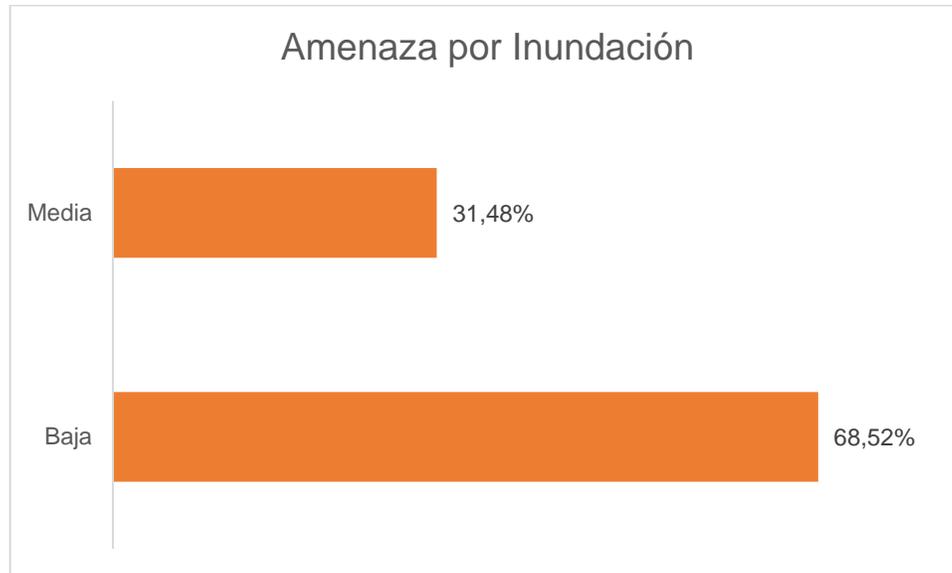
Amenaza por Inundación	Área	%
Baja	0,586942	68,52%
Media	0,269615	31,48%
Total	0,856557	100,00%

Nota: con relación a lo expuesto en la Tabla 10., se presenta que el 68,52% del área del Centro de Procesos e Innovación para la Industria Sostenible CEPIIS, presenta una amenaza baja de inundación, considerando las unidades geomorfológicas, no se encontraron ambientes denudacionales, o fluviales que provean que esta amenaza se materialice a mayor escala.

De acuerdo con los resultados obtenidos, se elaboró la representación gráfica donde se presentan los resultados de las áreas clasificadas según el nivel de amenaza por inundación dentro del Centro de Procesos e Innovación para la Industria Sostenible CEPIIS encontrándose que el 68,52% del área de influencia presentan una susceptibilidad baja a la inundación, seguida por el 31,48% de probabilidad de susceptibilidad moderada tal como se evidencia en la Figura 18.

Figura 18.

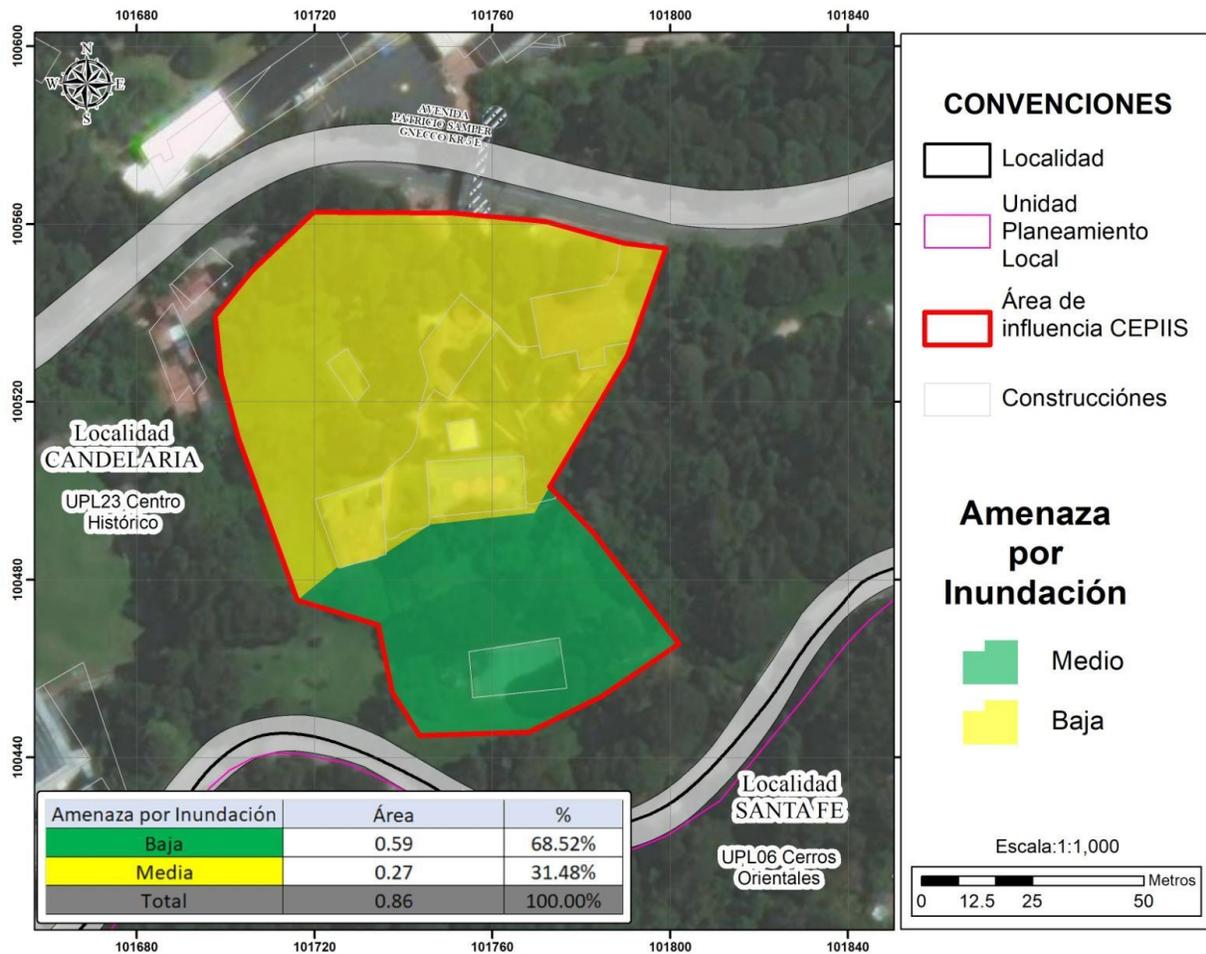
Amenaza por Inundación área de Influencia Centro de Procesos e Innovación para la Industria Sostenible CEPIIS.



Nota: en la Figura 18., se presenta el consolidado de amenaza por inundación derivado de los cruces especiales a la precipitación y unidades geomorfológicas presentes en el área de influencia y circundante al Centro de Procesos e Innovación para la Industria Sostenible CEPIIS.

Figura 19.

Amenaza por Inundación CEPIIS



Nota: en la Figura 19. se presenta de manera esquemática las áreas susceptibles a inundación del Centro de Procesos e Innovación para la industria Sostenible CEPIIS, derivado de la revisión del medio geosférico y rangos climáticos multianuales.

Cómo se presenta previamente, las zonas de amenaza por inundación en el área de influencia corresponden principalmente a categoría baja y media, debido a las características morfológicas del área de estudio. Dado lo anterior, se puede concluir que la información recolectada frente a esta amenaza, presenta un comportamiento moderado por el cual, se puede valorar como **Remoto (3)** Posibilidad de ocurrencia limitada, sucede pocas veces como se evidencia en la Figura 19.

3.1.3. Avenidas Torrenciales.

Las Avenidas Torrenciales se refieren a crecidas repentinas de cuerpos hídricos, generadas por intensas precipitaciones que provocan aumentos abruptos en los niveles de agua de ríos y quebradas, acompañados de sedimentos y otros elementos que pueden causar daños a la infraestructura y, en ocasiones, pérdidas humanas. El sistema torrencial comprende tres partes: la generación, el transporte y la recepción de los detritos. Este sistema no solo está asociado con la producción de flujos de detritos, sino también con las áreas donde comienzan y se transportan avalanchas de suelo y roca en picos de nevados y cordilleras, así como las zonas propensas a procesos de remoción en masa cerca de corrientes de agua.

El análisis de la amenaza por avenidas torrenciales se llevó a cabo mediante un método semicuantitativo, siguiendo los estándares de zonificación numérica y superponiendo temáticas relevantes en la evaluación, como precipitación, densidad de drenajes y pendientes. La información sobre densidad de drenajes se obtuvo de IDECA para los drenajes, tributarios y cuencas del Río San Francisco, junto con datos sobre las pendientes.

Precipitación

La precipitación desempeña un papel crucial como agente activador de fenómenos torrenciales, el caudal de las crecidas y su capacidad erosiva son elementos esenciales en el análisis del régimen de aguas superficiales en laderas con pendientes pronunciadas. Se considera el papel de la lluvia en los procesos torrenciales, respaldado por los principios básicos de la morfometría e hidrología, así como por la información disponible sobre precipitaciones, esto permite ofrecer una explicación fundamentada sobre el mecanismo de generación de eventos torrenciales en las cuencas de la zona de estudio.

Siguiendo la metodología previamente expuesta, se tuvo en cuenta la identificación y zonificación de las áreas potencialmente susceptibles a fenómenos torrenciales, sin centrarse necesariamente en obras de control de crecidas o la implementación de medidas en vertientes, esta información se extrajo del Centro de Infraestructura de Datos Espaciales de Bogotá (IDECA) [18].

Red de drenajes

La densidad de drenaje, según la definición de Horton [19] que la describe como la longitud de los canales (L) por unidad de área (A), se considera como un indicador valioso que revela las interacciones entre el clima, la vegetación y la capacidad del sustrato rocoso o edáfico para resistir la erosión.

En el contexto del análisis de avenidas torrenciales, el parámetro de densidad de drenaje emerge como un indicador clave de los factores o agentes que contribuyen a la conformación de la red hídrica. Es crucial tener presente que, durante o justo después de los episodios de precipitación, el agua fluye sobre la superficie de la cuenca, y una proporción se dirige hacia los tributarios dentro del área de influencia.

En regiones de climas húmedos, la densidad de drenaje suele ser más baja en comparación con áreas áridas que comparten características litológicas similares, ya que la cobertura vegetal actúa como un elemento protector. Por otro lado, las zonas con relieve bajo y una buena capacidad de infiltración generalmente exhiben una densidad de drenaje inferior a aquellas con relieves más pronunciados o menor permeabilidad. Se reconoce que, para una cuenca específica, existe una relación sinérgica que se alinea con el coeficiente de escurrimiento.

Pendiente del terreno

Las avenidas torrenciales se manifiestan como una amenaza recurrente en áreas montañosas, y debido a sus características intrínsecas, pueden provocar daños en la infraestructura y poner en riesgo vidas humanas. Este fenómeno suele originarse en ríos de montaña o en cuencas con fuertes pendientes, especialmente en respuesta a eventos hidrometeorológicos intensos que generan precipitaciones superiores a los valores de precipitación pico en un corto periodo.

La clasificación de la torrencialidad de una cuenca está influenciada por diversos factores, y este análisis se centra en tres características principales: parámetros morfométricos del área de influencia, factores climáticos y factores geomorfológicos. La inclinación del terreno es un parámetro relevante para determinar la susceptibilidad a las avenidas torrenciales, ya que está estrechamente relacionada con la propensión a movimientos de remoción en masa [20].

La evaluación de la amenaza por avenidas torrenciales se lleva a cabo mediante la ecuación propuesta por Ordoñez y Martínez [21], que se expresa como sigue:
Amenaza Torrencial (AT): $0,4 \times P + 0,4 \times S_0 + 0,2 \times D_d$

Se asignaron categorías de evaluación a distintos rangos, considerando la precipitación media anual, clases morfométricas como la densidad de drenaje y la pendiente del terreno. Este enfoque permite homogeneizar los parámetros para un análisis más integral. Cada categoría se representa mediante un dígito numérico del 1 al 5, donde 1 indica la condición más favorable y 5 refleja la condición más desfavorable. En la Tabla 11, se presentan los intervalos para la categorización y el grado de amenaza por avenidas torrenciales, ponderando adecuadamente estos parámetros.

Tabla 11.

Rango De Valoración Para Avenidas Torrenciales

Rango de Valoración de la Variable AT	Categoría
< 1.5	Muy Baja
1.5 – 2.5	Baja
2.5 – 3.5	Moderada
3.5 – 4.5	Alta
4.5 - 5	Muy Alta

Nota: en la Las avenidas torrenciales se manifiestan como una amenaza recurrente en áreas montañosas, y debido a sus características intrínsecas, pueden provocar daños en la infraestructura y poner en riesgo vidas humanas. Este fenómeno suele originarse en ríos de montaña o en cuencas con fuertes pendientes, especialmente en respuesta a eventos hidrometeorológicos intensos que generan precipitaciones superiores a los valores de precipitación pico en un corto periodo.

La clasificación de la torrencialidad de una cuenca está influenciada por diversos factores, y este análisis se centra en tres características principales: parámetros morfométricos del área de influencia, factores climáticos y factores geomorfológicos. La inclinación del terreno es un parámetro relevante para determinar la susceptibilidad a las avenidas torrenciales, ya que está estrechamente relacionada con la propensión a movimientos de remoción en masa [20].

La evaluación de la amenaza por avenidas torrenciales se lleva a cabo mediante la ecuación propuesta por Ordoñez y Martínez [21], que se expresa como sigue:
Amenaza Torrencial (AT): $0,4 \times P + 0,4 \times S0 + 0,2 \times Dd$

Se asignaron categorías de evaluación a distintos rangos, considerando la precipitación media anual, clases morfométricas como la densidad de drenaje y la pendiente del terreno. Este enfoque permite homogeneizar los parámetros para un análisis más integral. Cada categoría se representa mediante un dígito numérico del 1 al 5, donde 1 indica la condición más favorable y 5 refleja la condición más desfavorable. En la Tabla 11, se presentan los intervalos para la categorización y el grado de amenaza por avenidas torrenciales, ponderando adecuadamente estos parámetros.

Tabla 11. se presentan los rangos de valoración para eventos por Avenidas Torrenciales cuya metodología fue adaptada por Ordoñez y Martínez, quienes propusieron analizar riesgos de origen natural, mediante análisis de Información Geográfica, fuente: (C Ordoñez, R Martínez, 2003).

El significado de los rangos se indica a continuación:

Tabla 12.

Calificación De Valoración Para Avenidas Torrenciales

Nivel de Amenaza	Rango	Descripción
< 1.5	Muy Baja	Se refieren a zonas con una activación limitada o baja en respuesta a precipitaciones prolongadas que abarcan áreas extensas. Por lo general, estas áreas corresponden a interfluvios y drenajes de primer orden que desembocan directamente en el río principal de la cuenca.
1.5 - 2.5	Baja	Estas áreas experimentan activación en respuesta a lluvias de larga duración que afectan extensiones amplias. Por lo general, se trata de interfluvios y drenajes de primer orden que desembocan directamente en el río principal de la cuenca.
2.5 - 3.5	Moderada	Estas áreas exhiben una diversidad de cobertura vegetal, que va desde bosques hasta cultivos, pueden ser potencialmente inestables debido a movimientos en masa, pendientes pronunciadas, procesos erosivos y crecidas de los cursos de agua. Además, muestran una respuesta hidrológica moderadamente rápida y, por lo general, experimentan crecidas durante las épocas de mayor precipitación.
3.5 - 4.5	Alta	Estas áreas son potencialmente inestables debido a la pendiente pronunciada y la presencia de movimientos en masa, exhiben una respuesta hidrológica rápida y están cubiertas por suelos que incluyen matorrales, cultivos asociados, pastizales y pastizales naturales. Por lo general, experimentan crecidas durante los periodos lluviosos.
4.5 - 5	Muy Alta	Estas áreas se caracterizan por experimentar fuertes precipitaciones y tener condiciones de humedad elevadas, con predominio de cultivos, pastizales y vegetación arbustiva. Son áreas inestables y potencialmente inestables que responden de manera rápida y violenta a lluvias de alta intensidad y corta duración, lo que puede generar crecidas torrenciales.

Nota: en la Tabla 12. se presenta la valoración para eventos por Avenidas Torrenciales cuya metodología fue adaptada por Ordoñez y Martínez, quienes propusieron analizar riesgos de origen natural, mediante análisis de Información Geográfica, fuente: (C Ordoñez, R Martínez, 2003).

Derivado del análisis, se evidencia que la mayor parte del área de influencia junto con el Centro de Procesos e Innovación para la Industria Sostenible CEPIIS, se encuentra en una zona con amenaza por Avenidas Torrenciales moderada, considerando las pendientes, precipitaciones y las densidades de drenajes de los tributarios y accesos directos al Río San Francisco cómo se logra evidenciar en la Tabla 13..

Tabla 13.

Intervalos De Amenaza Por Avenidas Torrenciales CEPIIS

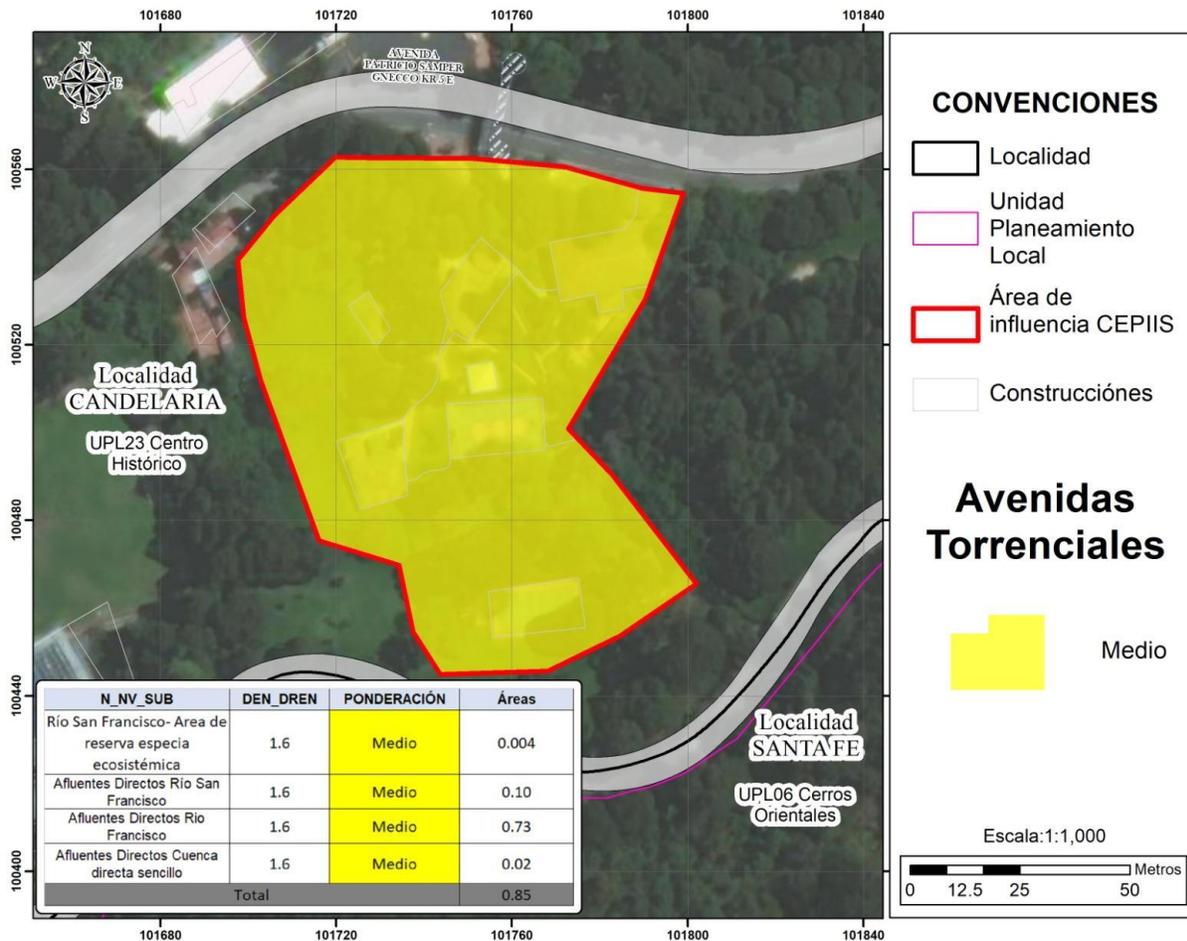
N_NV_SUB	DEN_DRE N	PONDERACI ÓN	ÁREAS
Río San Francisco- Área de reserva especial ecosistémica	1,06	Medio	0,004315
Afluentes Directos Río San Francisco	1,06	Medio	0,097875
Afluentes Directos Rio Francisco	1,06	Medio	0,730071
Afluentes Directos Cuenca directa sencillo	1,06	Medio	0,017308
Total			0,8496

Nota: Como se logra evidenciar en la Tabla 13., se realizó un análisis a los directos, tributarios y efluentes del río San Francisco cuya información fue derivada del IDECA; POT 555 de 2021, cartografía editable, anexo recurso Hídrico, para evidenciar la densidad, y velocidad promedio del drenaje, es importante mencionar que río en concreto se encuentra a una distancia aproximada de 400 metros, por lo cual, los tributarios y afluentes directos son pocos en el CEPIIS.

Cómo se presenta previamente, las zonas de amenaza por avenidas torrenciales en el área de influencia corresponden principalmente a categoría baja y moderada, debido a las características morfológicas del área de estudio. Dado lo anterior, se puede concluir que la información recolectada frente a esta amenaza, presenta un comportamiento moderado por el cual, se puede valorar como **Remoto (3)** Posibilidad de ocurrencia limitada, sucede pocas veces como se evidencia en la Figura 20.

Figura 20.

Amenaza por Avenidas Torrenciales CEPIIS



Nota: en la Figura 20 se evidencia el esquema cartográfico de la amenaza por Avenidas Torrenciales del Centro de Procesos e Innovación para la Industria Sostenible.

3.1.4. Movimientos en Masa.

Los fenómenos de movimiento en masa hacen referencia al proceso geomorfológico en el cual el suelo y la roca, se mueven cuesta abajo por fuerza de la gravedad. Este evento es conocido puntualmente como deslizamientos, volcamientos o derrumbes. Existen varios factores que propician los movimientos en masa, entre los cuales se encuentran las altas precipitaciones, condiciones del terreno, o procesos artificiales. De acuerdo con el “Mapa de categorías de amenaza relativa por movimientos en masa de Colombia” [22] el área del Centro de Procesos e Innovación para la Industria Sostenible CEPIIS, se ubica dentro de una de las provincias con amenaza media según el Servicio Geológico Colombiano. El cálculo de amenaza por movimiento en masa se determinó mediante la siguiente ecuación tomada de la Guía Metodológica para

estudios, amenazas, vulnerabilidad y riesgos por movimiento en masa del Servicio Geológico Colombiano [23].

$$\text{Amenaza por movimientos en Masa} = 0,7 * Sc \text{ MM} + 0,3 * P$$

Dónde:

ScMM: Susceptibilidad por movimiento en masa

P: precipitación

Se asignaron diferentes categorías de evaluación a los rangos de precipitación media anual, las clases morfológicas asignadas por el Servicio Geológico Colombia SGC y la pendiente del terreno, lo cual permitió homogenizar los diversos parámetros para posteriormente analizarlos.

Tabla 14.

Rango De Valoración De Movimiento En Masa

Rango de Valoración de la Variable MM	Categoría
< 1.5	Muy Baja
1.5 – 2.5	Baja
2.5 – 3.5	Moderada
3.5 – 4.5	Alta
4.5 – 5	Muy Alta

Nota: en la Tabla 14. se presentan los rangos de valoración por movimiento en masa, derivado de la guía metodológica para estudios, amenazas, vulnerabilidad y riesgos del Servicio Geológico Colombia.

El significado de cada uno de los intervalos analizados de los eventos de movimientos en masa se evidencia en la Tabla 15.

Tabla 15.

Descripción De Análisis De Intervalos Por Movimiento En Masa

Nivel de Amenaza	Rango	Descripción
<1.5	Muy Baja	Son áreas que tienen poca o baja activación como respuesta a movimientos en masa o desplazamiento.
1.5 – 2.5	Baja	Son áreas que se activan como respuesta a movimientos en masa, deslizamientos o lluvias cuya velocidad de la masa se incrementa más o menos rápidamente desde casi cero hasta un pie por hora; entonces decrece hasta un valor pequeño.

Nivel de Amenaza	Rango	Descripción
2.5 – 3.5	Moderada	Estas áreas cuentan con una diversidad de cobertura vegetal, que va desde bosques hasta cultivos, siendo potencialmente inestables debido a movimientos en masa, la pendiente del terreno, procesos erosivos y crecientes de los cursos de agua. Además, muestran una respuesta hidrológica moderadamente rápida.
3.5 – 4.5	Alta	Estas áreas son propensas a inestabilidades debido a la pendiente del terreno y la posibilidad de movimientos en masa. Además, exhiben una respuesta hidrológica rápida y están cubiertas por una variedad de suelos, que incluyen matorrales, cultivos asociados, pastizales y pastizales naturales. Por lo general, experimentan crecidas durante los periodos lluviosos.
4.5 – 5	Muy Alta	Estas áreas se caracterizan por experimentar fuertes precipitaciones y altas condiciones de humedad previa, con la predominancia de cultivos, pastizales y vegetación arbustiva. Además, son propensas a la inestabilidad y pueden responder de manera rápida y violenta a deslizamientos y avalanchas de detritos.

Nota: en Tabla 15. se presentan los rangos de valoración por movimiento en masa, derivado de la guía metodológica para estudios, amenazas, vulnerabilidad y riesgos del Servicio Geológico Colombia.

En consideración con los cruces efectuados se evidenció que el 40,6% del área de influencia, presenta una probabilidad por amenaza de movimientos en masa moderada, seguido por 36,7% de probabilidad baja y muy baja y finalmente un 22,7% de probabilidad de ocurrencia de movimiento en masa con calificación alta tal como se evidencia en la Tabla 16.

Tabla 16.

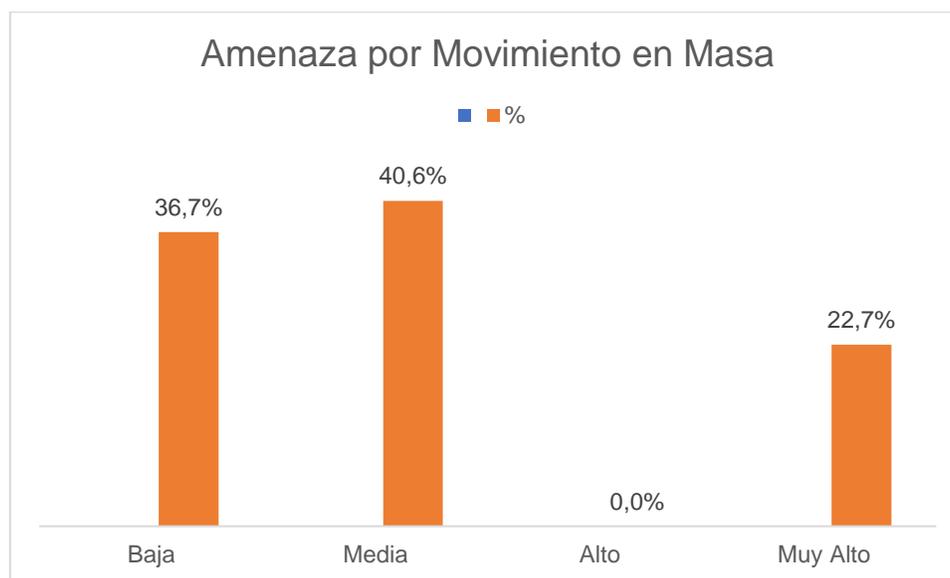
Amenaza Por Movimiento En Masa

Amenaza por Movimiento en Masa	Área	%
Baja	0,31	36,7%
Media	0,35	40,6%
Alto	0	0,0%
Muy Alto	0,19	22,7%
Total	0,857291	100,0%

Nota: en la Tabla 16., se presenta la amenaza por movimiento en masa, derivado del análisis de pendientes del Centro de Procesos e Innovación para la Industria Sostenible CEPIIS, las pendientes fueron dadas por la calificación de pendientes de la Autoridad Nacional de Licencias Ambientales ANLA.

Figura 21.

Amenaza por Movimiento en Masa área de Influencia Centro de Procesos e Innovación para la Industria Sostenible CEPIIS



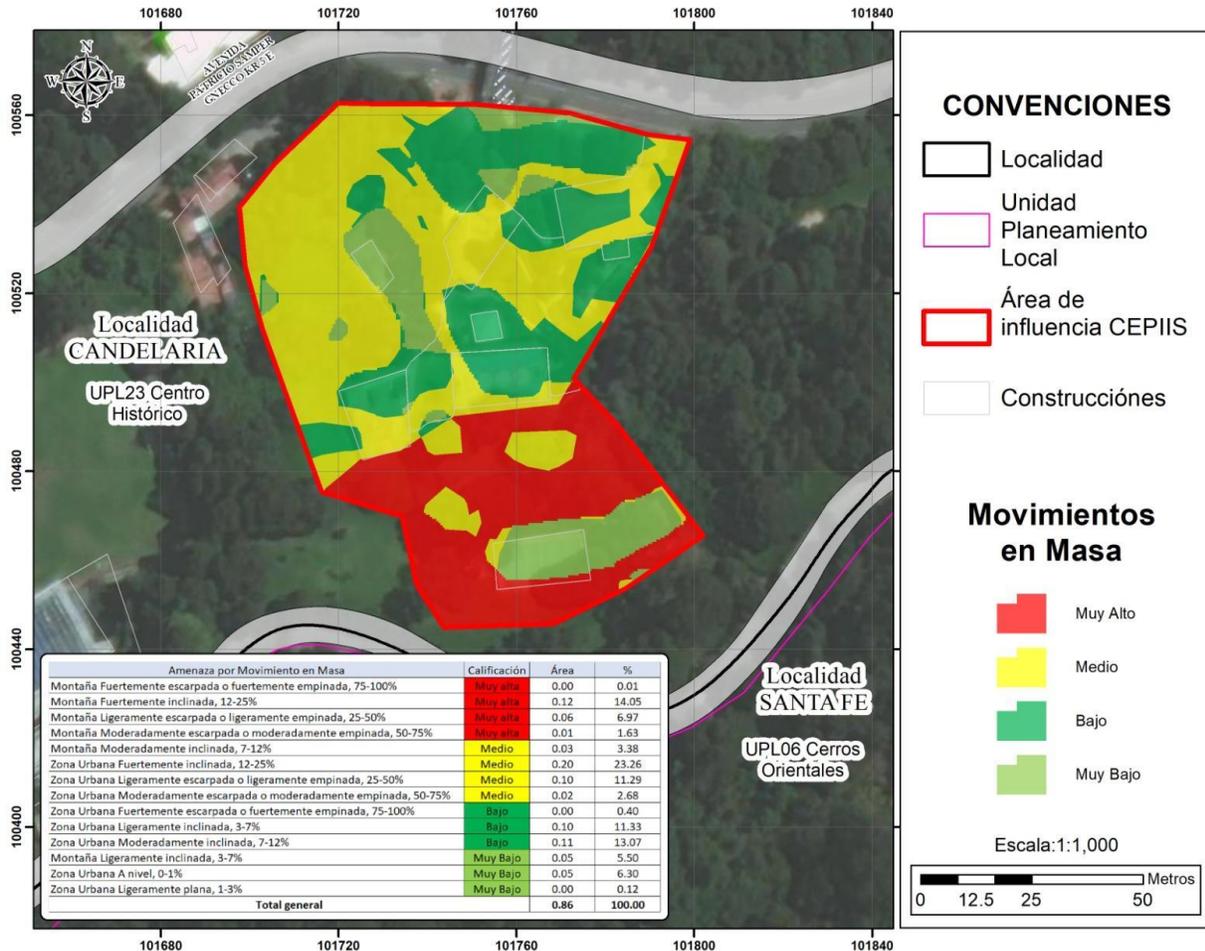
Nota: en la Tabla 16. se presenta la amenaza por movimiento en masa, derivado del análisis de pendientes del Centro de Procesos e Innovación para la Industria Sostenible CEPIIS, las pendientes se ubican en una calificación entre alta y muy alta considerando el sector donde se encuentra el centro de procesos.

La amenaza por movimiento en masa en el área de influencia se clasifica en su mayoría como alta y muy alta, considerando factores como la pendiente, procesos erosivos y crecientes de los cursos de agua. Sin embargo, estos tienen una respuesta hidrológica moderadamente rápida. Con base en la información proporcionada en este documento y siguiendo los lineamientos establecidos, se determinó la calificación de probabilidad, la

cual está relacionada con la frecuencia con la que el evento amenazante puede manifestarse y alterar las condiciones operativas del Centro de Procesos. Debido a lo previamente expuesto, se presenta un comportamiento moderado por el cual, se puede valorar como **Ocasional (4)** Posibilidad de ocurrencia Media, podría presentarse una vez al año como se evidencia en la Figura 22.

Figura 22.

Amenaza por Movimiento en Masa



Nota: en la Figura 22, se presenta la amenaza por movimiento en masa, derivado del análisis de pendientes del Centro de Procesos e Innovación para la Industria Sostenible CEPIIS, las pendientes se ubican en una calificación entre alta y muy alta considerando el sector donde se encuentra el centro de procesos.

3.1.5. Tormenta Eléctrica.

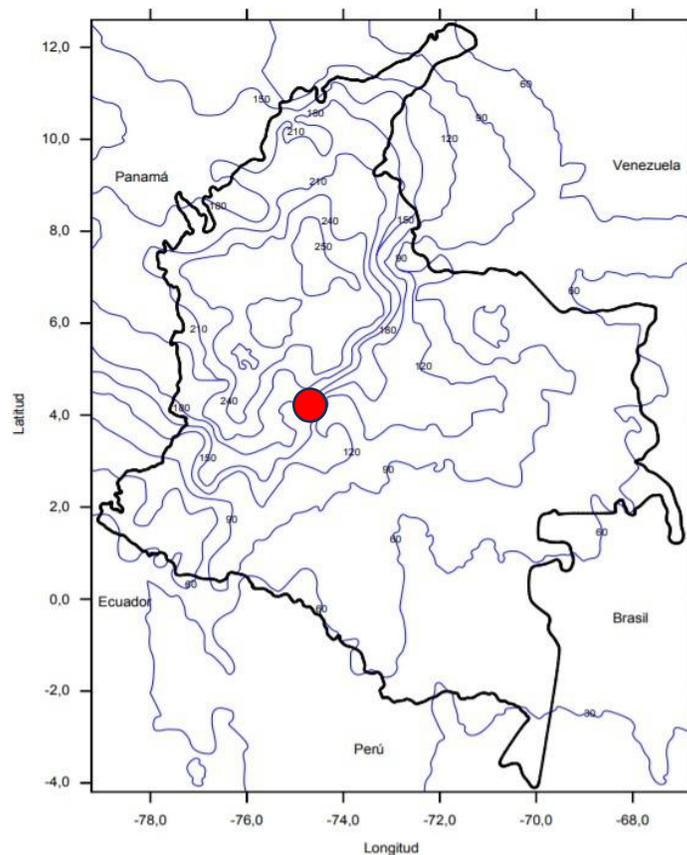
En términos meteorológicos, las tormentas eléctricas se definen como una manifestación visible o audible de la electricidad atmosférica. Las consecuencias de estas tormentas se reflejan en salidas o fallas de los sistemas eléctricos, lo que puede resultar en la falta de electricidad en amplias zonas; inundaciones o anegamiento de

áreas de trabajo; daños mecánicos o eléctricos (por los rayos) en edificaciones, árboles, cultivos y maquinaria, así como lesiones severas e incluso la pérdida de vidas [24].

Una manera de evaluar las amenazas por tormentas eléctricas es mediante el uso de mapas isoceráunicos que se construyen con los niveles ceráunicos, los cuales indican la cantidad de días de tormenta en un año que se presentan en un área específica. Según el mapa de niveles ceráunicos para Colombia elaborado por la Universidad Nacional, la zona correspondiente al departamento de Bogotá presenta un nivel ceráunico de 120 (Figura 23), lo que sugiere que, en la zona, se experimentan aproximadamente 120 días al año con algún indicio de la ocurrencia de tormentas eléctricas.

Figura 23.

Niveles Ceráunicos



Nota: en la En términos meteorológicos, las tormentas eléctricas se definen como una manifestación visible o audible de la electricidad atmosférica. Las consecuencias de estas tormentas se reflejan en salidas o fallas de los sistemas eléctricos, lo que puede resultar en la falta de electricidad en amplias zonas; inundaciones o anegamiento de áreas de trabajo; daños mecánicos o eléctricos (por los rayos) en edificaciones, árboles, cultivos y maquinaria, así como lesiones severas e incluso la pérdida de vidas [24].

Una manera de evaluar las amenazas por tormentas eléctricas es mediante el uso de mapas isoceráunicos que se construyen con los niveles ceráunicos, los cuales indican la cantidad de días de tormenta en un año que se presentan en un área específica. Según el mapa de niveles ceráunicos para Colombia elaborado por la Universidad Nacional, la zona correspondiente al departamento de Bogotá presenta un nivel ceráunico de 120 (Figura 23), lo que sugiere que, en la zona, se experimentan aproximadamente 120 días al año con algún indicio de la ocurrencia de tormentas eléctricas.

Figura 23. representa los niveles ceráunicos de Colombia, se evidencia que Bogotá presenta una descarga contra tierra de 120 DDT, tomada de (Norma Técnica Colombiana, 2008).

De acuerdo a lo anterior, se siguieron los criterios de probabilidad derivados del informe de protección a identificaciones en el cual se ilustran los criterios de la probabilidad de amenaza por tormentas eléctricas, según el nivel ceráunico se presenta en la Tabla 17.

Tabla 17.*Probabilidad De Amenaza De Tormenta Eléctrica Con Relación A Niveles Cerámicos*

Rango NC al Año	Probabilidad
≤ 60	Muy baja
61 - 120	Baja
121 - 180	Media
181 - 240	Alta
≥ 241	Muy alta

Nota: en la Tabla 17., se evidencian los rangos de probabilidad de amenaza por tormenta eléctrica en relación con los niveles cerámicos de Bogotá, tomado de [26].

Densidad de descargas a Tierra

La densidad de descargas a tierra es el número de rayos a tierra por kilómetro cuadrado al año, y se determina mediante mediciones directas y ecuaciones que dependen del nivel cerámico. Para calcular la densidad de descargas a tierra, se utiliza la siguiente ecuación:

$$DDT = 0,0017NC^{1,56}$$

Dónde:

DDT: Densidad de rayos a tierra (descargas /km²-año)

NC: Nivel cerámico (días/ año)

Los valores 0,0017 y 1,56 son constantes derivadas de los datos de los sistemas de medición y localización de rayos en Colombia. Al aplicar la fórmula para el área de influencia con el valor de 120 días/año, se obtiene una densidad de descargas de 2,978 descargas/km²-año. Dado que este valor es menor que 9, se clasifica la amenaza de tormentas para el área del proyecto como muy baja (consulte la Tabla 18 para más detalles).

Tabla 18.*Calificación De Amenaza De Tormenta Eléctrica Con Relación A Niveles Cerámicos*

Municipios del Área de influencia	Nivel Cerámico	Densidad de Rayos DDT	Calificación
Bogotá	120	2,97832211	Muy Baja

Nota: en la Tabla 18. se presentan la calificación a descargas a tierra por la infraestructura del Centro de Procesos e Innovación para la industria Sostenible CEPIIS; en el cual se evidencia que la densidad de rayos DDT, presenta una probabilidad baja de materialización de este evento.

La ocurrencia de tormentas eléctricas en la zona del Centro de Procesos e Innovación para la Industria Sostenible (CEPIIS) puede tener diversas implicaciones para su operación. Estas van desde daños físicos, como efectos mecánicos, térmicos, químicos y explosivos, hasta fallos en los sistemas eléctricos y electrónicos debido a efectos electromagnéticos, así como lesiones en seres vivos por tensiones de contacto. Los fallos permanentes en sistemas eléctricos y electrónicos pueden ser causados por el impulso electromagnético generado por los rayos, y esto puede ocurrir a través de diversas vías:

- Ondas tipo impulso, ya sea conducidas o inducidas, transmitidas a los dispositivos a través de los cables de conexión.
- Efectos directos de los campos electromagnéticos radiados sobre los dispositivos.

En términos de la estructura, las ondas tipo impulso pueden generarse externa o internamente:

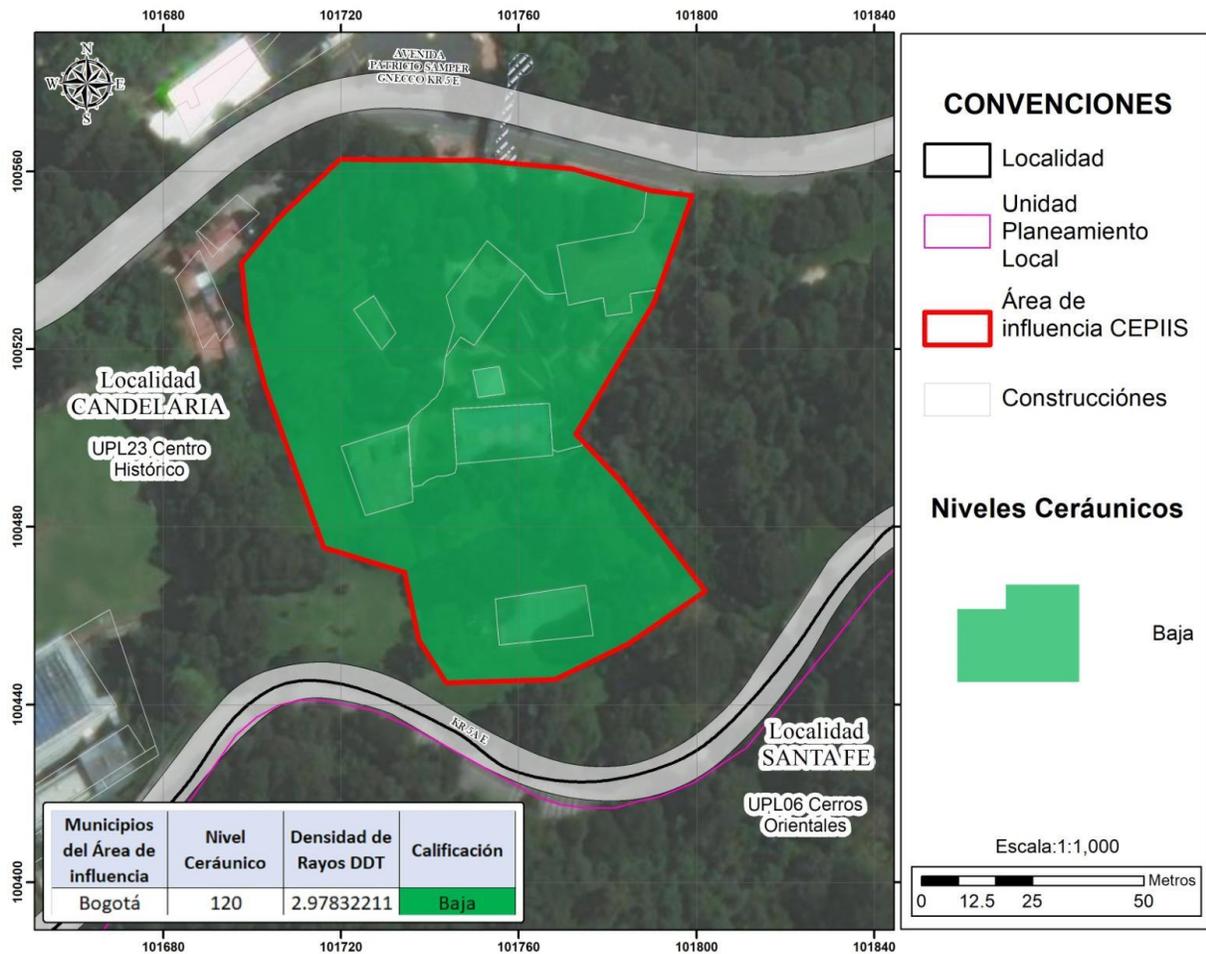
- Ondas tipo impulso externas a la estructura son producidas por descargas de rayos que impactan cerca del área donde se ubica el proyecto, transmitiéndose a los sistemas eléctricos y electrónicos.
- Ondas tipo impulso internas a la estructura se generan por impactos directos en la estructura o en el terreno cercano.

Según la información recopilada por Desinventar.Net y la UNGRD, se han registrado cinco (5) eventos de descargas eléctricas en la ciudad de Bogotá desde el año 2000 hasta el año 2021, lo que sugiere una probabilidad muy baja de ocurrencia. Sin embargo, este dato indica que los efectos de las descargas eléctricas aún representan un porcentaje significativo en los fallos operativos de los sistemas en el país.

Dadas las consideraciones anteriores y el nivel cerámico del municipio de Bogotá, departamento de Cundinamarca, la valoración de la zona del CEPIIS se clasifica como Improbable (2), con una posibilidad de ocurrencia muy baja, ocurriendo de forma excepcional, según se representa en la Figura 24.

Figura 24.

Amenaza por Densidad de descargas a tierra / tormenta eléctrica CEPIIS



Nota: en la Figura 24. se presenta la probabilidad de amenaza por tormenta eléctrica en el área de influencia al Centro de Procesos e Innovación para la Industria Sostenible CEPIIS, en el cual se presenta una calificación muy baja considerando los niveles de densidad a Rayos de la ciudad de Bogotá.

- **Escenarios de Riesgo: lesiones**

Las descargas eléctricas pueden ocasionar lesiones tales como quemaduras, paros cardiacos, destrucción de músculos, nervios y tejidos por una corriente que atraviesa el cuerpo.

- **Escenarios de Riesgo:** Alteración de las protecciones y sistemas de falla de los Equipos de control del CEPIIS

Descargas eléctricas de más de 5 kilómetros de longitud que alteren y afecten la infraestructura presente y equipos

3.1.6. Erosión.

Se entiende por erosión como el proceso por el cual las tierras de zonas secas se convierten en tierras improductivas, dicha degradación es consecuencia de diversas actividades humanas y cambios climáticos. [27].

El departamento de Cundinamarca ocupa el tercer (3) puesto dentro de los trece (13) departamentos con mayor magnitud en degradación por erosión en el cual se evidencia que cerca de un 80,3% del departamento, presenta algún grado de erosión. [28].

La tasa media anual de erosión en un campo puede predecirse con el uso de la ecuación universal de pérdida de suelos (USLE por sus siglas en inglés). La ecuación integra los patrones de precipitación, erosibilidad del suelo, pendientes %, longitud de la pendiente y factor tipo de cultivo. Se asignaron diferentes categorías acordes a los grados de erosión que se encuentran, tal como se presenta en la Intervalos de calificación por erosión.

Tabla 19.

Intervalos De Calificación Por Erosión

Rango de Valoración de la Variable	Categoría
< 6.7	Muy Baja (tolerable)
6.7 – 11.2	Baja
11.2 – 22.4	Moderada
22.4 – 33.6	Alta
> 33.6	Severa

Nota: en la Tabla 19. se presentan los intervalos de calificación por erosión, cuya calificación fue adaptada a las condiciones de la ciudad de Bogotá, tomada de (Iván Pérez-Rubioa , Andreas Mende, 2018) y adaptada a los criterios de pendientes, precipitación, y susceptibilidad del Centro de Procesos e Innovación para la Industria Sostenible CEPIIS. Se realizó el análisis de la pérdida de suelo bajo la ecuación Universal de Pérdida de Suelo USLE (W.H. & D.D., 1978).

$$A = R * K * L * S * C * P$$

Dónde:

A: representa el valor promedio de las pérdidas de suelo anual en función del índice de erosividad de la lluvia

R : erosibilidad del suelo

K: Pendiente

LS: Factor de cubierta vegetal

C: prácticas de conservación del suelo

Al aplicar la fórmula para el área de influencia se toma el valor de precipitación, pendiente, longitud, factor de la cubierta vegetal y prácticas de conservación del suelo. Este valor se compara con lo dispuesto en la Tabla 20. Calificación por erosión AI, considero la amenaza por erosión como media o moderada en el área de influencia.

Tabla 20.

Calificación Por Erosión CEPIIS

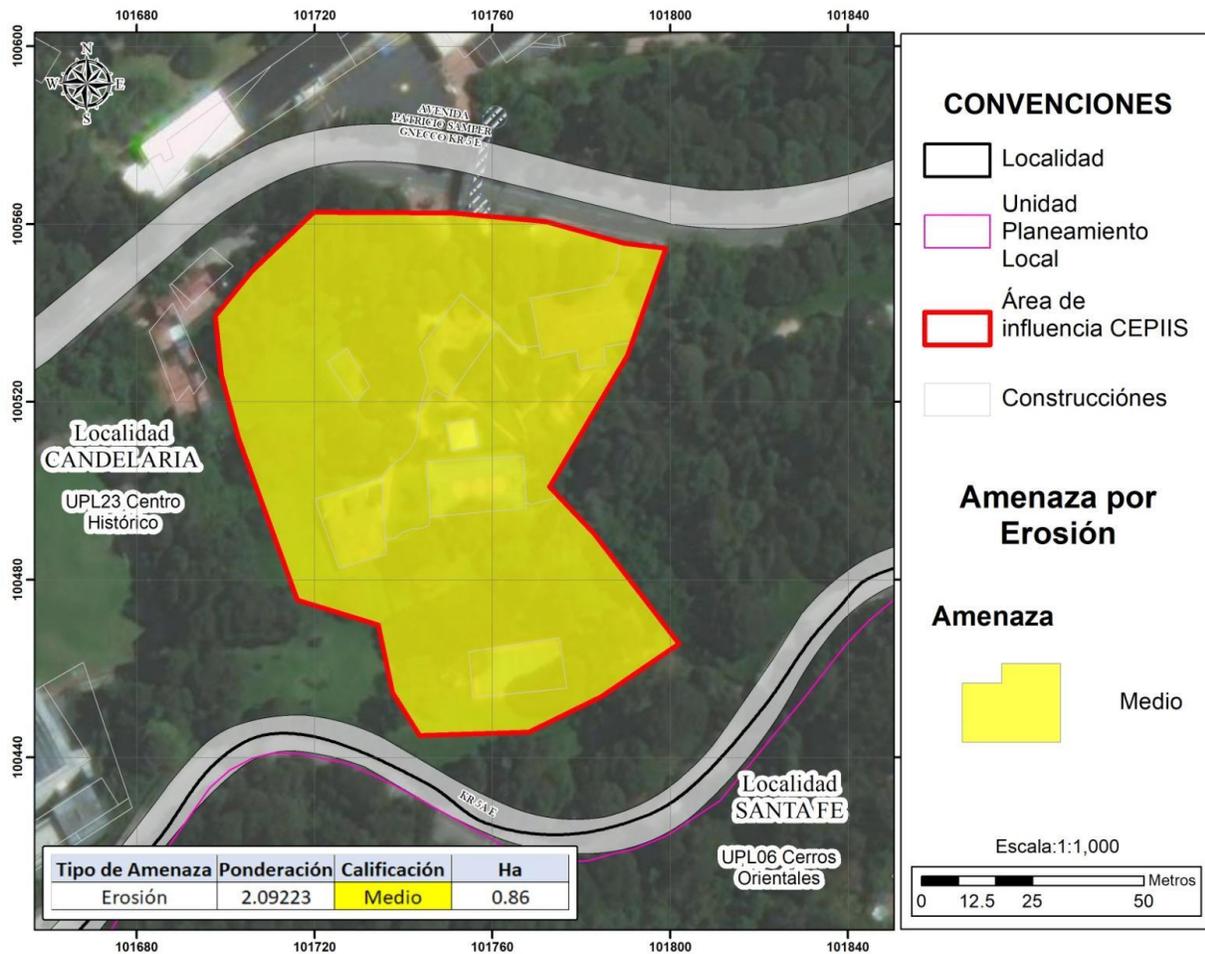
Tipo de Amenaza	Ponderación	Calificación	Ha
Erosión	2,09223	Medio	0,8561492

Nota: en la Tabla 20. se presenta la calificación final derivada del análisis por la amenaza por erosión, en el cual se encuentra que, dadas las condiciones del suelo, tipo, uso de suelo, coberturas presentes, vegetación, pendientes, geología y geomorfología, presenta una probabilidad media de erosión.

Cómo se logra evidenciar en la Tabla 20., la probabilidad de esta amenaza en el área del proyecto, es moderada o media en la ciudad de Bogotá, así mismo y verificando con la información presentada en el Estudio Nacional de los Suelos por erosión, se evidenció que Bogotá, figura dentro de la lista con mayor magnitud y severidad en relación con la degradación del suelo por la presencia de este evento, como se observa en la Figura 25. Dicho lo anterior, la zona se puede valorar como **Remoto (3)** Posibilidad de ocurrencia limitada, sucede pocas veces.

Figura 25.

Amenaza por erosión



Nota: en la Figura 25. se presentan Posibilidad de ocurrencia por erosión en la cual se evidencia que la probabilidad de materialización de la erosión es media, sucede pocas veces.

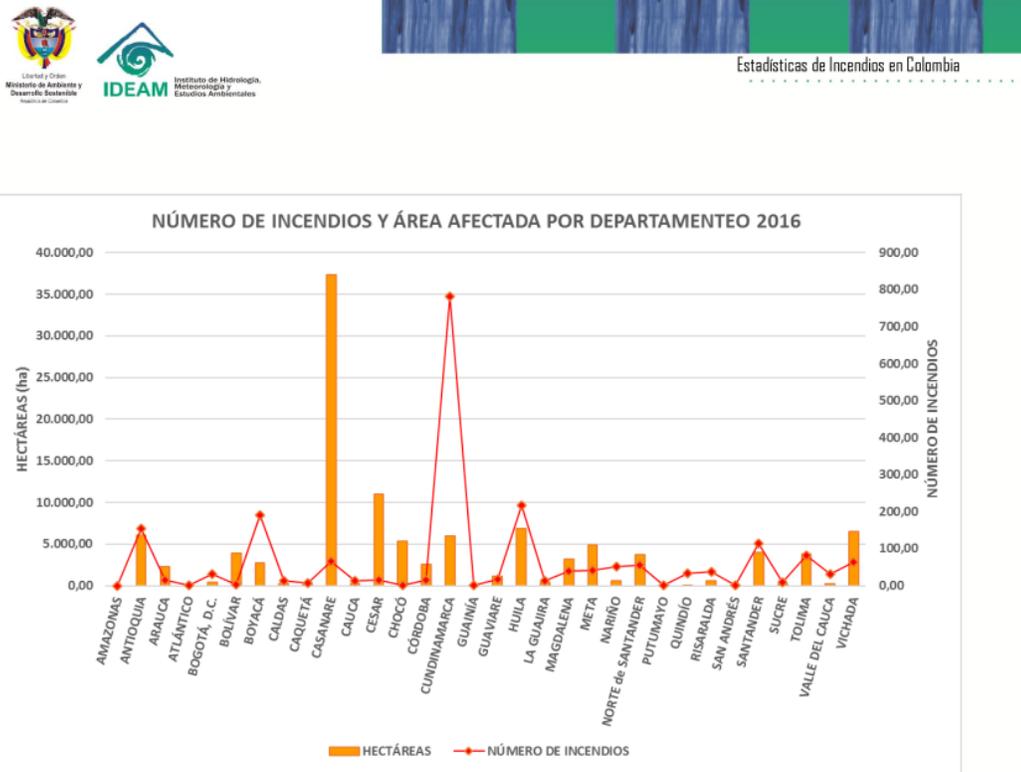
3.1.7. Incendios Forestales.

Los incendios forestales están directamente relacionados con actividades humanas y condiciones climáticas, especialmente durante períodos de sequía extrema. En estas circunstancias, las coberturas vegetales son más propensas a la ignición. Este fenómeno es más frecuente en áreas con bosques densos, bosques fragmentados (áreas boscosas) y corrientes de aire que pueden avivar el fuego.

Aunque el área de estudio no presenta condiciones climáticas de radiación solar tan críticas para que se produzcan incendios forestales de forma natural, aún existe la posibilidad de que este evento ocurra. Además, algunas actividades humanas realizadas por la población cercana al área de estudio también pueden desencadenar incendios forestales. [14].

Figura 26.

Incendios ocurridos por departamento



Nota: como se presenta en la Los incendios forestales están directamente relacionados con actividades humanas y condiciones climáticas, especialmente durante períodos de sequía extrema. En estas circunstancias, las coberturas vegetales son más propensas a la ignición. Este fenómeno es más frecuente en áreas con bosques densos, bosques fragmentados (áreas boscosas) y corrientes de aire que pueden avivar el fuego.

Aunque el área de estudio no presenta condiciones climáticas de radiación solar tan críticas para que se produzcan incendios forestales de forma natural, aún existe la posibilidad de que este evento ocurra. Además, algunas actividades humanas realizadas por la población cercana al área de estudio también pueden desencadenar incendios forestales. [14].

Figura 26. se evidencia que Cundinamarca presentó aproximadamente un aproximado de más de 100 incendios, afectando más de 5.000. hectáreas, tomado de (IDEAM, 2017).

Las causas asociadas a los incendios forestales incluyen:

- Altos niveles de radiación solar, que junto con ciertos objetos, pueden provocar combustión espontánea del material.
- Tormentas eléctricas cuando los rayos caen cerca de zonas boscosas.

- Erupciones volcánicas, por la caída de piroclastos o rocas encendidas.

Según las estadísticas sobre incendios en Colombia y el análisis del comportamiento bajo diferentes escenarios climáticos, como durante el fenómeno de El Niño o en condiciones climáticas normales, se observa que el departamento de Cundinamarca experimenta frecuentemente este tipo de eventos. Se llevó a cabo una revisión de las coberturas presentes en el área del Centro de Procesos e Innovación para la Industria Sostenible (CEPIIS), y se realizó un análisis de probabilidad de las coberturas en el área circundante.

Tabla 21.

Coberturas De Tierra Presentes En CEPIIS

Cobertura CORINE Land Cover	NM
Tejido Urbano Continuo	1.1.1.
Instalaciones recreativas	1.4.2.
Bosque Fragmentado	3.1.3
Vegetación secundaria y/o en transición	3.2.3.
Pastos Limpios	2.3.1
Zonas verdes Urbanas	1.4.1.

Nota: en la

Tabla 21. se presentan las coberturas identificadas en el Centro de Proceso e Innovación para la Industria Sostenible CEPIIS, junto con el área del campus, en el cual se identificaron en su gran proporción tejido urbano, pastos limpios y vegetación secundaria, dichas coberturas fueron identificadas por (IDEAM, 2015).

Se consideraron las coberturas de acuerdo con el protocolo para la elaboración de mapas de zonificación de riesgos de incendios en la cobertura vegetal expedido por el Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales (IDEAM). Utilizando el mapa de cobertura vegetal y la información específica, se tuvo en cuenta los tipos de cobertura, asignando a su contenido de biomasa con la carga de combustible, tipo y duración del combustible predominante. El consolidado de la generación de susceptibilidad de la vegetación a incendios se presenta en la Tabla 22.

Tabla 22.

Coberturas CEPIIS Amenaza Por Incendios

Cobertura CORINE Land Cover	NM	Total Amenaza	Área m2	%	
Tejido Urbano Continuo	1.1.1.	Muy Bajo	1,33	0,0919124	10,74%
Instalaciones recreativas	1.4.2.	Muy Bajo	1,33	0,0543842	6,35%
Bosque Fragmentado	3.1.3	Medio	3,33	0,227139	26,53%
Vegetación secundaria y/o en transición	3.2.3.	Medio	3,33	0,2144004	25,04%
Pastos Limpios	2.3.1	Alto	4,00	0,1597702	18,66%
Zonas verdes Urbanas	1.4.1.	Alto	4,33	0,108543	12,68%
Total				0,8561492	100,00%

Nota: en la se presentan las coberturas identificadas en el Centro de Proceso e Innovación para la Industria Sostenible CEPIIS, junto con el área del campus, en el cual se identificó que el 26% del centro de procesos, se encuentra en una cobertura de vegetación secundaria y/o transición seguido por bosque fragmentado (IDEAM, 2015).

De acuerdo con la cobertura que presenta el área de influencia se puede deducir que la probabilidad de ocurrencia es **Ocasional (4)**, posibilidad de ocurrencia media, sucede algunas veces. Así mismo y acorde a las áreas identificadas que una gran probabilidad de ignición se determinaron las áreas más propensas. (Tabla 23.)

Tabla 23.

Amenaza Por Incendios Cepiis

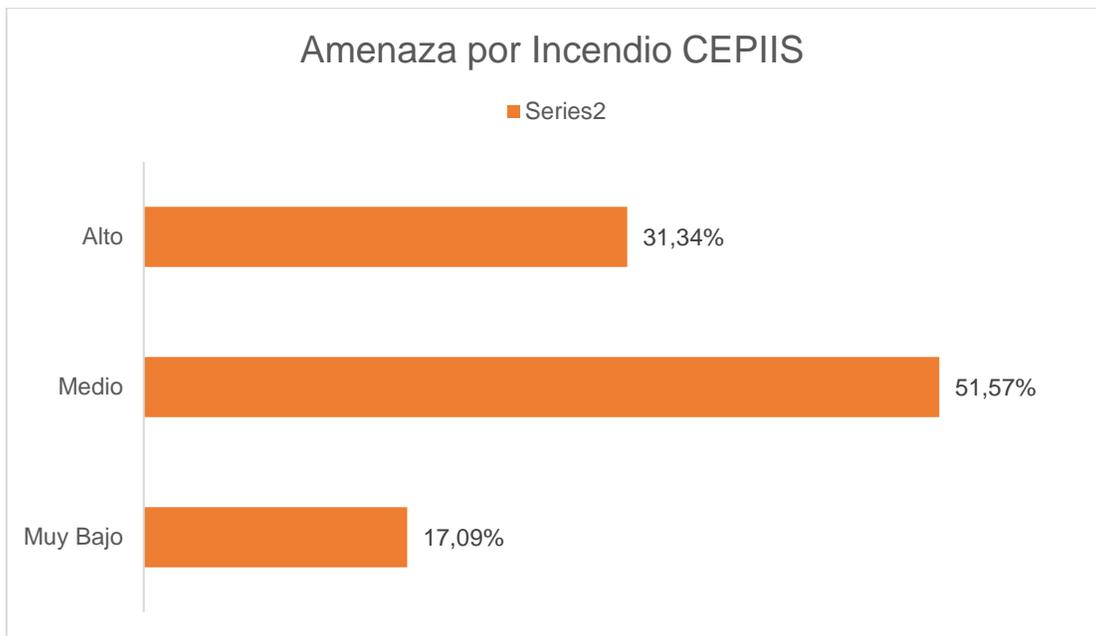
Amenaza por Incendios	Área	%
Muy Bajo	0,1462966	17,09%
Medio	0,4415394	51,57%

Amenaza por Incendios	Área	%
Alto	0,2683132	31,34%
Total	0,8561492	100,00%

Nota: en la Tabla 23., se presentan las coberturas identificadas en el Centro de Proceso e Innovación para la Industria Sostenible CEPIIS, se evidencia que el 51% del área del Centro de Procesos, presenta una amenaza media, seguido por 31% de probabilidad alta.

Figura 27.

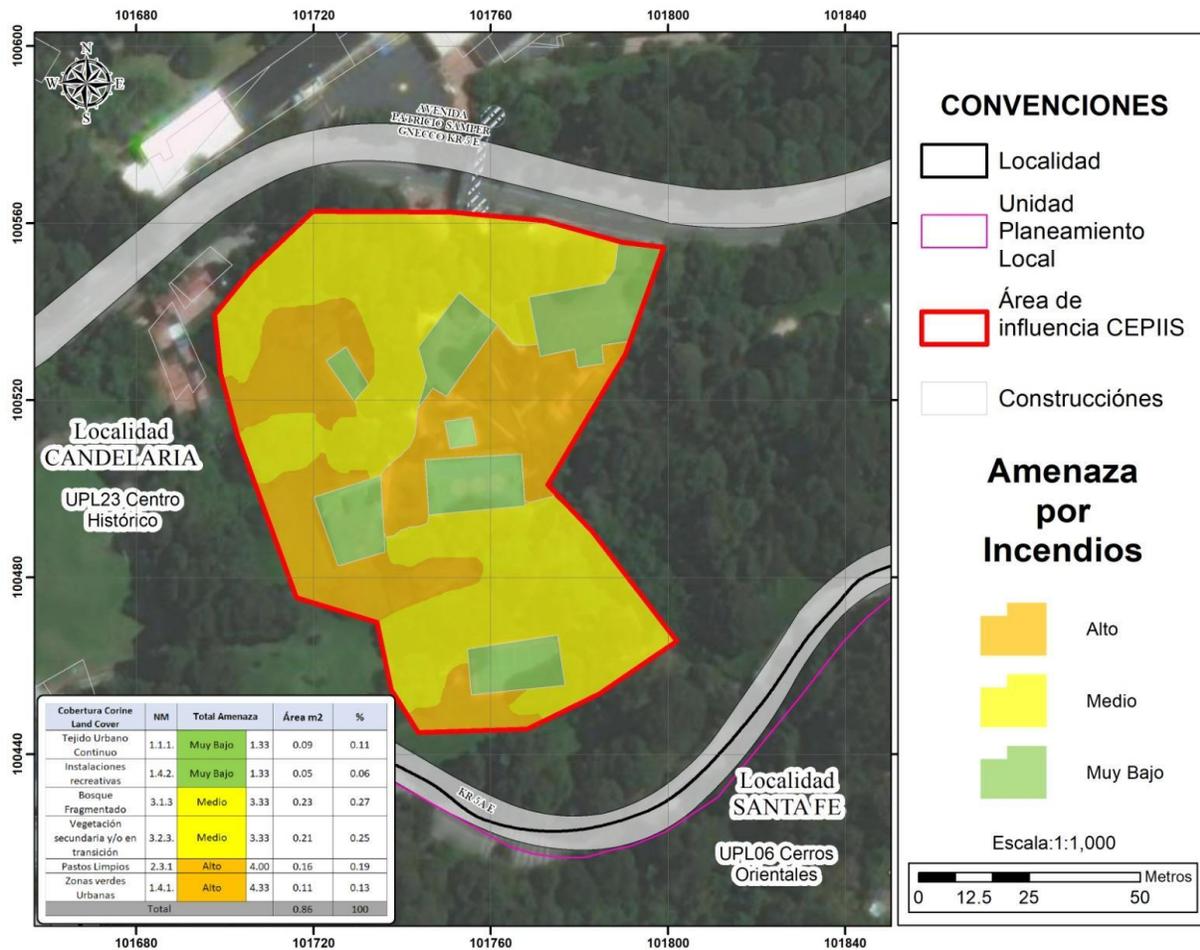
Amenaza por incendios CEPIIS



Nota: en la Figura 27., se presentan las coberturas identificadas en el Centro de Proceso e Innovación para la Industria Sostenible CEPIIS, se evidencia que el 51% del área del Centro de Procesos, presenta una amenaza media, seguido por 31% de probabilidad alta.

Figura 28.

Amenaza por incendios Final CEPIIS



Nota: en la Figura 28. se presenta el consolidado de probabilidad de amenaza a incendios del Centro de Proceso e Innovación de la Industria Sostenible CEPIIS [11].

3.1.8. Pérdida de verticalidad de árbol.

A raíz de la revisión de las situaciones de desastre o emergencia y la caracterización general de los escenarios de riesgo en la localidad de Santa Fe [10], se identificó que la pérdida de verticalidad o volcamiento de árboles es un riesgo significativo. Este evento se ve favorecido por las pronunciadas pendientes presentes en la localidad. La caída de árboles urbanos en Santa Fe puede estar vinculada a factores ambientales, específicamente a la interacción entre las prácticas humanas y los procesos naturales de nacimiento, crecimiento, maduración y eventual declive de los árboles. Esta dinámica puede influir en que el arbolado urbano, en términos fitosanitarios y de estructura vegetal, pierda su verticalidad, dando lugar a escenarios de

riesgo como la caída de ramas, exposición de raíces u afectaciones a la infraestructura y propiedades públicas y privadas.

Bajo este escenario, se realizó el análisis de riesgo a la pérdida de verticalidad de árboles circundante al Centro de Procesos e Innovación para la Industria Sostenible CEPIIS en la cual, se evaluarán los siguientes criterios:

- Estado fitosanitario del árbol
- Diámetro DAP (Diámetro Altura de Pecho [metros])
- Altura del árbol
- Incidencia de la localización
- Incidencia de la resistencia
- Incidencia de las condiciones socioeconómicas de la comunidad universitaria expuesta
- Incidencia de las prácticas en el centro de procesos para la industria Sostenible

Con relación a lo anterior, se realizó una revisión general a los árboles expuestos circundantes al Centro de Procesos e Innovación para la Industria Sostenible CEPIIS cómo se logra evidenciar en la Tabla 24.:

Tabla 24.

Especies Arbóreas Presentes en CEPIIS

Nombre científico	Especie	Altura Promedio	DAP
Cedrus	Cedro	22 metros	1,0
Alnus glutinosa	Aliso	15 metros	1,5

Nota: con relación a lo expuesto en la Tabla 24., se realizó el levantamiento de las especies arbóreas que se encuentran circundantes al Centro de Procesos e Innovación para la Industria Sostenible CEPIIS, cuya identificación fue basada en el informe elaborado por el Acueducto de Bogotá “Los cerros de Bogotá y sus Flora: reservas y su gestión ambiental ((EAAB), 2006) y adaptado a las condiciones actuales del plantel educativo, en particular, al centro de Procesos e Innovación para la Industria Sostenible CEPIIS.

Cómo se logra evidenciar previamente, se encuentran dos (2) especies circundantes a las cuales se les efectuó el siguiente levantamiento de información con el objeto de definir el riesgo que podría tener cada uno contra los elementos expuestos:

Figura 29.

Arbolado circundante CEPIIS



Nota: Como se evidencia en la Figura 29., se logró la identificación de dos (2) especies de árboles asociados a Alisos y Cedro, sobre los cuales se identificaron los estados Fitosanitarios de los mismos, con la finalidad de determinar el grado de verticalidad que se encuentran y la posible amenaza de los mismo al área circundante del CEPIIS.

A continuación, en la Tabla 25, se presenta el análisis al arbolado circundante con la finalidad de determinar el grado de exposición y riesgo del mismo. Para calificar el nivel de enfermedad o los daños en los árboles circundantes al CEPIIS, por uno o varios síntomas, se aplicó una metodología basada en el sistema de evaluación de seis clases de Hawksworth [33] en la cual se dividieron los sectores del árbol en estratos para evaluar por independiente el estado de los mismos.

Tabla 25.

Análisis Fitosanitario Y De Estado Arbolado Cepiis

Especie		Raíces Expuestas	Estado fitosanitario	Presencia de Hongos
Aliso		NO	BUENO	NO
Aliso		NO	BUENO	NO
Cedro		NO	BUENO	NO

Especie		Raíces Expuestas	Estado fitosanitario	Presencia de Hongos
Cedro		NO	BUENO	NO
Cedro		SI	BUENO	NO

Nota: Como se evidencia en la Tabla 25., se evidencia que los árboles que se encuentran presentes en la Fundación Universidad de América, más exactamente circundantes al Centro de Procesos e Innovación para la Industria Sostenible CEPIIS, presentan un buen estado fitosanitario sin evidencia de raíces expuestas lo cual propende un menor escenario de riesgo asociado a pérdida de verticalidad o caída de especies arbóreas.

Como se logró evidenciar previamente, las especies circundantes al área de interés (Centro de Procesos e Innovación para la Industria Sostenible CEPIIS) presentan un buen estado fitosanitario, en el cual no se presentan hongos que deterioran el estado del tronco y raíces de las especies, así mismo, no se evidencia al momento del presente Plan de Gestión del Riesgo, raíces expuestas o problemas asociadas a la radícula de los árboles.

Derivado del previo análisis, se logra evidenciar que la materialización de caída del árbol, con las especies actuales circundantes, no presenta un alto nivel de escenario de riesgo, no obstante, considerando el entorno en el cual se encuentra y los criterios ambientales, se califica la presente amenaza como **Remoto (3)**. Probabilidad de ocurrencia baja, podría ocurrir algunas veces. La calificación fue dada considerando las pendientes que se encuentran y la alta probabilidad de movimientos en masa que se podrían materializar en el área.

3.2. Amenazas Industriales y Operativas

Las amenazas de origen industrial – Operativo corresponderá a aquellos eventos o sucesos capaces de producir daños no solo a la infraestructura misma, sino también a los elementos de la naturaleza, comunidades humanas y a los propios trabajadores.

Se realizó una revisión de los equipos presentes en el Centro de Procesos e Innovación para la industria Sostenible CEPIIS con la finalidad de analizar la probabilidad de ocurrencia de eventos amenazantes, por lo cual, se efectuó una revisión por centro (CEPURE, CESI, COCO, BIOCAL, CETA, CUBO) de productos de reacción, reacción y frente de onda.

Con relación a la información de los equipos presentes en el Centro de Proceso, se identificó que los eventos que podrían materializarse acorde a la naturaleza de los mismos hacen referencia a:

Tabla 26.*Análisis De Consecuencia CEPIIS*

CENTRO	EQUIPO	EVENTO	CONSECUENCIA	CONDICIÓN CLIMÁTICA
CEPURE	Columna de destilación (CO2)	Ruptura Catastrófica	Nube de dispersión	Estable
	Columna de Absorción (Líquido y vapor)	Ruptura Catastrófica	Huella máx de la nube	Estable
		Derrame de líquido	Charco de fuego	Estable
			Zona de Fogonazo	Estable
		Fuga	Dispersión	Estable
			Chorro de Fuego	Estable
			Charco de fuego	Estable
CESI	Planta térmica	Ruptura Catastrófica	Huella máx de la nube	Estable
			Charco de fuego	Estable
			Zona de Fogonazo	Estable
		Fuga	Dispersión	Estable
			Chorro de Fuego	Estable
			Charco de fuego	Estable
	CETA	Banco de reactor	Ruptura Catastrófica	Huella máx de la nube
Charco de fuego				Estable
Zona de Fogonazo				Estable
Fuga			Dispersión	Estable
			Chorro de Fuego	Estable
			Explosión	Estable
BIOCAL	Biorreactor O2	Ruptura Catastrófica	Dispersión	Estable
CUBO	Residuos Peligrosos	Fuga	Dispersión	Estable

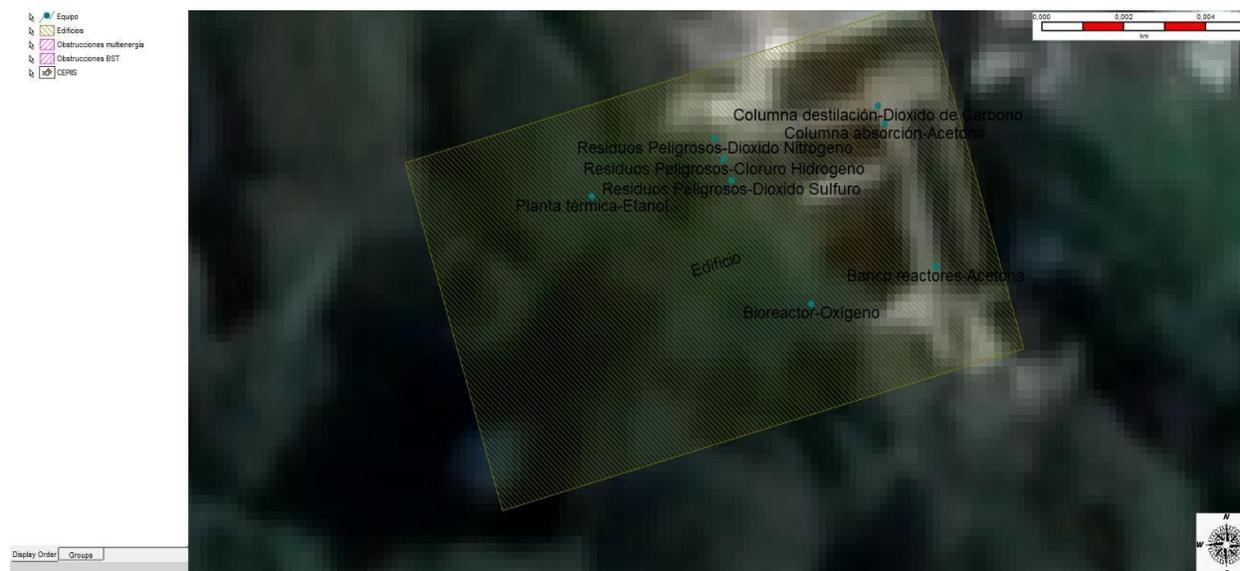
CENTRO	EQUIPO	EVENTO	CONSECUENCIA	CONDICIÓN CLIMÁTICA
			Toxicidad	Estable

Nota: con relación a lo expuesto en la Tabla 26., se realizó un análisis de consecuencia a los equipos presentes en el Centro de Procesos e Innovación para la Industria Sostenible CEPIIS, dicho análisis partió de los manuales de operación de los equipos presentes en cada uno de los Centros en el cual se revisaron criterios como materiales, gases tolerables, temperaturas máximas, mínimas, estados y funcionamiento de los mismos, tomado de Manuales de Operación y mantenimiento, [11].

A continuación, en la Figura 30., se presenta la cobertura geográfica de modelación de los diversos Centros presentes en el Centro de Procesos e Innovación para la Industria Sostenible CEPIIS en el cual se ubican circundante el uno al otro:

Figura 30.

Cobertura Geográfica



Nota: en la Figura 30. se ilustra la cobertura geográfica de los equipos a los cuales se les realizarán modelaciones de consecuencia con la finalidad de determinar los grados de propagación de los diversos eventos amenazantes que podrían suscitar consecuencias a la infraestructura y elementos expuestos.

3.2.1. Ruptura Catastrófica.

Una ruptura catastrófica se refiere a la separación de ese material en dos o más piezas debido a la aplicación de fuerzas o cargas externas que superan su resistencia. Las fracturas pueden ocurrir en una variedad de materiales, incluyendo metales, cerámicas, polímeros y rocas. La forma en que se produce una fractura y cómo se propagará dependiendo de las propiedades del material y de las condiciones a las que esté expuesto.

En el Centro de Proceso e Innovación para la Industria Sostenible CEPIIS, la amenaza se encuentra presente y latente, considerando los equipos a los cuales están expuestos los equipos del Centro, junto con los materiales y las condiciones del mismo.

Con relación a lo previamente expuesto, se realizó un análisis de consecuencia por evento amenazante en el cual se tuvieron en cuenta criterios como, nubes de dispersión, huella máxima, charco de fuego, zona de fognazo.

Con relación a lo previamente expuesto, se realizó un análisis multienergía el método de cálculo de efectos físicos [34] el cual se realizó y se superpuso para determinar el cálculo de sobrepresión e impulso generado por la ruptura de materiales en el cual se aplican los siguientes criterios:

- **Determinación de la energía liberada en la expansión (E_{av} , J):** Este paso implica calcular la energía liberada durante la expansión, y las alternativas dependen del estado físico del fluido (gas, vapor, líquido-vapor), las condiciones de almacenamiento y la causa de la ruptura.
- **Cálculo de la "distancia escalada" (R' , adimensional):** Se calcula una distancia adimensional que depende de la energía de la explosión y la distancia (z , metros) a la que se desean conocer las magnitudes peligrosas de la onda de presión.
- **Obtención de la sobrepresión escalada (P' , adimensional) e impulso escalado (i' , adimensional):** Se determinan la sobrepresión y el impulso adimensionales a partir de relaciones con la "distancia escalada".
- **Corrección de P' e i' en función de la geometría del equipo y de su ubicación:** Ajuste de la sobrepresión y el impulso escalados en función de la forma y ubicación del equipo, ya sea elevado o cerca del suelo.
- **Transformación de la sobrepresión escalada y del impulso escalado corregidos:** Se convierten la sobrepresión y el impulso adimensionales corregidos en sus equivalentes en unidades físicas, como la sobrepresión (P_s , Pa) e impulso mecánico de la onda (i , Pa·s).

3.2.2. *CEPURE (Centro de Purificación y Refinación de Productos).*

El centro mencionado se refiere a un lugar donde se llevan a cabo procesos de separación, que incluyen equipos como una columna de destilación, una columna de absorción, un secador, un filtro prensa y un extractor líquido-líquido y sólido-líquido. La verificación de la información se realizó a través de fichas técnicas de los equipos presentes en el Centro de Purificación del Centro de Procesos e Innovación para la Industria Sostenible. Esta revisión abarcó condiciones de máxima operación, gases y sustancias compatibles, materiales de fabricación, especificaciones de válvulas, presiones máximas, entre otros aspectos relevantes.

3.2.2.a. Columna de Destilación. Una columna de destilación es un equipo utilizado en la industria química y petroquímica con el propósito de separar los diversos componentes de una mezcla líquida basándose en sus diferentes puntos de ebullición. Su función principal es aprovechar las variaciones en los puntos de ebullición de los elementos presentes en la mezcla para dividirlos en fracciones más puras. Este proceso se emplea comúnmente en la purificación y segmentación de líquidos, como en la separación de componentes del petróleo crudo, la producción de productos químicos y la destilación de bebidas alcohólicas, entre otros usos.

Durante la revisión del Manual de Operación de la Planta de Destilación, se determinó que el equipo está compuesto por el sistema de generación de aire, humidificación, la columna de destilación, tanques de acumulación del solvente y tableros de control [35]. Con el objetivo de evaluar posibles eventos y sus consecuencias, se utilizó el software QGIS para determinar el alcance de un posible evento y se identificaron los rangos máximos de propagación de emergencias asociadas a la operación de la planta de absorción, la revisión del Manual de Operación de la Columna de Destilación reveló los riesgos asociados con el equipo.

Figura 31.

Riesgos Asociados A La Columna De Destilación



Nota: en la Figura 31. se presentan los riesgos identificados en los Manuales de Operación de la columna de Destilación tomado de (Process Solutions and Equipment PSE SAS, 2018).

Derivado de la superposición de materiales con los cuales está fabricada la columna de destilación, centro de control, se procedió a verificar en Qgis el grado de alcance de propagación y los posibles eventos que podría desatar los cuales se describen a continuación:

3.2.3. Ruptura Catastrófica.

3.2.3.a. (Nube de Dispersión). Se realizó la revisión a la tesis doctoral Estudio de la Dispersión e incendio de nubes inflamables de gas de Diana Villafañe [36] en la cual se revisaron las concentraciones máximas para que ocurran incendios, explosiones y nubes de dispersión y las consecuencias de estas.

Bajo lo previamente expuesto, se dispuso en el Software Qgis con la herramienta Viewshed 1 y 2, con la finalidad de determinar el grado de propagación, por ende, se dispusieron parámetros que permitieran modelar la huella de la nubosidad, se tomaron en referencia la clasificación de Pasquill Gifford para determinar la estabilidad atmosférica [37].

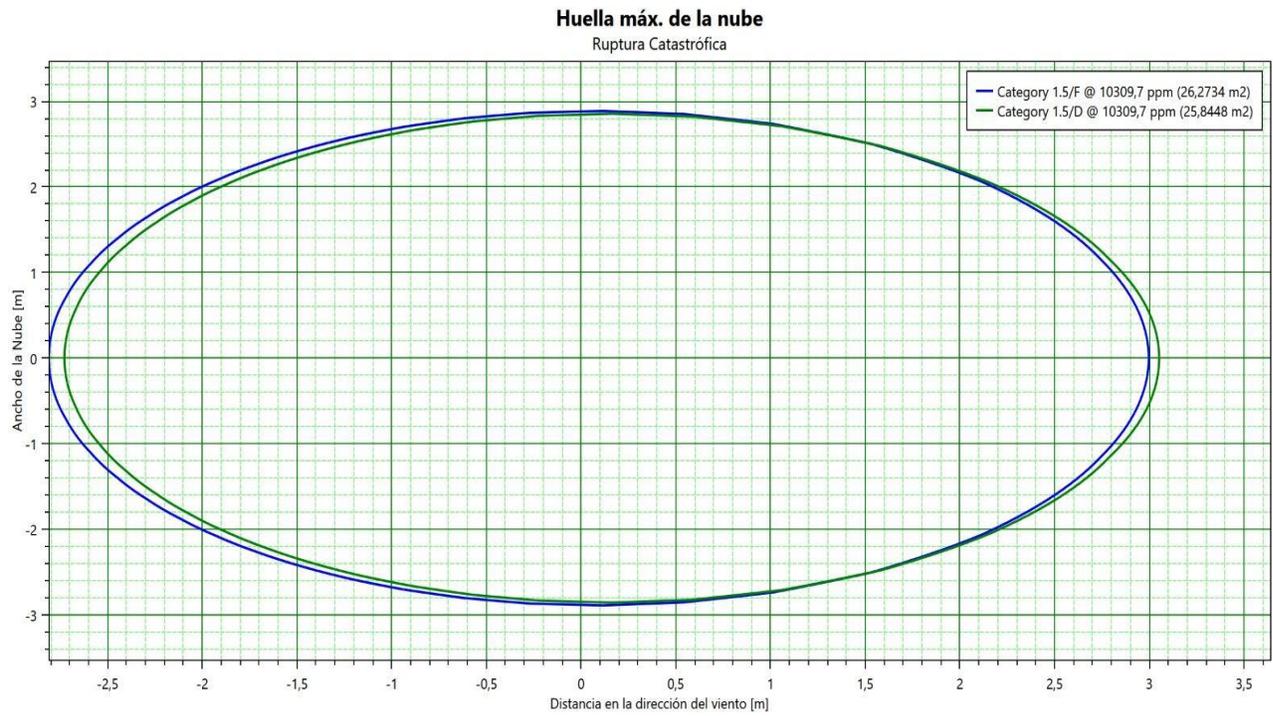
Para modelar la dispersión de la nube, se identificaron los parámetros atmosféricos, seleccionándolos en los escenarios más desfavorables para la difusión de contaminantes. Los coeficientes de dispersión fueron calculados considerando el poder dispersivo del flujo turbulento en la capa límite atmosférica. En este contexto, se utilizó el método de Pasquill en el software QGIS para determinar los coeficientes de dispersión, basándose en una clasificación simple de las condiciones atmosféricas, definidas por categorías de estabilidad.

Para lograr la modelación de la planta de absorción, se tomaron las condiciones estables y la condición del viento en la ciudad de Bogotá, siendo 1.5m/s aproximadamente, y se incluyeron dos escenarios de estabilidad Pasquill: estable y neutro. Con base a lo expuesto, en la

Figura 32, se expone el grado de propagación de una posible nube de dispersión de contaminantes en caso de que la torre de absorción llegará a presentar alguna ruptura:

Figura 32.

Huella Máxima de la Nube



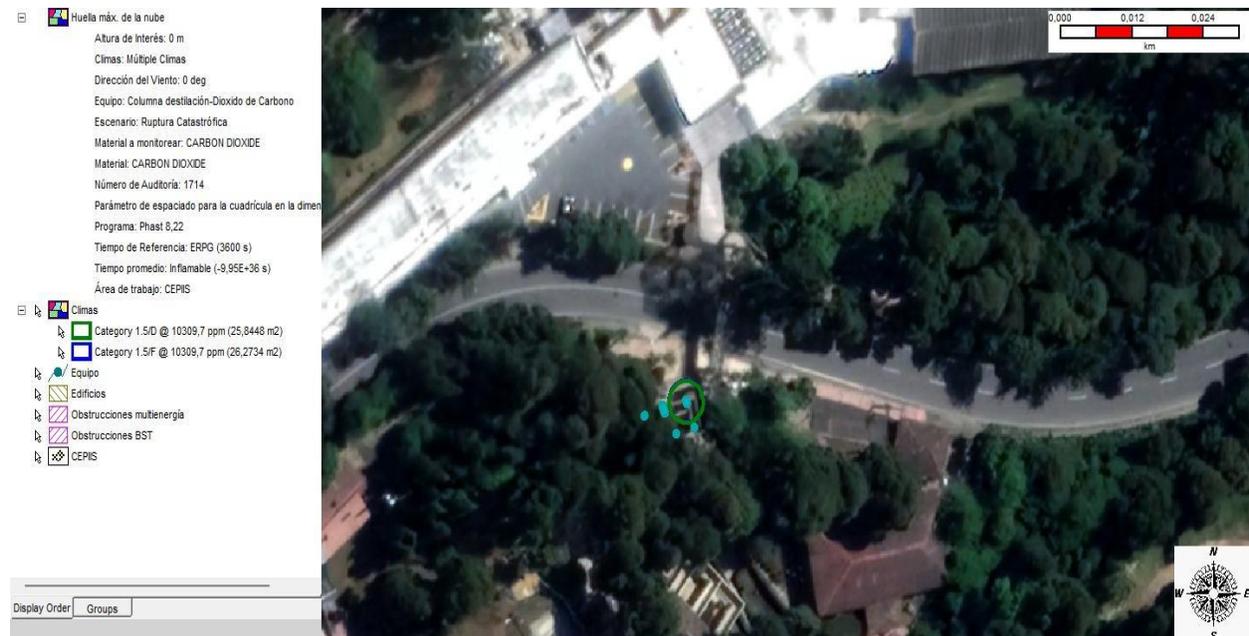
Nota: en la

Figura 32. se presenta la huella máxima de la nube derivada de la modelación en el Software ArcGIS y superposición de coeficientes de dispersión a partir de las condiciones atmosféricas de la ciudad de Bogotá.

Como se muestra en la Figura 32, en caso de una ruptura catastrófica, se prevé que las sustancias liberadas en la planta se dispersen en un radio aproximado de 3 metros, cubriendo un área de 26 m², variando según las condiciones atmosféricas presentes durante la operación en ese momento. A continuación, en la Figura 33, se presenta el análisis de las consecuencias de una ruptura catastrófica en la Planta de Destilación CEPURE, mostrando la propagación de la onda en relación con la ubicación en el Centro de Procesos e Innovación para la Industria Sostenible (CEPIIS).

Figura 33.

Análisis de consecuencia Ruptura Catastrófica Planta de Destilación CEPURE

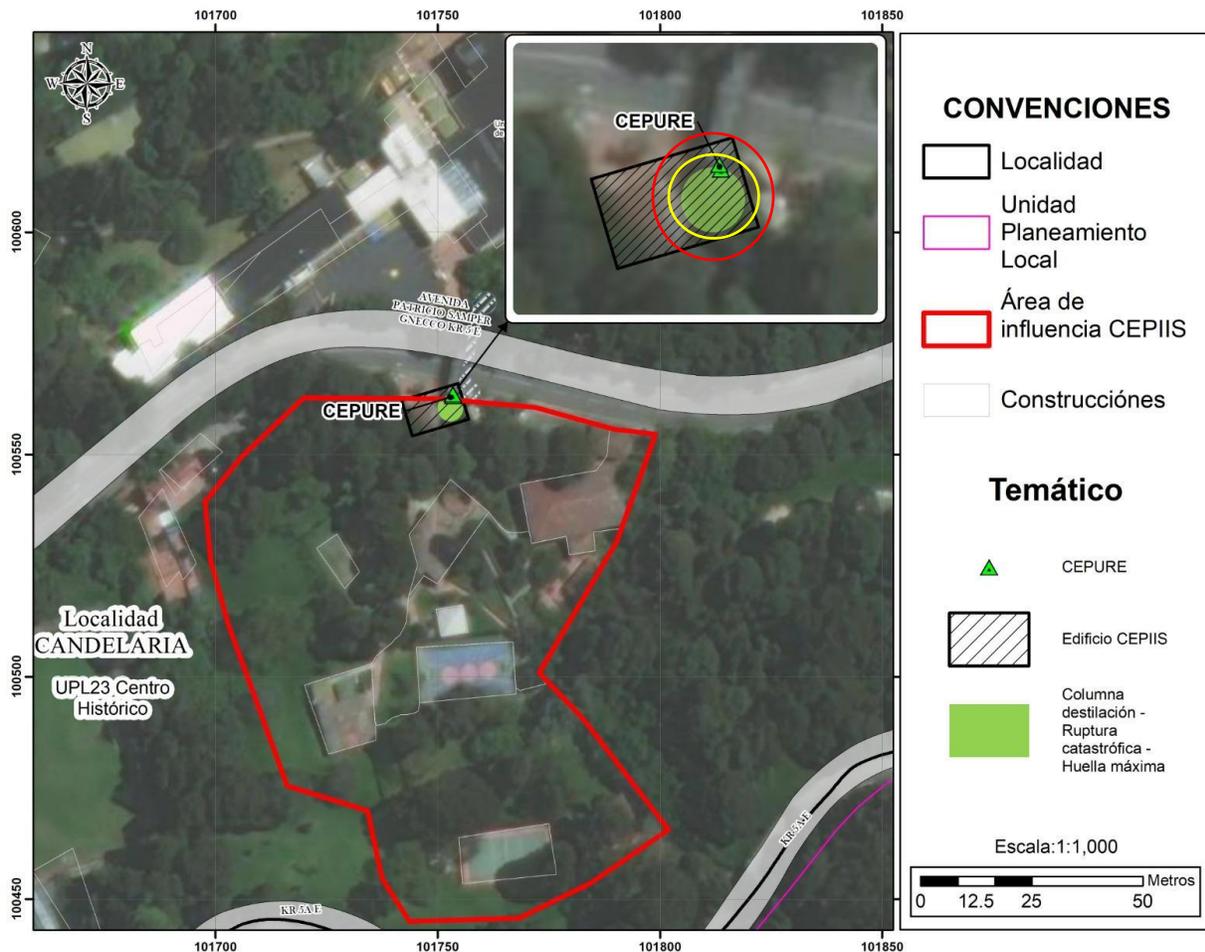


Nota: en la Figura 33. se presenta el grado de propagación en un eventual caso de ruptura de algunas de las conexiones por sobrepresión o malas prácticas de manipulación de la planta de absorción.

Cómo se logra evidenciar previamente, el alcance ante una amenaza de ruptura por nube de dispersión, es puntual y confinada, así mismo se dispuso en la modelación los sitios de ventilación que permitan que dicho evento no se materialice en mayor magnitud, bajo lo anterior, se cataloga el riesgo como **Improbable (2)** Posibilidad de ocurrencia muy Baja, sucedería de forma excepcional como se logra evidenciar en la Figura 34.

Figura 34.

Amenaza por ruptura Catastrófica CEPURE



Nota: en la Figura 34. se presenta el grado de propagación en un eventual caso de ruptura catastrófica en la columna de destilación, en la cual se evidencia que la ruptura es puntual, y no generaría un evento de mayor si se controla de manera precisa y su grado de propagación circundante, elaborado con (Qgis, 2021).

3.2.4. Chorro de fuego – JetFire (Explosión asociada).

El término "Jet Fire" se refiere a una llamarada o columna de fuego que puede elevarse de manera repentina e intensa. Este evento puede ocurrir debido a una fuga o ruptura, donde el producto combustible es expulsado a la atmósfera y, al alcanzar su punto de ignición, se incinera, generando un chorro de fuego en la dirección del combustible. Este evento se asocia directamente a la operación de la columna de destilación en el centro CEPURE. Durante la evaluación, se consideraron las situaciones más críticas con materiales y gases inflamables y peligrosos que podrían estar presentes en el centro. Los criterios evaluados incluyen:

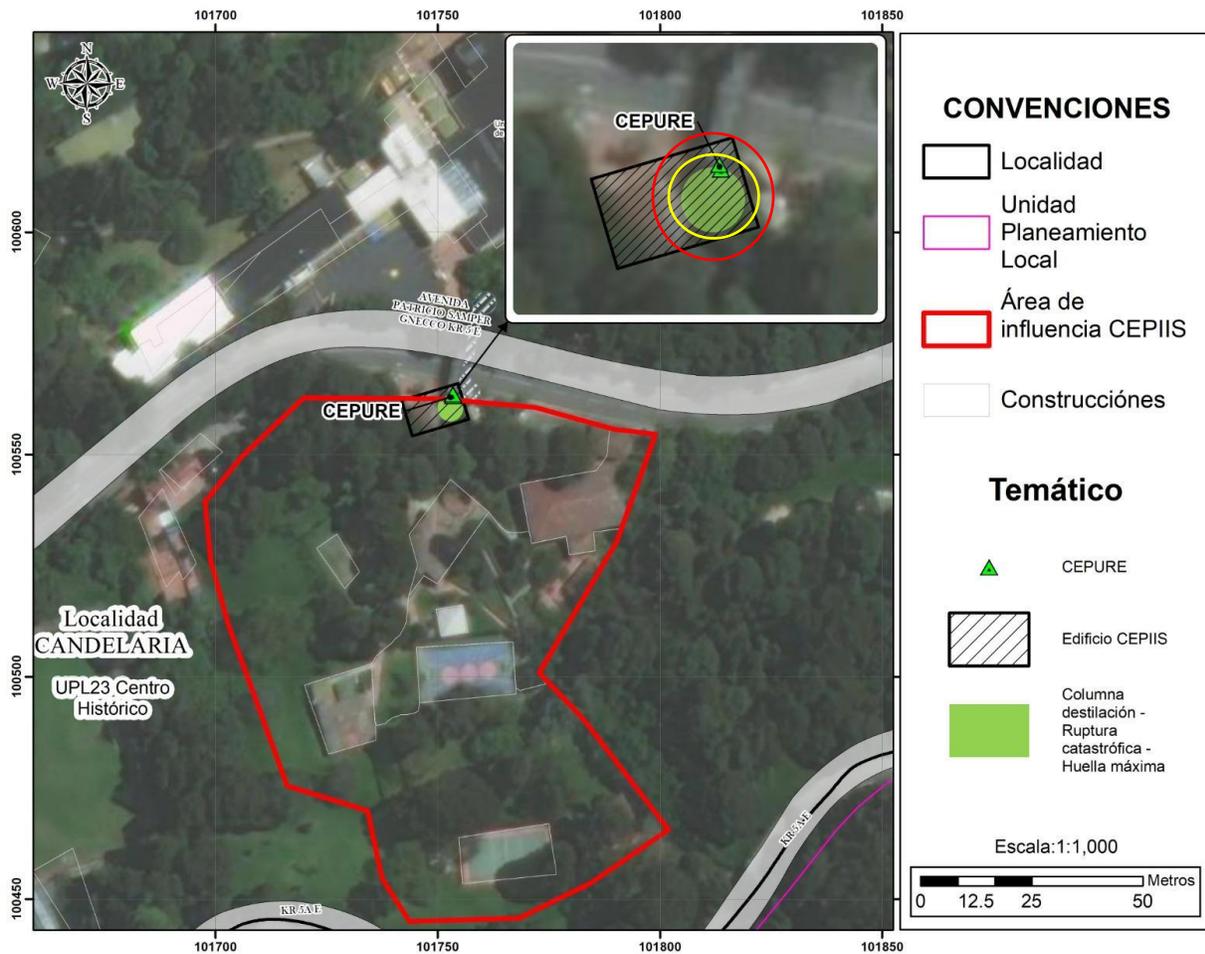
- **Dispersión atmosférica:** Se llevó a cabo para prever el transporte y dispersión de la nube de vapor inflamable en la atmósfera. Se aplicó un modelo matemático con el fin de predecir de manera relativa y precisa la dispersión del material.
- **Descripción del escenario accidental:** Se consideró el tipo de vertido o escape del material combustible, también conocido como la fuente del incidente.
- **Estimación de efectos y consecuencias:** El objetivo de esta etapa fue cuantificar los efectos y daños causados, los cuales variarán en función de la distancia desde el punto de origen del incidente.

Con relación a lo anterior, se consideró el presente evento amenazante asociado a la posible nube de dispersión, y a zona limitada por el límite inferior de la inflamabilidad (LFL) obteniendo una letalidad del 100% en el interno del Centro de procesos y del 50% exterior del límite inferior de inflamabilidad [39].

Con relación a lo anterior, se ejecutó un análisis de propagación de llama, en la cual se evalúa la dispersión a través del aire derivado del análisis de nube de dispersión, por lo cual, se superpusieron los resultados obtenidos previamente de la evaluación de amenaza por nube de dispersión, y mediante el software QGIS, se determinó el grado de propagación en función del tiempo como se logra evidenciar en la Figura 35..

Figura 35.

Amenaza por Nube de Dispersión- Ruptura Catastrófica CEPURE



Nota: en la Figura 35. se presenta el grado de propagación en un eventual caso de ruptura catastrófica en la columna de destilación, en la cual se evidencia que la ruptura es puntual, y no generaría un evento de mayor si se controla de manera precisa y su grado de propagación circundante, elaborado con (Qgis, 2021).

3.2.5. *Planta de Absorción.*

Una planta de absorción es un equipo industrial diseñado para eliminar ciertos gases o vapores presentes en un flujo de gas utilizando un líquido absorbente. El proceso de absorción se utiliza para separar componentes específicos de una corriente gaseosa, generalmente para purificar el gas o recuperar productos valiosos.

En una planta de absorción, se produce el contacto del gas contaminado con un líquido absorbente adecuado en una torre o columna de absorción. En el Centro de Procesos e Innovación para la Industria Sostenible (CEPIIS), se cuenta con una planta que ocupa aproximadamente 5 m² y tiene una altura promedio de 3 m durante operaciones normales. Se dispone de un humidificador que utiliza agua de procesos a temperatura

ambiente, con un flujo mínimo de 30 l/min, y aire suministrado por un compresor a una presión mínima de 2 bar, con un flujo mínimo de 20 l/min.

En la revisión del Manual de Operación de la Planta de Absorción, se identificó que el equipo está compuesto por el sistema de generación de aire, humidificación, columna de absorción, tanques de acumulación del solvente y tableros de control [40]. Para determinar posibles eventos y sus consecuencias, se utilizó el software Qgis para calcular el alcance de un posible incidente, identificando los rangos máximos de propagación de posibles emergencias asociadas a la operación de la planta de absorción. Durante esta revisión del manual, se pusieron de manifiesto los riesgos asociados al equipo.

Figura 36.

Riesgos Asociados A La Planta De Absorción



Nota: en la Figura 36. se presentan los riesgos identificados en los Manuales de Operación de la columna de Destilación tomado de (Process and Solutions Equipment PSE SAS, 2018).

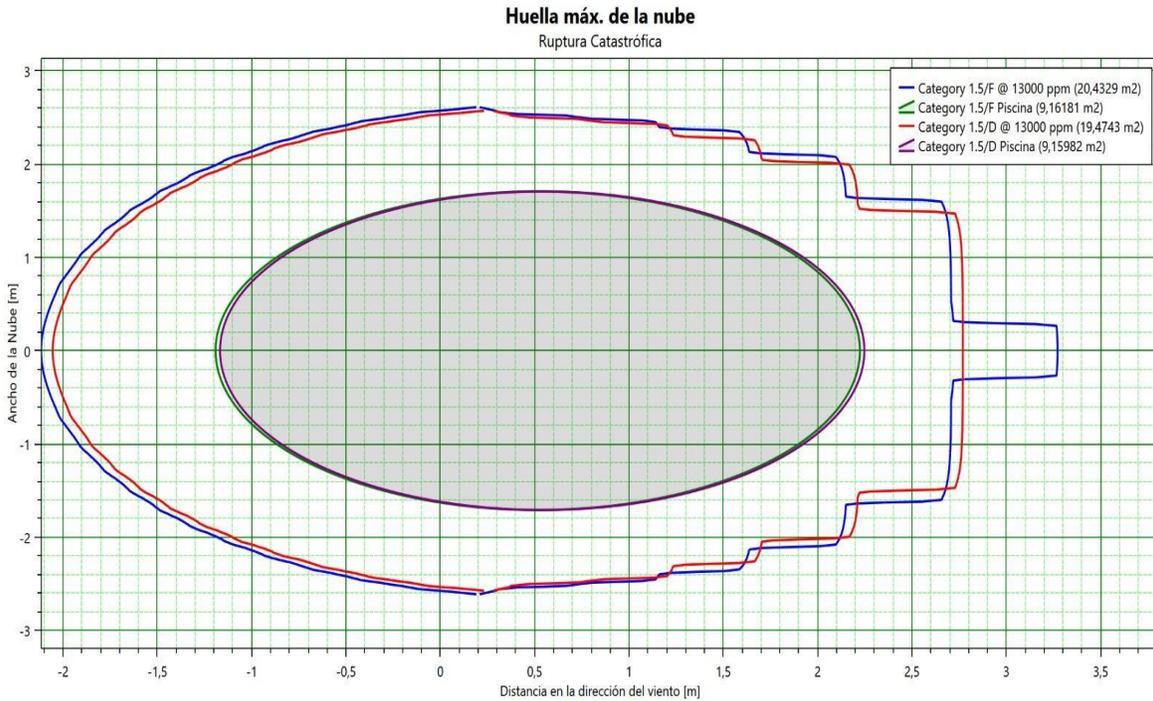
3.2.6. Ruptura Catastrófica (Nube de Dispersión):

Con respecto a los eventos amenazantes, se llevó a cabo la modelación con diversas sustancias para visualizar el grado máximo de propagación ante una nube de dispersión. Para lograr la modelación de la nube de dispersión, se determinaron los parámetros atmosféricos, considerándolos en los escenarios más desfavorables para la difusión de sustancias. Los coeficientes de dispersión se determinaron a través del mezclado o poder dispersivo del flujo turbulento dentro de la capa límite atmosférica [37]. En relación con lo anterior, se aplicó en el software Qgis el método de Pasquill, que permitió calcular los coeficientes de dispersión mediante una clasificación sencilla de las condiciones atmosféricas, definidas como categorías de estabilidad.

A continuación, en la Figura 37, se presenta la huella máxima de dispersión ante una posible ruptura de alguno de los elementos que conforman la planta de absorción del Centro de Procesos e Innovación para la Industria Sostenible (CEPIIS).

Figura 37.

Huella Máxima de la Nube Planta de Absorción CEPIIS



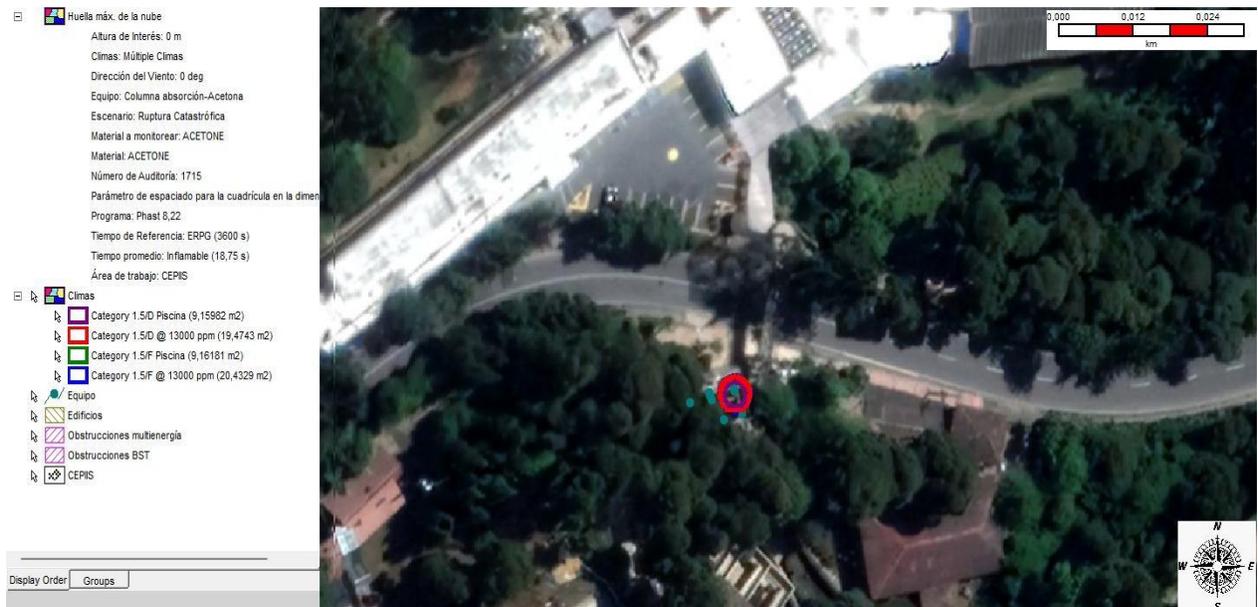
Nota: en la Figura 37. se presenta la huella máxima de dispersión de las sustancias presentes en una planta de absorción, se modeló con la sustancia $\text{CH}_3(\text{CO})\text{CH}_3$ (Acetona) con la finalidad de determinar la concentración máxima de dispersión y propagación.

Cómo se logra evidenciar en la Figura 37., se realizó el análisis de consecuencia para la Planta de absorción ante una ruptura catastrófica, es importante destacar que la nube de dispersión depende considerablemente de las sustancias, por lo cual, para el presente ejercicio de dispersión se tomó en consideración las sustancias compatibles expuestas en el Manual de operación y mantenimiento para determinar el radio de alcance.

Se determinó que, ante una ruptura catastrófica, se evidencia un radio aproximado de 3,24 metros, por lo cual, se estima que su propagación será puntual, confinada y manejable dentro de los parámetros de aceptabilidad, monitoreo y reducción del riesgo. Presentado al presente plan de gestión del riesgo y del desastre cómo se logra observar en la Figura 38.

Figura 38.

Área Máxima de la Nube Planta de Absorción CEPURE

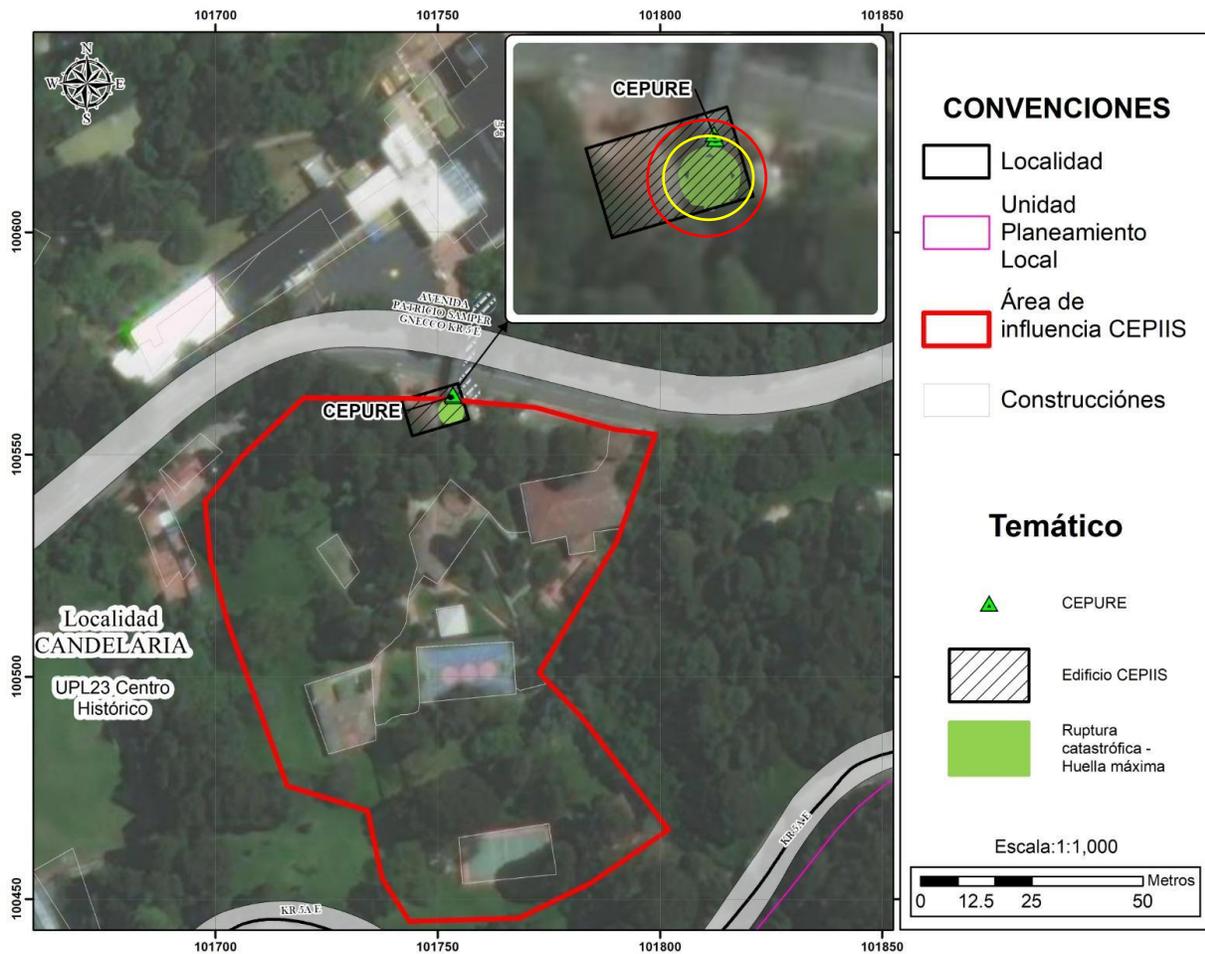


Nota: en la Figura 38 se presenta la huella máxima de la planta de Absorción en relación con el área de cobertura geográfica del Centro de Procesos para la Innovación para la Industria Sostenible CEPIIS, en el cual se presenta una amenaza puntual y fácil de controlar, sin propagación de mayor alcance salvo la infraestructura del Centro.

Cómo se logra evidenciar previamente, el alcance ante una amenaza de ruptura por nube de dispersión en la planta de absorción, es puntual y confinada, así mismo se dispuso en la modelación los sitios de ventilación que permitan que dicho evento no se materialice en mayor magnitud, bajo lo anterior, se cataloga el riesgo como **Improbable (2)** Posibilidad de ocurrencia muy Baja, sucedería de forma excepcional como se logra evidenciar en la Figura 39.

Figura 39.

Amenaza por Nube de Dispersión- Ruptura Catastrófica



Nota: en la Figura 39, se presenta la huella máxima de la planta de Absorción en relación con el área de cobertura geográfica del Centro de Procesos para la Innovación para la Industria Sostenible CEPIIS, en el cual se presenta una amenaza puntual y fácil de controlar, no obstante, se evidencia que, a mayor grado de propagación, el riesgo es más propenso de expandirse fuera de su área de generación.

3.2.7. Vaporización del Charco o piscina (Derrame).

Se realizó la modelación del derrame de una posible sustancia y su vaporización, relacionado dicho concepto al proceso mediante el cual un líquido contaminante presente en forma de charco se convierte en vapor y se dispersa en la atmósfera.

Se realizó la revisión de las condiciones a las cuales una sustancia da inicio con el proceso de vaporización, y se determinó que la vaporización de una sustancia ocurre cuando las moléculas en su superficie adquieren

suficiente energía cinética para vencer las fuerzas de atracción intermoleculares y pasar al estado gaseoso, formando vapor [41].

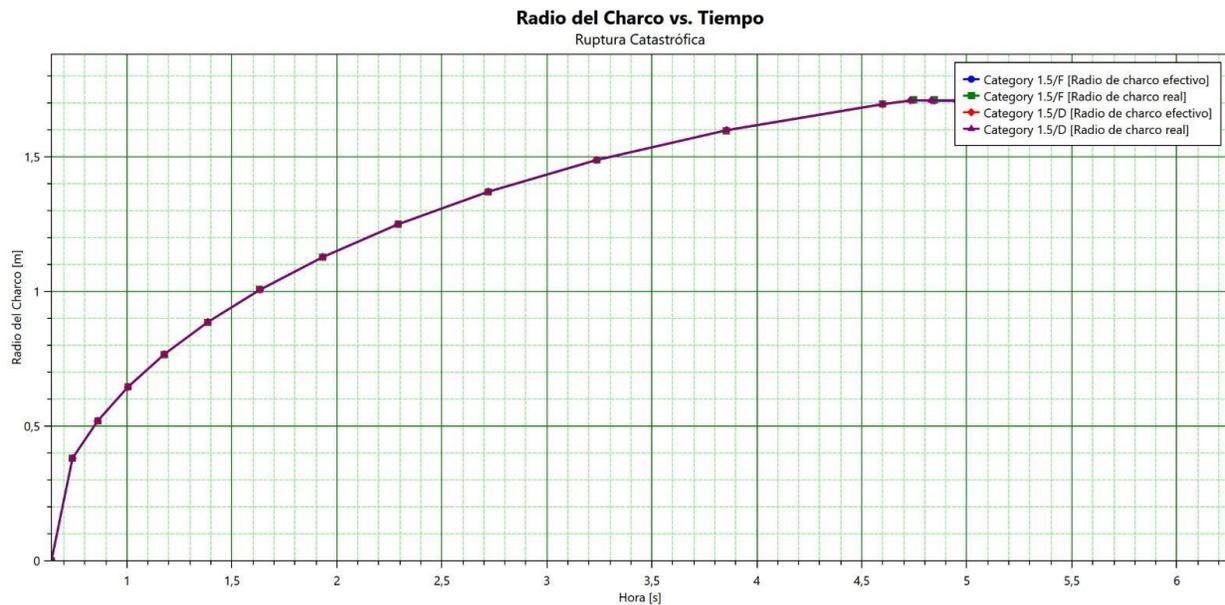
Se realizó un análisis de dispersión en el software Qgis con la herramienta Viewshed para determinar los grados de alcance de propagación en el cual se determinaron factores multicriterio tales como:

- Ley de dispersión para determinar el radio del charco en función del tiempo
- Balance de masa alrededor del volumen de control del derrame para cada componente de las sustancias
- Balance de energía alrededor del volumen de control del derrame, suponiendo que este presenta poca profundidad, por lo cual, se aplicó una hipótesis de mezcla homogénea.

Con relación a los criterios expuestos, se realizó la superposición de geometrías y alcances de dispersión para determinar la profundidad media de un derrame y el radio del charco respecto al tiempo como se logra evidenciar en la Figura 40.

Figura 40.

Radio del derrame en relación al tiempo Planta de Absorción CEPIIS



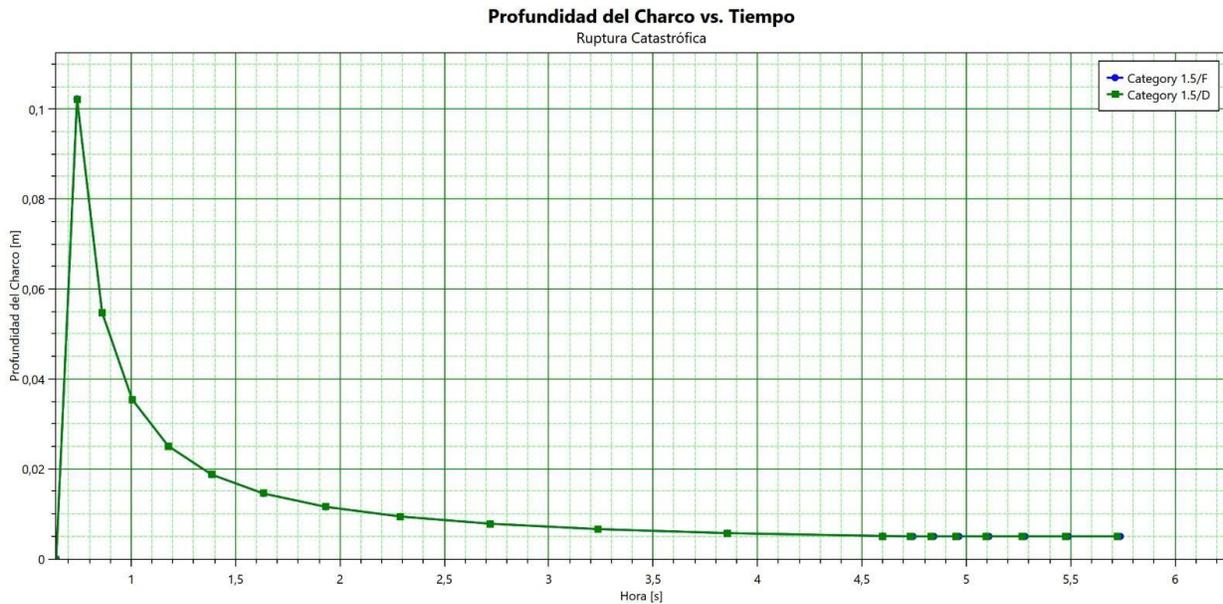
Nota: en la Figura 40 Radio del derrame en relación al tiempo Planta de Absorción CEPIIS se presenta el radio del derrame en el cual se evidencia que a lo largo que avanza el tiempo, el charco va de manera progresiva creciendo a su par.

Como se presenta previamente, se evidencia que la relación entre el radio de un derrame en la planta de absorción depende de varios factores, como las propiedades físicas y químicas del líquido derramado, las condiciones ambientales, la superficie en la que se derrama y la cantidad del líquido derramado.

Por otro lado, se realizó la modelación a la profundidad promedio que podría tener dicho derrame en el cual se evidenció que el derrame se encuentra directamente proporcional al tiempo como se muestra en la Figura 41.

Figura 41.

Profundidad derrame en relación al tiempo Planta de Absorción CEPIIS

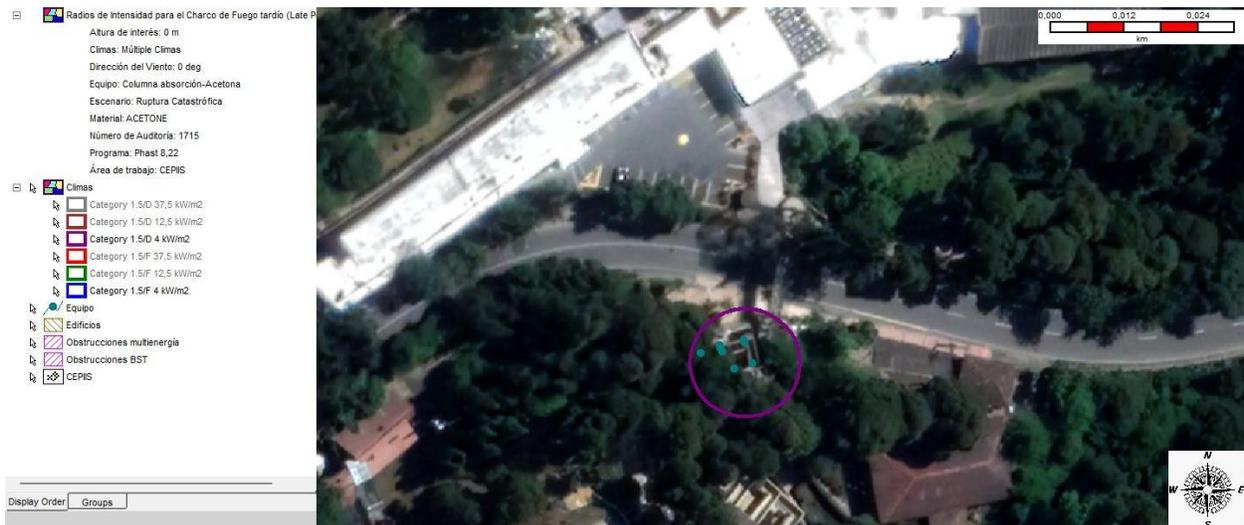


Nota: en la Figura 41 presenta la profundidad promedio del derrame en el cual se evidencia que, con una sustancia como Acetona, y con un evento asociado a una fuga o ruptura, se podría presentar un derrame de 10cm.

Cómo se logra evidenciar en la Figura 41, se evidencia que, ante un posible evento amenazante, no se cuenta con una profundidad sustancial, por lo cual, son 10 cm de profundidad de un charco ocasionado por un derrame, es importante mencionar que esta profundidad varía a medida que el tiempo pasa y este no es controlado, dado que el radio del charco de la sustancia va en progresiva expansión tal como se ilustró en la Figura 42.

Figura 42.

Radios de intensidad para Piscina de Fuego (Charco de Fuego)

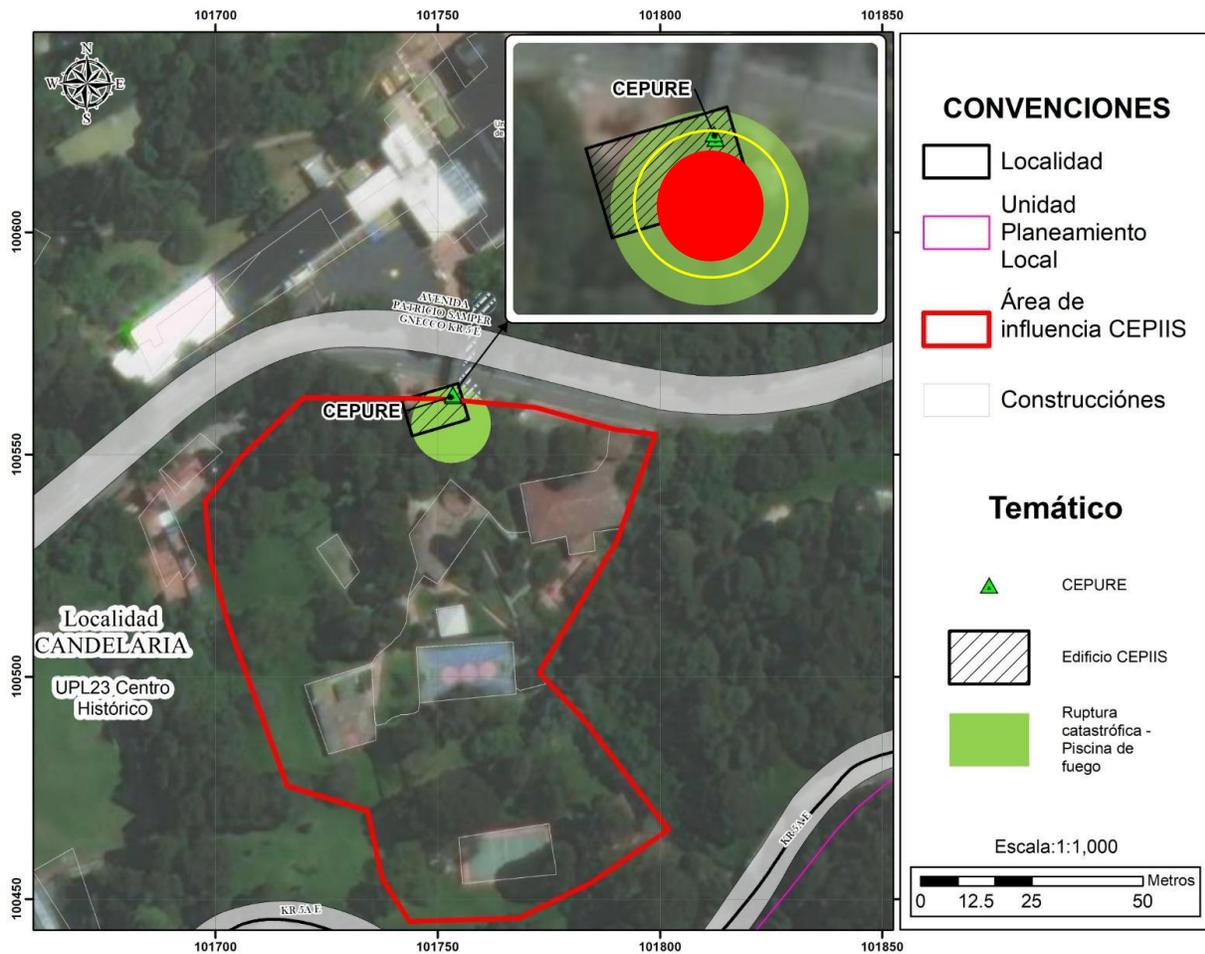


Nota: en la Figura 42, se presenta la profundidad promedio del derrame en el cual se evidencia que, con una sustancia como Acetona, y con un evento asociado a una fuga o ruptura, se podría presentar un derrame de 10cm.

Cómo se logra evidenciar previamente, el alcance ante una amenaza de derrame de sustancias en la planta de absorción, es puntual y se manejar de manera adecuada y precisa, por ende, se cataloga el riesgo como Improbable (2) Posibilidad de ocurrencia Baja, sucedería de forma excepcional como se logra evidenciar en la Figura 43.

Figura 43.

Amenaza por Derrame CEPIIS



Nota: en la Figura 43 se evidencia la amenaza asociada a piscina o charco de fuego, en la cual se presenta que la piscina de fuego propende un área más amplia a CEPURE- planta de absorción, se evidencia que se tiene un mayor escenario de riesgo en el instante de su propagación, y a mayor radio, menor es la probabilidad de materialización y riesgo.

3.2.8. Piscina de Fuego

Una piscina de fuego se refiere a una acumulación de líquidos inflamables o combustibles que han prendido fuego y formado una superficie de llamas en la parte superior. Este término a menudo se utiliza en el contexto de accidentes industriales o derrames de productos químicos inflamables. Las piscinas de fuego pueden ser extremadamente peligrosas debido a la intensidad del fuego y la liberación de calor y gases tóxicos.

Se realizó la modelación de este evento considerando la cantidad de sustancias y gases que podrían manejarse en la Planta de absorción y los riesgos a los cuales están expuestos los operadores de la planta en el marco de su manipulación. Se realizó la revisión al artículo denominado Calculation of the Flame Size from Burning

Liquid Pools, elaborado por Valerio Cozzani [42] en el cual se evaluaron parámetros tales como la velocidad de combustión, es decir, la velocidad de consumo de combustible de la piscina de fuego.

Se realizó el análisis estadístico en el software ArcGIS. Map 1.6 de la ecuación de Zabetakis and Burgess [43] la cual consiste en el análisis de velocidad de un líquido:

Ecuación 1

Cálculo de análisis de velocidad de combustión

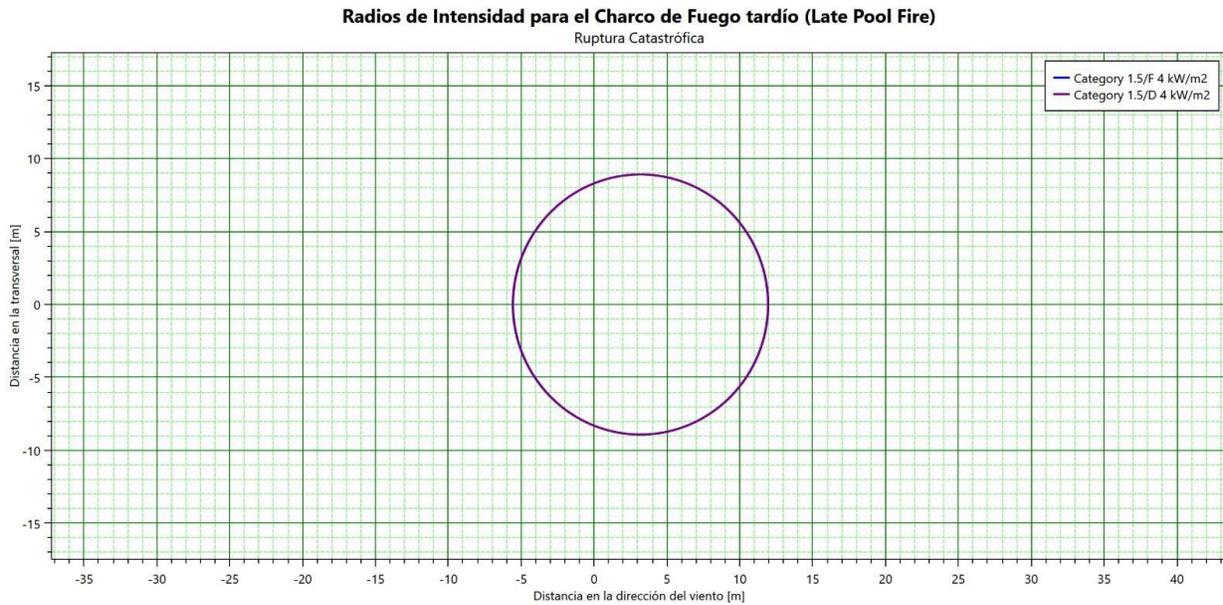
$$m'' = m''_{\infty}(1 - e^{-k\beta D})$$

Nota: en la Ecuación 1 se presenta el cálculo de velocidad de combustión donde m''_{∞} es la velocidad específica de combustión de la masa a diámetro "infinito" ($\text{kg}/\text{m}^2/\text{s}$) a determinar experimentalmente, k es el coeficiente de absorción-extinción de la llama (m^{-1}), β es un coeficiente de corrección de la longitud del haz, y D es el diámetro de la piscina (m), tomado de [43] y adaptado por [11]

Con relación a lo anterior, se realizó el análisis considerando un diámetro promedio de 6m, teniendo en consideración que este parámetro, influye explícitamente en el sobre la velocidad de combustión del combustible, al menos a valores de diámetro bajos. Derivado de la superposición de geometría de una ruptura que proceda a tener una piscina de fuego debido a las sustancias y al análisis de cálculo de velocidad de combustión en el Software se determinó un radio considerable como se logra evidenciar en la Figura 44.

Figura 44.

Piscina de Fuego Planta de Absorción CEPIIS

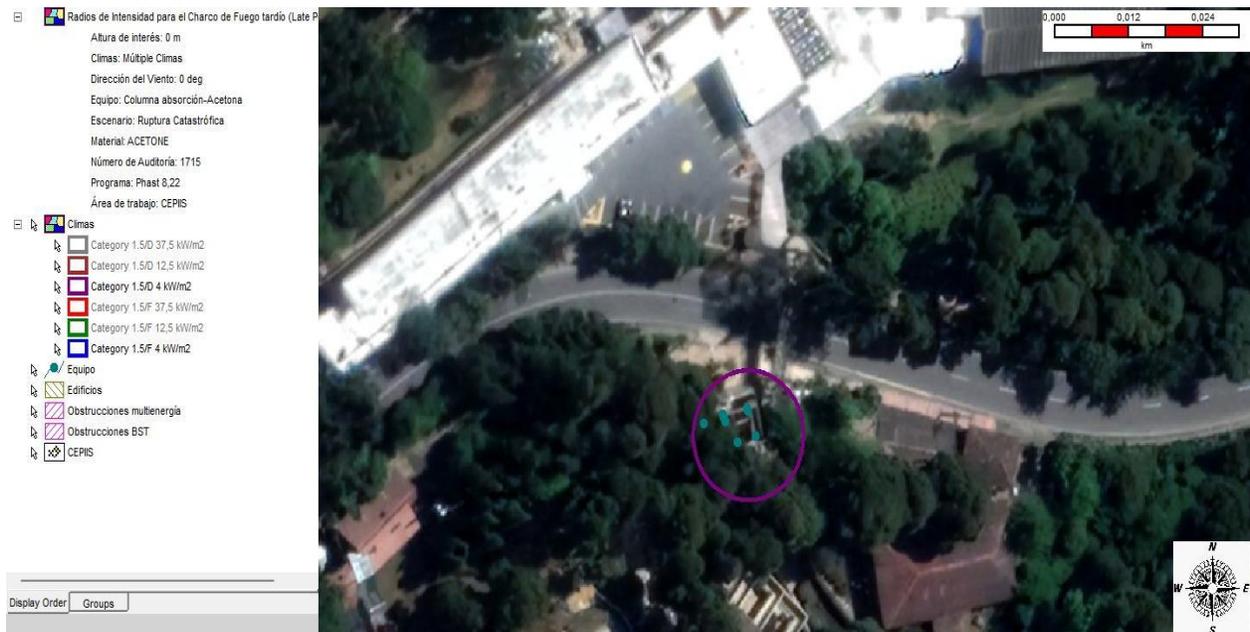


Nota: en la Figura 44 se presenta el radio de intensidad ante una ruptura que pueda ocurrir en el Centro de Procesos para la Industria Sostenible, específicamente en la planta de absorción, se presenta un radio de 9 metros, el evento puede desencadenarse por factores tales como mala manipulación del equipo o deficiencia en su operación.

Con relación a lo previamente expuesto, se evidencia que el evento en caso de materializarse, podría suscitar más eventos amenazantes, se presenta que la piscina de fuego derivada de una ruptura en la planta de absorción de CEPURE, podría alcanzar un radio de hasta 9 metros lo cual, como es de esperar, cada uno de los parámetros evaluados poseen el limitante del tiempo para que este no requiera acciones adicionales, en consecuencia, se modeló un escenario crítico que permita evidenciar un rango de resultados en relación con tiempo en correlaciones simplificados. A continuación, en la Figura 45 se expone el análisis de consecuencia de la Planta de absorción en su cobertura geográfica.

Figura 45.

Piscina de Fuego Planta de Absorción CEPIIS

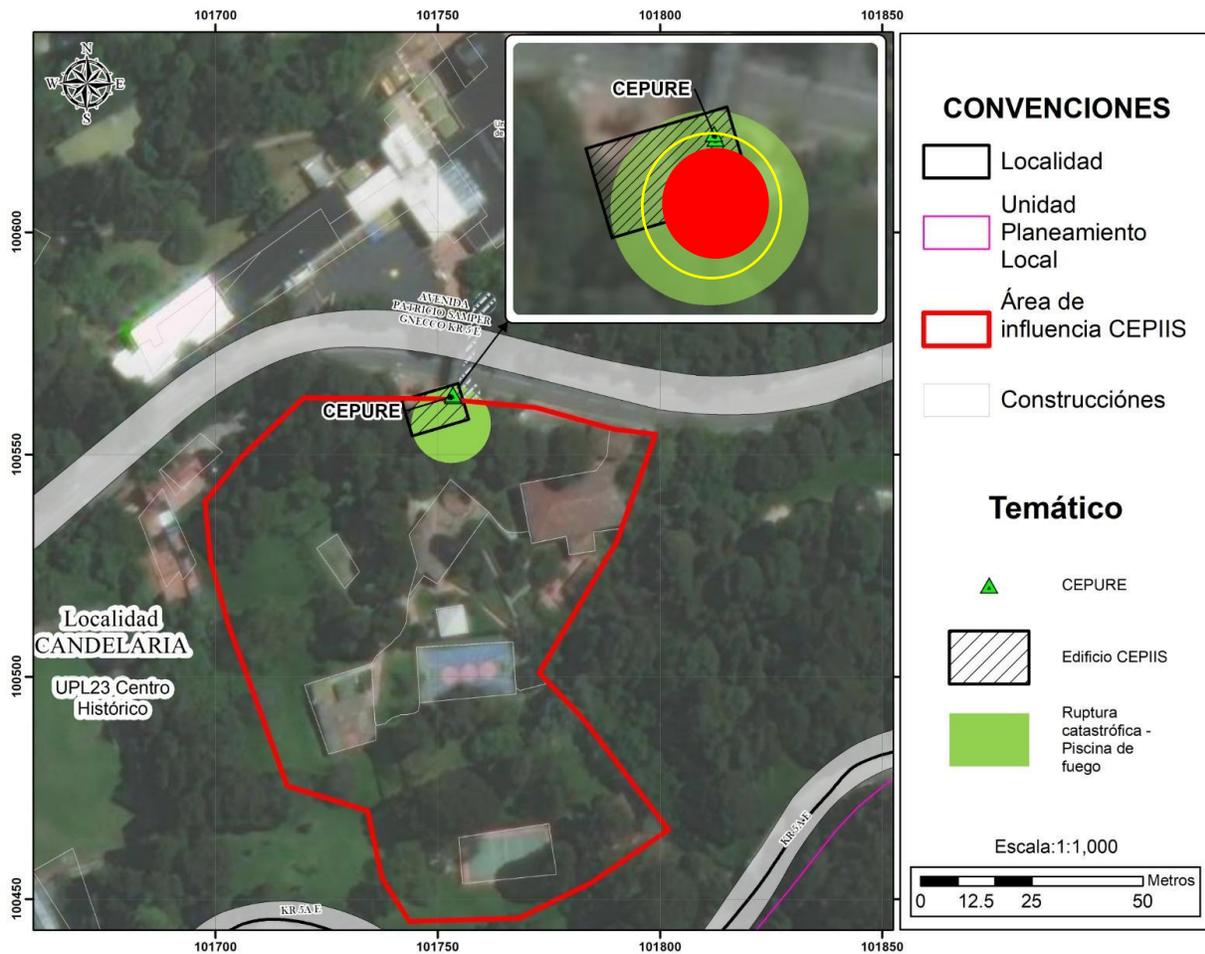


Nota: en la Figura 45 se presenta el radio de intensidad ante una ruptura que pueda ocurrir en el Centro de Procesos para la Industria Sostenible, específicamente en la planta de absorción, se presenta un radio de 9 metros, el evento puede desencadenarse por factores tales como mala manipulación del equipo o deficiencia en su operación.

Cómo se logra evidenciar previamente, el alcance ante una amenaza por piscina de fuego de sustancias en la planta de absorción, es manejable, no obstante, su estabilidad y propagación depende de diversos criterios externos tales como condiciones climáticas, sustancias y tiempo de reacción, por ende, se cataloga el riesgo como **Remoto (3)** Posibilidad de ocurrencia muy baja o media, sucedería de forma esporádica.

Figura 46.

Amenaza por Piscina de Fuego CEPIIS



Nota: en la Figura 46, se presenta el radio de intensidad ante una ruptura que pueda ocurrir en el Centro de Procesos para la Industria Sostenible, específicamente en la planta de absorción, se presenta un radio de 9 metros, el evento puede desencadenarse por factores tales como mala manipulación del equipo o deficiencia en su operación.

3.2.9. CESI (Centro de servicios Industriales)

Dando continuidad al proceso de identificación de riesgos asociados al Centro de Procesos e Innovación para la Industria Sostenible CEPIIS, se realizará el análisis al Centro de Servicios Industriales CESI, en cuyo centro se realizarán procesos de purificación y tratamiento de agua, así mismo, se posee un compresor, torre de enfriamiento, gases especiales, planta térmica, planta PTAR-PTAI.

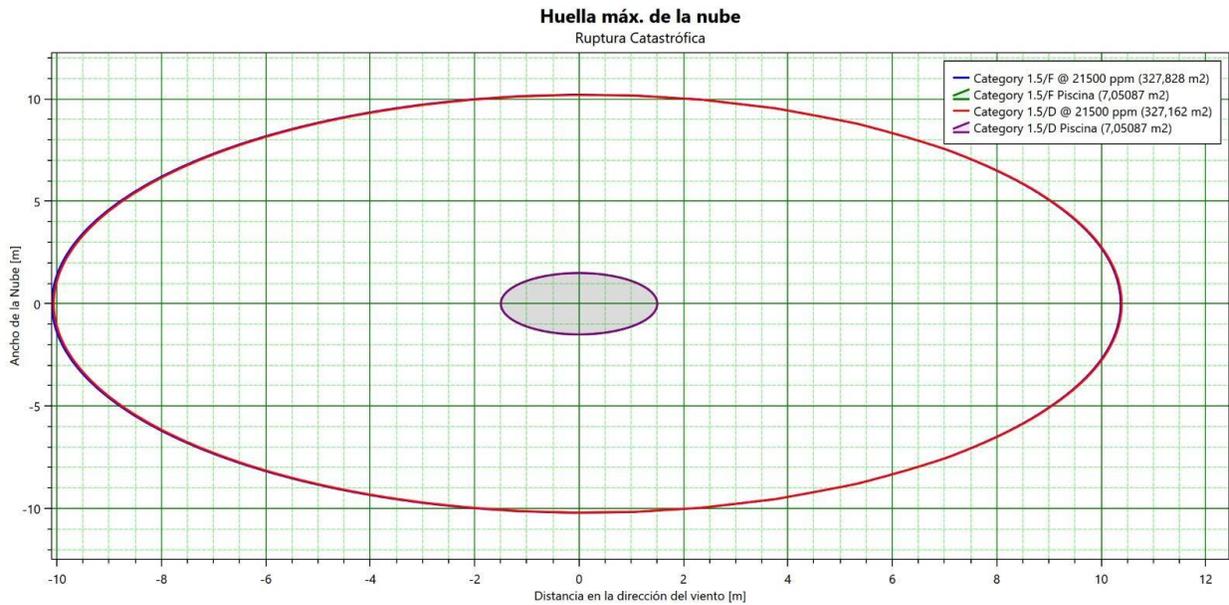
3.2.10. Ruptura Catastrófica.

3.2.10.a. Nube de Dispersión. Con respecto a los eventos amenazantes, se llevó a cabo la modelación ante una posible ruptura catastrófica asociada a la planta térmica. Se considera que la central térmica es una instalación que utiliza la energía térmica para generar electricidad y funciona mediante la conversión de calor en energía eléctrica a través de ciclos termodinámicos. Considerando lo anterior, se efectuó la modelación con diversas sustancias, incluido el etanol, para evidenciar el grado máximo de propagación ante una nube de dispersión. Para lograr la modelación de la nube de dispersión, se determinaron los parámetros atmosféricos, considerándolos en los escenarios más desfavorables para la difusión de sustancias. Los coeficientes de dispersión fueron determinados por el mezclado o poder dispersivo del flujo turbulento dentro de la capa límite atmosférica.

En relación con lo anterior, se aplicó en el software Qgis el método de Pasquill, que permitió calcular los coeficientes de dispersión mediante una clasificación sencilla de las condiciones atmosféricas, definidas como categorías de estabilidad. A continuación, en la Figura 47, se presenta la huella máxima de dispersión ante una posible ruptura de alguno de los elementos que componen la planta de absorción del Centro de Procesos e Innovación para la Industria Sostenible (CEPIIS) - CESI.

Figura 47.

Huella Máxima de la Nube Planta Térmica CEPIIS- CESI



Nota: en la Con respecto a los eventos amenazantes, se llevó a cabo la modelación ante una posible ruptura catastrófica asociada a la planta térmica. Se considera que la central térmica es una instalación que utiliza la energía térmica para generar electricidad y funciona mediante la conversión de calor en energía eléctrica a través de ciclos termodinámicos. Considerando lo anterior, se efectuó la modelación con diversas sustancias, incluido el etanol, para evidenciar el grado máximo de propagación ante una nube de dispersión. Para lograr la modelación de la nube de dispersión, se determinaron los parámetros atmosféricos, considerándolos en los escenarios más desfavorables para la difusión de sustancias. Los coeficientes de dispersión fueron determinados por el mezclado o poder dispersivo del flujo turbulento dentro de la capa límite atmosférica. En relación con lo anterior, se aplicó en el software Qgis el método de Pasquill, que permitió calcular los coeficientes de dispersión mediante una clasificación sencilla de las condiciones atmosféricas, definidas como categorías de estabilidad. A continuación, en la Figura 47, se presenta la huella máxima de dispersión ante una posible ruptura de alguno de los elementos que componen la planta de absorción del Centro de Procesos e Innovación para la Industria Sostenible (CEPIIS) - CESI.

Figura 47 se presenta la huella máxima de dispersión de las sustancias presentes en una planta de térmica, se modeló con los escenarios más críticos y las sustancias críticas tales como Etanol y comburentes, con la finalidad de determinar la concentración máxima de dispersión y propagación.

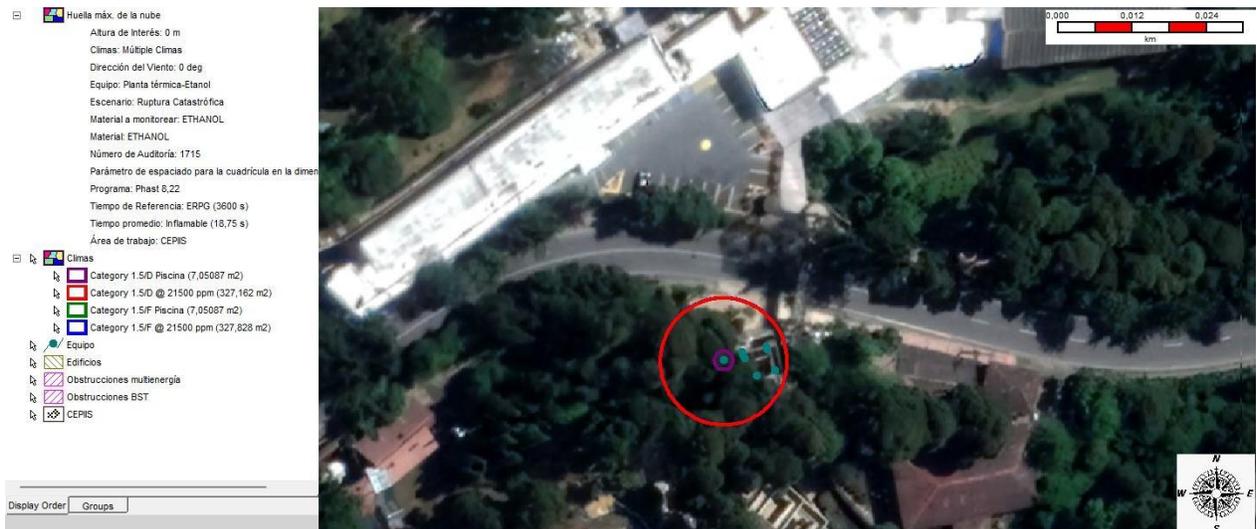
3.2.10.b. Cómo se logra evidenciar en la Con respecto a los eventos amenazantes, se llevó a cabo la modelación ante una posible ruptura catastrófica asociada a la planta térmica. Se considera que la central térmica es una instalación que utiliza la energía térmica para generar electricidad y funciona mediante la conversión de calor en energía eléctrica a través de ciclos termodinámicos. Considerando lo anterior, se efectuó la modelación con diversas sustancias, incluido el etanol, para evidenciar el grado máximo de propagación ante una nube de dispersión. Para lograr la modelación de la nube de dispersión, se determinaron los parámetros atmosféricos, considerándolos en los escenarios más desfavorables para la difusión de sustancias. Los coeficientes de dispersión fueron determinados por el mezclado o poder dispersivo del flujo turbulento dentro de la capa límite atmosférica.

En relación con lo anterior, se aplicó en el software Qgis el método de Pasquill, que permitió calcular los coeficientes de dispersión mediante una clasificación sencilla de las condiciones atmosféricas, definidas como categorías de estabilidad. A continuación, en la Figura 47, se presenta la huella máxima de dispersión ante una posible ruptura de alguno de los elementos que componen la planta de absorción del Centro de Procesos e Innovación para la Industria Sostenible (CEPIIS) - CESI.

Figura 47, se realizó el análisis de consecuencia para la Planta térmica ante una ruptura catastrófica, es importante destacar que la nube de dispersión depende considerablemente de las sustancias, por lo cual, para el presente ejercicio de dispersión se tomó en consideración las sustancias compatibles expuestas en el Manual de operación y mantenimiento para determinar el radio de alcance. Se determinó que, ante una ruptura catastrófica, se evidencia un radio aproximado de 3,24 metros, por lo cual, se estima que su propagación será puntual, confinada y manejable dentro de los parámetros de aceptabilidad, monitoreo y reducción del riesgo. Presentado al presente plan de gestión del riesgo y del desastre cómo se logra observar en la Figura 48.

Figura 48.

Área Máxima de la Nube Planta de Absorción CEPURE

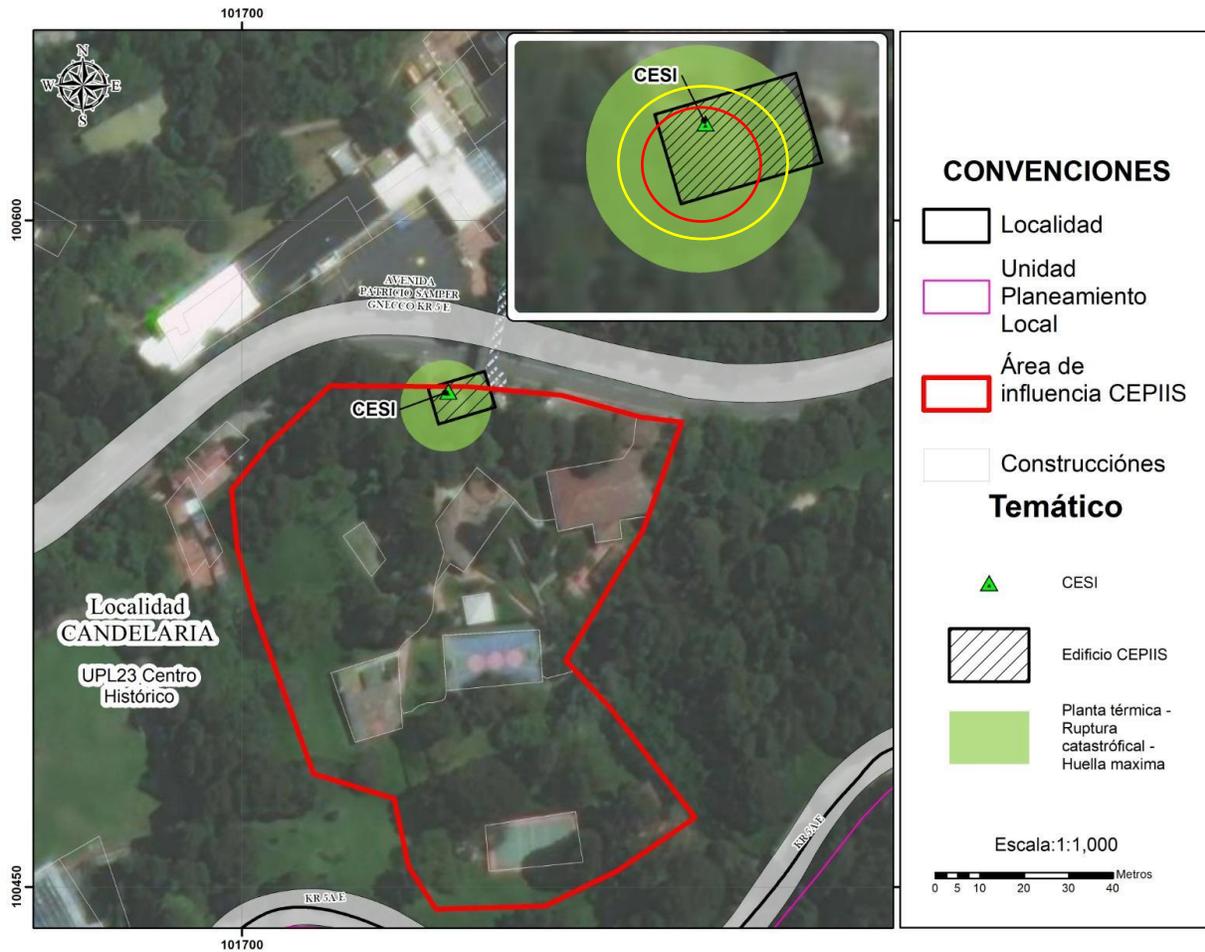


Nota: en la Figura 48 se presenta la huella máxima de la planta de Absorción en relación con el área de cobertura geográfica del Centro de Procesos para la Innovación para la Industria Sostenible CEPIIS, en el cual se presenta una amenaza puntual y fácil de controlar, sin propagación de mayor alcance salvo la infraestructura del Centro.

Cómo se logra evidenciar previamente, el alcance ante una amenaza de ruptura por nube de dispersión en la planta de absorción, es puntual y confinada, así mismo se dispuso en la modelación los sitios de ventilación que permitan que dicho evento no se materialice en mayor magnitud, bajo lo anterior, se cataloga el riesgo como **Improbable (2)** Posibilidad de ocurrencia muy Baja, sucedería de forma excepcional como se logra evidenciar en la Figura 49.

Figura 49.

Amenaza por Nube de Dispersión- Ruptura Catastrófica



Nota: en la Figura 49, se presenta la huella máxima de la planta de Absorción en relación con el área de cobertura geográfica del Centro de Procesos para la Innovación para la Industria Sostenible CEPIIS, en el cual se presenta una amenaza puntual y fácil de controlar, no obstante, se evidencia que, a mayor grado de propagación, el riesgo es más propenso de expandirse fuera de su área de generación.

3.2.10.c. **Explosión.** Una explosión se refiere a una reacción repentina de oxidación o descomposición con aumentos de temperatura, presión o ambos simultáneamente. Este evento amenazante se contempla debido a que su ocurrencia puede provocar otros eventos amenazantes de mayor magnitud. La explosión puede ser desencadenada por la ruptura de la planta térmica o los tanques de almacenamiento de combustible, por daños o errores humanos en la manipulación de estas instalaciones sin conocimiento, o por derrames de

fluidos durante las actividades de transporte o trasiego, los cuales pueden resultar en daños mecánicos o errores humanos.

Este evento se considera una amenaza debido a la posible ignición y destrucción de instalaciones, facilidades o infraestructuras cercanas, así como la afectación de suelos y cuerpos de agua. La propagación del riesgo se evalúa considerando las sustancias presentes en el Centro de Procesos e Innovación para la Industria Sostenible (CEPIIS), algunas de las cuales pueden ser inflamables. Con la presencia de una fuente de oxidación, podría producirse una mezcla del combustible y el medio de oxidación, desencadenando una fuente de ignición lo suficientemente fuerte.

Se llevó a cabo una clasificación en zonas de peligro para determinar el grado de propagación de este riesgo, considerando la presión atmosférica como un factor fundamental en la materialización del evento. Además, se evaluó la propiedad de inflamabilidad de las sustancias y gases presentes en el CEPIIS, dependiendo de los balances de las sustancias que podrían propiciar una mezcla de mayor volumen. La Ecuación 2, presentada a continuación, expone la fórmula para determinar las propiedades de inflamabilidad de los componentes presentes en las mezclas de residuos y sustancias. Es importante destacar que esta ecuación se implementó utilizando la herramienta Geométrica de Qgis para determinar los grados de probabilidad de la amenaza.

Ecuación 2

Ecuación de inflamabilidad y explosividad de mezclas de Sustancias

$$LIE = \frac{100 \% \frac{V}{V}}{\frac{C_1}{LS_1} + \frac{C_2}{LS_2} + \frac{C_3}{LS_3} + \frac{C_i}{LSE_i}} (\% Vol)$$

Nota: como se presenta en la Ecuación 2, siendo C_i la concentración de cada componente combustible sobre el volumen total de combustibles, se dispuso en el software Qgis, la geometría de la ecuación de acuerdo a la guía de evaluación y prevención de riesgos derivado de atmósferas explosivas en el lugar de trabajo, con la finalidad de determinar el grado de amenaza en caso de un evento amenazante en el Centro de Procesos e Innovación Para la Industria Sostenible CEPIIS, tomado de: (Instituto Nacional de Seguridad y Salud en el Trabajo, 2003).

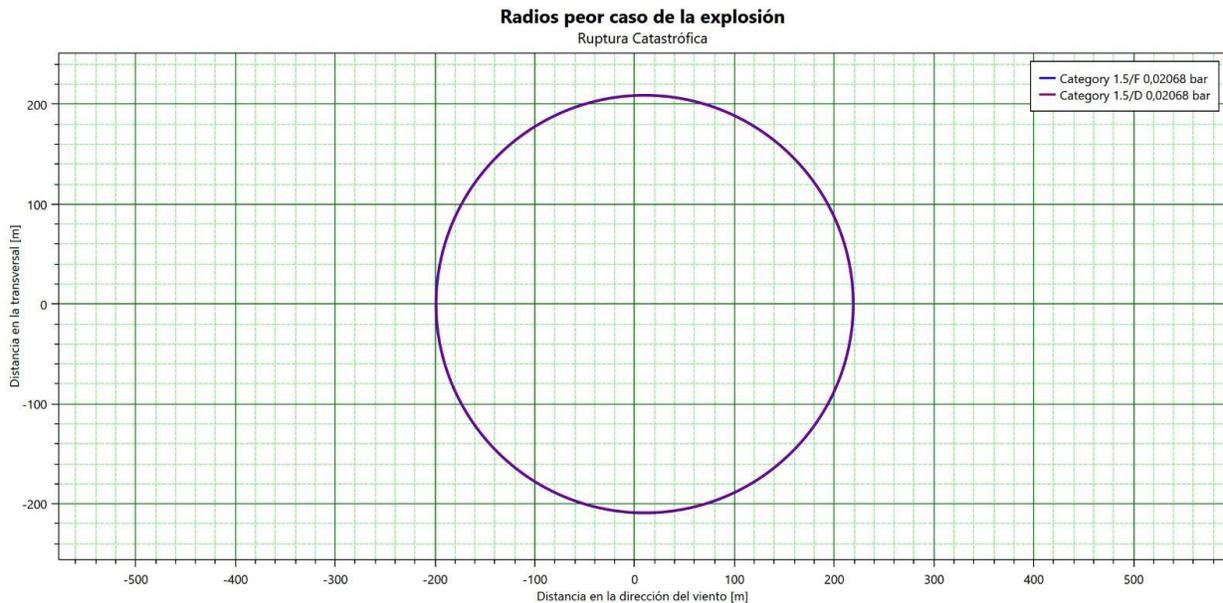
Se presenta que en el Centro de Procesos e Innovación para la Industria Sostenible CEPIIS, una planta térmica en el primer piso, cuya mezcla con otras sustancias, generaría una mezcla inflamable, más ligero que el aire, lo cual lo convertiría en un detonante para la materialización de una posible explosión.

Considerando lo anterior, se determinó el grado en radios por explosión, lo cual refiere a la distancia desde el epicentro de la explosión en la planta térmica, como la onda de choque y de nube dispersa, A continuación,

se expone la distancia de la onda en función con la dirección del viento. Por lo cual en la modelación efectuada con la herramienta Viewshed, se dispuso una corriente promedio (Ver Figura 50):

Figura 50.

Amenaza por radio de explosión- Ruptura Catastrófica



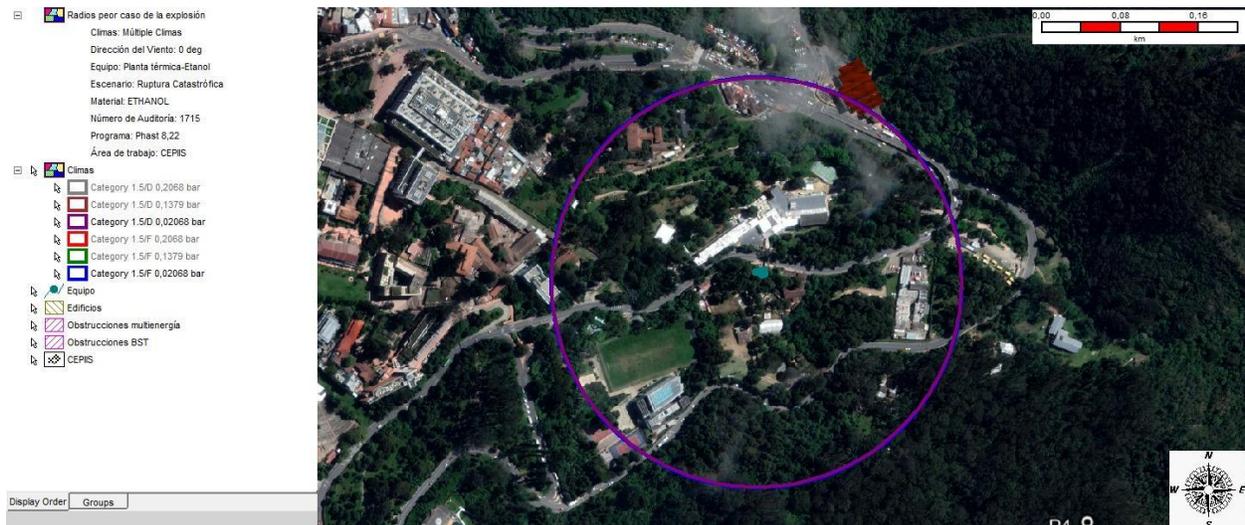
Nota: como se presenta en la Figura 50, se dispuso en el software Qgis, la geometría de la ecuación de acuerdo a la guía de evaluación y prevención de riesgos derivado de atmósferas explosivas en el lugar de trabajo, con la finalidad de determinar el grado de amenaza en caso de un evento amenazante en el Centro de Procesos e Innovación Para la Industria Sostenible CEPIIS.

Cómo se logra apreciar previamente, la amenaza por radio de explosión llegaría alcanzar una distancia en la transversal de 200 metros, y una distancia en función de la dirección del viento, que para efectos del presente, se tomó en consideración la estación climatológica de la CAR, ubicada en la calle 26, en la cual se logra apreciar un grado explosión de 200 metros a la redonda.

Es importante mencionar que este evento en el centro de Proceso e Innovación para la Industria Sostenible CEPIIS, se menciona que, desde el epicentro de la explosión, hasta el punto más alejado en una dirección oriente, occidente. Los efectos de la explosión, como la onda de choque, los escombros voladores, el calor y otros, se pueden sentir o experimentar en un área circular con un radio de 200 metros independiente de la dirección.

Figura 51.

Amenaza por radio de explosión- CEPIIS- CESI



Nota: como se presenta en la Figura 51, se dispuso en el software Qgis, la geometría de la ecuación de acuerdo a la guía de evaluación y prevención de riesgos derivado de atmósferas explosivas en el lugar de trabajo, con la finalidad de determinar el grado de amenaza en caso de un evento amenazante en el Centro de Procesos e Innovación Para la Industria Sostenible CEPIIS.

En función de lo previamente expuesto, se logra apreciar que el radio de explosión por ruptura de la Planta Térmica de CESI, lograría una amenaza bastante considerable llegando a expandirse a casi 219 metros desde su epicentro. La explosión relacionada fue considerada un riesgo por ruptura de etanol, con mezcla de oxígeno y temperaturas elevadas. Es importante mencionar a continuación los eventos que pueden estar asociados a una explosión en la planta térmica del Centro de Procesos e Innovación Para la Industria Sostenible CEPIIS:

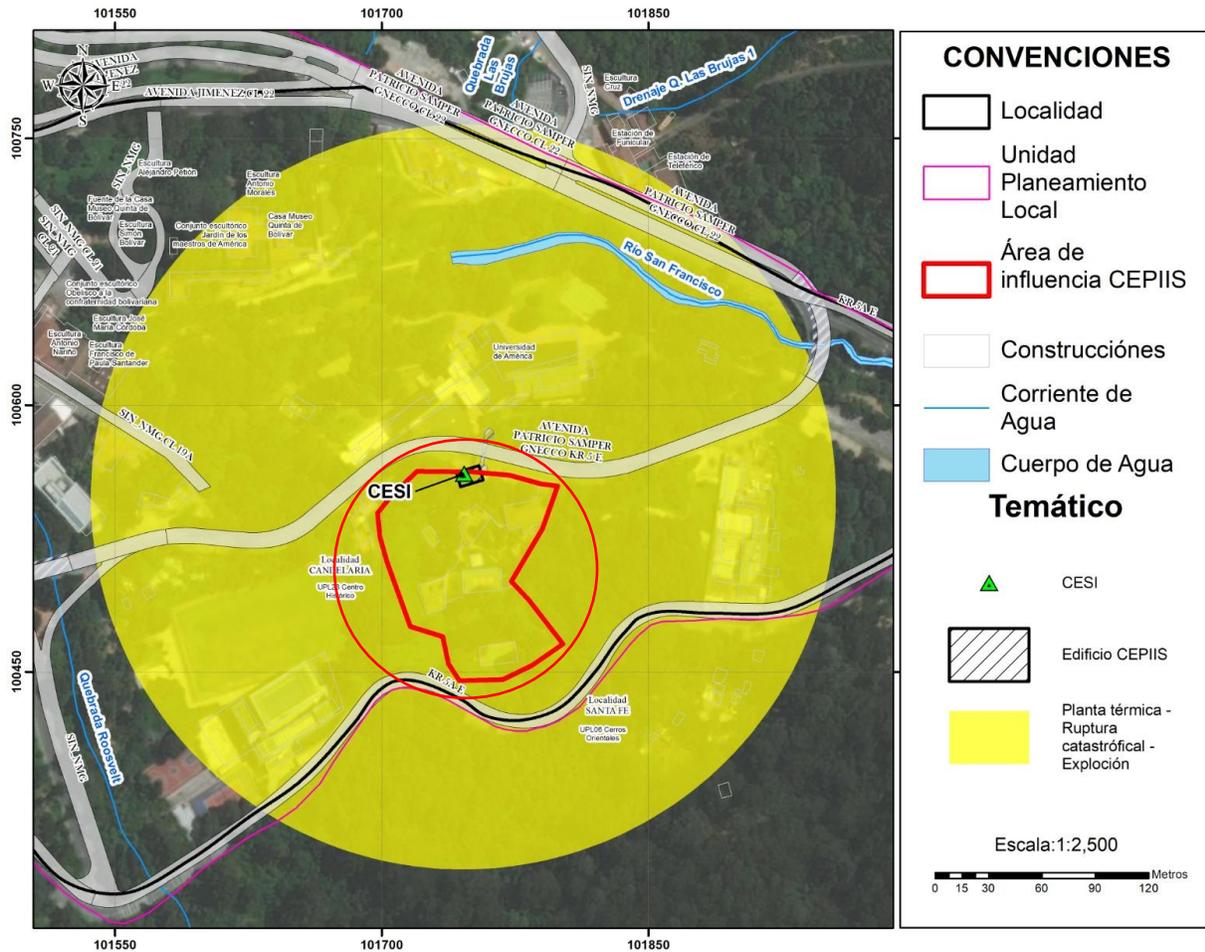
- Fugas: Si hay una fuga de sustancias líquidas o vapores inflamables en un área confinada, pueden acumularse y crear una mezcla explosiva en el aire.
- Ignición: cualquier fuente de ignición, como chispas eléctricas, llamas abiertas, equipos calientes o superficies calientes, puede encender los vapores de etanol y desencadenar una explosión.
- Condiciones de confinamiento: Un espacio cerrado o confinado puede aumentar la probabilidad de una explosión, ya que los vapores de etanol pueden acumularse y no dispersarse fácilmente

Con relación a lo previamente expuesto, se evidencia que el evento en caso de materializarse, podría suscitar más eventos amenazantes , se presenta que la amenaza por explosión en el Centro de Proceso e Innovación para la Industria Sostenible CEPIIS, podría alcanzar un radio de hasta entre 210 metros lo cual (como radio directo), como es de esperar, cada uno de los parámetros evaluados poseen el limitante del tiempo para que este no requiera acciones adicionales, en consecuencia, se realizó un traslape en escenario crítico que permita

evidenciar un rango de resultados en relación con tiempo en correlaciones simplificados. Con relación a lo anterior, se determina el presente riesgo como **moderado (5)**, posibilidad de ocurrencia alta, podría materializarse de manera directa y letal de no controlarse como se evidencia en la Figura 52.

Figura 52.

Amenaza por explosión- CEPIIS- CESI



Nota: como se presenta en la Figura 52, se evidencia la amenaza por explosión la cual, en una eventual materialización, la onda de explosión llegaría incluso hasta la avenida Jiménez (Centro de la ciudad de Bogotá), se presenta que los elementos vulnerables que se encuentran más cerca del epicentro, serían los más afectados.

Figura 53.*Análisis De Consecuencias De Explosión Por Distancia*

Distancia (m)	Consecuencias humanas	Consecuencias sobre la infraestructura
10-19 m	Muerte: 100% (por caída e impacto), 100% (por hemorragia pulmonar) Rotura timpánica: 100%	Colapso 100% de los edificios
20-29 m	Muerte: 100% (por caída e impacto), 100% (por hemorragia pulmonar) Rotura timpánica: 97%	Colapso 100% de los edificios
30-59 m	Muerte: 100% (por caída e impacto con el cráneo), 4% (por caída e impacto con el cuerpo) Rotura timpánica: 86%	Colapso 100% de los edificios
60-99 m	Muerte: 100% (por caída e impacto con el cráneo), 4% (por caída e impacto con el cuerpo) Rotura timpánica: 86%	Colapso 100% de los edificios
100-224 m	Rotura timpánica: 14%	Colapso del 65% de los edificios e infraestructura circundante y daño estructural mayor en el 35% restante
229- 549 m	Rotura timpánica: 1%	Daño estructural mayor en el 1% daño estructural menos en el 49% y 50% restante no presencia de daños considerables
500-1999 m	Ninguna	Daño estructural menor en el 10% de la infraestructura y el 90% restante sin daños

Nota: como se presenta en la Figura 53, se evidencia la amenaza que desde el epicentro que conlleva aproximadamente de 10 a 30 metros, generaría efectos inmediatos a la salud provocando incluso la muerte y la destrucción total de la infraestructura circundante, por otro lado, mientras que el radio máximo de propagación a 200 metros, solo ocasionaría en su mayoría daño estructural. Tomado de (ATF 555.220s, 2016).

3.2.11. Fuga.

3.2.11.a. Bola de Fuego, chorro de fuego o “FireBall”. Una bola de fuego se forma cuando una nube bifásica compuesta por vapor y gotas de líquido inflamable es encendida, adoptando generalmente una forma esférica. Dependiendo del tipo de combustible involucrado, la combustión puede ser bastante eficiente, liberando una gran cantidad de energía radiante. Este fenómeno puede ocurrir con gases inflamables.

La exposición a la bola de fuego se determinó mediante modelación en Qgis utilizando la herramienta Viewshed para evidenciar la probabilidad de materialización por bola de fuego. Se consideraron los siguientes criterios:

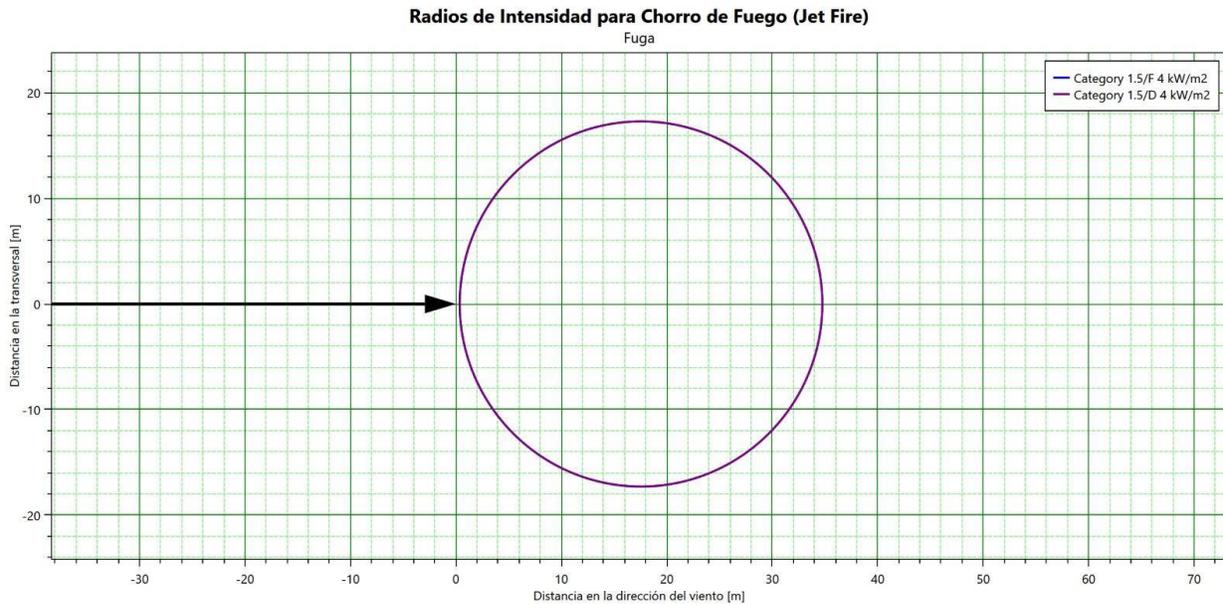
- La frecuencia anual de eventos que podrían causar daños significativos.
- Las coberturas de aseguramiento en función de la recuperación, donde la pérdida económica disminuye.

Para calcular el impacto del riesgo en el Centro de Procesos e Innovación para la Industria Sostenible (CEPIIS), se utilizó un enfoque probabilístico en Qgis, considerando parámetros de estabilidad del Manual de Operación de la Planta Térmica. Estos parámetros fueron fundamentales para determinar los sistemas involucrados en el proceso operativo y se dividieron entre el número de exposiciones al riesgo. La severidad se determinó por la dirección del viento y su velocidad.

Estos dos elementos contribuyen a evaluar el riesgo de la actividad en la planta térmica (CESI), tomando como referencia el riesgo de muerte por bola de fuego directa y basándose en eventos amenazantes ocurridos en laboratorios académicos en los últimos años (Figura 54).

Figura 54.

Radio de Intensidad de Bola de fuego- CEPIIS- CESI



Nota: como se presenta en la Figura 54 se evidencia el radio de intensidad de Fireball (Bola de fuego) presenta un grado de propagación de 30 metros a la redonda lo cual saldría del centro de procesos.

Lo anterior se refiere a la esfera o la masa luminosa que llegaría a ocasionarse de una ruptura en la Planta Térmica de CESI, el cual poseería un diámetro promedio de 10 metros, que afectaría un área circular en todas las direcciones desde su epicentro, esto significa que el evento explosivo o incendio que dio lugar a la bola de fuego, posee una extensión de 10 metros.

Los efectos de una bola de fuego de este tamaño pueden incluir una liberación significativa de calor, llamas y ondas de choque, y pueden representar un peligro importante para las personas, las estructuras y el entorno circundante. A continuación, en la Figura 55, se expone cartográficamente la ronda de propagación de la misma:

Figura 55.

Radio de Intensidad de Bola de fuego- CEPIIS- CESI

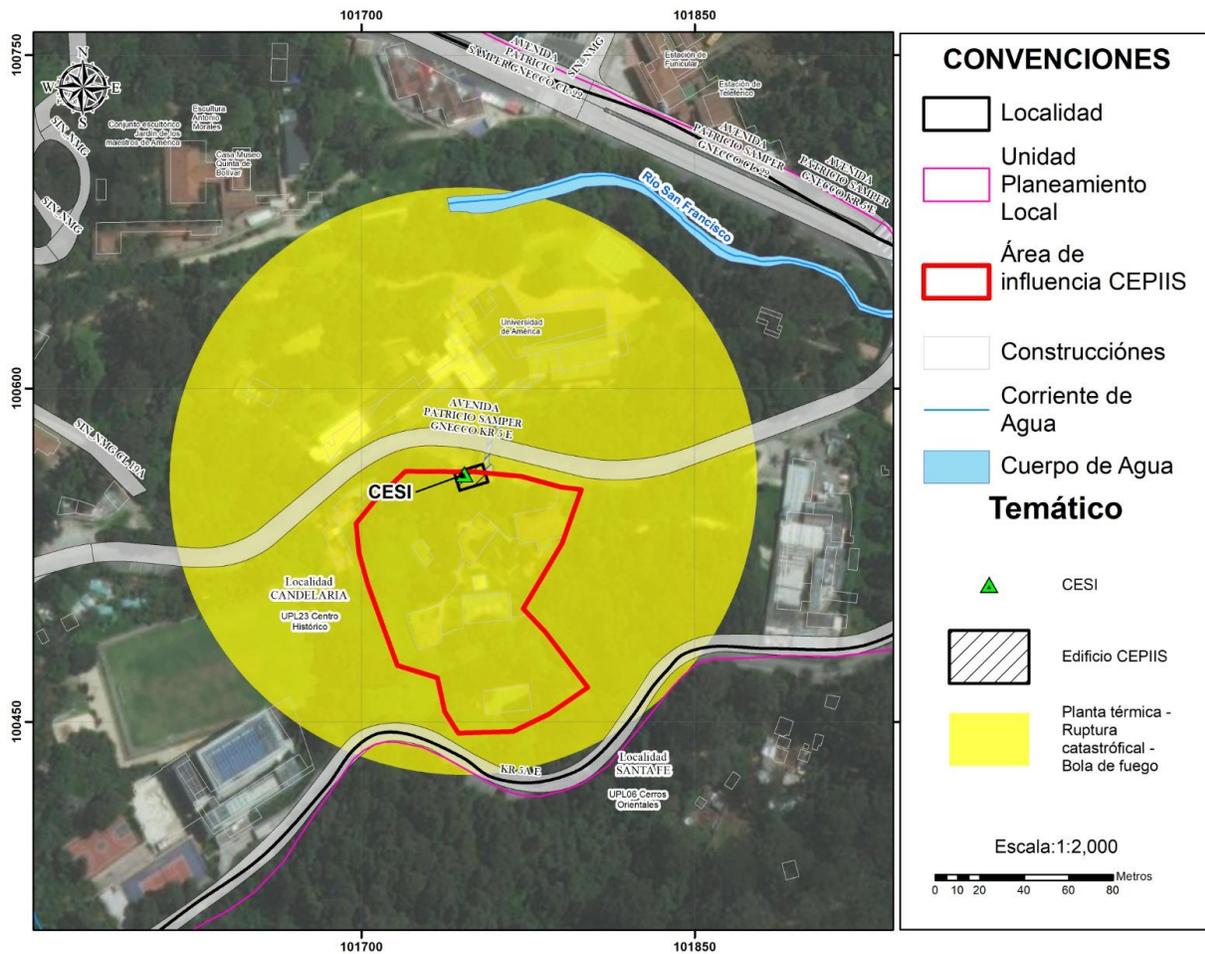


Nota: como se presenta en la Figura 55, se presenta el radio de intensidad por bola de fuego, en el cual se presenta un evento puntual y confinado, no obstante, no alcanza a salir del Eco campus, y su grado se limitaría por la infraestructura física circundante.

Cómo se logra evidenciar, se presenta una amenaza puntual, y confinada, cuya materialización no se lograría expandir más allá salvo de la infraestructura del Centro de Procesos e Innovación para la Industria Sostenible CEPIIS, por lo cual, el presente evento se califica como **Ocasional (4)**. Posibilidad de ocurrencia limitada, podría ocurrir algunas veces como se presenta en la Figura 56.

Figura 56.

Amenaza por Bola de fuego- CEPIIS- CESI



Nota: como se presenta en la Figura 56, se presenta la amenaza por bola de fuego, en el cual se presenta un evento puntual y confinado, no obstante, se evidencia que se lograría expandir la amenaza hasta por fuera de la infraestructura educativa.

3.2.11.b. **Derrame:** los derrames hacen referencia a cualquier vertido accidental de una sustancia química, en estado líquido o sólido, por lo cual, dependiendo de su calificación, representa un riesgo inminente a la salud humana y si llegase a sistemas de alcantarillado, a los cuerpos de agua [46].

Se realizó el análisis de consecuencia de un derrame de una posible sustancia y su vaporización, relacionando dicho concepto al proceso mediante el cual un líquido contaminante presente en forma de charco se convierte en vapor y se dispersa en la atmósfera.

Se realizó la revisión de las condiciones a las cuales una sustancia da inicio con el proceso de vaporización, y se determinó que la vaporización de una sustancia ocurre cuando las moléculas en su superficie adquieren suficiente energía cinética para vencer las fuerzas de atracción intermoleculares y pasar al estado gaseoso,

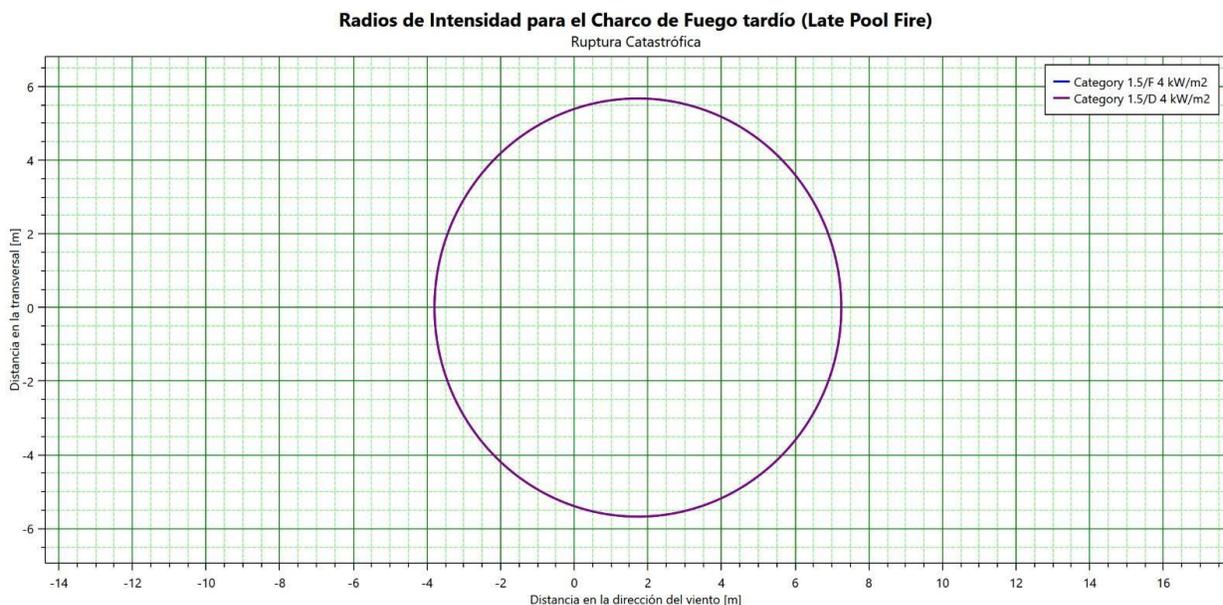
formando vapor. Se realizó un análisis de dispersión para determinar los grados de alcance de propagación en el cual se determinaron factores multicriterio tales como:

- Ley de dispersión para determinar el radio del derrame en función del tiempo
- Balance de masa alrededor del volumen de control del derrame para cada componente de las sustancias
- Balance de energía alrededor del volumen de control del derrame, suponiendo que este presenta poca profundidad, por lo cual, se aplicó una hipótesis de mezcla homogénea

Con relación a una posible fuga que se efectúe en la Planta Térmica, del CESI, es uno de los eventos que más podría materializarse por eventos asociados a fallas mecánicas, o humanas. Con relación a los criterios expuestos, se realizó la superposición de geometrías y alcances de dispersión para determinar la profundidad media de un derrame y el radio del charco respecto al tiempo como se logra evidenciar en la Figura 57.

Figura 57.

Amenaza por Derrame – Charco de fuego- CEPIIS- CESI



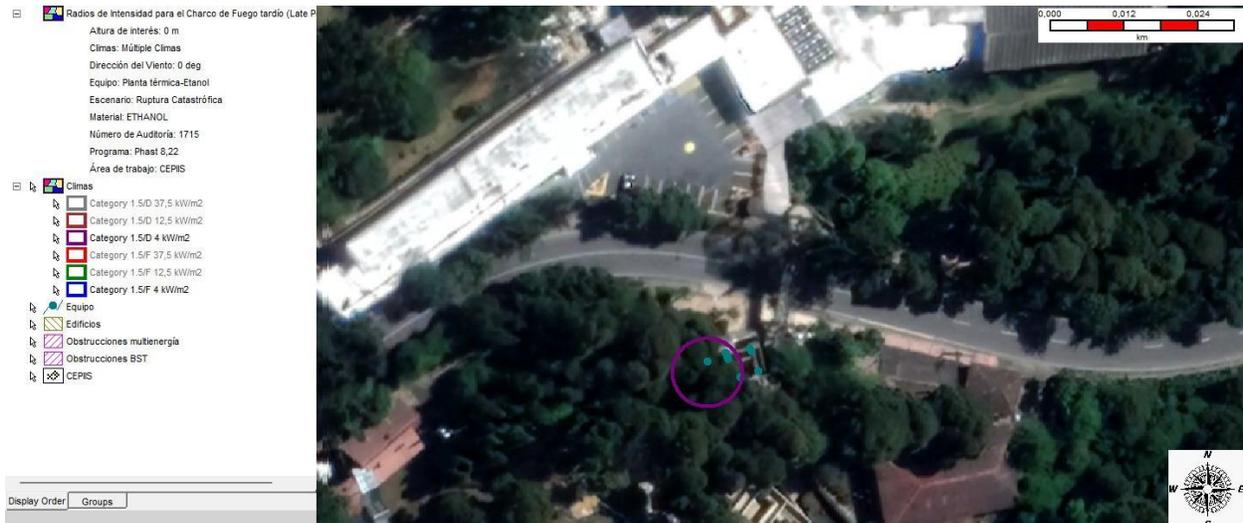
Nota: como se presenta en la Figura 57, se presenta la amenaza por derrame o charco, en el cual se presenta un evento puntual y confinado, no obstante, no alcanza a salir del Eco campus, y su grado se limitaría por la infraestructura física circundante.

Con relación a lo previamente expuesto, se evidencia que el evento en caso de materializarse, podría suscitar más eventos amenazantes, se presenta que el derrame el cual podría suscitar una “pool Fire” o piscina de fuego, derivada de una fuga en la planta de CESI, podría alcanzar un radio de hasta 4 metros lo cual, como es de esperar, cada uno de los parámetros evaluados poseen el limitante del tiempo para que este no requiera acciones adicionales, en consecuencia, se modeló un escenario crítico que permita evidenciar un rango de

resultados en relación con tiempo en correlaciones simplificados. A continuación, en la Figura 58, se expone el análisis de consecuencia de la Planta Térmica en su cobertura geográfica:

Figura 58.

Amenaza por Derrame – Piscina de fuego- CEPIIS- CESI



Nota: como se presenta en la Figura 58, se presenta la amenaza por derrame o charco, en el cual se presenta un evento puntual y confinado, no obstante, no alcanza a salir del Eco campus, y su grado se limitaría por la infraestructura física circundante.

Considerando que el presente evento, es puntual y su propagación no se expandirá más allá de la infraestructura del CEPIIS, el presente evento amenazante es calificado como **Improbable (2)** Posibilidad de ocurrencia muy Baja, sucedería de forma excepcional como se logra evidenciar en la Figura 57..

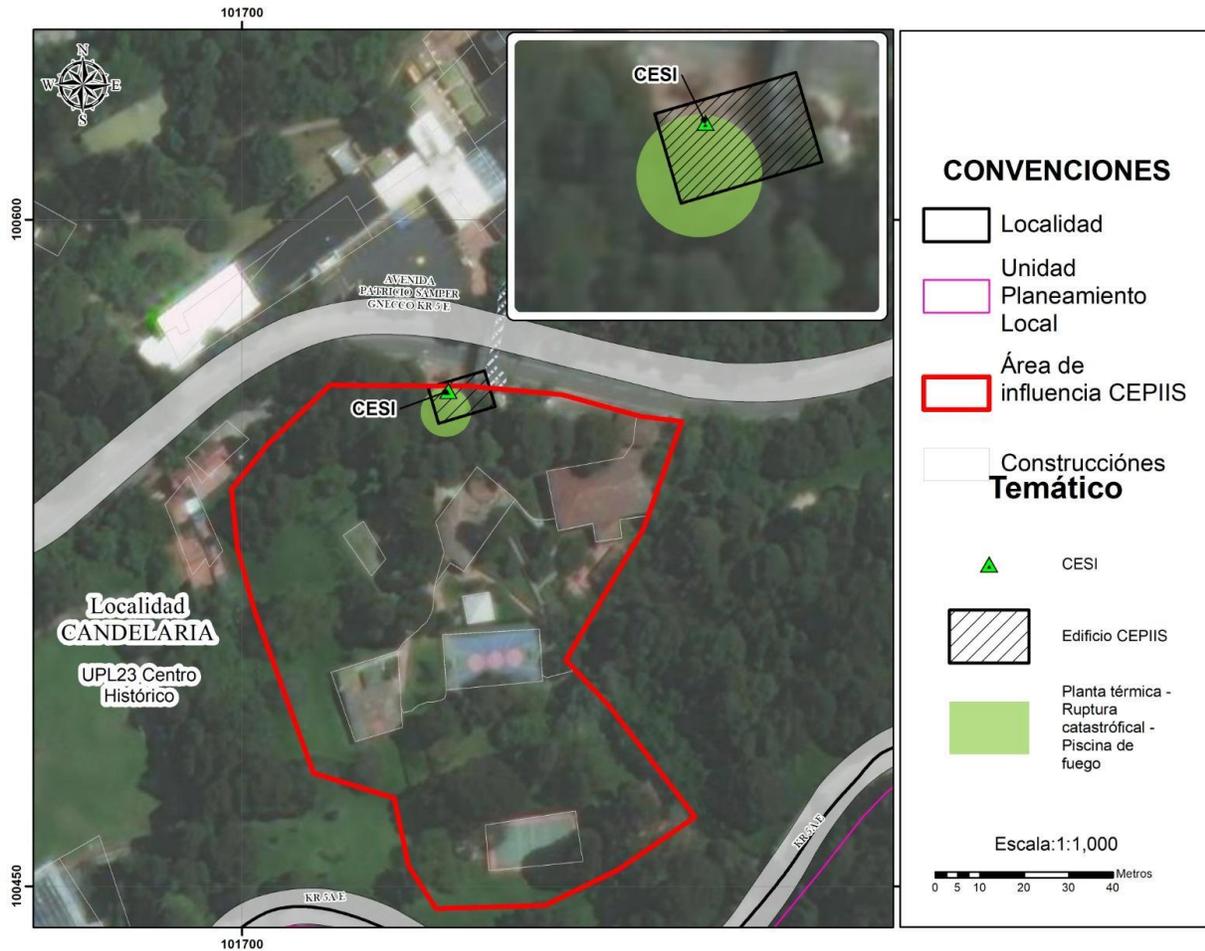
Así mismo, a continuación, se presentan los grados de exposición asociados al derrame (piscina de fuego):

- Zona de Impacto – Anillo I: Esta área abarca la zona directamente afectada por la ocurrencia del evento, que en este caso es el derrame de sustancia.
- Zona del A.C.V - Anillo II: Ubicada a una distancia de 200 metros desde el acordonamiento del Anillo I, esta zona se destina para la prestación de primeros auxilios, la realización de actividades de triaje y la preparación para la atención al personal operativo.
- Anillo III: Este sector se establece en un radio aproximado de 300 metros a partir del límite del A.C.V. o Anillo II. En este anillo, se ubica el personal de Staff General encargado de coordinar la atención del incidente y gestionar los recursos externos. En el perímetro externo del Anillo III se encuentra el cordón de seguridad y el personal de apoyo. Asimismo, permanecen los recursos en espera de ser asignados, y se incluyen los medios de comunicación.

La presente amenaza sería considerada como Anillo I: afectada directamente por el evento, no obstante, su recuperación y confinamiento es puntual y puede efectuarse de manera rápida y eficaz.

Figura 59.

Amenaza por Derrame CESI



Nota: con relación a lo evidenciado en la Figura 59, se presenta la amenaza por derrame o charco, en el cual se presenta un evento puntual y confinado, no obstante, no alcanza a salir del Eco campus, y su grado se limitaría por la infraestructura física circundante.

3.2.12. CETA (Centro de Transformación y Adecuación)

En secuencia de la revisión de los centros presentes en el Centro de Procesos e Innovación para la Industria Sostenible CEPIIS, se encuentra otro centro asociado a CETA o centro de transformación y adecuación, donde se realizan procesos de transformación de compuestos, contiene un banco de reactores y un banco de evaporadores, se realizó la modelación de los posibles eventos asociados a la operación del presente centro, por lo cual se revisaron eventos asociados a Fugas y rupturas que eventualmente, podrían suscitar a más

eventos amenazantes, a continuación, se presentan las modelaciones efectuadas a los bancos de reactores y evaporadores:

3.2.13. Fuga

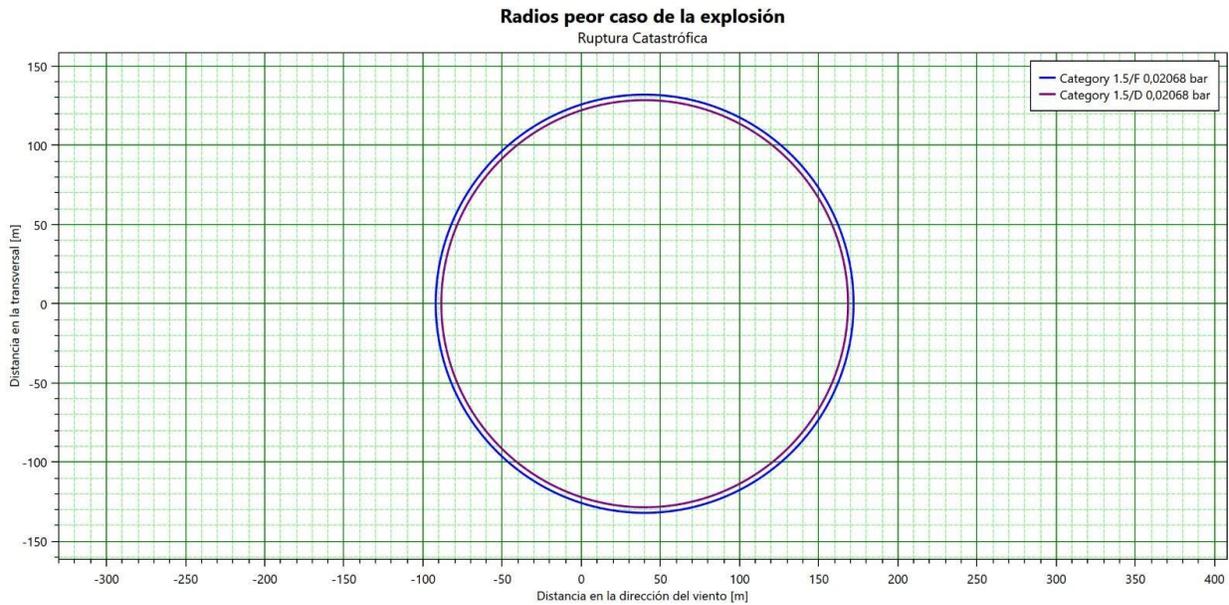
3.2.13.a. Explosión. La exposición a este evento amenazante se considera en el centro CESI, ya que su ocurrencia puede desencadenar otros escenarios de riesgo de mayor magnitud. Este evento puede originarse por la ruptura de los bancos de reactores y evaporadores, así como por posibles daños o errores humanos en su manipulación, sin conocimiento de las plantas. También se contempla la posibilidad de derrames de fluidos durante actividades de transporte o trasiego, los cuales podrían causar daños mecánicos o errores humanos.

La amenaza se asocia con la posible ignición y destrucción de instalaciones, facilidades o infraestructuras cercanas, así como la afectación de suelos y cuerpos de agua. La propagación de este evento se produce considerando las sustancias inflamables presentes en el Centro de Procesos e Innovación para la Industria Sostenible (CEPIIS), donde algunas de ellas podrían crear una mezcla combustible con un medio oxidante, desencadenando una fuente de ignición lo suficientemente intensa.

En la evaluación del riesgo, se llevó a cabo una clasificación en zonas de peligro para determinar el grado de propagación de esta amenaza, destacando la importancia de la presión atmosférica en la materialización del evento. La propiedad de inflamabilidad de las sustancias y gases presentes en el CEPIIS se determinó mediante la aplicación de la Ecuación 2, que establece las propiedades de inflamabilidad en función de los balances de sustancias y sus mezclas. Es crucial señalar que esta ecuación se implementó con la herramienta Geométrica de QGIS para calcular los grados de probabilidad asociados a la amenaza.

Figura 60.

Radio peor caso de explosión Banco de reactores



Nota: con relación a lo evidenciado en la La exposición a este evento amenazante se considera en el centro CESI, ya que su ocurrencia puede desencadenar otros escenarios de riesgo de mayor magnitud. Este evento puede originarse por la ruptura de los bancos de reactores y evaporadores, así como por posibles daños o errores humanos en su manipulación, sin conocimiento de las plantas. También se contempla la posibilidad de derrames de fluidos durante actividades de transporte o trasiego, los cuales podrían causar daños mecánicos o errores humanos.

La amenaza se asocia con la posible ignición y destrucción de instalaciones, facilidades o infraestructuras cercanas, así como la afectación de suelos y cuerpos de agua. La propagación de este evento se produce considerando las sustancias inflamables presentes en el Centro de Procesos e Innovación para la Industria Sostenible (CEPIIS), donde algunas de ellas podrían crear una mezcla combustible con un medio oxidante, desencadenando una fuente de ignición lo suficientemente intensa.

En la evaluación del riesgo, se llevó a cabo una clasificación en zonas de peligro para determinar el grado de propagación de esta amenaza, destacando la importancia de la presión atmosférica en la materialización del evento. La propiedad de inflamabilidad de las sustancias y gases presentes en el CEPIIS se determinó mediante la aplicación de la Ecuación 2, que establece las propiedades de inflamabilidad en función de los balances de sustancias y sus mezclas. Es crucial señalar que esta ecuación se implementó con la herramienta Geométrica de QGIS para calcular los grados de probabilidad asociados a la amenaza.

Figura 60 se presenta el grado de explosión asociado a explosión por la ruptura de Bancos de reactores, los cuales, considerando las sustancias que se encontrarán en el banco de reactores, se presenta con la modelación de Acetona, un radio de cerca de 150 metros a la redonda.

3.2.13.b. Como se muestra en la La exposición a este evento amenazante se considera en el centro CESI, ya que su ocurrencia puede desencadenar otros escenarios de riesgo de mayor magnitud. Este evento puede originarse por la ruptura de los bancos de reactores y evaporadores, así como por posibles daños o errores humanos en su manipulación, sin conocimiento de las plantas. También se contempla la posibilidad de derrames de fluidos durante actividades de transporte o trasiego, los cuales podrían causar daños mecánicos o errores humanos.

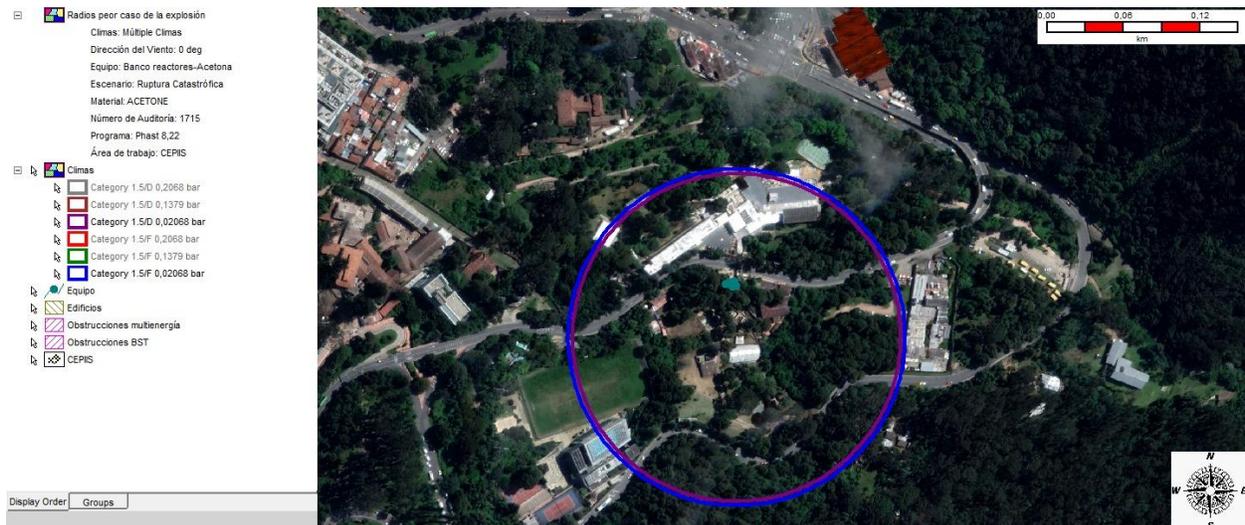
La amenaza se asocia con la posible ignición y destrucción de instalaciones, facilidades o infraestructuras cercanas, así como la afectación de suelos y cuerpos de agua. La propagación de este evento se produce considerando las sustancias inflamables presentes en el Centro de Procesos e Innovación para la Industria Sostenible (CEPIIS), donde algunas de ellas podrían crear una mezcla combustible con un medio oxidante, desencadenando una fuente de ignición lo suficientemente intensa.

En la evaluación del riesgo, se llevó a cabo una clasificación en zonas de peligro para determinar el grado de propagación de esta amenaza, destacando la importancia de la presión atmosférica en la materialización del evento. La propiedad de inflamabilidad de las sustancias y gases presentes en el CEPIIS se determinó mediante la aplicación de la Ecuación 2, que establece las propiedades de inflamabilidad en función de los balances de sustancias y sus mezclas. Es crucial señalar que esta ecuación se implementó con la herramienta Geométrica de QGIS para calcular los grados de probabilidad asociados a la amenaza.

Figura 60, la explosión en los bancos de reactores, se efectuó con un escenario hipotético de una fuga, la modelación involucró el manejo de la sustancia Acetona, el área donde se encuentra el centro, las condiciones normales de operaciones derivadas de los manuales de Operación y mantenimiento y las posibles condiciones en escenarios críticos de los mismo. Por lo cual, se evidencia que, considerando la mezcla de gases y sustancias, en un posible evento de explosión, se generaría un radio de propagación de cerca de 150 metros a la redonda. A continuación, se presenta la disposición cartográfica en el Centro de Procesos e Innovación Para la Industria Sostenible CEPIIS:

Figura 61.

Radio explosión Banco de reactores - CETA



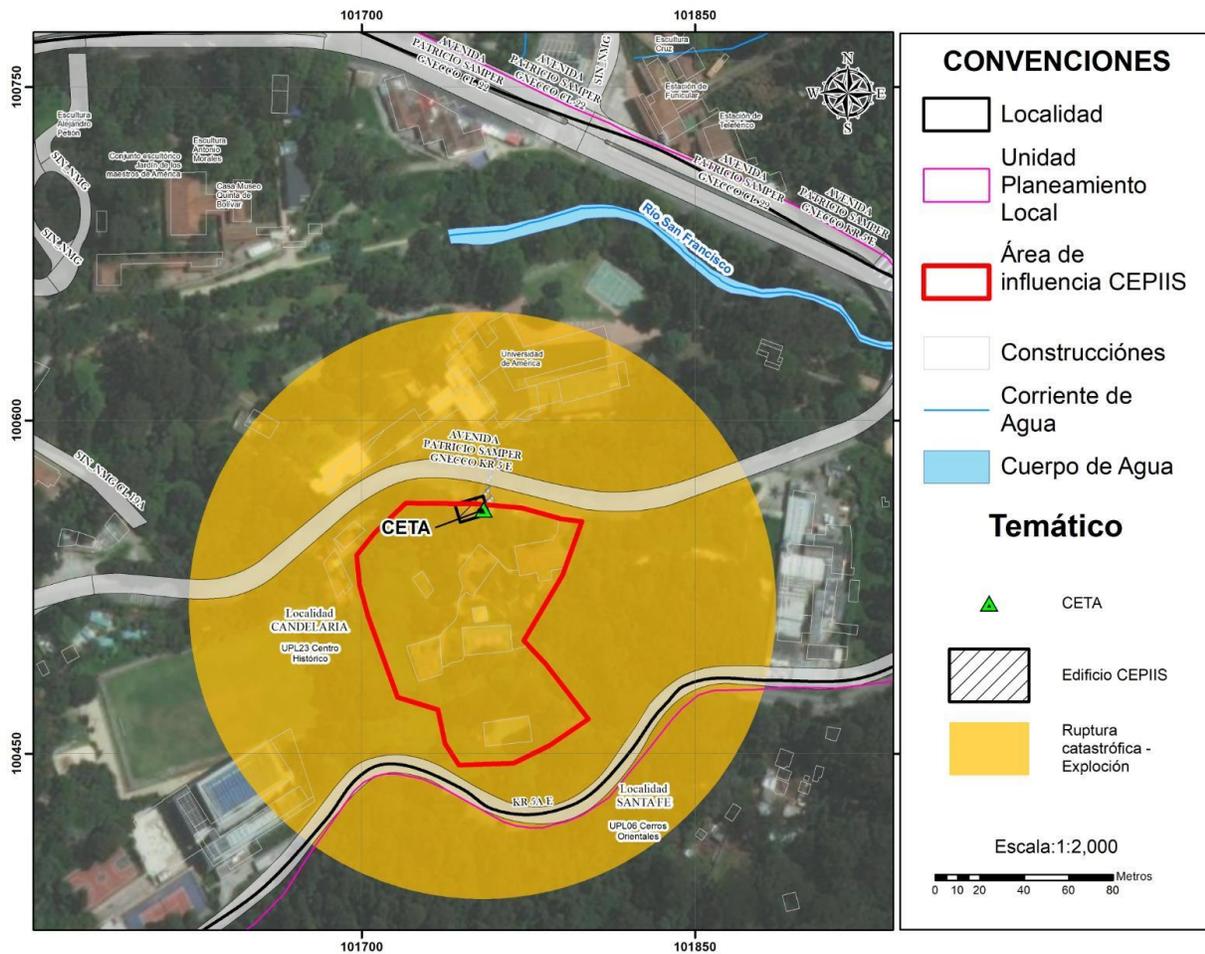
Nota: con relación a lo evidenciado en la Figura 61 se presenta el grado de explosión a la fuga de sustancias en los Bancos de reactores, los cuales, considerando las sustancias que se encontrarán en el banco de reactores, se presenta con la modelación de Acetona, un radio de cerca de 150 metros a la redonda.

Como se presenta en la Figura 61, se evidencia que, desde el centro de exposición, se posee que en CETA, el riesgo por explosión, alcanzaría un radio de propagación de 150 metros en un escenario crítico, no obstante, en un escenario controlado, la explosión estaría en función de 34.73 m desde el epicentro de formación. Considerando lo anterior, la presente amenaza es considerada **Remota (3)** probabilidad de ocurrencia limitada, sucedería algunas veces como se evidencia en la Figura 62.

La anterior calificación fue dada en función del grado de materialización del evento, y las consecuencias expuestas en la Figura 62 Análisis de consecuencias de explosión por distancia.

Figura 62.

Amenaza por Explosión Banco de Reactores - CETA



Nota: con relación a lo evidenciado en la Figura 62, se presenta el grado de explosión por la fuga de materiales o sustancias en los Bancos de reactores, los cuales, considerando las sustancias que se encontrarán en el banco de reactores, se presenta con la modelación de Acetona, un radio de cerca de 150 metros a la redonda llegando a tomar como radio en peor escenario, infraestructura de la Universidad de América.

3.2.13.c. Huella máxima de dispersión. Dando seguimiento a los posibles eventos amenazantes en la operación del Centro de Transformación y Adecuación (CETA), asociado a la explosión, se podría generar una nube de dispersión que contendría sustancias tóxicas. En concordancia con los principios discutidos en capítulos anteriores, se llevó a cabo la modelación de la nube o huella máxima de dispersión en caso de una fuga de sustancias del banco de reactores.

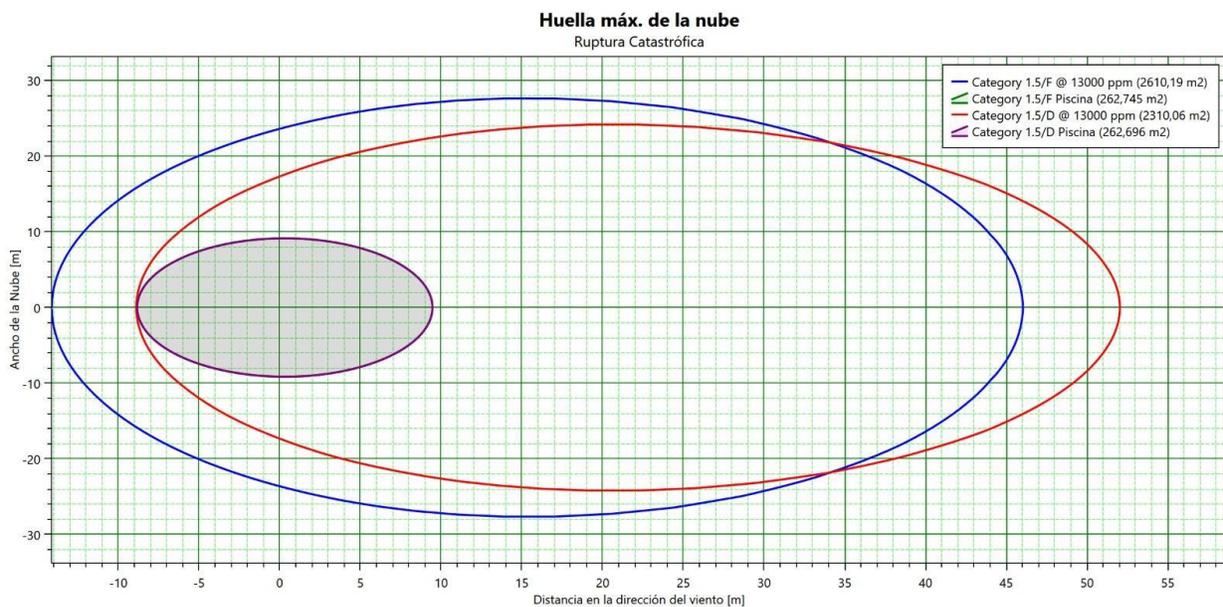
Para realizar la modelación, se consideró la Acetona presente en el banco de reactores, evidenciando el grado máximo de propagación ante una nube de dispersión, los parámetros atmosféricos se determinaron teniendo

en cuenta los peores escenarios para la difusión de sustancias, y los coeficientes de dispersión se calcularon considerando el mezclado o poder dispersivo del flujo turbulento dentro de la capa límite atmosférica [37]. Se utilizó el método de Pasquill en el software QGIS para determinar los coeficientes de dispersión a partir de una clasificación sencilla de las condiciones atmosféricas, definidas como categorías de estabilidad.

En la Figura 63 se presenta la huella máxima de dispersión ante una posible ruptura o fuga de alguno de los elementos que componen el banco de reactores en el Centro de Procesos e Innovación para la Industria Sostenible (CEPIIS) - CETA.

Figura 63.

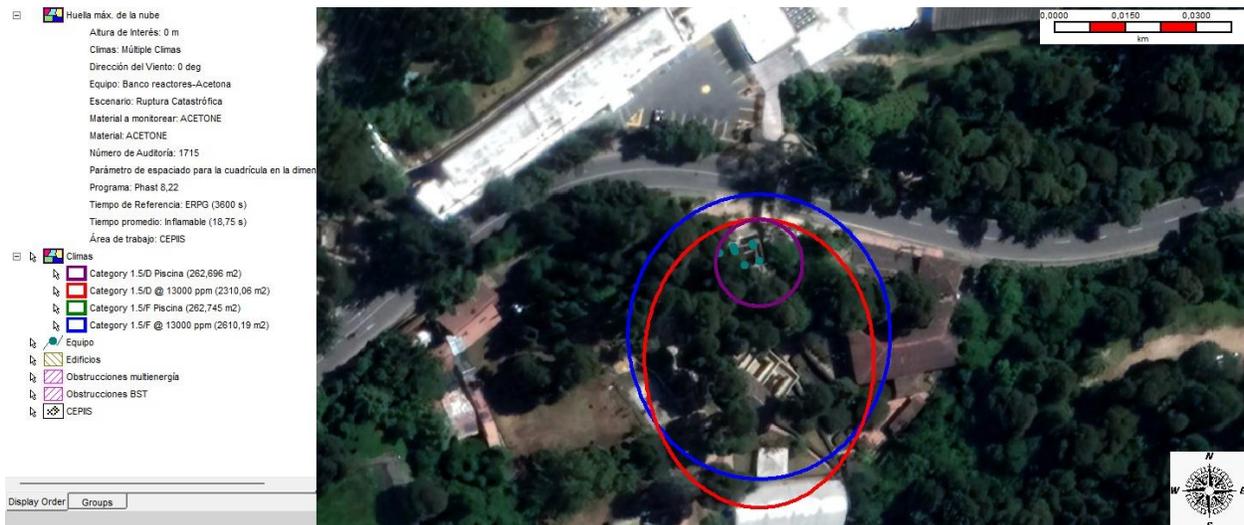
Radio huella Máxima Banco de reactores



Nota: con relación a lo evidenciado en la Figura 63, se presenta el radio de exposición por nube de dispersión o huella máxima de dispersión, en la cual se presenta un escenario controlado de 9 metros a la redonda, y un escenario crítico de casi 50 metros a la redonda. En función a lo expuesto en la Figura 63, se presenta que el grado mínimo (Color púrpura) de exposición, hace referencia a una piscina de la sustancia en relación a una fuga, la cual podría presentar un radio de hasta 9 metros a la redonda, eventualmente, si dicho evento no se contiene de manera veraz y oportuna, la nube de dispersión, con una velocidad de viento promedio, llegaría a ocupar un radio de hasta 40 metros a la redonda cómo se logra evidenciar en la Figura 64.

Figura 64.

Radio huella Máxima Banco de reactores CETA



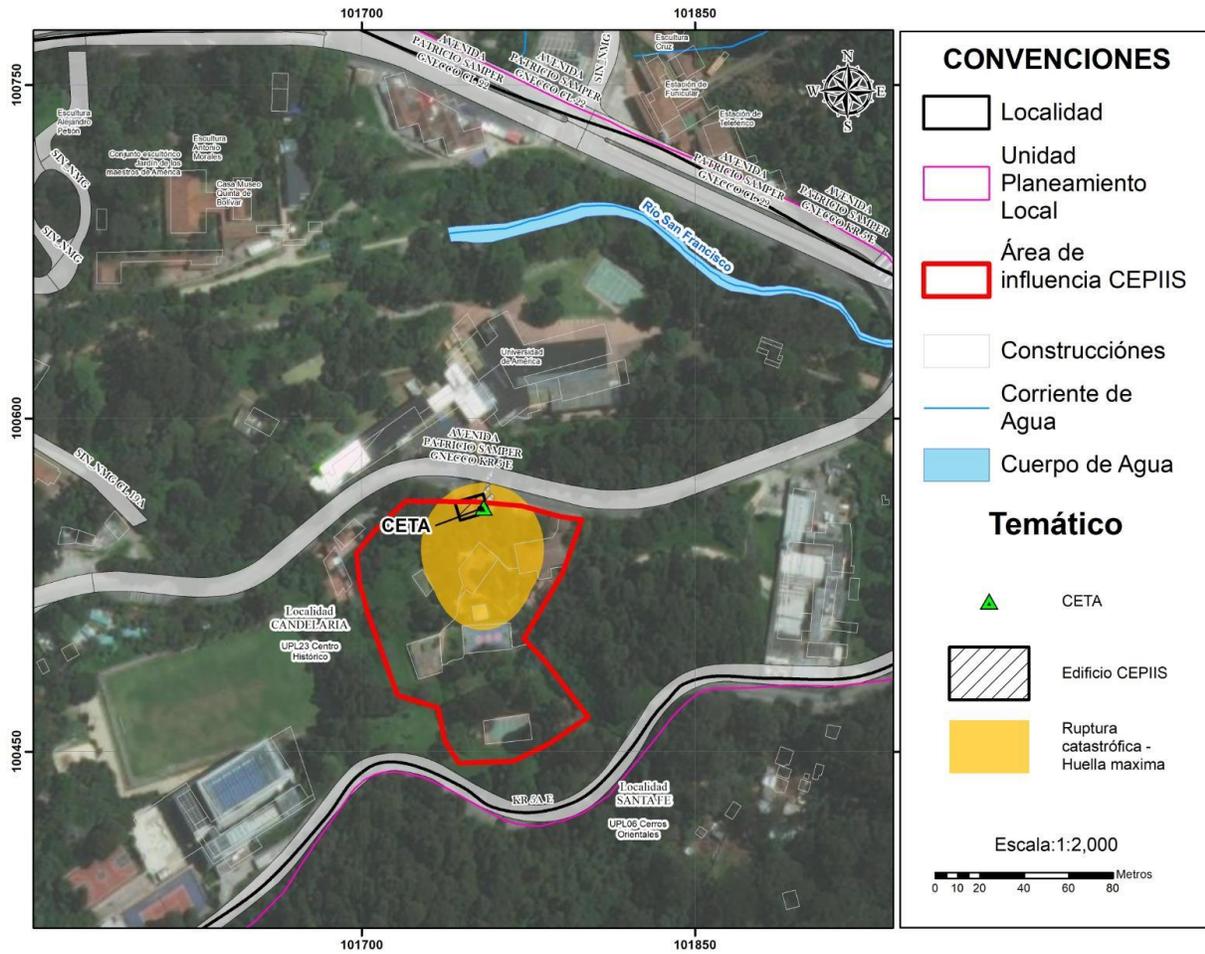
Nota: en la Figura 64 se presenta el radio de exposición por nube de dispersión o huella máxima de dispersión la cual fue modelada con una dirección de viento Oriente, occidente, y con una velocidad de viento de 1.5 m/s, por lo cual, se presente una exposición inicial que se podría controlar si se atiende el riesgo de manera verás, no obstante, se presentan dos grados de propagación de riesgo que abarcan de 40 a 50 metros a la redonda.

Con base a lo expuesto previamente, el radio de la huella máxima en caso de una fuga de contaminantes, se encuentra en función del tiempo constantemente, lo anterior, considerando que el evento al suscitarse, sea atendido en un intervalo de tiempo entre 15 a 30 minutos.

La no atención a tiempo del evento, podría ocasionar daños a la salud humana, ambientales, a la infraestructura pues, considerando que el evento lograría dispersarse en función a la dirección y velocidad del tiempo, lograría materializar incendios o explosiones en infraestructura circunvecina al Centro de Procesos e Innovación para la Industria Sostenible CEPIIS. Con relación a lo anterior, el presente evento es considerada como **Remoto (3)**, probabilidad de ocurrencia limitada, podría ocurrir algunas veces.

Figura 65.

Amenaza por Huella máxima de dispersión Banco de reactores CETA



Nota: en la

Figura 65 se presenta el radio de exposición por nube de dispersión o huella máxima de dispersión la cual fue modelada con una dirección de viento Oriente, occidente, y con una velocidad de viento de 1.5 m/s, por lo cual, se presente una exposición inicial que se podría controlar si se atiende el riesgo de manera verás, no obstante, se presentan dos grados de propagación de riesgo que abarcan de 40 a 50 metros a la redonda.

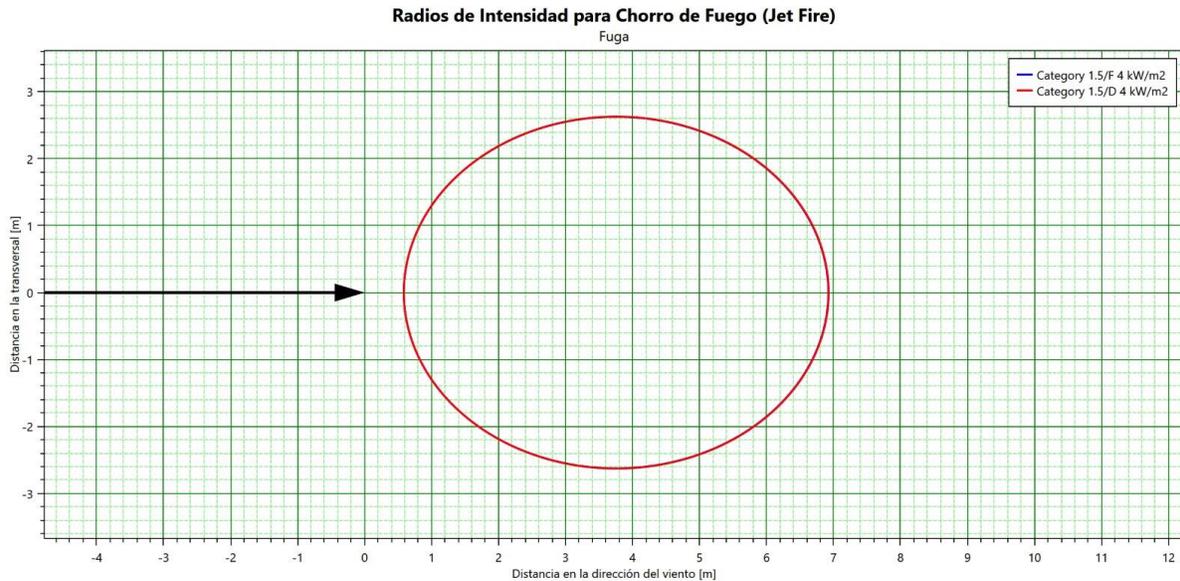
3.2.13.d. Bola de Fuego, chorro de fuego o “FireBall”.Considerando la definición expuesta previamente, de acuerdo al análisis de consecuencia en Qgis, se determinó que la bola de fuego, es un evento amenazante considerando la operación puntual en el Centro de Procesos e Innovación para la Industria Sostenible CEPIIS, puntualmente en CETA (Centro de Transformación y adecuación), se ejecutan procesos de transformación de compuestos, contienen un banco de reactores y un banco de evaporadores.

Considerando lo mencionado anteriormente, se identificó una amenaza significativa por la posible ocurrencia de una bola de fuego. En este contexto, se determinó la frecuencia de este evento en un año y se realizó un análisis en términos de magnitud, representada como "M". Además, se evaluaron las coberturas de aseguramiento en función de la recuperación, donde la disminución del valor de la magnitud estaría asociada a una menor pérdida económica.

Para calcular el impacto del riesgo en el Centro de Procesos e Innovación para la Industria Sostenible (CEPIIS), se aplicó un enfoque probabilístico en el software QGIS, utilizando parámetros de estabilidad del Manual de Operación de la Planta Térmica. Estos parámetros fueron esenciales para determinar los sistemas involucrados en el proceso operativo y se dividieron entre el número de exposiciones al riesgo. La severidad del impacto se determinó considerando la dirección del viento en función de la velocidad. Ambos elementos contribuyen a la evaluación del riesgo asociado a la actividad en el banco de reactores, basándose en eventos amenazantes ocurridos en laboratorios académicos en los últimos años (Figura 66).

Figura 66.

Radio de exposición Bola de Fuego/FireBall Banco de reactores CETA



Nota: en la Figura 66, se presenta el radio de exposición por bola de fuego, la cual fue modelada con una dirección de viento Oriente, occidente, y con una velocidad de viento de 1.5 m/s, y en condiciones normales (es decir, sin alteración climática), por lo cual, se presenta una ronda de caso 7 metros a la redonda, no obstante, en un escenario crítico se presenta un escenario puntual y poco probable. Como se presenta en la Figura 66, se expone un radio de exposición de 7 metros a la redonda desde su epicentro o punto de propagación, con una dirección del viento constante en un escenario crítico, no obstante, a continuación, se presenta la relación que tiene el viento en consideración con los eventos amenazantes como bolas de fuego, llamaradas y nubes de dispersión:

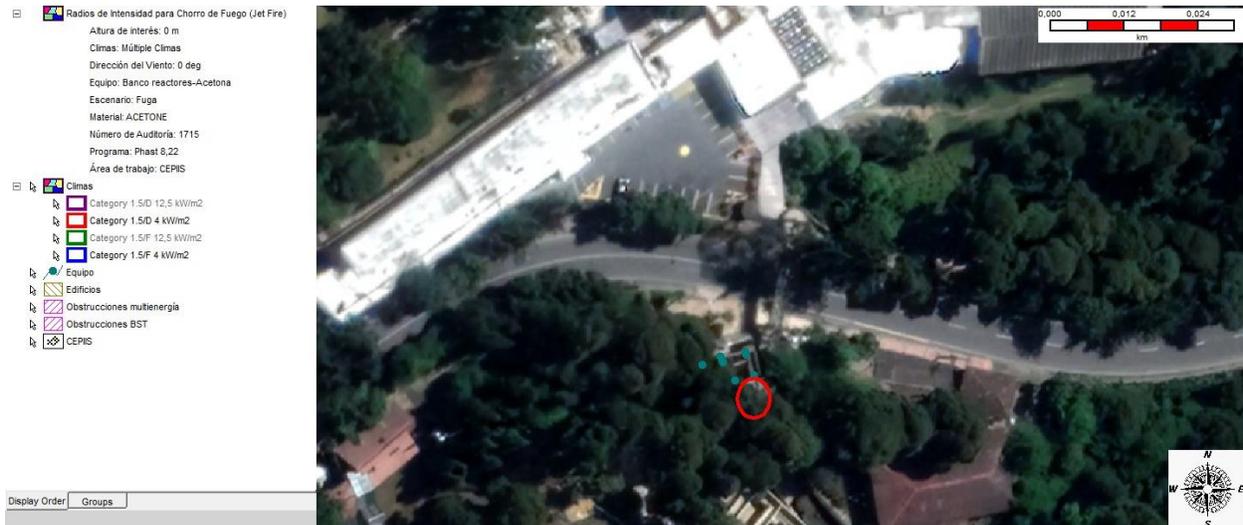
- Aumento de la propagación de fuego: Si el viento sopla en dirección a las instalaciones del Centro de Procesos e Innovación para la Industria Sostenible CEPIIS, puede aumentar la velocidad de propagación del fuego, lo que hará que sea más difícil de controlar y propender nuevas amenazas como explosiones o incendios industriales y operativos.
- Dispersión de productos químicos: Considerando que el CEPIIS, maneja productos químicos peligrosos, el viento puede dispersar los productos químicos liberados por la explosión, lo que podría aumentar el riesgo para la salud y el medio ambiente en áreas circundantes.

Considerando la propagación expuesta en la Figura 66, se presenta en un radio de solo siete (7) metros, no obstante, la amenaza es puntual y de acuerdo con las sustancias y materiales presentes en el banco de reactores, no alcanzaría a propagarse más del Plantel educativo, no obstante, sin las medidas adecuadas podría

propagarse y extender aún más de una barrera física, por lo cual, en el capítulo de Monitoreo de Riesgo se identificarán las medidas de reducción y manejo de la presente contingencia.

Figura 67.

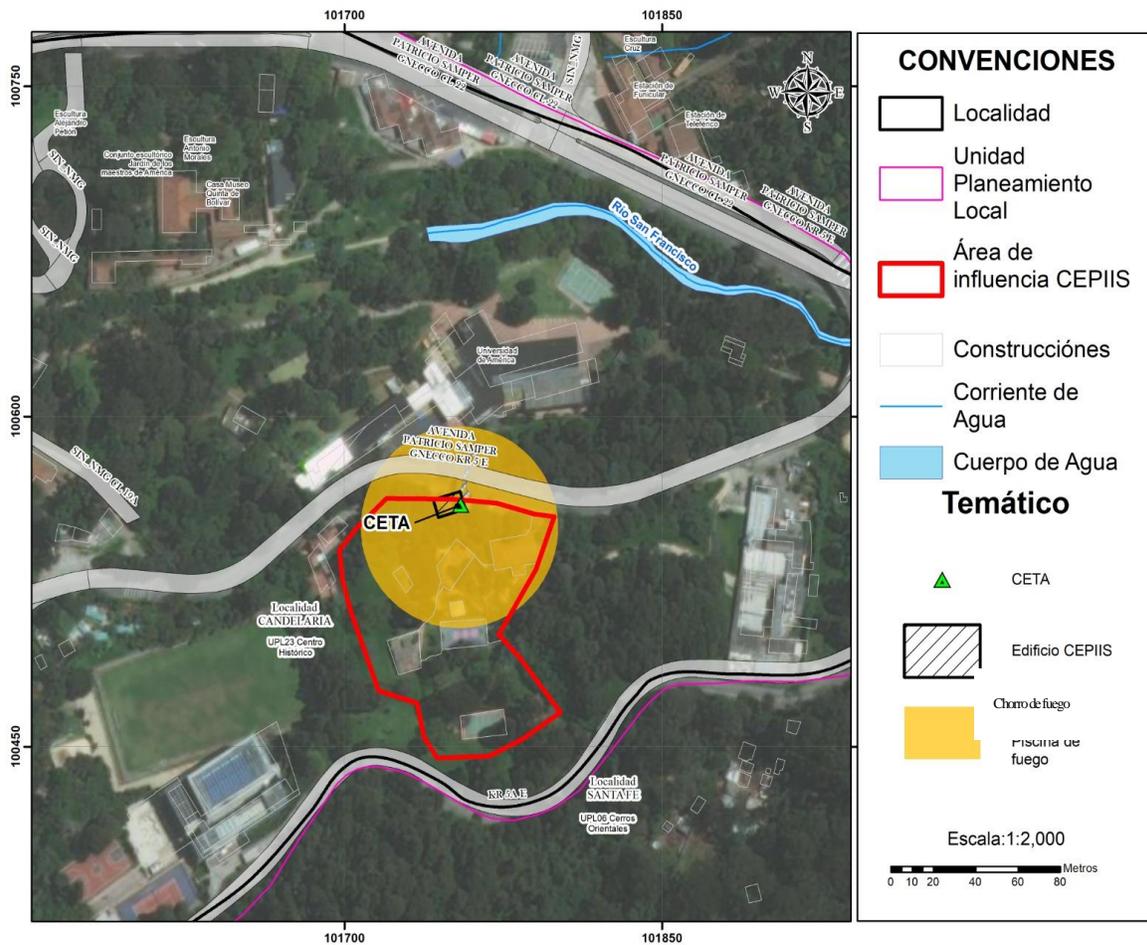
Localización espacial de Bola de Fuego/FireBall



Nota: en la Figura 67, se presenta el radio de exposición por bola de fuego, la cual fue modelada con una dirección de viento Oriente, occidente, y con una velocidad de viento de 1.5 m/s, y en condiciones normales (es decir, sin alteración climática), por lo cual, se presenta una ronda de caso 7 metros a la redonda, no obstante, en un escenario crítico se presenta un escenario puntual y poco probable. En función de lo previamente expuesto, se califica la amenaza como **Remota (3)**, probabilidad de ocurrencia limitada, podría suceder algunas veces si no se poseen medidas de manejo de mitigación del riesgo, el evento podría incrementar hasta materializarse

Figura 68.

Amenaza por Bola de Fuego CETA



Nota: en la Figura 68, se presenta el radio de exposición por bola de fuego, lo cual permite asignar una calificación de remota al área, en función del grado de propagación puntual.

3.2.14. BIOCAL (Centro de Calidad y Procesos Biológicos)

En el centro de Procesos e Innovación Para la Industria Sostenible CEPIIS, se llevan a cabo diversas actividades que podrían propender un grado de riesgo eventual a los elementos expuestos (estudiantes, administrativos, auxiliares y operativos del campus) si no se efectúan de manera correcta las maniobras de mantenimiento y buenas prácticas dentro del establecimiento, otro de los procesos inmersos, hace referencia al Centro de Calidad y Procesos Biológicos “Biocal”, en el cual se llevan a cabo procesos biológicos y del laboratorio en general; inmerso en el centro se pueden encontrar ciertos equipos como centrífugas, autoclaves, congelador, balanzas, cabinas de extracción, microscopio y un equipo que sin un adecuado uso, propenderá un riesgo elevado a los elementos expuestos como es el caso del biorreactor:

3.2.14.a. Nube de Dispersión. Un biorreactor es un dispositivo utilizado en biotecnología, microbiología y bioingeniería para cultivar y mantener microorganismos (como bacterias, hongos y células de levadura) o células de cultivos celulares en condiciones controladas. Los biorreactores son esenciales para llevar a cabo una variedad de procesos biológicos, como la fermentación, la producción de productos químicos, la biotecnología farmacéutica y la investigación en biología celular [47].

Derivado de la revisión al Manual de Operación y Mantenimiento el proveedor del equipo, se evidencian que los riesgos asociados a la operación del Biorreactor se encuentran en función de su regulación y funcionamiento, por lo cual, es vital operar el equipo en buenas condiciones.

Figura 69.

Riesgos Asociados Al Biorreactor



Nota: en la Figura 69, se presentan los riesgos identificados en los Manuales de Operación de la columna de Destilación tomado de [19].

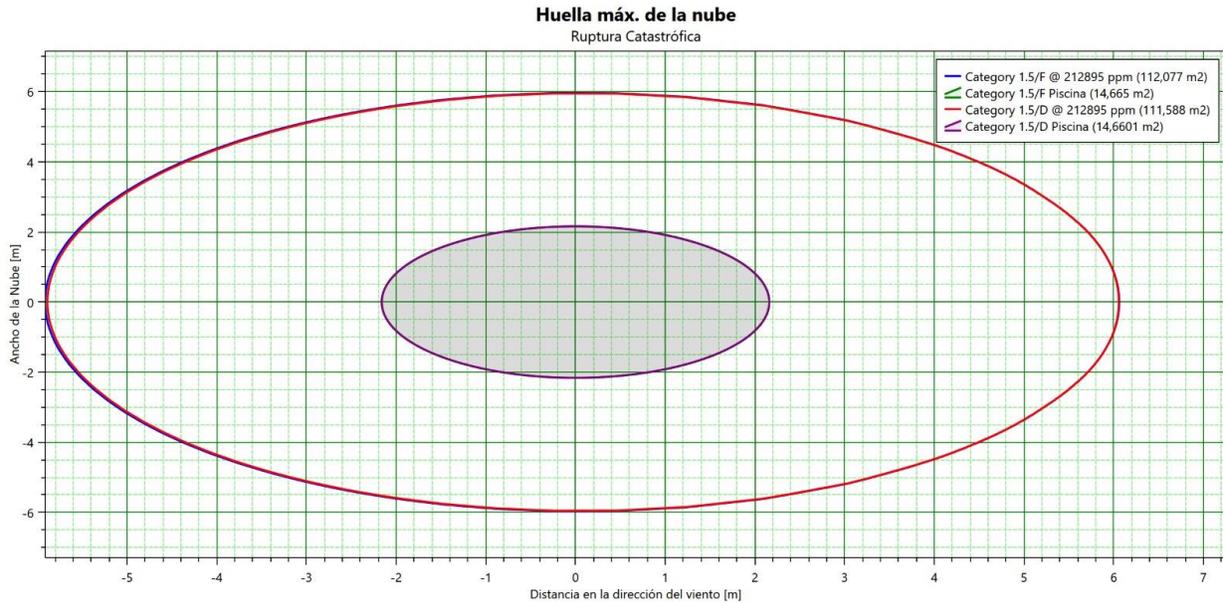
Continuando con el análisis de consecuencias, se llevó a cabo una evaluación de los posibles riesgos asociados a la operación del Biorreactor en el centro Biocal. Se identificó que, en caso de una fuga, podría generarse una nube de dispersión tóxica. Para modelar esta nube de dispersión, se determinaron los parámetros atmosféricos, considerando los peores escenarios para la difusión de contaminantes. Los coeficientes de dispersión se calcularon en función del mezclado o poder dispersivo del flujo turbulento dentro de la capa límite atmosférica [37].

En este contexto, se empleó el método de Pasquill en el software QGIS para relacionar los coeficientes de dispersión con una clasificación sencilla de las condiciones atmosféricas, categorizadas según su estabilidad. Este análisis permitió obtener una representación de la posible dispersión de contaminantes en función de las condiciones atmosféricas prevalentes.

Para lograr la modelación de la planta de absorción, se tomaron las condiciones estables y la condición del viento en la ciudad de Bogotá, siendo 1.5m/s aproximadamente, y se incluyeron dos escenarios de estabilidad

Pasquill: estable y neutro. Con base a lo expuesto, en la Figura 70, se expone el grado de propagación de una posible nube de dispersión de contaminantes en caso de que el biorreactor presente algún tipo de fuga asociada **Figura 70.**

Radio de exposición nube de exposición BIOCAL

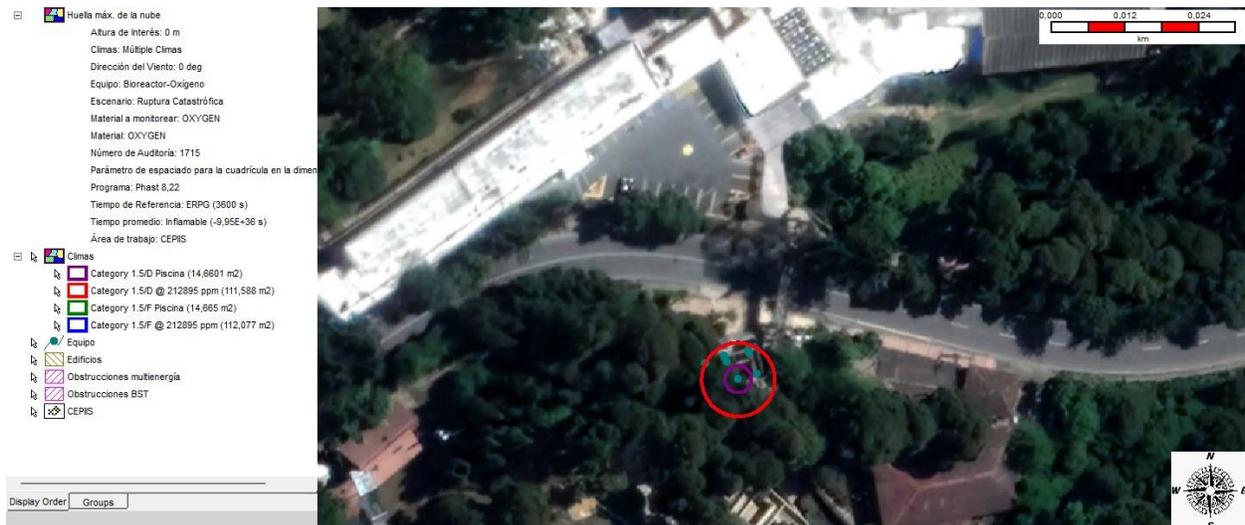


Nota: en la Figura 70 se presenta el radio de exposición por nube de dispersión, asociada a una fuga en el Centro de Calidad y procesos Biológicos BIOCAL, la cual presentaría un grado de hasta 6 metros a la redonda, su modelación fue efectuada en condiciones normales con mezcla de oxígeno.

En función de lo observado en la Figura 70, se evidencia que la nube de exposición alcanzaría una ronda máxima de 6 metros a la redonda, la modelación fue efectuada en condiciones normales de operación, por lo cual, la propagación de la onda de exposición sería puntual, y no se expandirá más allá de lo que se presenta en la Figura 71.

Figura 71.

Radio de exposición nube de exposición Espacial BIOCAL

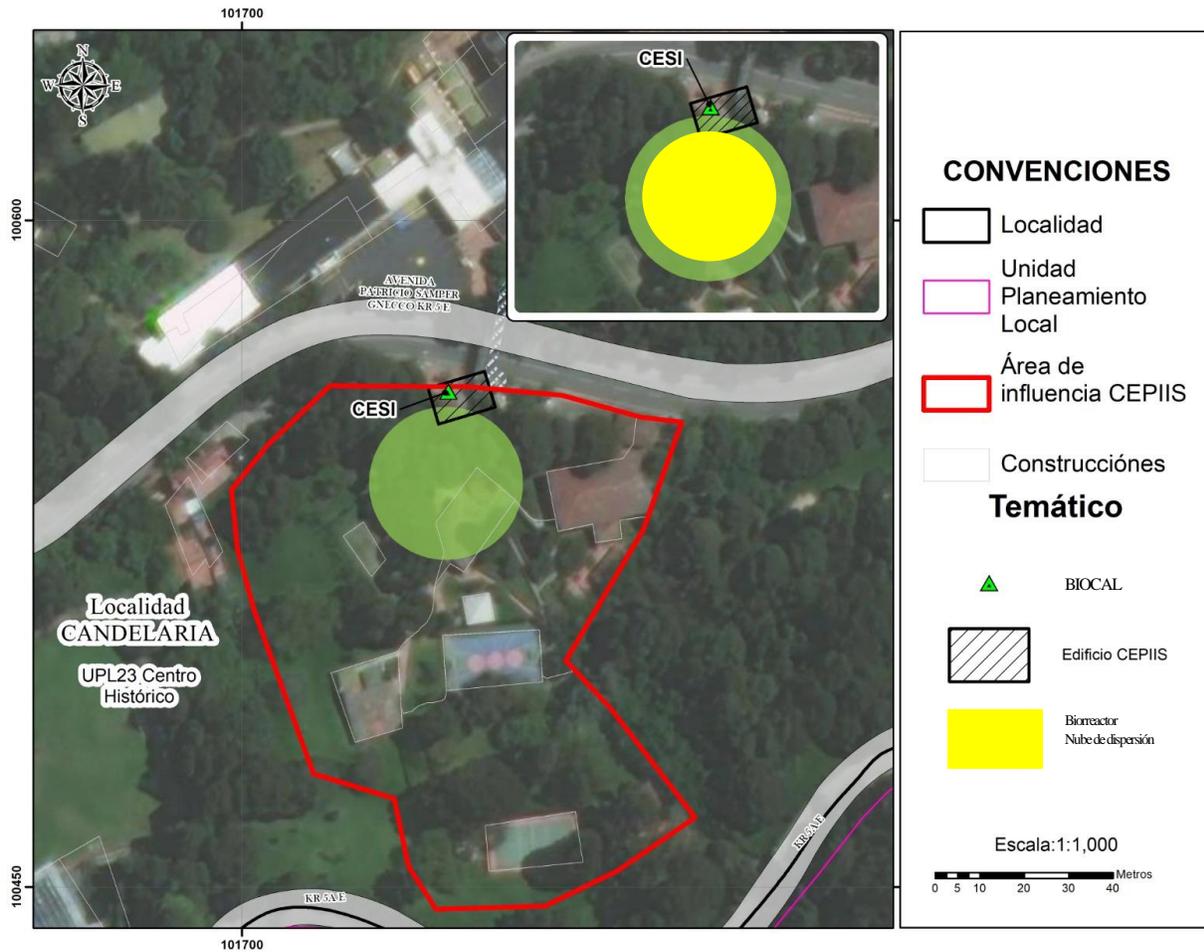


Nota: en la Figura 71, se presenta el radio de exposición por nube de dispersión, asociada a una fuga en el Centro de Calidad y procesos Biológicos BIOCAL, la cual presentaría un grado de hasta 6 metros a la redonda, su modelación fue efectuada en condiciones normales con mezcla de oxígeno.

Cómo se logra evidenciar previamente, se evidencia que el grado presenta una ronda de expansión de 6 metros, por lo cual, se evidencia una onda puntual, y no lograría expandirse más allá del Campus oriental de la Fundación Universidad de América FUA, por lo cual, la amenaza es puntual, y puede contenerse de manera pronta y eficaz si siguen los lineamientos del 4. Monitoreo del riesgo. Bajo lo previamente expuesto, la amenaza es calificada como **Remota (3)**, probabilidad de ocurrencia limitada, la anterior calificación fue dada considerando los grados de propagación y la estabilidad de la misma como se presenta en la Figura 72.

Figura 72.

Amenaza por exposición de nube de dispersión BIOCAL



Nota: en la Figura 72, se presenta el radio de exposición por nube de dispersión, asociada a una fuga en el Centro de Calidad y procesos Biológicos BIOCAL, la cual presentaría un grado de hasta 6 metros a la redonda, su modelación fue efectuada en condiciones normales con mezcla de oxígeno, se presenta una exposición puntual hasta la barrera física del centro de procesos e innovación para la Industria Sostenible CEPIIS.

3.2.15. CUBO

En el Centro de Procesos e Innovación para la Industria Sostenible CEPIIS, se encuentra finalmente CUBO (Centro de bombeo y almacenamiento de reactivos y peligrosos), en el cual se ubican las bombas, los compuestos químicos reactivos y los residuos peligrosos.

En el centro de Bombeo y almacenamiento de reactivos y peligrosos, se almacenarán diversos residuos resultantes de actividades en otras instalaciones, por lo cual, su importancia radica en la correcta disposición

y manejo in situ de los mismo; bajo lo previamente expuesto, a continuación, se presentan las consecuencias derivadas del manejo erróneo de residuos peligrosos:

- Contaminación del suelo: el vertido o disposición incorrecta de RSP en el suelo puede contaminar el sustrato, lo que afecta la calidad del suelo y puede hacer que sea inapropiado para la agricultura u otros usos. Esto puede tener un impacto negativo en la producción de alimentos y en los ecosistemas terrestres [48].
- Contaminación del agua: El lixiviado de residuos peligrosos, puede infiltrarse en el suelo y llegar a las fuentes de agua subterránea o superficiales, contaminando arroyos, ríos y cuerpos de agua. Esto puede afectar la calidad del agua potable y perjudicar a la vida acuática [49].
- Peligros para la salud humana: La exposición a Residuos Peligrosos a través de la inhalación de vapores tóxicos, el contacto directo o la ingestión de alimentos o agua contaminados puede tener graves efectos sobre la salud, como enfermedades respiratorias, cáncer, trastornos neurológicos y otros problemas de salud [50].
- Daños a la Biodiversidad: la contaminación causada por residuos peligrosos puede tener un impacto negativo en la biodiversidad al destruir hábitats naturales y afectar a las especies animales y vegetales que dependen de esos hábitats [51].
- Incendios y explosiones: Algunos Residuos Peligrosos, son inflamables o reactivos, lo que puede provocar incendios o explosiones si no se manejan adecuadamente. Estos incidentes pueden causar daños materiales y poner en peligro vidas humanas.
- Impactos económicos: el manejo inadecuado de Residuos Peligrosos puede resultar en costos significativos para remediar la contaminación y los daños causados, lo que puede afectar negativamente a las comunidad educativa y locales.

En función de lo previamente expuesto, se realizó un análisis a cada uno de los eventos asociados.

3.2.15.a. Dosis Tóxica y Huella Máxima de Dispersión. El riesgo por toxicidad o exposición se refiere al grado en el cual una sustancia puede ser perjudicial o venenosa, causando posibles lesiones y efectos adversos sobre un órgano. La toxicidad está influenciada por varios factores, como la dosis, duración y ruta de exposición, así como la forma y estructura de la sustancia química, además de factores individuales en las personas [52].

En el contexto de los eventos amenazantes relacionados con el Centro de Procesos e Innovación para la Industria Sostenible (CEPIIS), específicamente con CUBO, se identifica una variedad de sustancias que podrían generar una exposición significativa para la comunidad estudiantil. Es fundamental tener en cuenta que las vías de ingreso de los productos químicos al organismo expuesto incluyen la respiratoria, cutánea y digestiva. En particular, la vía respiratoria es la más común, especialmente cuando se manipulan o se tiene contacto directo o indirecto con gases o vapores que pueden evaporarse y pasar al aire [52].

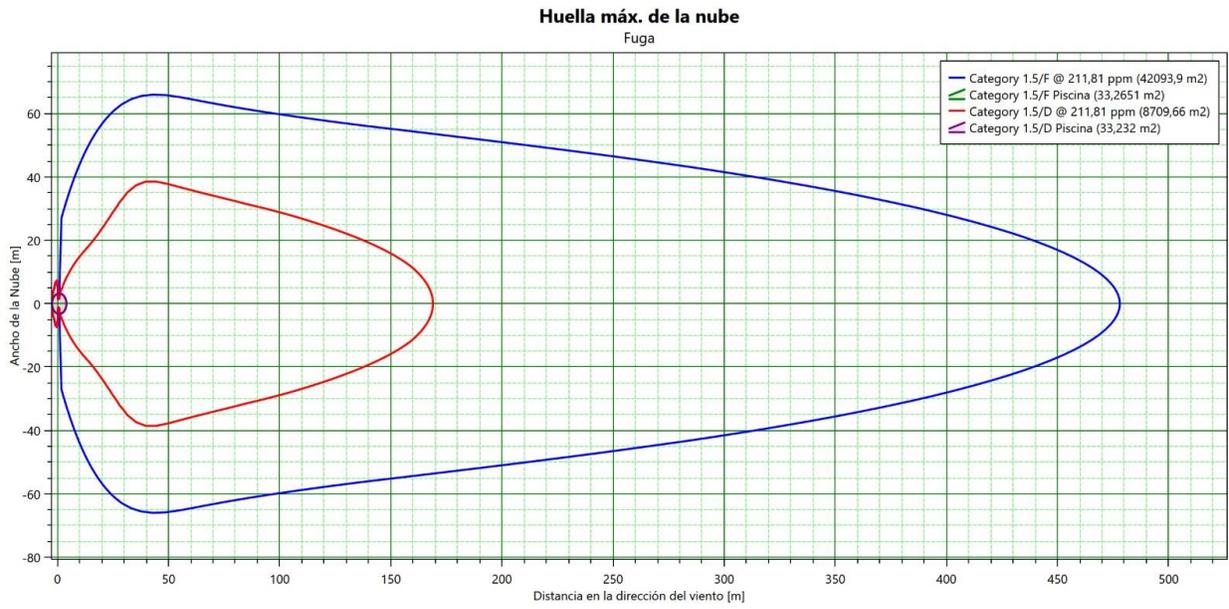
Considerando el evento, se realizó una revisión a la información que propende la materialización de este evento, en el cual se encontró que la propagación del evento se encuentra en función de la dirección del viento, condiciones atmosféricas, y la posible sustancia liberada, por lo cual, se tomó en consideración la velocidad del viento promedio para la ciudad de Bogotá siendo 1,5 m/s y la volatilidad de las sustancias que podrían estar presentes para lograr determinar el coeficiente de dispersión.

Bajo lo anterior, se propone usar la relación, ya que C , V , F , R y F_c , darían cuenta de los cambios dada la altitud. Con relación a lo anterior, se realizó la relación de los cálculos de exposición en función de los criterios climatológicos, por lo cual, se dispuso la ecuación matemática en la herramienta *Geometry* de Qgis para lograr evaluar el grado máximo de toxicidad en relación con su nube de dispersión como se evidencia en la

Figura 73.

Figura 73.

Nube de Dispersión CUBO

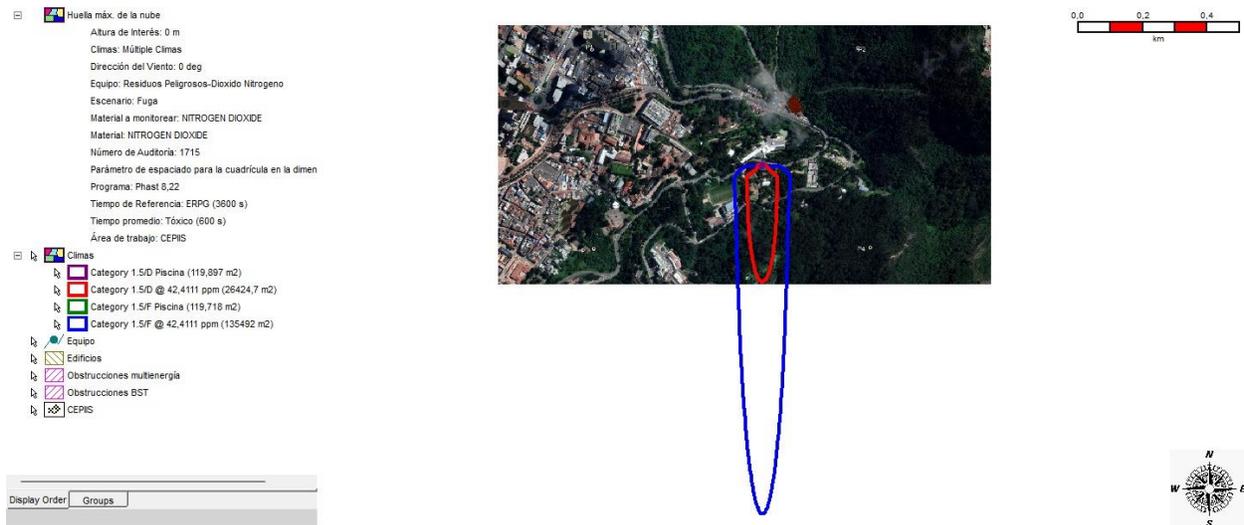


Nota: en la

Figura 73, se presenta el radio de exposición por nube de dispersión, asociada a una fuga en el centro Cubo, el cual posee una ronda de casi 450 metros a la ronda, por lo cual, la dispersión es muy difícil de contener en caso de una fuga de materiales tóxicos y peligrosos. Cómo se logra evidenciar previamente, las condiciones actuales de operación de CUBO propenden diversas amenazas, las cuales se encuentran en función de las sustancias que se almacenen y las condiciones climáticas, por lo cual, la presente amenaza se modeló en condiciones de viento normales, pero, con diversas sustancias tales como Cloruro de hidrógeno, dióxido de nitrógeno y dióxido de azufre con un volumen de 1 m³ para cada sustancia con la finalidad de modelar las condiciones o escenarios más críticos de funcionamiento.

Figura 74.

Espacialización de la Nube de Dispersión CUBO



Nota: en la Figura 74 se presenta el radio de exposición por nube de dispersión, asociada a una fuga en el centro Cubo, el cual posee una ronda de casi 450 metros a la ronda, por lo cual, la dispersión es muy difícil de contener en caso de una fuga de materiales tóxicos y peligrosos.

Considerando que la nube de dispersión se encuentra en función del viento, y que los residuos peligrosos pueden ser tóxicos, se realizó la espacialización en términos de toxicidad para evaluar las condiciones máximas de disposición y eventualmente, su probabilidad de muerte asociada.

En el marco de la espacialización de toxicidad, se dio una revisión general a las condiciones de extrema letalidad la cual se encuentra en función de los siguientes criterios [53]:

- Duración del contacto
- Mecanismo por el cual el tóxico ingresó al cuerpo
- Cantidad de sustancia tóxica ingresada al organismo

Considerando que CUBO albergará diversas sustancias peligrosas, se consideró como un factor detonando una posible fuga o ruptura del centro de almacenamiento, por lo cual, se efectuaron modelaciones ante una exposición aguda y crónica:

- Exposición Aguda: Se refiere a un contacto breve que ocurre durante segundos, minutos u horas, o una serie de exposiciones a lo largo del día, con una duración máxima limitada [54].

- Exposición Crónica: Implica un contacto prolongado que se extiende a lo largo de días, meses o años. Puede ser continuo o interrumpido por intervalos en los que se produce ese contacto [54].
- En función de lo anterior, se consideró en la modelación, los valores ante una exposición crónica, considerando los siguientes valores:

Tabla 27.

Exposición Crónica

Contaminante	Tamaño	Descripción
Sedimentables	<2	Tiene capacidad de entrar en el organismo por vía respiratoria.
Asfixiantes	20 μ	Desplazan el oxígeno presente en el aire (por ejemplo, dióxido de carbono, butano y nitrógeno) y obstruyen la capacidad de la sangre para transportar oxígeno a los tejidos (como en el caso del monóxido de carbono, ácido cianhídrico y plomo).
Corrosivos	21 μ	Tracto Respiratorio superior: Ácido Sulfúrico, Ácido Clorhídrico, Ácido Nítrico, Hidróxido sódico, Formaldehído. Tracto respiratorio inferior: Ozono, cloro, dióxido de nitrógeno, fosgeno, sulfato de etilo - Provocan daño o destrucción de los tejidos.
Neumoconióticos	22 μ	Destruyen la difusión del oxígeno a consecuencia de su acumulación a nivel pulmonar (sílice, amianto, polvo de algodón.)
Tóxicos Generales	23 μ	Ingresan al torrente sanguíneo y afectan órganos y sistemas específicos: Sistema Nervioso Central (SNC): Alcohol metílico, mercurio, manganeso, sulfuro de carbono. Riñón: Cadmio y compuestos magnesados. Hígado: Cloroformo, nitrosaminas (plomo, arsénico, tolueno).
Anestésicos y Narcóticos	24 μ	Tienen impacto en el sistema nervioso central, y su efectividad varía según la dosis y la propiedad de ser liposolubles (acetato de etilo, etanol, éter etílico, tolueno, xileno, acetona, propano, isobutanol, tricloroetileno...).

Sensibilizantes	25 μ	La reacción alérgica al contaminante aumenta con la repetición de la exposición. Este efecto se observa en sustancias como isocianatos, polvo de la madera, formaldehído, fibras vegetales, y formaldehído.
-----------------	----------	---

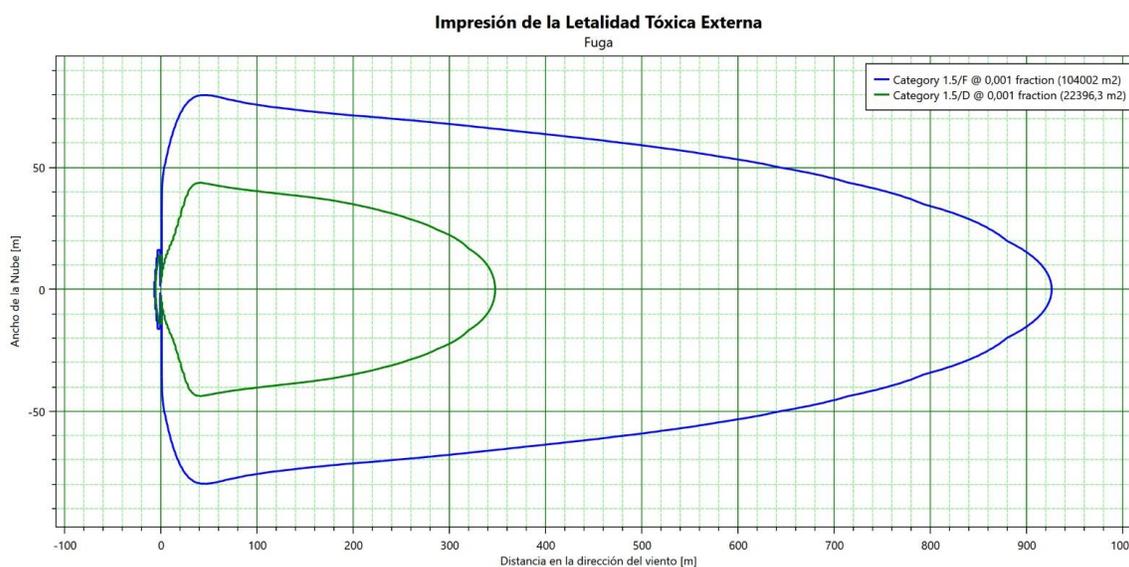
Nota: en la Tabla 27 se presentan los tamaños de las partículas y la exposición crónica asociada, en la cual se presentan los tamaños que determinan la peligrosidad asociada al contaminante, tomado de (Bueno, M.G, 2014).

Como se presenta previamente, las sustancias que podría almacenar CUBO hacen énfasis a sustancias de tipo asfixiantes, corrosivas e incluso asociadas a tóxicos Generales, por lo cual, su manejo y manipulación deberán estar a cargo de profesionales o estudiantes capacitados para ello. A continuación, se presenta la Figura 75, espacialización de letalidad de la nube la cual fue modelada con una mezcla de sustancias entre ellas dióxido de sulfuro, dióxido de hidrógeno, y cloruro de nitrógeno.

Considerando el grado de exposición de los contaminantes, en un escenario crítico, se presenta que el radio de exposición lograría una onda mínima de aproximadamente 359 metros desde su epicentro hasta 900 en un escenario crítico con una velocidad de viento de 1.5 m/s:

Figura 75.

Espacialización de la letalidad de la nube



Nota: en la Figura 75, se presenta el radio de exposición por nube de dispersión, asociada a una fuga en el centro Cubo, el cual posee una ronda de casi 900 metros a la ronda, por lo cual, la dispersión es muy difícil de contener en caso de una fuga de materiales tóxicos y peligrosos.

3.2.15.b. Vaporización del derrame y probabilidad de muerte. Dando continuidad al análisis de consecuencia asociado a la exposición de residuos peligrosos, se realizó el análisis de letalidad asociada al derrame y su vaporización a la atmósfera, lo cual se modeló en función de los parámetros usados previamente:

Se realizó la revisión de las condiciones a las cuales una sustancia da inicio con el proceso de vaporización, y se determinó que la vaporización de una sustancia ocurre cuando las moléculas en su superficie adquieren suficiente energía cinética para vencer las fuerzas de atracción intermoleculares y pasar al estado gaseoso, formando vapor [41].

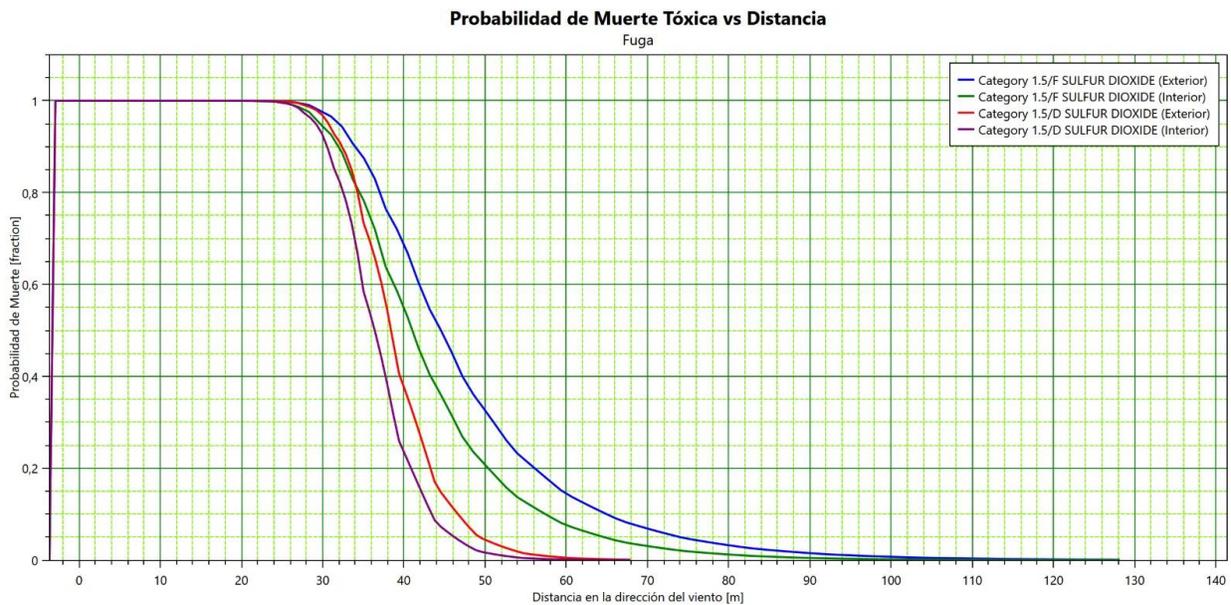
Se realizó un análisis de dispersión en el software Qgis con la herramienta Viewshed para determinar los grados de alcance de propagación en el cual se determinaron factores multicriterio tales como:

- Ley de dispersión para determinar el radio del charco en función del tiempo
- Balance de masa alrededor del volumen de control del derrame para cada componente de las sustancias
- Balance de energía alrededor del volumen de control del derrame, suponiendo que este presenta poca profundidad, por lo cual, se aplicó una hipótesis de mezcla homogénea.

Con relación a los criterios expuestos, se realizó la superposición de geometrías y alcances de dispersión para determinar la probabilidad de muerte tóxica como se presenta en la Figura 76.

Figura 76.

Probabilidad de muerte tóxica en función de la distancia

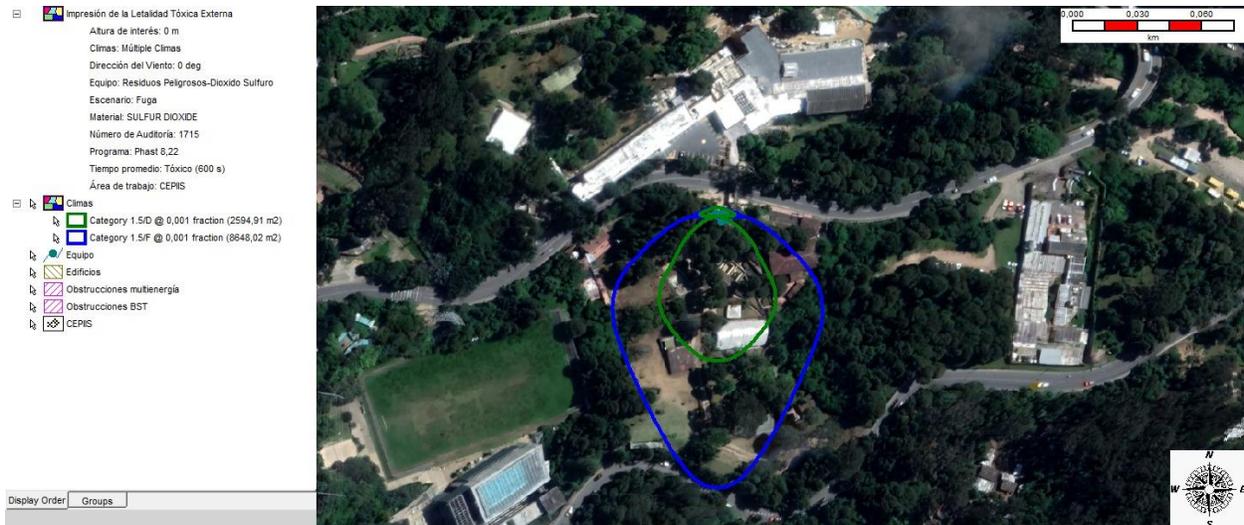


Nota: en la Figura 76, se presenta la probabilidad de muerte en función de la distancia de la dirección del viento, la cual manifiesta que, a menor distancia, hay una mayor probabilidad de muerte tóxica.

Cómo se logra evidenciar en la Figura 76 se logra apreciar que la probabilidad de muerte tóxica disminuye desde los 25 metros de distancia hasta llegar a 0, lo cual incide en que disminuye la probabilidad de letalidad asociada. Geográficamente, se evidencia que el área de exposición por letalidad en caso de manifestarse, saldría del centro de procesos, hacia la dirección del viento llegando a propagarse rápidamente.

Figura 77.

Letalidad tóxica espacial CUBO

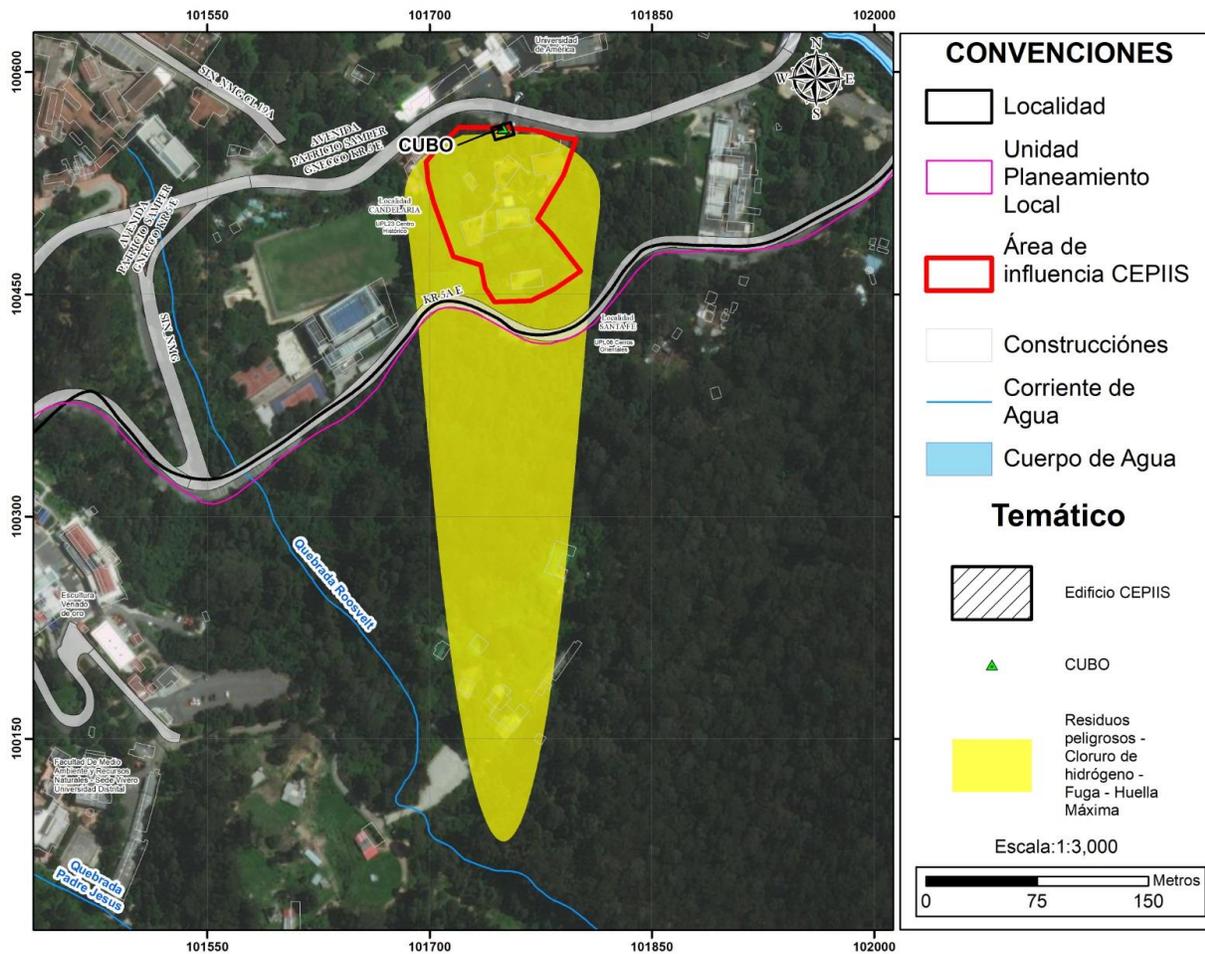


Nota: en la Figura 77, se presenta la probabilidad de letalidad asociada a una fuga que pudiese ocurrir en CUBO, la cual se encuentra en función de la velocidad del viento, el contaminante, y la dirección del mismo.

Bajo lo previamente expuesto, la amenaza es calificada como **Remota (3)**, probabilidad de ocurrencia limitada, la anterior calificación fue dada considerando los grados de propagación y la estabilidad de la misma como se presenta en la Figura 78.

Figura 78.

Amenaza por Letalidad Tóxica



Nota: en la Figura 78, se presenta la probabilidad de letalidad asociada a una fuga que pudiese ocurrir en CUBO, la cual se encuentra en función de la velocidad del viento, el contaminante, y la dirección del mismo.

3.3. Calificación de amenaza

La evaluación de la probabilidad de ocurrencia de las amenazas identificadas en el proyecto se realizó utilizando conceptos técnicos desarrollados en el estudio, junto con información secundaria. Se aplicaron categorías definidas en la Tabla 4 para asignar puntajes a las amenazas identificadas, reflejando la probabilidad de que ocurra el evento amenazante y afecte a los elementos vulnerables. A medida que aumenta la calificación de probabilidad, se incrementa la posibilidad de materialización de la amenaza. La información cartográfica proporcionada anteriormente para las amenazas naturales incluye polígonos con diversas categorías, como se detalla en la Tabla 28.

Tabla 28.*Calificación De Probabilidad De Ocurrencia De Amenazas*

AMENAZA		PROBABILIDAD	CALIFICACIÓN
NATURAL	Sismo	4	Ocasional
	Inundación	2	Improbable
	Avenidas Torrenciales	3	Remoto
	Movimientos en masa	4	Ocasional
	Erosión	3	Remoto
	Tormenta Eléctrica	2	Improbable
	Pérdida de Verticalidad de árboles	3	Remoto
	Incendio Forestal	4	Ocasional
CEPURE (Plantas)	Exposición (Nube de dispersión)	2	Improbable
	Piscina de fuego	3	Remoto
	Derrame	2	Improbable
CESI	Explosión	5	Moderado
	Derrame	2	Improbable
	Bola de Fuego	4	Ocasional
CETA	Chorro de fuego	3	Remoto
	Explosión	3	Remoto
	Nube de dispersión	3	Remoto
BIOCAL	Nube de dispersión	3	Remoto
CUBO	Dosis tóxica	2	Improbable
	Huella Máxima de Dispersión	3	Remoto
	Vaporización del derrame	3	Remoto
	Probabilidad de muerte	2	Improbable

Nota: en la Tabla 28, se presenta la calificación efectuada en función de la probabilidad de amenaza, la información es sustentada en la memoria de cálculo asociado al presente Plan de Gestión de Riesgo del Desastre.

3.4. Identificación de Elementos Vulnerables

El análisis de riesgos se llevó a cabo mediante la identificación de elementos asociados con las distintas etapas de operación del Centro de Proceso para la Industria Sostenible (CEPIIS), así como la infraestructura existente

y la que se construirá en el área de influencia del proyecto. También se tuvieron en cuenta los elementos expuestos en los ámbitos ambiental y sociocultural durante este proceso.

Tabla 29.

Componentes Vulnerables

Componente	Descripción	Características
Ambiental	Uso reglamentario	áreas de conservación y protección ambiental
	Áreas protegidas	áreas SIDAP
	Rondas de protección	POMCAS
Individual	CEPURE	CEPIIS
	CESI	
	BIOCAL	
	CETI	
	CUBO	
Social	Asentamientos	Si aplican
	Infraestructura social	Infraestructura social
	Inventario de puntos de agua subterránea	Infraestructura productiva y comercial
	Sitios de interés cultural	Infraestructura comunitaria
	Comunidades étnicas	Consejos comunitarios
	Patrimonio arqueológico	Pto de patrimonio arqueológico ICANH
	Infraestructura privada	Vías
		Líneas de tensión
Empresas circunvecinas		
Socioeconómico	Destinación económica	Cultivos transitorios
		Papa
	Infraestructura privada	Zonas industriales

Nota: en la El análisis de riesgos se llevó a cabo mediante la identificación de elementos asociados con las distintas etapas de operación del Centro de Proceso para la Industria Sostenible (CEPIIS), así como la infraestructura existente y la que se construirá en el área de influencia del proyecto. También se tuvieron en cuenta los elementos expuestos en los ámbitos ambiental y sociocultural durante este proceso.

Tabla 29, se presentan los componentes vulnerables asociados a cada uno de los escenarios de riesgo dispuestos en la Tabla 29.

3.4.1. Obtención de la vulnerabilidad a partir de la fragilidad y la exposición

La Tabla 30 presenta la evaluación matricial de fragilidad, detallando las calificaciones asignadas para los criterios en cada escenario de riesgo identificado. Además, se exhiben los resultados de vulnerabilidad mediante la aplicación de los valores de fragilidad y exposición calculada:

Tabla 30.

Vulnerabilidad Calculada Por Amenaza Natural, Industria Y Operativa Por Centro De Operación

Amenaza	FRAGILIDAD					Promedio	EXPOSICIÓN					Promedio	VULNERABILIDAD				Promedio
	Individual	Social	Socioeconómico	Ambiental	Individual		Social	Socioeconómico	Ambiental	Individual	Social		Socioeconómico	Ambiental	Categoría	Categoría Social	
NATURAL	Sismo	3	2	2	3	2,5	4	4	2	2	3,00	6,0	4,0	2,0	3,0	3,8	
	Inundación	3	2	2	4	2,75	3	2	2	1	2,00	4,5	2,0	2,0	2,0	2,6	
	Avenidas Torrenciales	3	3	2	3	2,75	3	3	2	2	2,50	4,5	4,5	2,0	3,0	3,5	
	Movimientos en masa	4	2	1	3	2,50	4	3	2	1	2,50	8,0	3,0	1,0	1,5	3,4	
	Erosión	2	2	2	2	2	2	2	2	3	2,25	2,0	2,0	2,0	3,0	2,3	
	Tormenta Eléctrica	4	3	1	2	2,5	4	1	1	1	1,75	8,0	1,5	0,5	1,0	2,8	
	Pérdida de Verticalidad de árboles	4	4	2	3	3,25	3	2	2	4	2,75	6,0	4,0	2,0	6,0	4,5	
	Incendio Forestal	3	3	2	3	2,75	3	3	2	4	3	4,5	4,5	2,0	6,0	4,3	
CEPURE	Exposición (Nube de dispersión)	2	2	2	1	1,75	2	4	2	3	2,75	2,0	4,0	2,0	1,5	2,4	
	Piscina de fuego	4	2	2	1	2,25	4	2	2	4	3	8,0	2,0	2,0	2,0	3,5	
	Derrame	4	3	1	2	2,5	3	3	2	3	2,75	6,0	4,5	1,0	3,0	3,6	
CESI	Explosión	4	3	3	4	3,5	3	3	1	3	2,5	6,0	4,5	1,5	6,0	4,5	
	Derrame	3	2	2	2	2,25	2	2	1	4	2,25	3,0	2,0	1,0	4,0	2,5	
	Bola de Fuego	3	4	4	1	3	4	3	1	4	3	6,0	6,0	2,0	2,0	4,0	

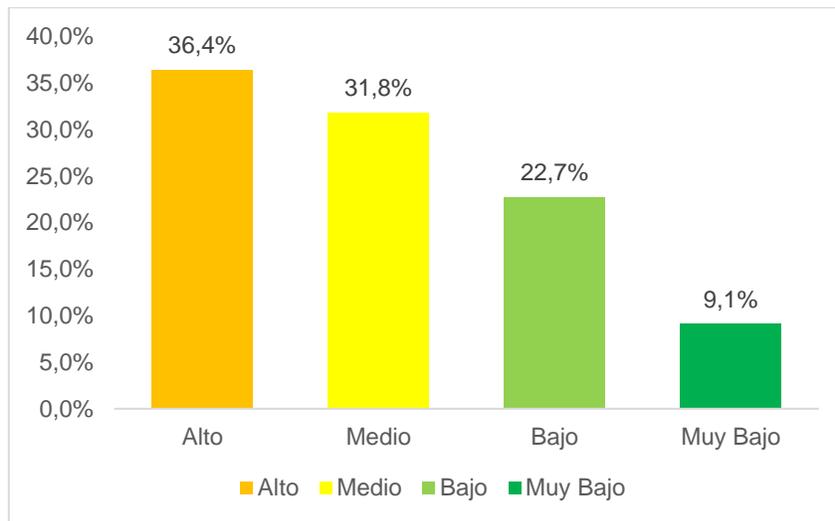
Amenaza		FRAGILIDAD					EXPOSICIÓN					VULNERABILIDAD				
		Individual	Social	Socioeconómico	Ambiental	Promedio	Individual	Social	Socioeconómico	Ambiental	Promedio	Categoría	Categoría Social	Categoría	Categoría	Promedio
CETA	Chorro de fuego	3	3	2	3	2,75	3	3	1	2	2,25	4,5	4,5	1,0	3,0	3,3
	Explosión	4	2	2	1	2,25	4	3	2	4	3,25	8,0	3,0	2,0	2,0	3,8
	Nube de dispersión	4	3	2	2	2,75	4	3	2	2	2,75	8,0	4,5	2,0	2,0	4,1
BIOCAL	Nube de dispersión	2	3	2	1	2	4	3	2	2	2,75	4,0	4,5	2,0	1,0	2,9
CUBO	Dosis tóxica	1	3	2	3	2,25	4	2	2	3	2,75	2,0	3,0	2,0	4,5	2,9
	Huella Máxima de Dispersión	2	4	4	2	3	3	4	2	3	3	3,0	8,0	4,0	3,0	4,5
	Vaporización del derrame	2	3	3	2	2,5	2	4	4	1	2,75	2,0	6,0	6,0	1,0	3,8
	Probabilidad de muerte	1	3	2	2	2	2	3	3	1	2,25	1,0	4,5	3,0	1,0	2,4

Nota: en la La Tabla 30 presenta la evaluación matricial de fragilidad, detallando las calificaciones asignadas para los criterios en cada escenario de riesgo identificado. Además, se exhiben los resultados de vulnerabilidad mediante la aplicación de los valores de fragilidad y , se presenta la calificación asignada a cada uno de los criterios de fragilidad en función de la exposición, por lo cual, se revisaron los criterios de las consecuencias de las amenazas en función de su exposición a los elementos expuestos.

Para evaluar la fragilidad y exposición de los elementos vulnerables, tanto a nivel individual como en los aspectos ambientales, sociales y socioeconómicos, en relación con la posible ocurrencia de eventos vinculados a amenazas naturales y siguiendo la metodología sugerida, se llevó a cabo un análisis cartográfico en el área de influencia. A continuación, se exhibe la distribución porcentual vinculada a los índices de fragilidad y exposición.

Figura 79.

Distribución Porcentual de Fragilidad Individual

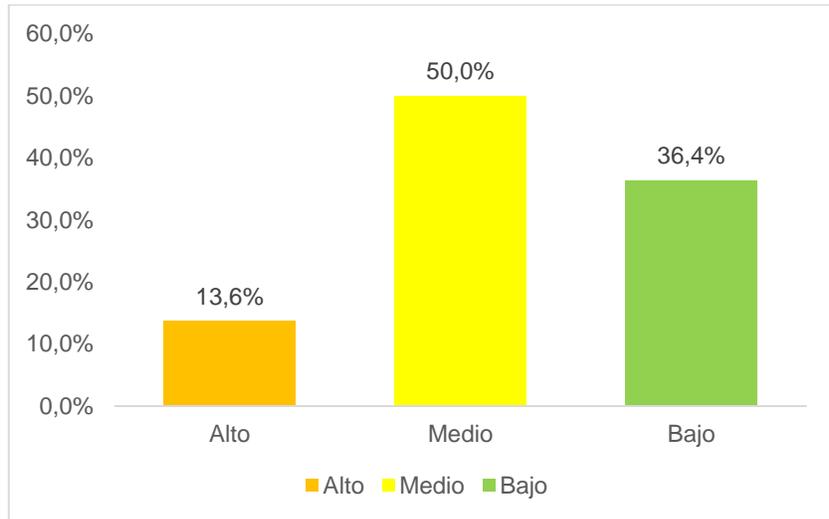


Nota: en la Para evaluar la fragilidad y exposición de los elementos vulnerables, tanto a nivel individual como en los aspectos ambientales, sociales y socioeconómicos, en relación con la posible ocurrencia de eventos vinculados a amenazas naturales y siguiendo la metodología sugerida, se llevó a cabo un análisis cartográfico en el área de influencia. A continuación, se exhibe la distribución porcentual vinculada a los índices de fragilidad y exposición.

Figura 79, se presentan la calificación asignada para la fragilidad individual la cual representa los grados de consecuencia asociada a las amenazas identificadas, se evidencia que el 36,4% de las amenazas que se encuentran en el CEPIIS, podrían generar consecuencias de alta intensidad, temporales, de efecto directo, mitigables o reversibles en el largo plazo.

Figura 80.

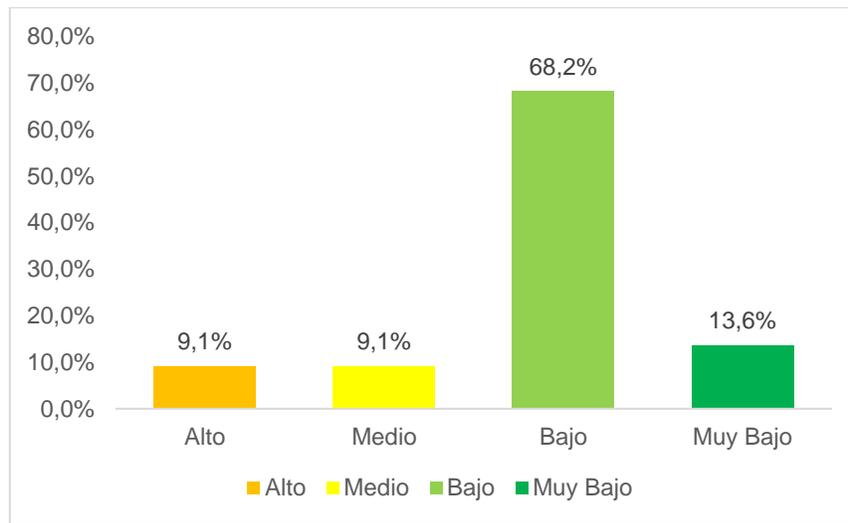
Distribución Porcentual de Fragilidad Social



Nota: en la Figura 80, se presentan la calificación asignada para la fragilidad Social, la cual representa los grados de consecuencia asociada a las amenazas identificadas, se evidencia que el 50,0% de las amenazas que se encuentran en el CEPIIS, podrían generar consecuencias de moderada intensidad, puntual a extensa, temporales, de efecto directo, mitigables o reversibles en el mediano plazo. Generan lesiones moderadas o incapacidad temporal a las personas.

Figura 81.

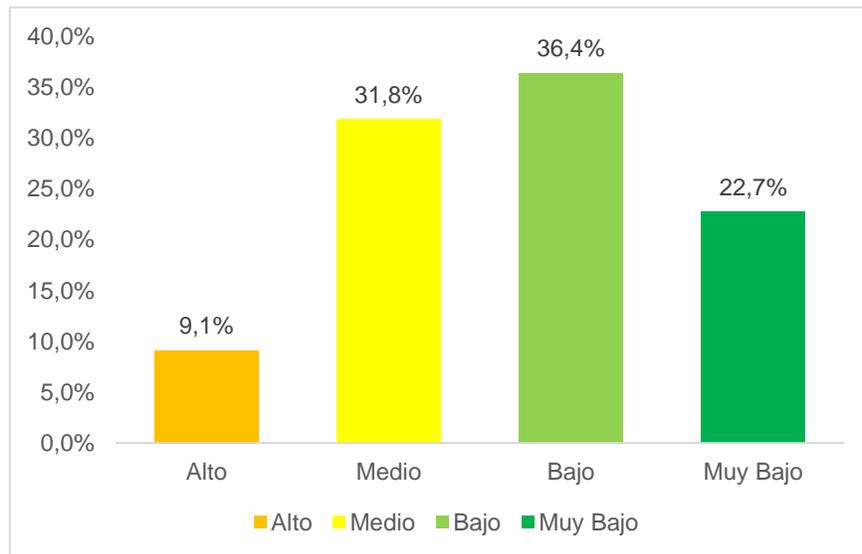
Distribución Porcentual de Fragilidad Socioeconómico



Nota: en la Figura 81 se presentan la calificación asignada para la fragilidad socioeconómica, la cual representa los grados de consecuencia asociada a las amenazas identificadas, se evidencia que el 68,2% de las amenazas que se encuentran en el CEPIIS, podrían generar consecuencias de mediana intensidad, puntuales, temporales, de efecto directo y recuperable o reversible en el mediano plazo. Ocasionan lesiones leves o incapacidad temporal a las personas.

Figura 82.

Distribución Porcentual de Fragilidad Ambiental



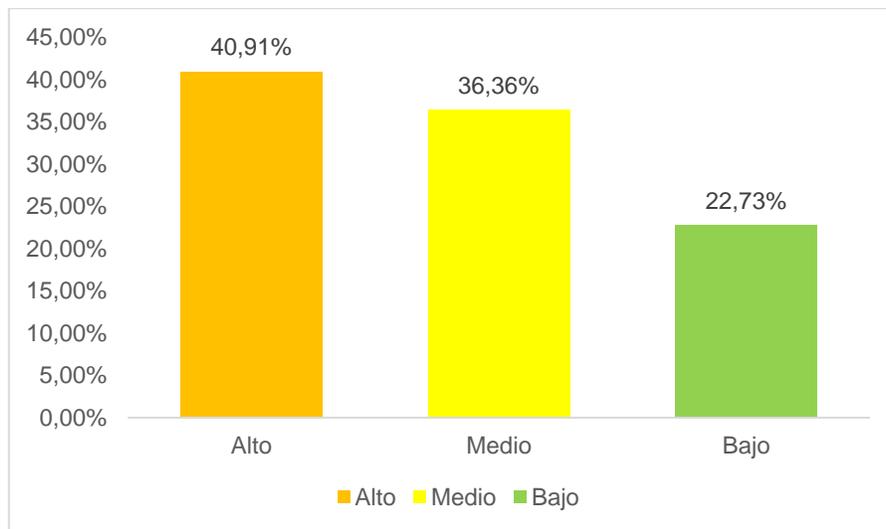
Nota: en la Figura 82, se presentan la calificación asignada para la fragilidad Ambiental, la cual representa los grados de consecuencia asociada a las amenazas identificadas, se evidencia que el 34,8% de las amenazas que se encuentran en el CEPIIS, podrían generar consecuencias de mediana intensidad, puntuales, temporales, de efecto directo y recuperable o reversible en el mediano plazo. Ocasionan lesiones leves o incapacidad temporal a las personas.

En relación con la exposición, se hace referencia a la ubicación de personas, la comunidad estudiantil, la infraestructura, los sistemas ambientales, los medios de producción, las actividades sociales y, en general, todos los elementos físicos o no, materiales e inmateriales, tangibles e intangibles, que poseen valor social o ambiental. Estos elementos se encuentran en un espacio y tiempo en los que podrían ser afectados por la materialización de una amenaza. Partiendo de esta premisa y mediante la espacialización de las amenazas de origen natural, antropogénicas e industriales y operativas, se determinará cuán expuestos podrían estar dichos elementos en caso de manifestación de cada una de las amenazas identificadas.

En cuanto a la exposición, los resultados se obtuvieron a partir de la amenaza total calculada por máximos para cada componente en el Centro de Procesos. Asimismo, la distribución porcentual de la exposición de cada uno de los componentes se ilustra desde la Figura 83 hasta la Figura 86.

Figura 83.

Distribución Porcentual de Exposición Individual



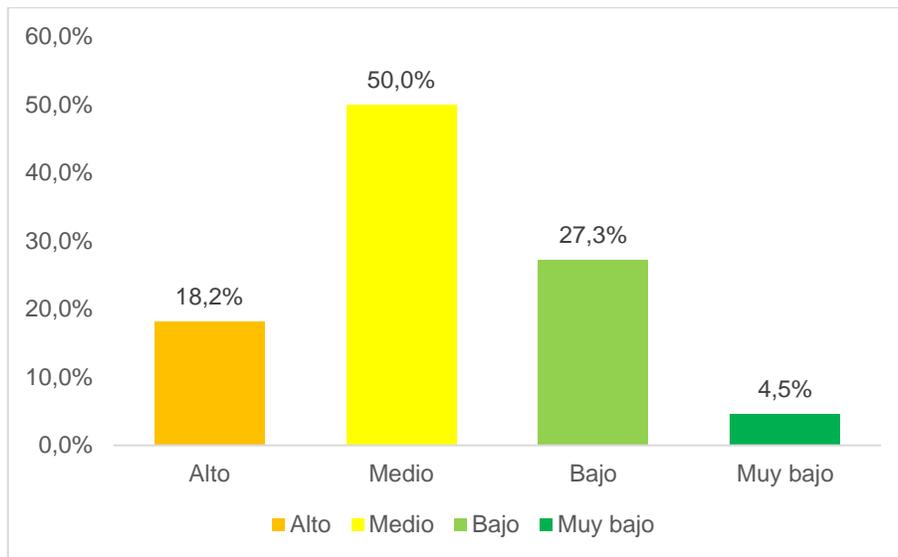
Nota: en la En relación con la exposición, se hace referencia a la ubicación de personas, la comunidad estudiantil, la infraestructura, los sistemas ambientales, los medios de producción, las actividades sociales y, en general, todos los elementos físicos o no, materiales e inmateriales, tangibles e intangibles, que poseen valor social o ambiental. Estos elementos se encuentran en un espacio y tiempo en los que podrían ser afectados por la materialización de una amenaza. Partiendo de esta premisa y mediante la espacialización de las amenazas de origen natural, antropogénicas e industriales y operativas, se determinará cuán expuestos podrían estar dichos elementos en caso de manifestación de cada una de las amenazas identificadas.

En cuanto a la exposición, los resultados se obtuvieron a partir de la amenaza total calculada por máximos para cada componente en el Centro de Procesos. Asimismo, la distribución porcentual de la exposición de cada uno de los componentes se ilustra desde la Figura 83 hasta la Figura 86.

Figura 83, se presentan la calificación asignada para la exposición Individual, la cual representan los grados máximos, en el cual se evidencia que el 40,91 de la exposición individual presenta una probabilidad alta, lo cual indica que los elementos sensibles se encuentran en un área en la cual alguna amenaza presenta una amplia probabilidad de ocurrencia.

Figura 84.

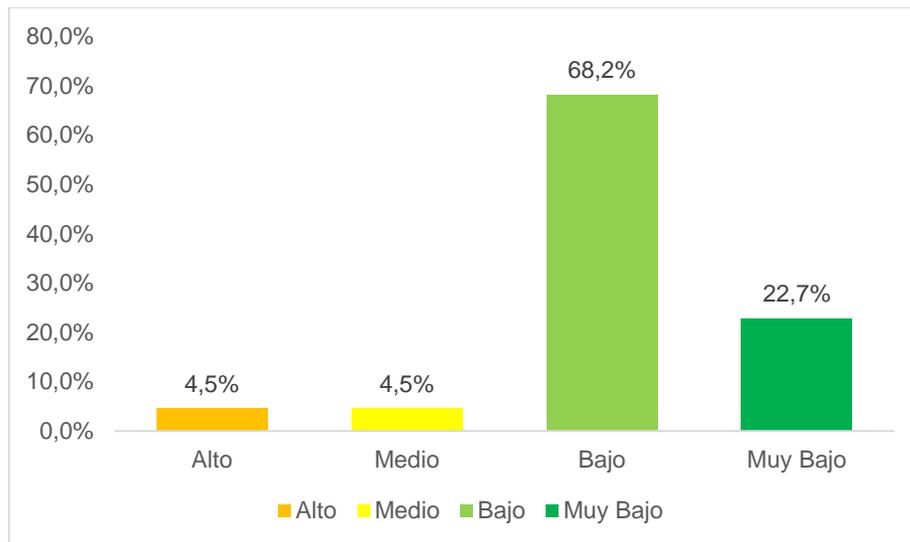
Distribución Porcentual de Exposición Social



Nota: en la Figura 84, se presentan la calificación asignada para la exposición social, la cual representan los grados máximos de sensibilidad ante una amenaza, en el cual se evidencia que el 50,0% de la exposición individual presenta una probabilidad media, lo cual indica que los elementos sensibles se encuentran en un área en la cual alguna amenaza presenta una probabilidad de ocurrencia media

Figura 85.

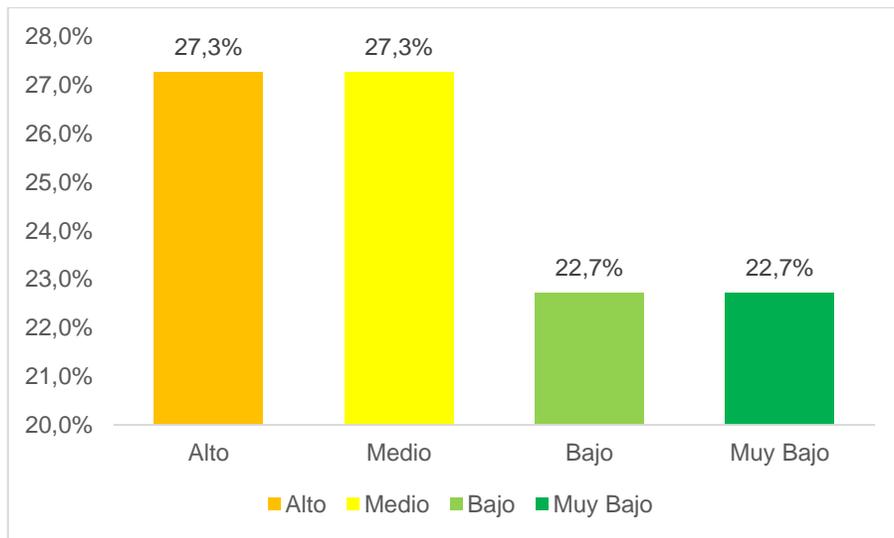
Distribución Porcentual de Exposición Socioeconómica



Nota: en la Figura 85, se presentan la calificación asignada para la exposición social, la cual representan los grados máximos de sensibilidad ante una amenaza, en el cual se evidencia que el 68,2% de la exposición individual presenta una probabilidad media, lo cual indica que los elementos sensibles se encuentran en un área en la en la cual alguna amenaza, presenta una baja probabilidad de ocurrencia.

Figura 86.

Distribución Porcentual de Exposición Ambiental



Nota: en la

Figura 86, se presentan la calificación asignada para la exposición social, la cual representan los grados máximos de sensibilidad ante una amenaza, en el cual se evidencia que el 27,3 presenta una calificación de exposición alta seguida de 27,3%, lo cual indica que los elementos sensibles se encuentran en un área en la cual alguna amenaza presenta una alta y media probabilidad de ocurrencia; Fuente [11].

3.4.2. Evaluación del riesgo

Para llevar a cabo la evaluación del riesgo, se consideraron los criterios establecidos en la Tabla 31, en concordancia con la vulnerabilidad y la probabilidad. Los resultados de esta valoración para las amenazas endógenas, antrópicas y naturales se presentan en la Tabla 31.

Tabla 31.

Calificación Nivel Del Riesgo

Amenaza		Categoría Individual	Categoría Social	Categoría Ambiental	Probabilidad	Nivel de Riesgo				PROMEDIO	
						Categoría Individual	Categoría Social	Categoría Socioeconómica	Categoría Ambiental		
NATURAL	Sismo	6,0	4,0	2,0	3,0	3,8	Medio	Bajo	M/Bajo	M/Bajo	Medio
	Inundación	4,5	2,0	2,0	2,0	2,6	Bajo	M/Bajo	M/Bajo	M/Bajo	Bajo
	Avenidas Torrenciales	4,5	4,5	2,0	3,0	3,5	Bajo	Bajo	M/Bajo	M/Bajo	Medio
	Movimientos en masa	8,0	3,0	1,0	1,5	3,4	Alto	M/Bajo	M/Bajo	M/Bajo	Medio
	Erosión	2,0	2,0	2,0	3,0	2,3	M/Bajo	M/Bajo	M/Bajo	M/Bajo	M/Bajo
	Tormenta Eléctrica	8,0	1,5	0,5	1,0	2,8	Alto	M/Bajo	M/Bajo	M/Bajo	Bajo
	Pérdida de Verticalidad de árboles	6,0	4,0	2,0	6,0	4,5	Medio	Bajo	M/Bajo	Medio	Alto
	Incendio Forestal	4,5	4,5	2,0	6,0	4,3	Bajo	Bajo	M/Bajo	Medio	Alto
CEPURE (Plantas)	Exposición (Nube de dispersión)	2,0	4,0	2,0	1,5	2,4	M/Bajo	M/Bajo	M/Bajo	M/Bajo	M/Bajo

Amenaza		Categoría Individual	Categoría Social	Categoría	Categoría Ambiental	Probabilidad	Nivel de Riesgo				PROMEDIO
							Categoría Individual	Categoría Social	Categoría Socioeconómica	Categoría Ambiental	
	Piscina de fuego	8,0	2,0	2,0	2,0	3,5	Alto	M/Bajo	M/Bajo	M/Bajo	Medio
	Derrame	6,0	4,5	1,0	3,0	3,6	Medio	Bajo	M/Bajo	M/Bajo	Medio
CESI	Explosión	6,0	4,5	1,5	6,0	4,5	Medio	Medio	M/Bajo	Medio	Alto
	Derrame	3,0	2,0	1,0	4,0	2,5	M/Bajo	M/Bajo	M/Bajo	M/Bajo	M/Bajo
	Bola de Fuego	6,0	6,0	2,0	2,0	4,0	Medio	Medio	M/Bajo	M/Bajo	Medio
CETA	Chorro de fuego	4,5	4,5	1,0	3,0	3,3	Bajo	Bajo	M/Bajo	M/Bajo	Bajo
	Explosión	8,0	3,0	2,0	2,0	3,8	Alto	M/Bajo	M/Bajo	M/Bajo	Medio
	Nube de dispersión	8,0	4,5	2,0	2,0	4,1	Alto	Bajo	M/Bajo	M/Bajo	Alto
BIOCAL	Nube de dispersión	4,0	4,5	2,0	1,0	2,9	Bajo	Bajo	M/Bajo	M/Bajo	Bajo
CUBO	Dosis tóxica	2,0	3,0	2,0	4,5	2,9	M/Bajo	M/Bajo	M/Bajo	Bajo	Bajo
	Huella Máxima de Dispersión	3,0	8,0	4,0	3,0	4,5	M/Bajo	M/Alto	Bajo	Bajo	Alto
	Vaporización del derrame	2,0	6,0	6,0	1,0	3,8	M/Bajo	Medio	Medio	M/Bajo	Medio
	Probabilidad de muerte	1,0	4,5	3,0	1,0	2,4	M/Bajo	M/Bajo	M/Bajo	M/Bajo	M/Bajo

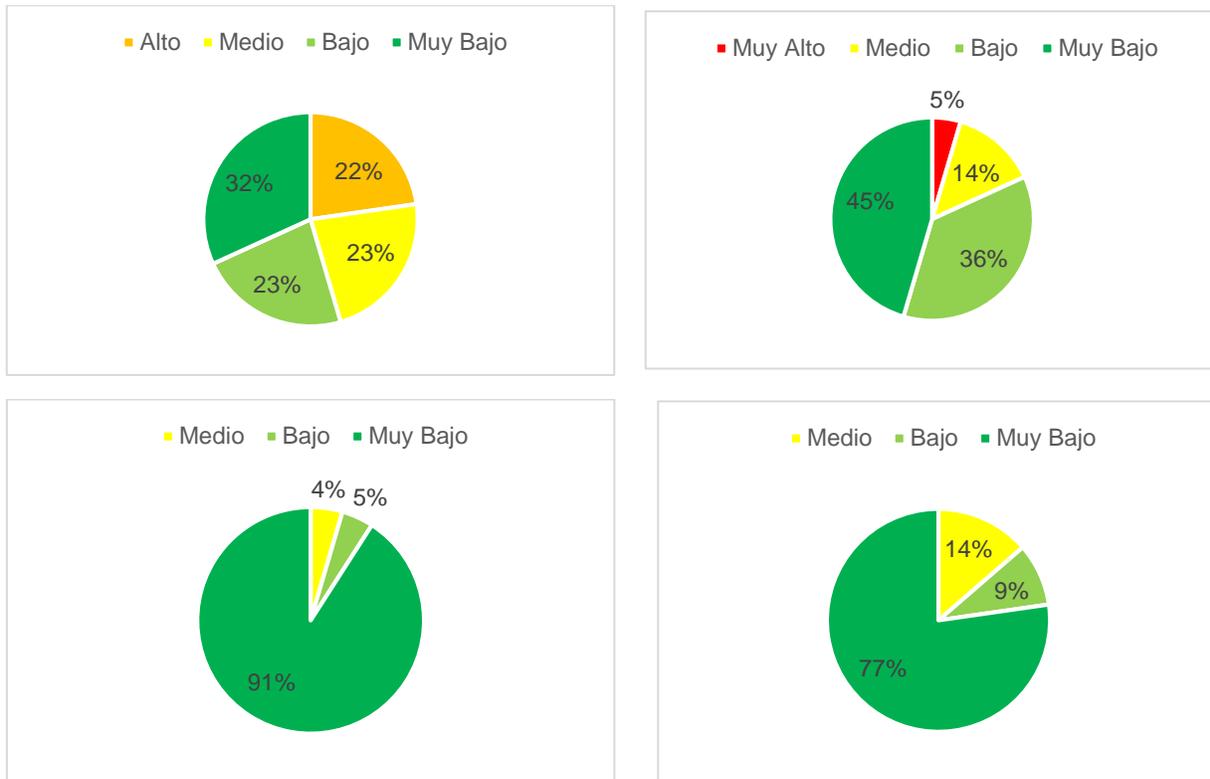
Nota: en la Tabla 31, se presentan la calificación asignada a los criterios de riesgo derivados del análisis de amenazas en relación a la probabilidad de ocurrencia.

Como se logra evidenciar previamente, se logra apreciar que en promedio, no hay ninguna amenaza con una calificación Muy Alta, no obstante, se presentan cinco (5) amenazas con calificación Alta, siendo pérdida de

verticalidad de árboles, incendios forestales, explosión en CESI, nube de dispersión en CETA y huella máxima de dispersión en CUBO, esto debido a la alta probabilidad de materialización de los eventos y a las consecuencias derivadas de las mismas, seguidamente, se encuentran amenazas naturales como sismos, avenidas torrenciales, piscina de fuego, derrame asociado a CEPURE, bola de fuego (CESI), explosión (CETA) y vaporización del derrame (CUBO). A continuación, se presenta en la Tabla 32 la representación porcentual:

Tabla 32.

Distribución Porcentual Riesgos



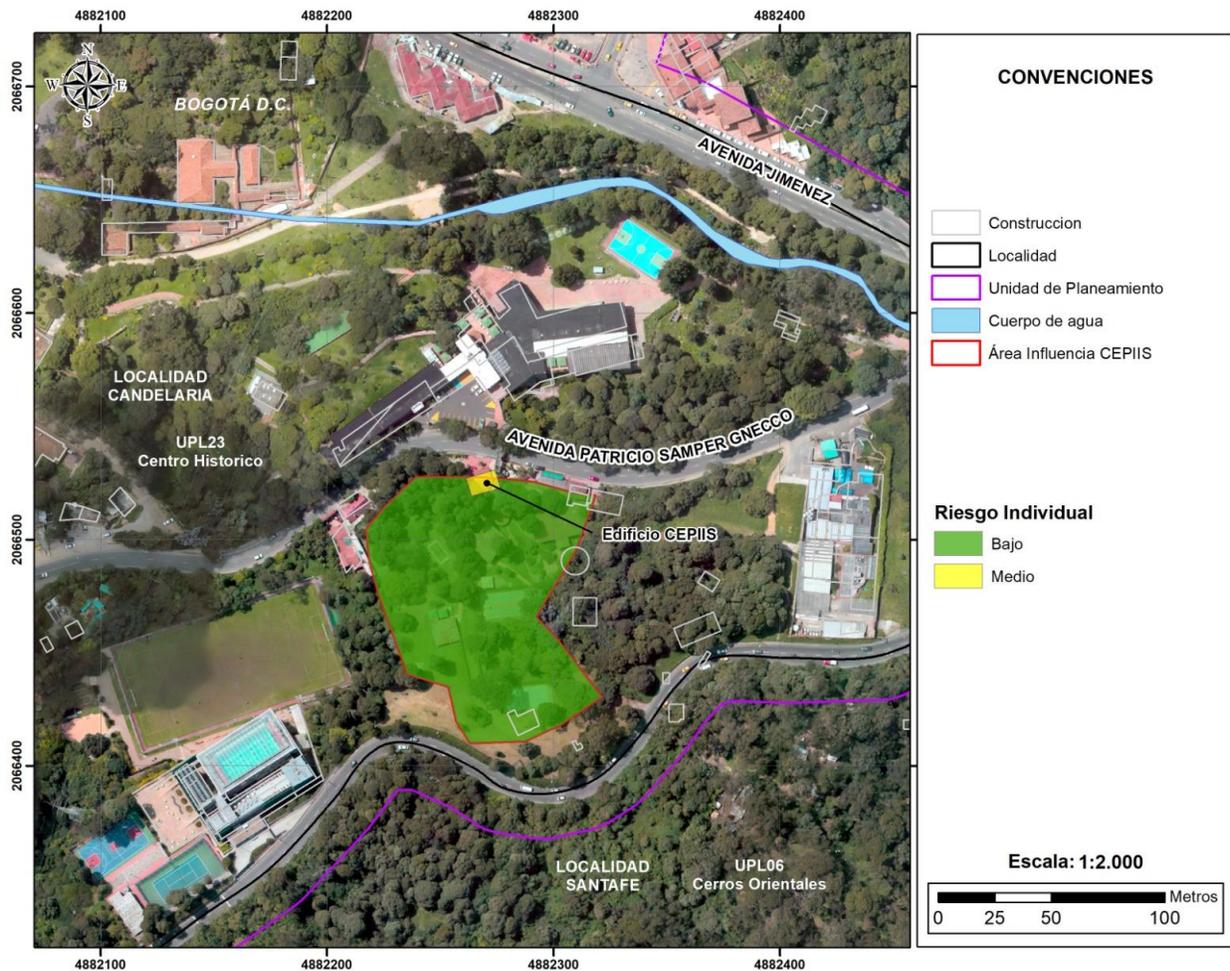
Nota: en la Tabla 32, se presenta la distribución porcentual de riesgo ambiental, social, socioeconómica y ambiental, en el cual se evidencia que la mayoría de los componentes presentan un riesgo consolidado Bajo, lo cual indica que se pueden ejecutar las actividades siempre y cuando se efectúen las actividades con responsabilidad y buen manejo.

3.4.3. Análisis y evaluación del riesgo Individual

Considerando los riesgos industriales y Operativos presentes en el Centro de Procesos e Innovación para la Industria Sostenible CEPIIS, se efectuarían diversas actividades que generarían consecuencias eventualmente, por lo cual, en el cruce de información cartográfica demostró que el riesgo individual refleja una amenaza media en la infraestructura del CEPIIS solamente como se evidencia en la Figura 87.

Figura 87.

Riesgo Individual

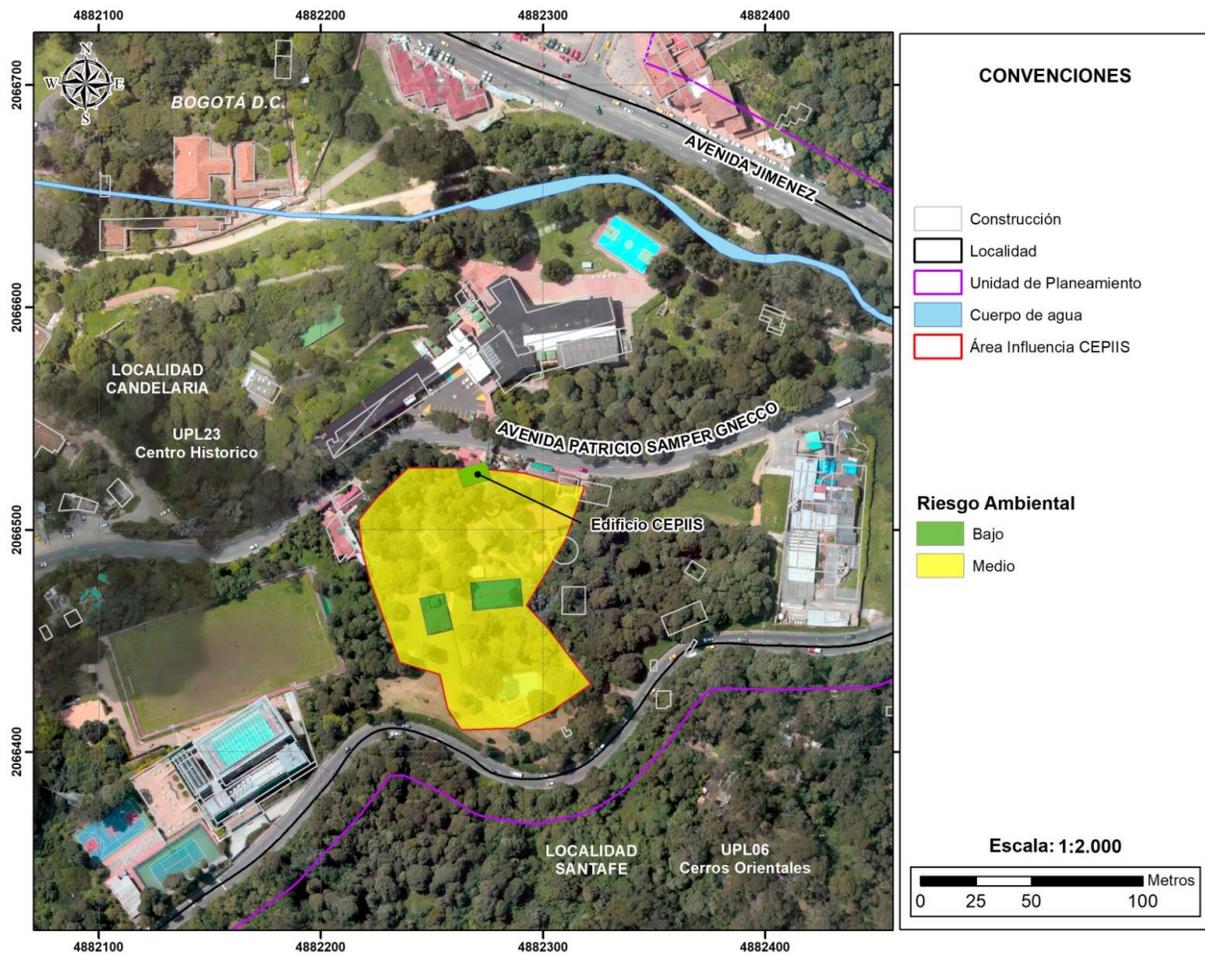


Nota: en la Figura 87, se presenta la especialización del riesgo individual en el cual se presenta un riesgo bajo en las áreas circunvecinas al CEPIS, no obstante, se evidencia un riesgo moderado en la infraestructura propia considerando las operaciones que se efectuarán en cada uno de los frentes.

3.4.4. Análisis y evaluación del riesgo Ambiental

Se estiman en menor proporción afectaciones potenciales sobre el componente ambiental, dado que las amenazas endógenas contempladas no tendrían la magnitud de ocasionar daños significativos que alteren las condiciones de los ecosistemas y la oferta ambiental del área, o así mismo desencadenar otros fenómenos peligrosos en el área de influencia del Centro:

Figura 88.
Riesgo Ambiental



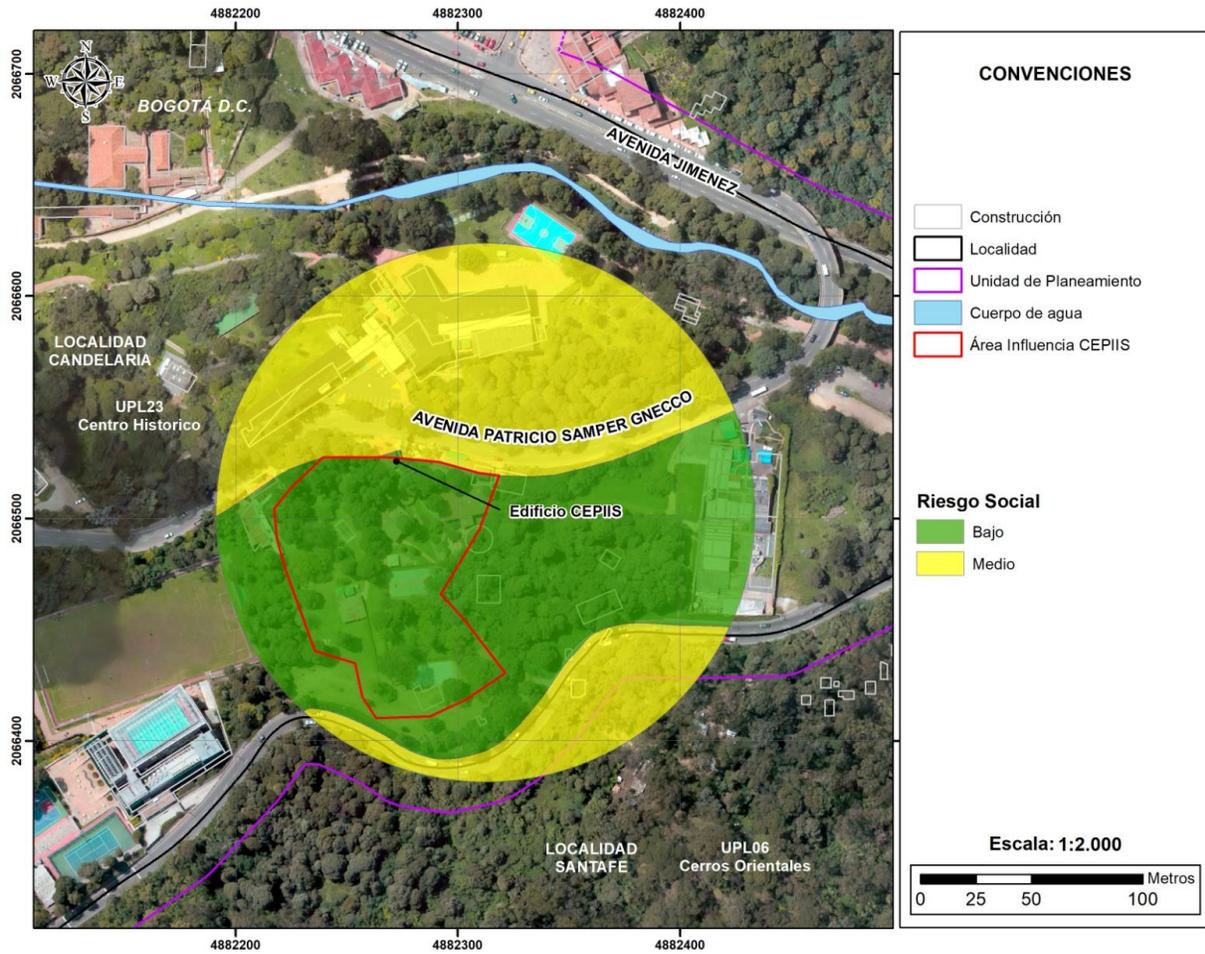
Nota: en la Figura 88, se presenta la especialización del riesgo ambiental en el cual se presenta un riesgo bajo en las áreas propias de la infraestructura del CEPIIS, esto considerando que la fragilidad y la exposición fue baja en dichas áreas por las barreras físicas que tiene, no obstante, se presenta una probabilidad moderada por las amenazas presentes.

3.4.5. Análisis de riesgo Social y Socioeconómico

Considerando que los riesgos expuestos en el presente Plan de Gestión de Riesgo y del Desastre lograrían expandirse por fuera del Centro de Procesos, se realizó el traslape de aquellas amenazas que salieron del área de influencia del Centro de Procesos e Innovación para la Industria Sostenible CEPIIS con la herramienta Qgis por lo cual, dio la siguiente amenaza:

Figura 89.

Riesgo Social y Socioeconómico



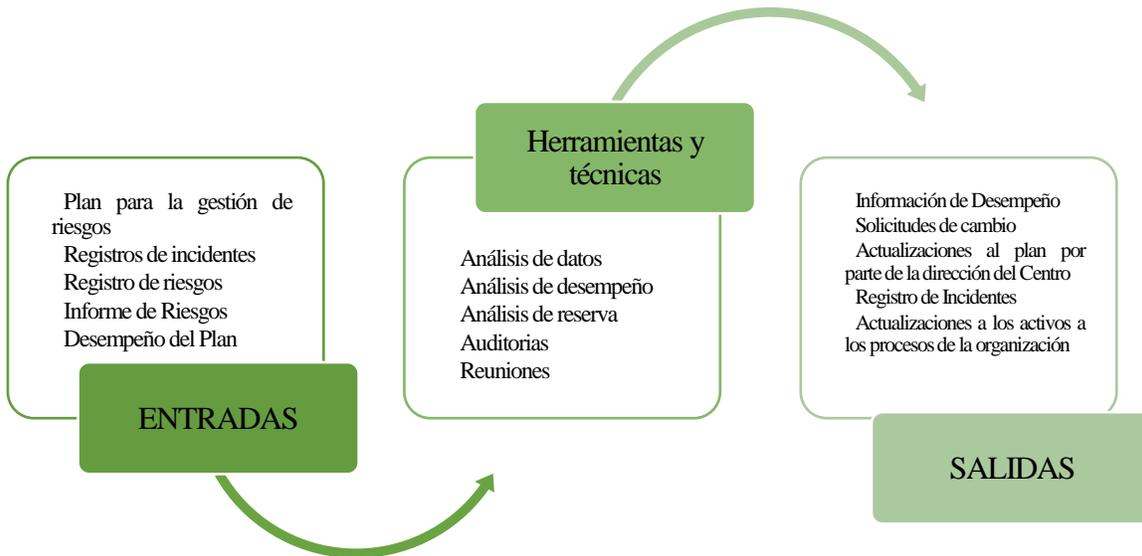
Nota: en la Figura 89, se presenta la especialización del riesgo social y socioeconómico en el cual se presenta un riesgo bajo en las áreas propias de la infraestructura del CEPIIS, esto considerando que la fragilidad y la exposición fue baja en dichas áreas por las barreras físicas que tiene, no obstante, se presenta una probabilidad moderada en las áreas circunvecinas por el grado de exposición de las amenazas, en la cual se observa una ronda de casi 200 metros desde el CEPIIS.

4. MONITOREO DEL RIESGO

La presentación de reportes y el monitoreo continuo de los riesgos es un proceso dinámico cuya función es evaluar la efectividad del proceso de gestión para minimizar los riesgos identificados y prever los futuros riesgos. Para lograr ejecutar un monitoreo de riesgos precisos se requerirán las siguientes herramientas (Figura 90).

Figura 90.

Monitoreo del Riesgo



Nota: en la Figura 90, se presenta el esquema de monitoreo del riesgo, en el cual se presenta un diagrama de entradas y salidas con la finalidad de monitorear cada uno de los riesgos asociados.

4.1. Auditorias

Las auditorías de riesgo se emplean para evaluar la eficacia del proceso de gestión de riesgos, y se llevan a cabo en reuniones destinadas a revisar los riesgos. Antes de realizar la auditoría, se establece el formato y los objetivos específicos de la misma.

4.2. Objetivos de la auditoría

- Evaluar las acciones establecidas en la gestión del Plan de Riesgos que garanticen una gestión adecuada de los riesgos identificados.

- Implementar acciones de mejora destinadas a aumentar la eficacia de las medidas de minimización de los riesgos identificados.

4.3. Análisis de reserva

A lo largo de la operación del Centro de Procesos para la Industria Sostenible CEPIIS, es posible que se materialicen algunos riesgos individuales del proyecto, generando impactos tanto positivos como negativos en las reservas destinadas a contingencias del presupuesto o cronograma. El análisis de reservas implica la comparación entre la cantidad de reservas para contingencias que aún están disponibles y la cantidad de riesgo pendiente en un momento específico del proyecto. El objetivo es determinar si las reservas restantes son suficientes. Esta información puede presentarse de diversas formas, incluyendo representaciones gráficas como un diagrama de pendientes por realizar.

4.4. Reevaluación de Riesgos

Las reevaluaciones de los riesgos del Proyecto deben ser programadas con regularidad en función de que se implementen nuevos equipos en el Centro, así mismo, se realizará una gestión articulada a cada proveedor que ingrese a trabajar en el Centro de Procesos verificando que se encuentra capacitado para ingresar a cada sede del CEPIIS.. La gestión de los riesgos del Proyecto debe ser un punto habitual del orden del día de las reuniones del equipo del Proyecto.

4.5. Reuniones

La gestión de riesgos debe ser incluida en el orden del día de las reuniones periódicas, la duración de este punto dependerá de los riesgos identificados, su prioridad y la complejidad de las respuestas necesarias. A medida que se practica la gestión de riesgos de manera más frecuente, se vuelve más sencillo llevar a cabo este proceso con precisión.

4.5.1. Protocolo o Procedimiento de Notificación

La notificación de las emergencias se puede proyectar en varias direcciones diferenciales teniendo el protocolo o procedimiento de notificación tales como:

- Notificación por medios automáticos: no suelen aplicarse protocolos salvo en caso de fallo técnico, por lo que se deben establecer alternativas. En una instalación automática puede fallar el aviso de alarma al centro de control, por lo que siempre se ha de contemplar la acción humana por muy completa que sea la instalación.

- Detección Humana: pueden ejecutarse mediante pulsadores de alarma que transmiten una alarma al centro de control, o comunicación verbal.

4.5.2. Selección de indicadores objeto de la Valoración de Riesgo

Los indicadores clave de riesgo, conocidos como KRI (Key Risk Indicator), desempeñan un papel crucial al determinar el nivel de riesgo asociado con una amenaza o evento específico que podría tener un impacto. La definición de indicadores de riesgo debe ajustarse al apetito de riesgos de la organización.

Estos indicadores se pueden definir de dos maneras, dependiendo del aspecto que destaque mejor la amenaza. La mayoría de las metodologías de análisis de riesgos se centran en la evaluación tanto de la probabilidad de ocurrencia de la amenaza como del impacto que podría tener en la entidad una vez que se materializa.

- Asociados a la Probabilidad
- Asociados al Impacto

4.5.3. Reducción del Riesgo

El proceso de reducción de riesgos tiene como objetivo modificar o disminuir las condiciones de riesgo existentes y prevenir la aparición de nuevos riesgos en el área de influencia del Centro de Procesos para la Industria Sostenible. Este plan abarca medidas de mitigación y prevención que se implementan para reducir la amenaza, la exposición y disminuir la vulnerabilidad de los elementos expuestos, así como para evitar o minimizar los daños y pérdidas en caso de que se produzcan eventos físicos peligrosos [55].

El plan se compone de tres fases: una intervención correctiva, que busca reducir el nivel de riesgo mediante acciones de mitigación; una fase de intervención prospectiva, que asegura la prevención de nuevas situaciones de riesgo; y una fase reactiva, que aborda las acciones de respuesta ante la ocurrencia o materialización de un evento de riesgo. Las acciones de las fases reactiva y prospectiva para el Proyecto están integradas en el Plan de Manejo de la Contingencia (PMC).

En este plan se establecen los lineamientos para evitar la ocurrencia de una emergencia, los procedimientos para abordarla en caso de que ocurra y las acciones de mitigación de los efectos negativos derivados de una emergencia. En cuanto a la fase prospectiva, se detallan las medidas de prevención para los riesgos identificados en el análisis de riesgo.

4.5.4. Intervención Correctiva

Este proceso se centra en reducir el nivel de riesgo presente en la sociedad mediante acciones de mitigación, con el propósito de disminuir o reducir las condiciones de amenaza cuando sea posible, así como la

vulnerabilidad de los elementos expuestos [56]. Las medidas de intervención correctiva corresponden a las acciones de prevención y/o protección en la gestión integral de riesgos y abarcan las siguientes:

- Continuar con la aplicación de reglas de diagnóstico para validar el estado actual de la infraestructura, de tal forma que se permita tomar decisiones para la corrección de hallazgos.
- Dentro del mantenimiento del Centro se debe incluir la verificación de las condiciones funcionales idóneas para la correcta operación de cada centro (CEPURE, CESI, CETA, BIOCAL, COCO Y CUBO)
- Mantener actualizada la identificación y caracterización de los vecinos colindantes a la infraestructura de tal forma que haga parte del directorio de emergencias en caso de requerir notificaciones a los vecinos. De igual forma, realizar comunicaciones anuales con el fin de notificar la realización de simulacros.
- Almacenar y, cuando sea posible, manipular combustibles y productos químicos dentro de las instalaciones de contención (por ejemplo, bolsas, tapetes para derrames) diseñados para evitar la liberación de sustancias derramadas al medio ambiente. En todos los casos, se debe procurar mantener el equipo de respuesta a derrames en el sitio.
- Las zonas susceptibles al fuego deben permanecer subdivididas en áreas de incendio separadas para limitar la propagación del fuego y protección del personal, esto permite limitar el daño consecuente a las instalaciones. Así mismo, se debe contar con el aislamiento de fuentes de ignición e instalación de dispositivos e iluminación a prueba anti-ignición.
- En las áreas operativas de los centros, se deberán mantener la demarcación adecuada de medios de protección como extintores, alarmas, duchas de emergencia y rutas de evacuación.
- Se recomienda realizar monitoreo periódico de la infraestructura asociada al CEPIIS, para identificar posibles elementos vulnerables ante la ocurrencia de un movimiento telúrico de gran magnitud, con el propósito de definir la necesidad de aplicar medidas estructurales para el reforzamiento de la infraestructura tales como anclar los transformadores al terreno en las subestaciones, entre otras.
- Los perímetros que definen el área operativa del proyecto, y los cuales han sido autorizados en la operación, son áreas que deben tener regularmente verificación. En caso de haber perdido las condiciones idóneas para su operación, es mandatorio realizar su respectivo mantenimiento, como es el caso de podas y control del crecimiento de ramas de individuos arbóreos que obstaculicen el correcto funcionamiento.

A continuación, se detallan las medidas correctivas de tipo estructural y no estructural que deben implementarse con el objetivo de reducir la amenaza, exposición y vulnerabilidad de los elementos expuestos al riesgo. Estas medidas buscan prevenir o minimizar los daños y pérdidas asociados a la ocurrencia de un evento amenazante en cualquier fase del proyecto:

4.5.4.a. Sismo. Dado el nivel intermedio de amenaza sísmica en el área del proyecto y considerando que se trata de un fenómeno natural inevitable, se proponen medidas preventivas para evitar situaciones de riesgo de desastres y contingencias. Estas medidas incluyen:

- Incluir en el Plan de Contingencia un protocolo que establezca las responsabilidades y acciones del personal durante eventos sísmicos.
- Garantizar la aplicación de estándares sísmicamente resistentes en la infraestructura del proyecto.
- Describir los procedimientos de comunicación y coordinación con organismos de socorro externos, los Consejos Municipales y Departamentales de Gestión del Riesgo de Desastres, líderes comunitarios y otros entes conforme a lo establecido por la Ley 1523 de 2012 [56].
- Implementar programas de educación comunitaria sobre conductas seguras durante eventos sísmicos y divulgar el Plan de Contingencia, así como los protocolos de manejo de emergencias para este tipo de eventos.
- Establecer rutas para la evacuación del personal desde cada obra civil hacia puntos de encuentro.
- Implementar un programa regular de simulacros para preparar al personal ante emergencias causadas por sismos.

4.5.4.b. Inundación. Para las inundaciones asociadas a crecientes que inunden la infraestructura y afecten los elementos expuestos circundantes se contemplaron:

- Coordine con las autoridades y población organizada la realización de campañas de limpieza de la cuenca a la cuenca del San Francisco, haciendo participar a entidades públicas, instituciones educativas circundantes a la Universidad, entre otras.
- Despeje las canaletas perimetrales permitiendo el paso del agua circundante al proyecto.
- Realizar verificación de los canales de desagüe garantizando el flujo en armonía del efluente en el Centro de Procesos.
- Como medida preventiva, se recomienda abstenerse de arrojar basura a los canales y afluentes directos del San Francisco, ya que esto podría obstruir su cauce natural, provocando un aumento en el nivel del agua y resultando en inundaciones en la zona.

Avenidas Torrenciales.

De acuerdo con las características del área de influencia se definieron las siguientes actividades para evitar la ocurrencia de este fenómeno:

- Implementar un programa de vigilancia hidroclimática con el objetivo de identificar cambios o condiciones inusuales en la precipitación que puedan desencadenar tormentas con periodos de retorno superiores.
- Desarrollar un programa de inspección y mantenimiento que abarque elementos expuestos, incluyendo el tejido urbano continuo y discontinuo, así como los centros de procesos, entre otros.
- Verificar el estado de la Planta de Tratamiento de Aguas Residuales verificando su correcto estado con la finalidad de evitar la colmatación de la misma.

Procesos de movimiento en masas . Pese a que este proceso no se puede predecir, con las siguientes actividades se lograría minimizar el fenómeno de incidencia por este evento.

- Identificar, marcar y comunicar los peligros geotécnicos y sus posibles impactos en las áreas circundantes al CEPIIS.
- Llevar a cabo la construcción de infraestructuras que aseguren la estabilidad de los taludes.
- Reconocer situaciones de riesgo asociadas a la seguridad física relacionada con el deslizamiento de residuos.
- Revisar los planes de acción para incidentes de deslizamientos.
- Establecer contacto con la Alcaldía Local de Santa Fé y el IDIGER para coordinar las actividades de información pública.
- Implementar un centro único de información cuando sea posible.
- Preparar un resumen inicial de información tan pronto se tenga conocimiento del deslizamiento.
- Proporcionar un punto de contacto para los representantes de todas las entidades del SDGRD-CC.
- Ofrecer capacitaciones sobre el manejo de residuos, incluyendo la recolección y disposición final.
- Llevar a cabo verificaciones constantes de la infraestructura.
- Implementar acciones que reduzcan la amenaza, como el seguimiento topográfico, la evaluación de instrumentación y posiblemente la instalación de elementos adicionales, construcción de filtros, chimeneas perforadas, corrección de brotes, y reconformación de residuos.
- Realizar una valoración inicial de la infraestructura, estabilidad y sistemas de conducción de gases y lixiviados.

4.5.4.c. Erosión. Al igual que la mayoría de los eventos naturales, la erosión es un evento que no se puede predecir, pero si controlar:

- Realiza el aporte de nutrientes del suelo.
- Realizar el mantenimiento a las especies arbóreas circundantes
- Contener los impactos puntuales solo en el área de influencia del proyecto.

4.5.4.d. Tormentas Eléctricas.

- Establecer un programa de vigilancia hidro climática para detectar cambios o condiciones atípicas en la precipitación y puedan desencadenar en tormentas eléctricas.
- Se deberán establecer vigilancia a los elementos expuestos que no posean herramientas de protección contra rayos.
- Verificar que todas las instalaciones eléctricas cumplan con lo requerido en la NTC 4552, norma de protección contra rayos.
- Establecer un parámetro de afinidad de estructuras que posean protecciones y sistemas de apantallamiento que minimicen el riesgo con tormentas eléctricas.

4.5.4.e. Incendios Forestales. De acuerdo con los criterios de protección contra incendios, se contempla el uso de detectores de incendios, ya sea de humo o llamas, y sistemas de rociadores automáticos, adaptándolos al tipo de ocupación de cada recinto o edificación a proteger. Además, se considera la instalación de una red de hidrantes para la protección de edificaciones y posibles fuegos no estructurales. Para áreas propensas a la ignición, se seguirán las pautas establecidas en el código NFPA 30-2018 sobre líquidos inflamables y combustibles [57].

- Se llevarán a cabo mantenimientos e inspecciones periódicas en las zonas verdes y boscosas cercanas a las áreas de intervención del Centro de Procesos e Innovación para la Industria Sostenible (CEPIIS) con el objetivo de prevenir posibles eventos de incendios forestales.
- Las instalaciones eléctricas y redes se diseñarán cumpliendo con las normativas aplicables para este tipo de trabajos, incluyendo el Reglamento Técnico de Instalaciones Eléctricas (RETIE) del Ministerio de Minas y Energía.
- Se realizarán verificaciones regulares de extintores portátiles y el manejo de mangueras de hasta 1 ½". Además, se llevarán a cabo capacitaciones que incluyan los principios básicos del fuego y el manejo de productos inflamables para los estudiantes vinculados al CEPIIS.

- Se verificará el sistema contra incendios y los equipos de protección personal destinados para el combate de incendios.

4.5.4.f. Explosión. Está vinculado a posibles fallas en los centros como CESI, CETA, y asociados a CUBO, BIOCAL y CEPURE, que podrían ocasionar daños a la planta, ya sea en su operación o infraestructura, debido a eventos en cadena por fallas operacionales. Con el fin de prevenir y mitigar estos riesgos, se proponen las siguientes medidas:

- Realizar verificaciones regulares de la maquinaria y equipos presentes en el CEPIIS.
- Establecer un plan de inspección para el sistema de aterrizaje eléctrico de los equipos.
- Reforzar el programa de manejo de sustancias químicas entre los empleados del Centro de Procesos.
- Mejorar las áreas de almacenamiento de gases cumpliendo con los requisitos legales vigentes, incluyendo señalización adecuada, segregación, ventilación y sistemas de sujeción.
- Cumplir con el plan de mantenimiento y calibración de los medidores de gases.

4.5.4.g. Derrame. Con el propósito de establecer directrices para la acción inmediata frente a derrames de sustancias químicas en el suelo, se proponen las siguientes medidas:

- Identificar la sustancia mediante la hoja de seguridad y la tarjeta de emergencia.
- Aislar de manera premeditada, evacuar y señalizar el área afectada.
- Verificar el tipo de material absorbente, como arena, para controlar y crear barreras.
- Controlar las operaciones, alejando fuentes de ignición y aislando canales de aguas lluvias y fuentes de energía.
- En caso de un derrame menor a 10 kg, desplegar barreras de contención para un control inmediato.
- Para derrames menores a 10 kg, solicitar apoyo a un grupo externo.
- Para derrames menores a 10 kg, suministrar reporte y hojas de seguridad.
- Para derrames menores a 10 kg, brindar acompañamiento en la atención del derrame.
- En caso de un derrame mayor a 10 kg, aplicar material absorbente.
- Recolectar el material contaminado en bolsas de hasta 25 kg.
- Trasladar el material a un centro de acopio de residuos peligrosos.
- Recoger el residuo generado y proporcionar una adecuada disposición.

4.5.4.h. Exposición.

- Verifique las condiciones del CEPIIS, asegurándose de que se apliquen medidas de protección colectiva, preferiblemente en el origen del riesgo.
- En zonas confinadas, garantice la ventilación general y/o extracción localizada para mantener las concentraciones por encima de los valores límite.
- Confirme que el diseño de los sistemas de ventilación cumpla con las normas de ingeniería aprobadas. Asegúrese de que los operarios lleven aparatos respiratorios cuando la concentración supere el valor límite. Verifique que los estudiantes u operadores de gestión de residuos utilicen guantes de caucho butilo o caucho nitrílico.
- Asegúrese de que los operarios utilicen pantalla facial y gafas.
- Manténgase alejado de fuentes de calor, fuentes de ignición, agentes de oxidación, ácidos halógenos, bases y aminas.
- Como medida inmediata, confirme los números de los bomberos y hospitales cercanos al área de influencia.
- Proporcione respiración artificial con la ayuda de una máscara de bolsillo con una válvula de una sola vía u otro dispositivo médico de respiración.

4.5.4.i. Toxicidad y Exposición.

- Verifique si cuenta con los recursos necesarios para la atención de las emergencias.
- Socialice con la comunidad estudiantil el plan de acción y resultados.
- Realice la asignación presupuestal para dar cumplimiento a las medicinas de acuerdo a los tiempos establecidos

4.5.4.j. Caída de árbol. La caída de los árboles se encuentra presente en el Centro de Procesos para la Industria Sostenible CEPIIS, por lo cual, a continuación, se presentan los criterios para mitigar su materialización:

- Verifique constantemente el estado fitosanitario del árbol
- Verifique las raíces del árbol, si se encuentran expuestas, notifique de inmediato al Jardín Botánico JBB, considerando que la jurisdicción de aplicación es dicha entidad.
- Verifique de manera constante, si se encuentran hongos asociados al tronco del árbol.
- Socialice de manera semestral, la respuesta a las acciones de las instituciones que se incorpore a la gestión de la atención.

- Autorice la información a divulgar por los medios de comunicación pública, por medio del oficial de información pública.
- Señalice el área y realice control de tráfico con apoyo al personal del CEPIIS.

4.5.5. Intervención Prospectiva

Se refiere al proceso cuya meta es asegurar la prevención de nuevas situaciones de riesgo, evitando que los elementos expuestos se vuelvan vulnerables o se expongan a posibles eventos peligrosos. Su finalidad última consiste en prevenir riesgos futuros y la necesidad de intervenciones correctivas [56]. Las medidas de intervención prospectiva incluyen:

- Informar a los responsables de procesos, estudiantes y personal con autoridad de toma de decisiones sobre la planificación de cambios, considerando la perspectiva del riesgo y su impacto en los niveles actuales de riesgo, incluyendo la posibilidad de disminuir, aumentar o eliminar riesgos, conforme a la metodología adoptada en el Plan de Contingencia.
- Llevar a cabo el seguimiento de los cambios propuestos y la ejecución de la gestión del cambio. • Establecer responsabilidades transversales por áreas del conocimiento para la identificación periódica de requisitos legales y otros compromisos suscritos aplicables.
- Realizar auditorías anuales de cumplimiento legal.
- Intervenir y abordar temas de planificación urbanística del barrio con líderes comunales.
- Brindar asesoría legal y urbanística a líderes comunales y aplicar medidas disuasivas a propietarios de predios que violen distancias mínimas de acercamiento al CEPIIS.
- Contar con planos y mapas actualizados del CEPIIS, que incluyan la ubicación de recursos de emergencia, como extintores, camillas, botiquines, kits antiderrame, entre otros, además de la identificación de áreas críticas y de riesgo.
- Implementar el plan de capacitaciones para estudiantes, docentes y personal administrativo, centrándose en el manejo de productos químicos, respuesta a derrames y procedimientos de recuperación.
- Garantizar la señalización adecuada y la demarcación de áreas operativas para identificar condiciones de ingreso y restricciones.
- Socializar con funcionarios de las instalaciones y la comunidad del territorio de influencia, incluyendo empresas, autoridades y comités de ayuda mutua, para que conozcan los riesgos en la zona y estén preparados para actuar en caso de eventos adversos.

- Capacitar al personal en temas de seguridad industrial y salud en el trabajo, abordando la prevención y atención de emergencias y la estructuración de brigadas de respuesta.
- Mantener una provisión de recursos para la atención de posibles emergencias derivadas de la materialización de riesgos.
- Realizar simulacros y establecer procesos de mejora continua en relación con la respuesta ante eventos adversos.
- Contar con recursos adecuados (técnicos, financieros, físicos) para la preparación y atención de emergencias.
- Establecer esquemas de comunicación con entidades de asistencia a emergencias en centros poblados cercanos para garantizar una rápida respuesta ante eventualidades.
- Asegurar que la infraestructura destinada al almacenamiento de líquidos peligrosos, como ácidos y metano, cumpla con los estándares de calidad y seguridad establecidos en la normativa aplicable.

4.5.6. Protección Financiera.

Como estrategia para mitigar riesgos, se contempla la suscripción de pólizas de seguros u otros instrumentos financieros antes de iniciar la construcción del proyecto. Esta medida tiene como objetivo asegurar fondos económicos o establecer mecanismos financieros que permitan la adopción de medidas para el control de riesgos tanto antes como después de la materialización de un desastre.

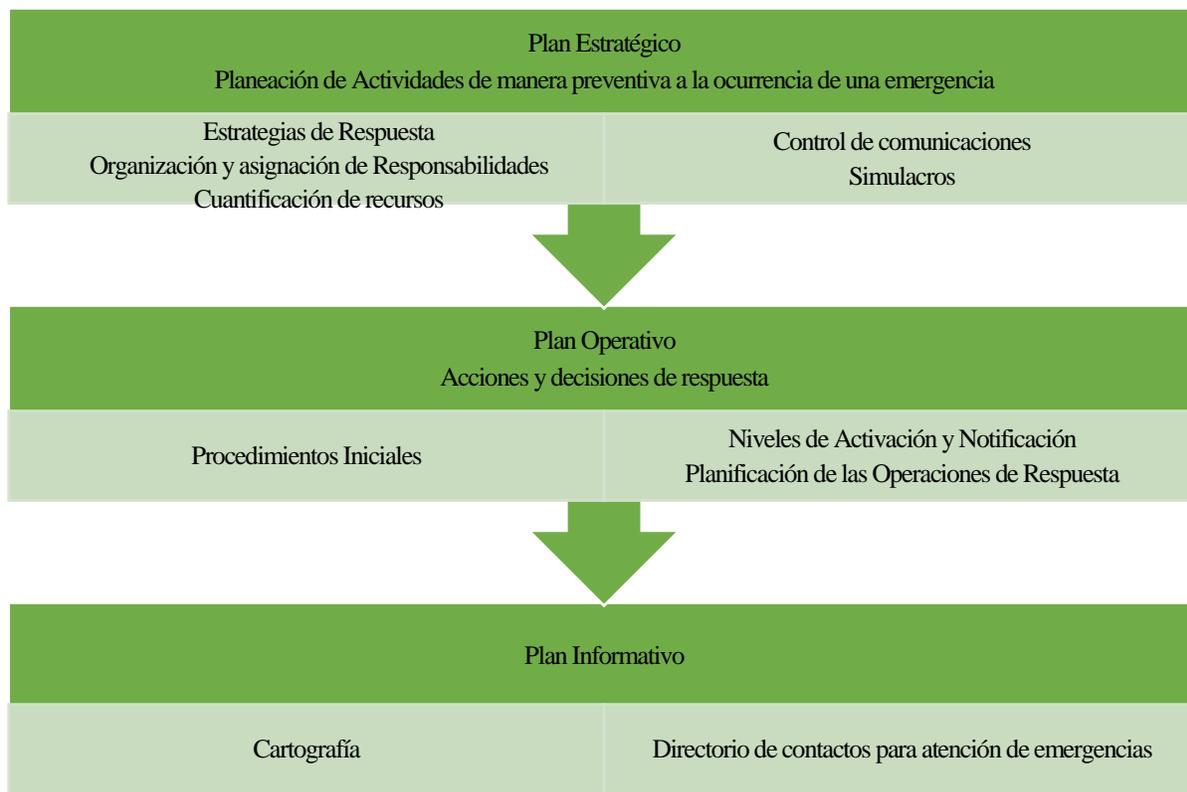
5. MANEJO DE LA CONTINGENCIA

El plan de contingencia se define como un conjunto de procedimientos e instrucciones alternativos a las condiciones operativas normales. Su función principal es asegurar la continuidad de acciones específicas, adaptándose a amenazas identificadas y proporcionando un conjunto de medidas y respuestas concretas. Este plan incorpora información de naturaleza predictiva, preventiva y reactiva para la gestión efectiva y control de contingencias originadas por eventos naturales, operativos y socio-culturales.

Se desarrolla a partir de un análisis de riesgos que examina los eventos que podrían afectar la operación de cada centro (CEPURE, CESI, CETA, BIOCAL, COCO, CUBO) y la infraestructura circundante. El objetivo es identificar las causas de dichos eventos y proponer medidas de prevención, mitigación y control. El plan de contingencia se presenta en tres componentes: Plan Estratégico, Plan Operativo e Informativo, como se representa en la Figura 91.

Figura 91.

Proceso del Plan Estratégico Y Operativo



Nota: en la El plan de contingencia se define como un conjunto de procedimientos e instrucciones alternativos a las condiciones operativas normales. Su función principal es asegurar la continuidad de acciones específicas, adaptándose a amenazas identificadas y proporcionando un conjunto de medidas y respuestas concretas. Este

plan incorpora información de naturaleza predictiva, preventiva y reactiva para la gestión efectiva y control de contingencias originadas por eventos naturales, operativos y socio-culturales.

Se desarrolla a partir de un análisis de riesgos que examina los eventos que podrían afectar la operación de cada centro (CEPURE, CESI, CETA, BIOCAL, COCO, CUBO) y la infraestructura circundante. El objetivo es identificar las causas de dichos eventos y proponer medidas de prevención, mitigación y control. El plan de contingencia se presenta en tres componentes: Plan Estratégico, Plan Operativo e Informativo, como se representa en la Figura 91.

Figura 91, se presentan cada uno de los planes que se implementarán a lo largo del proyecto del CEPIIS, desde cada uno de los centros, con la finalidad de mitigar los posibles riesgos asociados; Tomado de: (Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible, 1999). Conforme a lo establecido en los lineamientos definidos, se desarrolla el Plan de Contingencia para el CEPIIS, jurisdicción del departamento de Cundinamarca, el presente proceso seguirá el marco normativo expuesto en la El plan de contingencia se define como un conjunto de procedimientos e instrucciones alternativos a las condiciones operativas normales. Su función principal es asegurar la continuidad de acciones específicas, adaptándose a amenazas identificadas y proporcionando un conjunto de medidas y respuestas concretas. Este plan incorpora información de naturaleza predictiva, preventiva y reactiva para la gestión efectiva y control de contingencias originadas por eventos naturales, operativos y socio-culturales.

Se desarrolla a partir de un análisis de riesgos que examina los eventos que podrían afectar la operación de cada centro (CEPURE, CESI, CETA, BIOCAL, COCO, CUBO) y la infraestructura circundante. El objetivo es identificar las causas de dichos eventos y proponer medidas de prevención, mitigación y control. El plan de contingencia se presenta en tres componentes: Plan Estratégico, Plan Operativo e Informativo, como se representa en la Figura 91.

Figura 91.

5.1. Mecanismo Estratégico

Conformado por todos los elementos que complementan el plan y colaboran con su buena ejecución, este mecanismo se encuentra compuesto por:

5.1.1. Objetivo

- Alcance
- Cobertura Geográfica
- Características físicas de la zona e infraestructura
- Organización

- Asignación de responsabilidad
- Definición de los niveles de respuesta al Plan de Contingencia
- Recomendaciones para las acciones preventivas
- Prioridades de protección
- Programa de entrenamiento y capacitación al personal
- Equipos de apoyo para atención de contingencia.

5.1.2. Mecanismo Operativo

Hace referencia a la forma de operación inmediata, tan pronto como se presenta el evento de contingencia. Este contiene:

- Procedimientos básicos de la atención o plan de respuesta a una emergencia
- Procedimientos de notificación

5.1.3. Mecanismo Informativo

Para gestionar y controlar los riesgos identificados, es imperativo elaborar un plan que aborde aspectos clave como la definición de procedimientos, asignación de responsabilidades, establecimiento de estructuras para la prevención y el control, adquisición de equipos especializados, entre otros aspectos. Este plan tiene como objetivo principal proteger toda el área de influencia directa del proyecto. A continuación, se describen las actividades generales que son necesarias llevar a cabo en las acciones de prevención, protección, control y atención de riesgos en respuesta a contingencias.

5.1.3.a. **Objetivo General.** Establecer de manera precisa la estructura organizacional, las responsabilidades y los mecanismos de respuesta es fundamental para abordar de manera rápida y eficaz las diversas situaciones de emergencia y contingencia identificadas en el análisis de riesgos.

5.1.3.b. **Objetivos específicos**

- Establecer los niveles de emergencia que podrían surgir, así como los procedimientos para activar y responder a dichos niveles.
- Identificar los recursos necesarios y establecer contactos con instituciones y entidades privadas que puedan brindar apoyo en caso de emergencia.
- Definir la estructura organizacional y las funciones de los distintos participantes del Plan de Contingencia.

5.1.3.c. Alcance. El alcance del presente plan comprende todos los Centros del CEPIIS, junto con las medidas de procedimientos, responsabilidad y estructura:

5.1.4. Plan Estratégico

El plan Estratégico contiene inmerso los niveles de respuesta del plan de contingencia y las recomendaciones para las acciones preventivas que minimicen los riesgos. Se contempla objetivo, alcance, cobertura geográfica infraestructura y característica física de la zona, organización, asignación de responsabilidades.

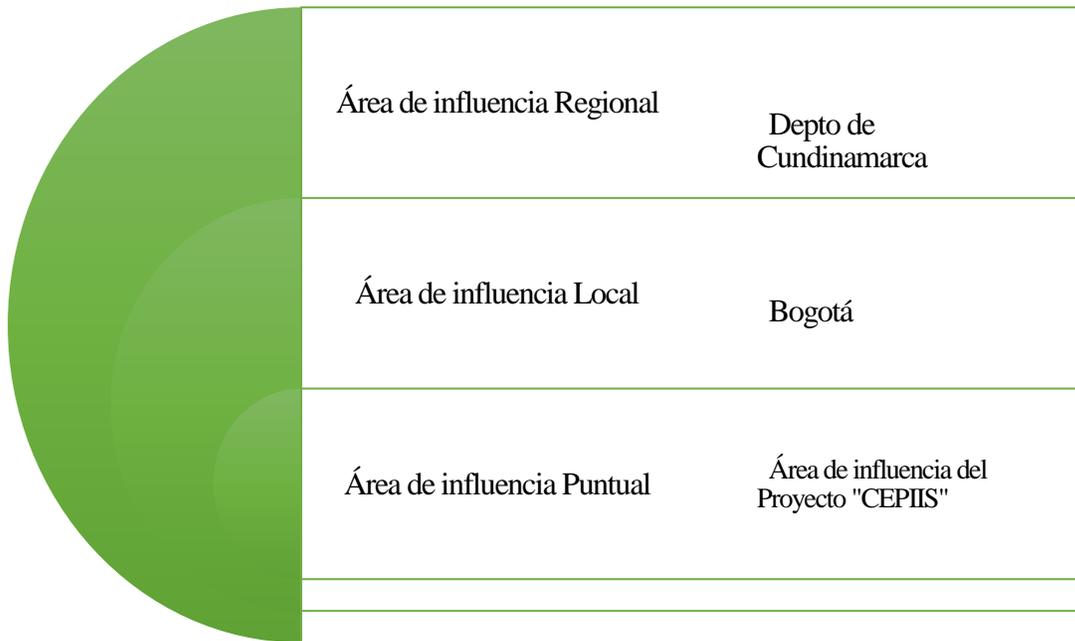
5.1.4.a. Alcance. El presente Plan de Contingencia será la herramienta aplicable desde la operación del CEPIIS, así mismo, presentará lineamientos aplicables para atender emergencias junto con la ejecución de ciertas acciones dirigidas a prevenir, minimizar y corregir los daños que dichas actividades puedan ocasionar y dotar el Sistema Nacional para la Prevención y Atención de Desastres de una herramienta estratégica.

5.1.4.b. Objetivos. Presentar las directrices para activar de manera oportuna la atención de emergencias, proporcionando a la organización y a los contratistas directos e indirectos del proyecto una herramienta que les permita responder ante posibles eventos no deseados a lo largo de la ejecución del proyecto.

5.1.4.c. Cobertura Geográfica. La cobertura del Plan de Contingencia corresponde a las áreas de influencia definidas para el Proyecto las cuales desde el punto de vista del cubrimiento se dividen en puntual, local y regional:

Figura 92.

Cobertura Geográfica



Nota: en la Figura 92, se presenta la cobertura geográfica asociada al Centro de Procesos e Innovación para la Industria Sostenible CEPIIS, en la cual se exponen las áreas de influencia regional, local y puntual, lo anterior se expone en función de delimitar los posibles riesgos que se podrían encontrar y las unidades de atención presentes para la atención de las mismas.

5.1.5. Definición de niveles de emergencia

5.1.5.a. Emergencia grado Menor o grado 1. Se clasifica como de grado menor cuando la emergencia no afecta la continuidad del proyecto, limitándose a una operación puntual en cada Centro, sin impactos significativos en el ambiente que demanden atención. En estas situaciones, las lesiones de los empleados no resultan en incapacidades, y la afectación se limita a un área o equipo, permitiendo una reparación in situ.

5.1.5.b. Emergencia Grado Medio o grado 2. Corresponde a una situación de carácter local que puede llegar a necesitar apoyo externo para su manejo y control. Puede afectar por un periodo corto de tiempo la continuidad de la operación.

5.1.5.c. Emergencia Grado Mayor o grado 3. Se define como de grado mayor aquella emergencia que impacta indefinidamente la continuidad del proyecto, ya sea en su fase de operación o construcción. En este

escenario, los daños ambientales son a largo plazo, generando impactos negativos que modifican significativamente las condiciones del entorno.

Además, se pueden presentar lesiones permanentes o incluso la pérdida de vidas de empleados. Ante esta situación, es crucial contar con el apoyo de agentes externos a nivel regional y activar todos los recursos disponibles en el proyecto.

5.1.6. Estructura Organizacional

Con el objetivo de asegurar una atención adecuada de emergencias y contingencias, es esencial establecer responsables y una cadena de mando. A continuación, se propone un esquema de personal mínimo necesario, el cual deberá ser ajustado una vez que se inicien las actividades. Es fundamental destacar que el personal debe recibir entrenamiento y cualificación en los diversos ámbitos de amenaza.

5.1.6.a. Comité Logístico. El Director de Operaciones tiene la responsabilidad de ejecutar la planificación de las actividades, así como de definir, ejecutar y controlar los recursos económicos para garantizar el entrenamiento y calificación del personal. También se encarga de la adquisición y mantenimiento de los equipos necesarios para la atención de emergencias y contingencias.

Las funciones del comité son:

- Asignación de recursos económicos para entrenar al personal en atención de emergencias y contingencias
- Asignación de recursos económicos para la compra y mantenimiento de equipos de emergencia conforme a lo establecido en el Plan de Contingencia
- Coordinación de reuniones de planeación y comunicación a todo el personal del proyecto.
- Gestión de tiempo para ejecución del simulacro
- Atención del puesto de mando unificado una vez que sea declarada la emergencia, Interacción con entidades gubernamentales para la atención de emergencias cuando sea necesario apoyo local o regional.

5.1.6.b. Comité de Seguridad. El comité de seguridad asume la responsabilidad de la participación interna de los administradores y estudiantes en lo referente a la protección de su salud en el trabajo durante el desempeño de las actividades laborales. Este comité está compuesto por los Delegados/as de Prevención y un número equivalente de representantes designados por la organización.

Las funciones propias del comité de seguridad son:

- Divulgación del plan de contingencia para todas las personas (estudiantes, administrativos y externos que ingresen al CEPIIS).

- Entrenamiento y calificación del personal brigadista.
- Conformación del grupo de brigada contra incendio, primeros auxilios y evacuación.
- Implementación de simulacros (Preparación contra emergencias)
- Inspección y mantenimiento a todos los equipos dispuestos para la atención de emergencias y contingencias.
- Definición de los sistemas y señales de alerta y alarma.

5.1.6.c. Comité Operativo. Este comité será el responsable por la implementación y desarrollo de las actividades programadas tendientes a la atención, control y mitigación de las contingencias y emergencias una vez que estas se materializan. Este comité está conformado por el personal entrenado y calificado perteneciente a las brigadas de emergencia por lo cual, se recomienda que haga énfasis a los administrativos de la universidad pues estos, rinden cuentas directamente al comité de seguridad, dentro de sus funciones están:

- Comunicación Interna
- Atención a Conatos de incendios
- Atención a incidentes que afectan el medio ambiente.
- Atención a incidentes que generan daño a la propiedad.
- Atención a las alertas de emergencias y contingencias generadas en el proyecto.

5.1.6.d. Entrenamiento y Capacitación. El objetivo consiste en proporcionar formación a todos los trabajadores del CEPIIS, incluyendo proveedores, operarios, estudiantes y personas externas, para que puedan identificar y manejar los riesgos potenciales a los que puedan estar expuestos durante la realización de sus actividades. Es crucial impartir un entrenamiento específico a los trabajadores y a la población universitaria que integran las brigadas de contingencia y emergencia.

El éxito de este entrenamiento y capacitación dependen de la interiorización de los participantes. A continuación, se mencionan los temas expuestos:

- Socialización del plan de Contingencias.
- Divulgación de las señales informativas, preventivas y prohibitivas en obra.
- Socialización alertas y alarmas.
- Buen uso y mantenimiento de los equipos de emergencia
- Capacitación en primeros auxilios básicos
- Simulacros

- Revisión del plan de Emergencias.
- Capacitación en evacuación de instalaciones

Los administrativos del Centro de Procesos e Innovación para la Industria Sostenible CEPIIS, deberán entregar la información clara y concisa mediante el uso de cartillas, volantes, folletos en la cual se debe consignar la información más relevante.

5.1.6.e. Simulacros. Es importante definir el objetivo dentro de los objetivos al realizar un simulacro los cuales se pueden definir la sensibilización a la persona, la evaluación de respuesta de los brigadistas (Comité Operativo), la gestión de los recursos, la gestión de las comunicaciones y el tiempo de reacción frente a un evento adverso.

Es preciso llevar registros de preparación, desarrollo y evaluación del simulacro que contengan como mínimo:

- Preparación:

Tipo de amenaza a evaluar: sismo, incendio, tormenta eléctrica, accidente de trabajo afectación a la operación de los bienes e inmuebles

- Lugar: delimitar el área de acción para el evento a evaluar.
- Personas que participan: directivos, operarios, visitantes
- Fecha y hora
- Recursos usados
- Desarrollo:
- Eficacia de la alarma
- Tiempos de reacción primera y última salida
- Inconvenientes presentados
- Eficacia de las instrucciones
- Evaluación:
- Personal evacuado
- Recursos usados
- Tiempo total de ejercicio
- Tiempo de reingreso
- Comportamiento de las brigadas
- Análisis de la información

Es importante destacar que pese a que una emergencia no avisa su ocurrencia es importante considerar la conveniencia de informar al personal la importancia de los simulacros. A continuación, en la Tabla 33 se presenta el cronograma de capacitación y simulacro proyectado para CEPIIS.

Tabla 33.

Descripción De Los Rangos De Aceptabilidad Para El Proyecto

Etapa	Actividades	Mes 1	Mes 2	Mes 3	Mes 4	Mes 5	Mes 6	Mes 7	Mes 8	Mes 9	Mes 10	Mes 11	Mes 12
Liderazgo	Divulgación de amenazas y riesgos	■											
	Divulgación del Plan de emergencias internas CEPIIS	■											
	Divulgación del plan de emergencias con el resto de la Universidad	■											
	Uso y manejo de extintores		■										
	Capacitación teórica a contratistas		■	■									
	Primeros auxilios teórico		■	■									
	Entrenamiento	Simulacros incendio/explosión				■	■	■					
Simulacros sismo/derrames							■	■	■				
Simulacros accidente/exposición									■	■	■		
Capacitación brigadistas											■	■	■

Nota: en la Tabla 33 se propone el cronograma de capacitación para implementar en el Centro de Procesos e Innovación para la Industria Sostenible CEPIIS, el cual fue dividido en liderazgo y entrenamiento.

Las actividades y duración de las actividades propuestas previamente, están dispuestas en el Plan de Entrenamiento y Capacitación evidenciado en el Anexo 2.

5.1.6.f. Recursos. Como se comprende, los eventos amenazantes suceden de manera imprevista, por lo que es esencial contar con un equipo de recursos humanos debidamente capacitado y cualificado, equipado con los elementos necesarios. Estos elementos pueden variar según la naturaleza de los eventos, e incluyen extintores, equipos de rescate, botiquines de primeros auxilios, camillas, equipos de comunicación y lugares adecuados. Es importante tener en cuenta que, para hacer frente a emergencias de mayor envergadura, es necesario recurrir a recursos externos como bomberos, policía y defensa civil, entre otros. Por lo tanto, se debe disponer de una lista de números telefónicos de contacto en la zona. En la Tabla 34, se detallan algunos elementos y equipos esenciales según el tipo de emergencia a abordar, los cuales deben estar disponibles en el área del proyecto.

Tabla 34.

Recurso Mínimo Para Atención De Desastres

Grupo	Elementos	Cantidad	Uso Propuesto
Primeros Auxilios	Botiquín de primero auxilios conforme a lo establecido en la Res 2400 de 1979	Acorde a lo establecido en el artículo 61 de la Res 2400 de 1979, conforme a la cantidad del personal	Atención básica a personal para la estabilización de heridas leves
	Banderas de señalización de la zona de atención de primeros auxilios	Necesarias para demarcar de manera eficiente las zonas	Ubicación señalización y delimitación de las áreas de atención a heridos
	Camilla Rígida	Acorde a lo establecido en el artículo 61 de la Res 2400 de 1979, mínima una por frente de trabajo	Traslado del personal herido

Grupo	Elementos	Cantidad	Uso Propuesto
	Tarjetas de clasificación de heridos	Acuerdo a la cantidad del personal del proyecto	Identificación del nivel de atención de heridos (Rojas personal que requiere atención urgente), verdes (personal que requiere atención de emergencias), amarillas (Personal que requiere primeros auxilios) Negras (Fallecidos)
	Kit de suero antiofídico	Conforme a la cantidad de personal en el proyecto	Se debe facilitar al personal médico el suero en caso de accidente ofídico
Conatos de Incendios	Extintores portátiles multipropósito	Depende del área. (Norma NFPA 10 y RES 2400 DE 1979)	Control de Conatos de incendios
Comunicaciones	Equipos de comunicación	Conforme a la cantidad de personal en el proyecto	Comunicaciones al interior y exterior del proyecto
Evacuación	Linterna	Conforme a la cantidad de personal brigadista en el proyecto	Orientación en espacios sin suficiente iluminación
	Megáfono		Alertas, alarmas y llamados a grupos
	Elementos de identificación (Gorra o Brazaletes)		Identificación del grupo al que corresponde el brigadista

Nota: en la Tabla 34, se presentan los recursos que deberá tener el Centro de Procesos e innovación para la Industria Sostenible CEPIIS, en el cual se evidencian los recursos mínimos que deberá tener la infraestructura asociada con la finalidad de mitigar los riesgos identificados.

5.1.6.g. Definición y Niveles de activación. Siguiendo el Plan Nacional de Contingencia, los niveles de activación se establecen como los diferentes grados de respuesta ante una contingencia, determinando la

capacidad de reacción de una brigada frente a la magnitud de un evento amenazante. Esto implica definir la cantidad de equipos necesarios, la cantidad de personal capacitado y su ubicación estratégica.

El Plan Nacional de Contingencia establece tres niveles básicos de atención:

- Nivel I: Activación parcial del Plan Nacional de Contingencia.
- Nivel II: Reactivación del Plan Nacional de Contingencias a través de Comité Local para la Prevención y Atención de Desastres y los Comités Operativos Regionales
- Nivel III: Activación total del Plan Nacional de Contingencias

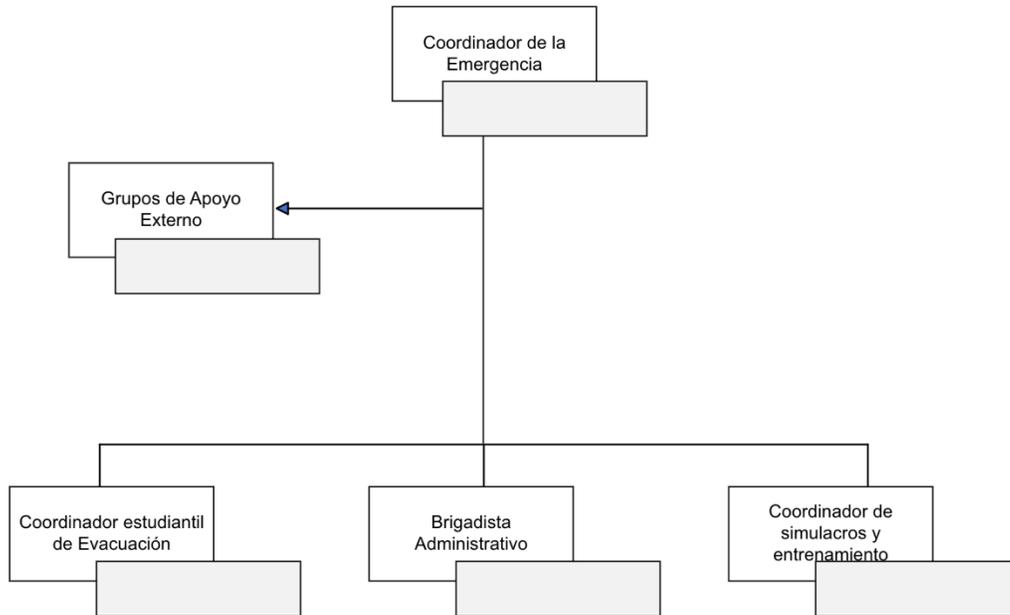
5.1.7. Conformación del Grupo de Respuesta

En aras de lograr una respuesta eficiente ante las emergencias durante la construcción y operación del proyecto, es crucial utilizar los recursos de manera eficaz. El grupo conformado para este propósito establecerá un sistema de recolección de información y conocerá al personal de la empresa, especialmente a los integrantes del proyecto. Se aplicará un instrumento de conocimiento sobre el perfil profesional y ocupacional para asignar funciones y determinar el desempeño de cada individuo. Se considerarán tres grandes áreas o aspectos que abarcan la parte lógica, la creativa y la operativa.

- **Director del Plan de Contingencias:** Este individuo será el responsable de gestionar y plantear, junto con su equipo de trabajo, las actividades que deben llevarse a cabo en caso de una emergencia. Quien desempeñe este rol deberá tener un conocimiento exhaustivo del proyecto y asignará recursos, tanto físicos como humanos y económicos, dentro del ámbito de la contingencia.
- **Coordinador:** El coordinador brindará principalmente apoyo en la gestión del director del plan de contingencias. En ausencia de este, el coordinador tomará decisiones y rendirá informes al director sobre los eventos ocurridos. Asimismo, delegará tareas menores para prevenir pérdidas materiales y/o humanas.
- **Brigadas por áreas de trabajo:** Estos equipos se encargarán de ejecutar actividades específicas orientadas al logro de objetivos concretos. Realizarán inspecciones para detectar riesgos y amenazas, así como se ocuparán de los recursos físicos necesarios para controlar las emergencias, como extintores. Las brigadas pueden estar conformadas por estudiantes, y su constitución se llevará a cabo mediante la capacitación ofrecida a un grupo de empleados para que puedan actuar y controlar las emergencias que puedan surgir en el CEPIIS.

Figura 93.

Estructura Organizacional



Nota: en la Figura 80 se presenta la estructura organizacional propuesta la cual es encabezada por el coordinador de la emergencia y seguida por los grupos de apoyo externos.

5.1.7.a. Grupo de Apoyo Externo. En situaciones de eventos o emergencias, y si la magnitud así lo demanda, se establecerán niveles de coordinación interinstitucional que implicarán la participación activa de cuerpos de bomberos, institutos nacionales de defensa civil, policía nacional, hospitales u otros puntos de atención de salud. Este enfoque colaborativo asegurará una respuesta integral y coordinada para abordar la emergencia de manera eficiente y garantizar la seguridad y el bienestar de las personas involucradas.

5.1.7.b. Coordinador estudiantil de evacuación. El Coordinador de Evaluación desempeñará un papel crucial al ofrecer apoyo y asesoramiento para la organización, implementación y desarrollo efectivo del Plan de Contingencias de la obra. Entre las funciones clave del coordinador de evaluación se incluyen:

- Brindar respaldo a la estructura organizacional del plan de emergencias y contingencias.
- Evaluar las directrices, procedimientos, programas y actividades incorporadas en el plan.
- Proponer estrategias actualizadas para el mejoramiento continuo del plan de contingencias.
- Participar como parte de la brigada de primeros auxilios.
- Desempeñar un papel de veedor y evaluador, en caso necesario, durante los simulacros que se lleven a cabo durante la ejecución del proyecto.

Inmersas en sus funciones se encuentra:

- Familiarizarse con los recursos disponibles para la atención de heridos dentro de la empresa.
- Participar activamente en las actividades de capacitación y entrenamiento en primeros auxilios organizadas por la empresa contratista.
- Brindar asistencia inmediata en primeros auxilios al personal trabajador lesionado.
- Realizar revisiones periódicas del estado de vencimiento de los recursos físicos necesarios para la prestación de primeros auxilios.
- Ejecutar de manera inmediata las acciones necesarias en situaciones de urgencia y evitar la intervención del personal competente.

5.1.7.c. Brigadista administrativo. Las funciones de la brigada de prevención contra incendios, electrocuciones y explosiones serán:

- Minimizar el riesgo de incendios, lesiones y pérdidas que puedan surgir como consecuencia de estos eventos.
- Tener un conocimiento general de las actividades y riesgos presentes en diferentes áreas.
- Realizar el control e inspección del estado de los equipos de emergencia.
- Señalar deficiencias o situaciones que representen riesgos y afecten los medios de protección, verificando que se eliminen o solucionen adecuadamente.
- Coordinar y dirigir la evacuación del personal hacia los lugares de menor riesgo y llevar a cabo labores de rescate de las personas que no pudieron ser evacuadas.

5.1.7.d. Coordinador de Simulacros y entrenamiento.

- Coordinar las acciones preventivas, de atención y restauración contenidas en el plan de contingencias.
- Mantener actualizada la información de los grupos de apoyo primario y de la comunidad del área de influencia directa, quienes participarán en simulacros y en la toma de decisiones sobre aspectos a mejorar.
- Diseñar, organizar y actualizar las capacitaciones del personal de la brigada.
- Participar en los simulacros para ajustar los mecanismos de respuesta, asegurando la efectividad de respuesta ante un evento.

Funciones de la Brigada de Emergencias

Antes:

- Realizar inspecciones periódicas al estado de las obras estructurales para la mitigación de procesos asociados a amenazas naturales.

- Realizar inspecciones periódicas al estado del CEPIIS con el fin de identificar fallas geológicas, zonas inestables o procesos que desencadenen eventos amenazantes.
- Participar en capacitación y simulacros.
- Reportar condiciones inseguras y/o comportamientos de personas en el desempeño de sus cargos.
- Identificar las rutas de evacuación y sistemas de alarma.

Durante:

- Evaluar el evento y su magnitud.
- Adicionar el sistema de emergencia según el evento presentado. Determinar la necesidad de evacuar al personal vinculado hacia el punto de encuentro o zona segura.
- Informar a las entidades de apoyo a nivel local, municipal o departamental, dependiendo de la magnitud del evento.
- Controlar la emergencia mediante los Procedimientos Operativos Normalizados (PON) hasta donde su seguridad no se exponga.
- Conservar bienes hasta donde la seguridad no se exponga.

Después:

- Evaluar las condiciones de seguridad y reportarlas al regresar a su área.
- Identificar posibles puntos de contaminación.
- Dar prioridad y coordinar la búsqueda de personas que no se encuentren en el punto de encuentro o que estén atrapadas.
- Verificar y restringir el ingreso de personas y vehículos a la zona, exceptuando grupos de apoyo, quienes ingresarán debidamente identificados.
- Participar en la evaluación del evento mediante un informe detallado del evento, respuesta generada e impactos resultantes por el fenómeno.
- Reacondicionamiento de equipos y áreas.
- Evaluar en conjunto con el Coordinador de Contingencias y grupos de apoyo interno la efectividad del plan de contingencias.

5.1.8. Acciones preventivas que minimizarán los Riesgos

Las estrategias preventivas destinadas a minimizar los riesgos abarcan a todas las empresas contratistas (trabajadores, estudiantes) y visitantes que participan indirectamente en el proyecto. Estos deben cumplir con

responsabilidades y procedimientos específicos para garantizar el correcto funcionamiento y operatividad del proyecto.

5.1.8.a. Responsabilidad de empresas y proveedores externas. Las organizaciones externas que participen en el CEPIIS deben cumplir con normas generales, especiales, reglas, procedimientos e instrucciones relacionadas con medicina preventiva y del trabajo, higiene, y seguridad industrial. Esto incluye condiciones ambientales, físicas, químicas, biológicas, psicosociales, ergonómicas, mecánicas, eléctricas y locativas. Sus responsabilidades son:

- Identificar y corregir condiciones inseguras en el área de trabajo.
- Prevenir y controlar cualquier peligro que pueda causar accidentes de trabajo o enfermedades profesionales.
- Realizar campañas de capacitación y concientización para los trabajadores sobre prácticas de salud y seguridad en el trabajo.
- Hacer cumplir las normas y procedimientos establecidos en el Programa de Manejo Ambiental.
- Ejecutar programas de mantenimiento periódico y preventivo de maquinaria, equipos e instalaciones.
- Suministrar a los empleados vinculados al proyecto los elementos de protección personal (EPP).
- Establecer programas de mantenimiento periódico y preventivo de maquinaria, equipos e instalaciones.

5.1.8.b. Responsabilidad de los trabajadores. Los trabajadores del CEPIIS tienen la obligación de cumplir con las siguientes responsabilidades:

- Realizar las actividades propias de su contrato con el máximo cuidado, evitando que sus operaciones resulten en actos inseguros para ellos mismos, sus compañeros, equipos, instalaciones y el medio ambiente.
- Abstenerse de operar máquinas o equipos que no hayan sido asignados para el desempeño de sus funciones y de permitir que personal no autorizado maneje los equipos bajo su responsabilidad.
- Utilizar y mantener adecuadamente los elementos de trabajo, dispositivos de seguridad y equipos de protección personal proporcionados por la empresa, así como conservar el orden y la limpieza en los lugares de trabajo y servicios.
- Participar activamente en los programas de prevención de accidentes de trabajo y enfermedades profesionales programados por la empresa.
- Informar de manera eficiente sobre procedimientos y operaciones que violen las normas de seguridad.

Con el objetivo de reducir de manera efectiva la posibilidad de accidentes de tránsito, se deben seguir las siguientes consideraciones:

- Seleccionar cuidadosamente al personal, asegurándose de que cumpla con el curso de conducción, entrenamiento y experiencia necesarios de acuerdo con las normas generales y el reglamento de la movilización.
- La movilización del personal contratista debe realizarse exclusivamente en los vehículos autorizados para ese propósito.
- Los empleados vinculados al CEPIIS deben contar con mascarillas antigases, gafas y trajes antilíquidos cuando manipulen sustancias con alta volatilidad, o cuando la ficha técnica de manipulación así lo sugiera.

5.1.9. Plan Operativo

Los planes operativos, integrados por Guías Tácticas para la atención de contingencias, desempeñan un papel ejecutivo en el ámbito técnico-operativo, al proporcionar directrices sobre las acciones a llevar a cabo. Su importancia radica en la capacidad para guiar las operaciones en momentos críticos, especialmente cuando los efectos de un evento contingente pueden generar confusión o cuando no se cuenta con todo el personal necesario.

Los planes operativos incluidos en este plan de contingencia se centran en amenazas específicas, con un énfasis particular en aquellas que puedan surgir durante las fases de construcción y operación. Además, se considera la posibilidad de que estas emergencias trasciendan las zonas de obras del proyecto, afectando gravemente no solo al proyecto en sí, sino también a las comunidades circundantes y al entorno natural fuera del área de trabajo. Ejemplos de tales emergencias podrían incluir explosiones y derrames.

5.1.9.a. Procedimiento para la Notificación de Emergencia. Es importante destacar que la gestión de emergencias sigue una secuencia específica que abarca la activación, notificación, evaluación y proyección de la emergencia, así como la determinación de los recursos necesarios para su atención. Además, incluye la convocatoria y ensamblaje de los grupos de respuesta y las líneas de acción a seguir en la aplicación de las estrategias de respuesta diseñadas dentro del plan estratégico.

En la tabla se detallan las fases de atención de una emergencia y se establece la relación entre el plan estratégico, el plan operativo y las acciones post emergencia. Por otro lado, en la Tabla 35 se presenta el procedimiento general de respuesta a aplicar ante la ocurrencia de una contingencia durante todas las etapas en el CEPIIS y los centros correspondientes.

Tabla 35*Procedimiento De Notificación*

ANTES DEL EVENTO	DURANTE LA EMERGENCIA		POSTERIOR A LA EMERGENCIA
PREPARACIÓN	RESPUESTA INICIAL	RESPUESTA CONTINUA	RECUPERACIÓN
Análisis del riesgo.	Reporte, notificación y evaluación de la emergencia.	Actuar según la magnitud de la emergencia	Investigación y análisis del incidente
Definir la estructura organizacional para la respuesta a emergencias y establecer funciones y responsabilidades	Identificación del sitio de la emergencia	Seguimiento del comportamiento de la emergencia y activación de recursos	Organización para proceder con la recuperación
Definir estrategias de respuesta	Acciones operativas iniciales	Aplicación de estrategias de manejo y control	Desmovilización
Capacitación, entrenamiento, ejercicios y simulacros	Comunicación y activación de los planes operativos	Actuación según los roles definidos	Atención de Peticiones, quejas y reclamos
Cumplimiento de regulaciones	Notificación	Comunicación	Documentación

Nota: en la Tabla 35 se presenta el procedimiento de notificación antes, durante y posterior a un evento amenazante.

La atención de emergencias será adecuada para la infraestructura en operación del Proyecto si se llegan a modificar actividades y lograr dar respuesta a las posibles emergencias originada:

Figura 94.*Procedimiento general de respuesta*

Nota: en la Figura 94 se presenta el procedimiento general de respuesta asociado en el cual se encuentra la detección, reporte, evaluación, activación, operación, control y finalización.

5.1.9.b. Evaluación y Optimización del Plan de Contingencia.

5.1.9.b.i. Evaluación del Plan de Contingencia.

Después de concluida la emergencia, es crucial reunir a los grupos de brigada que participaron en la contingencia para evaluar los daños ocasionados. Se elaborará un informe detallado que será enviado a las oficinas centrales y al departamento de HSEQ (Salud, Seguridad, Medio Ambiente y Calidad), y estos informes también se comunicarán a la compañía de seguros correspondiente. Este procedimiento garantiza una documentación adecuada de los eventos y proporciona la base para cualquier reclamación de seguros necesaria.

Además, es esencial llevar a cabo una evaluación del plan de acción implementado durante la emergencia. Esta evaluación post-implementación tiene como objetivo identificar posibles áreas de mejora y corregir cualquier aspecto que haya demostrado ser menos eficaz. La retroalimentación obtenida de esta evaluación contribuirá a fortalecer y optimizar los procesos adoptados para futuras contingencias.

5.1.9.b.ii. Optimización del Plan de Contingencia.

El proceso de finalización del plan de contingencia implica una serie de pasos clave que contribuirán a optimizar y mejorar la respuesta ante emergencias. Estos pasos son los siguientes:

- Ocurrencia de la emergencia
- Puesta en marcha del plan de contingencia
- Evaluación del Plan de Contingencia
- Retroalimentación del Plan de Contingencia
- Revisión y mejoramiento del plan
- Divulgación y simulacros con procedimientos mejorados
- Finalización

5.1.9.b.iii. Retroalimentación del Plan de Contingencia.

Posterior a la evaluación del desempeño del Plan de Contingencia y a la ocurrencia de la emergencia, los procedimientos de emergencia deberán ser sometidos a retroalimentación, analizando los elementos de mejoramiento en la respuesta a la contingencia presentada.

5.1.9.b.iv. Revisión y Mejoramiento del Plan.

Los procedimientos una vez hayan sido determinados y evaluados, se procede a redefinir e introducirlos en el Plan de Contingencia, eliminando aquellos procedimientos ineficientes.

5.1.9.b.v. Comunicación con procedimientos mejorados.

La implementación de nuevos procedimientos mejorados dentro del Plan de Contingencias es fundamental para garantizar una respuesta eficiente a situaciones de emergencia. Para comunicar estos cambios de manera efectiva a todos los profesionales universitarios, trabajadores y contratistas del CEPIIS, se pueden emplear diversas estrategias de comunicación y capacitación.

5.1.9.b.vi. Finalización. Posterior a la aceptación de la retroalimentación, la revisión y mejora del plan y divulgación, se dará por finalizado el plan.

5.1.10. Plan de Acción

5.1.10.a. Plan general en caso de Emergencia. Los posibles eventos o siniestros que se puedan presentar durante la ejecución y desarrollo del proyecto deberán seguirse todas o algunas de las siguientes recomendaciones según aplique.

- Reconocer el Plan de Emergencia y evacuación previamente
- Ubicar la ruta de evacuación y el punto de encuentro
- Activar los dispositivos de alarma
- Seguir las indicaciones y recomendaciones del jefe de brigada, coordinador o gestor del grupo de apoyo.
- Evitar caminos inundados
- No portar objetos de gran tamaño o pesados
- Evitar caminos con abundante vegetación
- No correr, no empujar, no gritar
- Mantenga la calma, en caso de ser necesario ayude a sus compañeros a mantener la calma.

- Al momento de llegar al punto de encuentro asegurarse de que no falte ninguno de los compañeros, de faltar alguno, deberá ser avisado al coordinador de brigada.
- No se deberá detener a recoger elementos y/o objetos a menos que sean de vital importancia
- Por ningún motivo deberá regresar al punto de incidencia de la emergencia.
- Asegurarse de que siempre tenga agua potable disponible en envases o recipientes que puedan transportar de manera eficiente

5.1.10.b. Procedimiento operativo de la Brigada de emergencias. La clasificación de eventos según su gravedad es un enfoque práctico y esencial para gestionar las emergencias durante la construcción, operación y mantenimiento del proyecto. La categorización de eventos permite asignar recursos y acciones específicas para abordar cada situación. A continuación, se presenta una propuesta de clasificación por gravedad que puede servir como punto de partida:

Tabla 36.

Procedimiento De Notificación

GRAVEDAD DE LA EMERGENCIA	CONTINGENCIA A MANEJAR
GRADO MENOR O GRADO 1	Inundación
	Erosión
	Tormenta Eléctrica
	Exposición (CEPURE)
	Derrame (CEPURE)
	Derrame (CESI)
GRADO MEDIO O GRADO 2	Avenidas Torrenciales
	Pérdida de Verticalidad de árboles
	Piscina de fuego
	Chorro de fuego CETA
	Explosión (CETA)
	Nube de dispersión (CETA)
	Nube de dispersión (BIOCAL)
	Huella máxima de dispersión (CUBO)
Vaporización del derrame (CUBO)	
	Explosión (CESI)

GRAVEDAD DE LA EMERGENCIA	CONTINGENCIA A MANEJAR
GRADO MAYOR O GRADO 3	Bola de fuego (CESI)
	Incendio Forestal

Nota: en la figura previamente expuesta se exponen los grados de gravedad de la emergencia determinada en función de la contingencia a manejar.

5.1.10.c. Procedimiento Operativo en Caso de Emergencia. A continuación, se presentan las actividades a ejecutar frente a los escenarios identificados para los que se deben incluir los procedimientos particulares:

Sismo

Antes:

- Asegure de manera firme los objetos susceptibles de caer.
- Coloque en lugares más bajos los objetos pesados o propensos a romperse.
- Evite colgar objetos pesados sobre áreas de circulación en el CEPIIS.
- Corrija instalaciones eléctricas o de gas defectuosas o con escapes para prevenir incendios.
- El personal debe conocer los procedimientos para cortar el suministro de gas, luz y agua si es necesario.
- Asegúrese de que el personal conozca los números de teléfono de emergencia y su ubicación.
- Establezca un punto de reunión.

Durante:

- Siga las instrucciones del brigadista.
- Permanezca en el interior de una infraestructura a menos que la situación lo requiera.
- Detenga inmediatamente cualquier actividad que involucre fuego.
- Busque refugio debajo de un mueble sólido, como una mesa.
- Si está al aire libre, aléjese de árboles, postes de luz y cables de servicios públicos.
- Manténgase fuera de edificaciones hasta que el evento haya pasado.
- Después del evento, proceda con precaución.
- Evite el uso de puentes, planchas o rampas que puedan haber resultado dañados.

Después:

- Siga las instrucciones del brigadista.
- Almacene agua en recipientes plásticos por si hay interrupción en el suministro de agua.

- Esté preparado para posibles réplicas.
- Manténgase alejado de edificios con daños estructurales.
- Utilice su dispositivo móvil solo en casos de emergencia.
- Evite viajes innecesarios en automóvil o a pie.
- Informe si falta personal en su área de trabajo.
- Abandone el lugar si detecta un silbido o percibe olores a gas u otros químicos.

Inundación

Antes:

- Identifique las rutas de evacuación y vías alternativas.
- Determine la ruta más segura hacia el punto de encuentro.
- Asegúrese de que el personal conozca los números de teléfono de emergencia y su ubicación.
- Preste atención y siga las recomendaciones del brigadista.
- Ubique posibles elementos tóxicos en lugares cerrados y fuera del alcance del agua.

Durante:

- Tenga recipientes con agua limpia por si el suministro de agua de la llave se contamina.
- Si el tiempo lo permite, traslade elementos valiosos a lugares más elevados.
- Aléjese de lugares con instalaciones eléctricas.
- Mantenga cargada la radio y el celular para comunicarse con los brigadistas.
- Siga las instrucciones de los brigadistas.
- Si está en el exterior, busque y suba a un lugar alto, permanezca allí.
- Evite caminar por aguas en movimiento; incluso quince (15) centímetros pueden hacerlo caer.
- En un automóvil, trate de cambiar de dirección; si se detiene, abandónelo y diríjase a un lugar seguro.

Después:

- Esté atento a radios y teléfonos para obtener información y seguir las instrucciones de los brigadistas o coordinadores.
- Si los brigadistas lo permiten, regrese a sus actividades posteriores al evento o amenaza.
- Revise el área para asegurarse de que la estructura no esté a punto de colapsar.
- Verifique tomas de corriente y conexiones eléctricas para prevenir cortocircuitos o electrocuciones.
- Tenga precaución con animales que el agua haya arrastrado.
- En caso de lesionados, solicite ayuda de primeros auxilios o servicios de emergencia.

Movimiento en masa (Natural)

Antes:

- Verificar continuamente los diseños estructurales para asegurar su correspondencia con la realidad encontrada en el campo y realizar modificaciones según sea necesario.
- Mantener control sobre los cambios y la estabilidad de las excavaciones mediante monitoreo de las condiciones geotécnicas.
- En caso de sismo, llevar a cabo una evaluación de estabilidad.

Durante:

- Evacuar a las personas en peligro si es necesario; posteriormente, iniciar las obras de reconfiguración con precaución para evitar un mayor deslizamiento.
- Según la magnitud del deslizamiento, comunicarse con las autoridades y restringir el paso de personas y vehículos en la zona afectada mediante delimitación y señalización adecuadas.
- Evitar reacciones alarmadas.

Después:

- Confirmar que todo el personal esté presente.
- En caso de heridos, informar inmediatamente al coordinador o brigadista y proporcionar primeros auxilios.
- Verificar las restricciones para el personal y los equipos de operación.
- Realizar mediciones topográficas y monitoreo en la zona inestable.
- Definir las áreas de trabajo para el cargue y las vías de acceso de material.

Tormenta Eléctrica

Antes:

- Verificar la ausencia de árboles en mal estado cerca del lugar de trabajo, ya que podrían caer durante una tempestad y causar daños o heridos.
- Asegurarse de que todos los trabajadores conozcan los procedimientos de actuación, cómo cortar el suministro de gas, luz y agua, así como los números de emergencia.
- Revisar el buen diseño de los sistemas de apantallamiento del CEPIIS.

Durante:

- Confirmar la inexistencia de objetos livianos en el área que puedan ser arrastrados por el viento.

- Evitar acercarse a equipos eléctricos o teléfonos, ya que los relámpagos pueden conducir la descarga a través de ellos.
- Mantener distancia de las cañerías de metal, ya que pueden transmitir electricidad.
- En ausencia de una estructura disponible, dirigirse a un lugar abierto y ponerse en cuclillas.
- En áreas con mucha cobertura natural, ubicarse en lugares con árboles bajos.
- Evitar situarse debajo de árboles grandes.
- Al adoptar la posición de cuclillas, colocar los codos en las rodillas y cubrir los oídos con las manos.
- Alejarse de elementos que naturalmente atraen rayos, como volquetas y tractores.
- Si se encuentra en un vehículo, estacionarlo en un lugar abierto sin árboles que puedan caer sobre él.
- Evitar transitar por caminos inundados.
- Calcular la distancia a la tormenta contando los segundos entre el relámpago y el sonido del trueno (dividir por ocho).
- Buscar refugio inmediato en caso de caída de granizo.

Después:

- Revisar el área cercana en busca de personas heridas.
- Informar a los Operadores de Red sobre la posible caída de cables.
- Si hay heridos debido a un impacto de rayo, proporcionar reanimación cardiopulmonar hasta la llegada de los servicios de emergencia (solo si se tiene el conocimiento necesario).
- Conducir el automóvil solo si es necesario.
- Escuchar la radio o ver la televisión para obtener información actualizada sobre la emergencia y las condiciones.

Avenidas Torrenciales

Antes:

- Identificar las áreas con amenaza alta y muy alta por avenidas torrenciales.
- Establecer un lugar seguro para evacuar, lejos de los cauces de los ríos.
- Portar siempre consigo los documentos de identificación.
- Definir rutas de evacuación hacia lugares seguros.
- Estar alerta a ruidos inusuales y cambios en el nivel de ríos y quebradas.
- Seguir las indicaciones del Sistema Nacional para la Prevención y Atención de Desastres.
- Asegurarse de conocer el Plan Local de Emergencia.

Durante:

- Conservar la calma como primera medida.
- Ante flujos de lodo, evacuar hacia un lugar seguro lejos de los cauces de los ríos y quebradas circundantes, teniendo en cuenta que estos pueden seguir las cuencas, destruir infraestructura y bloquear carreteras.
- Evitar transitar por las vías internas del CEPIIS mientras persista la alerta de las autoridades.
- En caso de activación de sistemas de alarma, evacuar de manera tranquila siguiendo las rutas establecidas hacia los puntos de encuentro.
- Mantenerse informado sobre la evolución de la amenaza.
- No difundir rumores.

Después:

- Regresar a las viviendas y/o lugares de trabajo cuando las autoridades lo indiquen.
- Revisar conexiones eléctricas, de gas y agua.
- Recuperar la normalidad y la rutina lo más pronto posible.
- Evitar consumir agua contaminada.
- Permanecer atento a las instrucciones de las autoridades.

Erosión**Antes:**

- Verificar las áreas propensas a la materialización de eventos de erosión en el área de intervención del proyecto.
- Planificar el uso del suelo de manera adecuada para evitar la construcción de estructuras en áreas vulnerables a la erosión.
- Fomentar la vegetación y la cobertura del suelo, como cultivos de cobertura y césped, para proteger la superficie del suelo contra la erosión.
- Revisar los sistemas de drenaje, como zanjas y canales, para dirigir el agua de lluvia lejos de las áreas vulnerables.
- Considerar la construcción de estructuras de protección contra la erosión, como terrazas, muros de contención o geotextiles.

Durante:

- Mantenerse informado mediante informes climáticos y alertas contra la erosión. Actuar de manera proactiva si se pronostican condiciones que podrían aumentar el riesgo de erosión.

- Reubicar temporalmente las actividades y personas en zonas propensas a sufrir erosión severa debido a la posible materialización de eventos amenazantes.
- Implementar medidas de control de erosión, como la colocación de mantas de erosionamiento, barreras de paja y redes de retención de sedimentos.
- Supervisar de cerca la situación y ajustar las medidas de control de erosión según sea necesario.

Después:

- Realizar una evaluación exhaustiva de los daños causados por la erosión, incluyendo la evaluación de la seguridad de las estructuras afectadas.
- Restaurar las áreas afectadas mediante la revegetación, la reparación de estructuras dañadas y la estabilización del suelo.

Incendio Forestal

Antes

- Realizar revisiones periódicas de las conexiones eléctricas.
- Asegurarse de que los enchufes y conexiones estén alejados de fuentes de agua.
- Evitar el uso de enchufes que presenten calentamiento; los tableros eléctricos deben estar en condiciones adecuadas.
- Desconectar el interruptor general antes de realizar reparaciones eléctricas y asegurarse de la ausencia de energía.
- En caso de no ser un profesional eléctrico, evitar tomar decisiones que puedan resultar en incendios o cortocircuitos.
- Almacenar líquidos inflamables en recipientes irrompibles con etiquetas indicativas, en áreas ventiladas y sin fumar en esos lugares.
- No fumar en áreas laborales.
- Implementar un procedimiento adecuado para el manejo de sustancias químicas, detallando la identificación, etiquetado, rotulado, clasificación y el uso de tarjetas de emergencia.
- Utilizar líquidos inflamables y aerosoles solo en lugares ventilados, alejados de fuentes de calor y energía eléctrica.
- Consultar a los responsables del área antes de realizar operaciones "en caliente" para tomar precauciones especiales.
- Evitar obstruir las rutas de evacuación, acceso a extintores y otros equipos de emergencia.

- Mantener el lugar de trabajo limpio y ordenado para prevenir incendios.
- Realizar mantenimiento preventivo de maquinaria, equipos y herramientas para evitar goteos o derrames de sustancias peligrosas.
- Inspeccionar maquinaria, equipos y herramientas antes de operarlos para detectar posibles fugas.
- Realizar inspecciones al final de la jornada laboral y desconectar aparatos eléctricos si es posible.
- Evitar conectar aparatos que hayan estado en contacto con agua.
- Contar con extintores adecuados, ubicados en lugares accesibles, y conocer su manejo.
- Tener a mano los números telefónicos de emergencia como bomberos, protección civil, policía y cruz roja.

Durante

- Mantenga la calma durante la evacuación del CEPIIS, evitando correr, empujar o gritar para evitar generar más tensión.
- En caso de detectar humo o fuego, active de inmediato la alarma de incendio.
- Si el incendio es pequeño, intente apagarlo con un extintor, evitando el uso de agua en caso de fuego eléctrico.
- Si el fuego se propaga rápidamente y no se puede controlar, llame a los bomberos y comunique a los brigadistas para iniciar evacuaciones.
- Corte los suministros de energía y agua de inmediato.
- Diríjase a la salida más alejada del fuego.
- Si las salidas están obstruidas, mantenga la calma y alejese lo más posible del fuego.
- Si queda atrapado en las llamas, desplácese a "gatas" y cubra nariz y boca con un trapo húmedo si es posible.
- Al llegar los bomberos o brigadas de auxilio, informe si hay personas atrapadas.
- En caso necesario, suspenda las actividades en la zona afectada y restrinja el uso de equipos o vehículos que puedan empeorar la situación.
- Corte la corriente eléctrica y el suministro de gas en la zona comprometida.
- Observe la dirección del viento, delimite ampliamente la zona de peligro y evite el acceso de personal no equipado, alejándolos en dirección contraria al viento.
- Informe a los organismos de apoyo sobre el estado de la emergencia.

Después

- No se devuelva al punto del siniestro hasta que las autoridades así lo determinen.
- Rechace alimentos, bebidas o medicinas que hayan estado expuestas al calor, al humo o al fuego, no deben ser ingeridas.

Derrames

Antes:

- Sensibilización sobre el riesgo de sustancias peligrosas.
- Capacitación del personal que manipule, maneje o transporte sustancias químicas antes de realizar cualquier manipulación, con la colaboración del área de Seguridad y Salud en el trabajo o del proveedor.
- Análisis de los riesgos asociados a las actividades en la piscina de lixiviados por parte del responsable del trabajo en coordinación con el personal del área de Seguridad y Salud en el trabajo.
- Almacenamiento del producto por parte del personal de producción en recipientes adecuados y de material compatible.
- Establecimiento de diques o medidas para contener sustancias derramadas por el responsable del almacenamiento.
- Realización de mantenimiento preventivo de las instalaciones por el área responsable.
- Entrenamiento, capacitación y simulacros de derrames para la preparación del personal de producción, almacenamiento y Brigada por parte del área de Seguridad y Salud en el trabajo y Producción.
- Establecimiento de contacto con grupos y centros de apoyo para colaborar en situaciones de emergencia por parte del área de Seguridad y Salud en el trabajo.

Durante:

- Detección de fugas o derrames por parte del personal responsable del área o trabajo, con aviso al jefe, líder de brigada primaria y activación del plan de emergencia.
- Evacuación y aseguramiento del área por el personal del frente de trabajo según los riesgos del producto.
- Análisis de la escena y toma de decisiones sobre el procedimiento de control por parte del líder de la brigada primaria, priorizando la seguridad de los brigadistas.
- Comunicación constante del administrador, toma del mando si es necesario y desplazamiento de la brigada de apoyo al sitio, con posibilidad de solicitar ayuda de organismos externos.

- Implementación del plan, roles asignados a cada responsable, verificación de la evacuación, estimación de daños sin intervención, constitución de respuestas, implementación de la mejor opción, desarrollo y evaluación del procedimiento.

Después:

- Recuperación operacional liderada por el coordinador de emergencias, con el apoyo de operaciones y el área ambiental para la recolección de residuos y su tratamiento o disposición final, dejando el área en condiciones óptimas.
- Establecimiento de responsables y fechas para correctivos y preventivos por parte del personal del área de Seguridad y Salud en el trabajo en coordinación con los operativos, si es necesario.
- Evaluación y análisis del plan de emergencia y contingencia por parte del administrador general de la emergencia, con identificación de opciones de mejora para prevenir recurrencias.

Explosión

Antes

- Infórmese de la probabilidad de materialización de este evento en el CEPIIS.
- Verifique los kits de emergencias en el cual se incluyan suministros como: agua, alimentos no perecederos, internas, pilas, botiquín de primeros auxilios y los documentos importantes en un lugar exequible.
- Manténgase informado en relación con la operación del CEPIIS y cualquier cambio que aplique.

Durante

- Si está dentro de un edificio o vehículo y siente una explosión, protéjase inmediatamente. Agáchate, cúbrete la cabeza y busca refugio detrás de una pared sólida.
- Si es seguro hacerlo, siga las rutas de evacuación preestablecidas y dirígete a un lugar seguro lejos del área afectada.
- Evite el uso de ascensores durante una emergencia, ya que podrían quedar atrapados o inmovilizados.
- Intente comunicarse con familiares o colegas para asegurarte de que estén a salvo y para informar sobre tu propia seguridad.
- No encienda cerillas, velas ni ningún tipo de llama abierta, ya que podría haber fugas de gas o sustancias inflamables en el aire.

Después

- Verifica si usted y las personas a tu alrededor están a salvo. Proporcione ayuda a los heridos si puede hacerlo de manera segura.
- Llame a los servicios de emergencia (como el número de emergencia local) para informar sobre la explosión y solicitar ayuda médica o de rescate si es necesario.
- Reúnase con sus trabajadores, operarios y demás personas del CEPIIS , en el punto de reunión designado y asegúrate de que todos estén a salvo.
- Evite regresar al área de la explosión hasta que las autoridades lo permitan, ya que podría haber peligros residuales, como incendios o fugas químicas.
- Manténgase informado a través de las noticias locales para obtener actualizaciones sobre la situación y las instrucciones de las autoridades.
- No encienda equipos electrónicos mientras se encuentre el peligro aún latente

Exposición

Antes

- Realice capacitaciones y sensibilizaciones al personal del CEPIIS en relación con la exposición de contaminantes, los posibles gases y sustancias a los cuales están expuesto.
- Realice capacitaciones y sensibilizaciones a la población circunvecina en relación con la exposición de contaminantes que puedan salir del CEPIIS y los riesgos que traen consigo a la salud.
- Verifique que el personal que realice actividades de comprensión de residuos, manipulación, transporte, entre otros, posea la protección facial adecuada para la manipulación de estos.
- Verifique que, en las actividades de capacitación, se encuentre todo el personal del CEPIIS.

Durante

- Si es consciente de una posible exposición, trate de limitar su tiempo en el área contaminada y evite actividades que puedan aumentar la exposición, como fumar.
- Sea responsable y use la mascarilla antigases de manera diaria.
- Si está al aire libre y hay una exposición repentina a contaminantes, busque refugio en un lugar cerrado o en una zona más segura si es posible.
- Evita el contacto directo con la piel y use equipo de protección, como guantes y ropa de protección.

Después

- Después de la exposición a contaminantes, lávese cuidadosamente las manos y, si es necesario, tome una ducha para eliminar cualquier residuo de la piel y la ropa.
- Si experimenta síntomas de exposición a contaminantes, busque atención médica de inmediato. Los síntomas pueden incluir dificultad para respirar, irritación en los ojos, erupciones en la piel, náuseas o mareos.
- Si ha estado expuesto a contaminantes en el trabajo, informe a su empleador y sigue los procedimientos de notificación y registro de incidentes.
- En algunos casos, la exposición a contaminantes puede tener efectos a largo plazo en la salud. Manténgase alerta a cualquier cambio en su salud y realice exámenes médicos regulares si es necesario.

5.1.11. Plan Informativo

El Plan informativo será el encargado de brindar la comunicación pertinente al momento de la ocurrencia de un evento. Dicho lo anterior, se debe contar con un sistema de comunicación de alerta de emergencias. Para esto, los grupos de trabajo deberán contar con celulares, Walkie Talkie de amplio espectro o radios que permitan la comunicación con el personal de las brigadas y así mismo los grupos de apoyo. Las contingencias presentadas deben ser informadas de manera eficiente y precisa al supervisor de las áreas HSEQ.

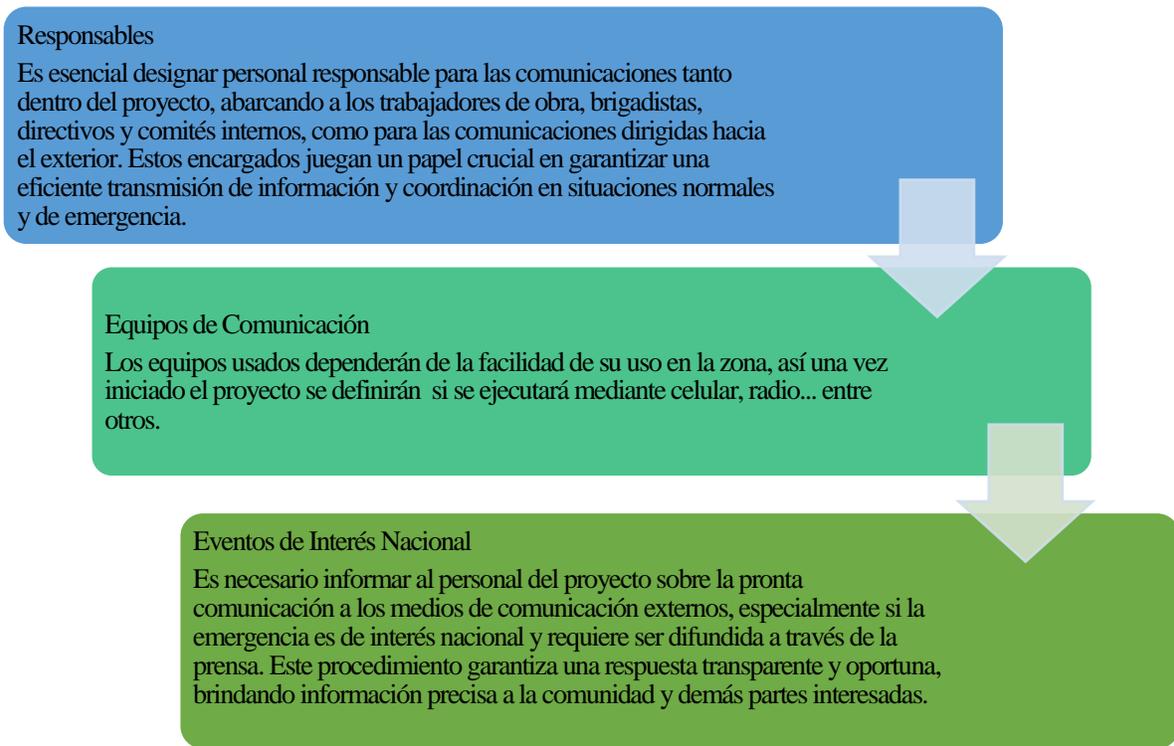
El sistema de comunicación de urgencias funcionara de la siguiente forma en caso de presentarse una emergencia:

- El personal deberá advertir sobre la existencia de un problema y/o desastre
- El responsable del Centro de Procesos deberá evaluar el percance y decide si es posible controlar la situación localmente o requiere apoyo externo.
- Dar inicio a las llamadas de emergencia, Esta actividad deberá estar en cada uno de los frentes de trabajo del CEPIIS, permitiendo que cualquier persona pueda llamar en caso de la ocurrencia de una emergencia.

A medida que se asciende en la línea de llamadas, se abarcan niveles de respuesta mayores y eventualmente, si la emergencia lo requiere, niveles de coordinación inter-institucionales, denominados “grupos de apoyo externo”. (Ver Figura 95).

Figura 95.

Estructura de comunicación de emergencias



Nota: en la Figura 95 se presenta la estructura que se deberá llevar a cabo para la comunicación de las posibles emergencias que se puedan encontrar en Centro de Procesos e Innovación para la Industria Sostenible CEPIIS, y aquellas que puedan materializarse.

5.1.11.a. Entidades de apoyo para atender la contingencia. A continuación, en la Figura 96, se presentan los teléfonos de contacto de las principales entidades externas que se podrían requerir para la atención de una emergencia en el proyecto.

Figura 96.*Entidades De Apoyo Para Atender Contingencias*

Ciudad	Contacto	Teléfono
Bogotá (Sector localidad Santa Fe)	Hospital Jorge Eliecer Gaitán Guavio	(60+1) 3078181
	Bomberos "estación centro"	(60+1) 382 2550
	Alcaldía Local de Santa fé	(60+1) 382 1640
	Defensa Civil	302 713 4393
	Servicios de ambulancias	(60+1) 730 0000 ext 31029
	Cruz roja	(60+1) 437 6300
	Gas Natural emergencias	#164
	Cuadrante No 38	(60+1) 346 0191
	Gaula	322 3507105

Nota: en la Figura 96 se presentan las entidades de apoyo o grupos externos para atención de emergencias y contingencias.

6. CONCLUSIONES

Derivado de la ejecución del Plan de Gestión de Riesgos y Desastres para el Centro de procesos e Innovación para la Industria Sostenible CEPIIS se lograron identificar los escenarios de riesgo en los entornos de cada Centro de Procesos verificando las actividades que son propensas a materializar algún evento amenazante y propender su manejo. A cada una de las amenazas identificadas y de acuerdo a la directriz general de presentación de Planes de Gestión de Riesgo y del Desastre (Decreto 2157 de 2017), se realizó un análisis en función de análisis cuantitativos y semi-cuantitativo cuyo desarrollo fue de gran importancia pues permitió reconocer el grado de amenaza en función de los equipos que se encuentra en el Centro de procesos.

A los eventos naturales, se procedió a verificar mediante entidades gubernamentales, ambientales, estatales y organizaciones privadas en contra del cambio climático verificando que su aplicación y modificación, se encontrarán en un rango no mayor a diez (10) años , las metodologías de análisis para la espacialización de amenazas considerando diversas variables climáticas, lo cual permitió reconocer el grado de amenaza considerando la ubicación geográfica del centro de procesos y sus elementos adyacentes.

Por otro lado, para las amenazas industriales y operativas o “riesgo tecnológico” se consideraron diversas fórmulas que permitieron reconocer eventos que puedan estar presente en cada centro en función de los equipos que lo conformen, es por esta razón que el presente plan se desarrolló de manera detallada considerando los parámetros de operación de cada centro, las consecuencias en función de la identificación del riesgo, y la magnitud de dicho impacto el cual se logró con la interpolación de datos en softwares de Sistemas de Información Geográfica.

De esta forma, se realizó una valoración de riesgo de cada uno de los eventos identificados y amenazas calificadas en función de su magnitud y consecuencia, por lo cual, se procedió a determinar la aceptabilidad del riesgo considerando los análisis cartográficas y matriciales (ver anexo 1), con la finalidad de determinar los eventos naturales y amenazas industriales que poseen un manejo de mayor impacto que el otro.

Además, se realizó una superposición de capas en consideración con la información presentada matricialmente con cada uno de las amenazas y el riesgo en función de la vulnerabilidad, esto debido a que de acuerdo con el Decreto 2157 de 2017, se debe espacializar el nivel de riesgo ambiental, social e Individual con la finalidad de propender su manejo, es entonces que se logró identificar que el riesgo individual y ambiental, es uno de los que poseen una calificación moderada debido al grado de consecuencia de los mismos.

Es entonces que se lograron determinar los eventos naturales y amenazas industriales y operativas que pueden estar presentes en la operación del Centro de Procesos e Innovación para la Industria Sostenible CEPIIS y

propender su manejo en consideración con la consecuencia de los mismos. Cada evento se presentó con un manejo en función de su aceptabilidad del riesgo de acuerdo al Decreto 2157 de 2017, por lo cual, se presentó en el desarrollo del Plan, un manejo Estratégico, Informativo y operativo en el cual se fomentan diversas variables que permiten el reconocimiento de la amenaza, la divulgación de los recursos, y finalmente las medidas que conllevan al manejo de la contingencia y la reducción del riesgo

Considerando que actualmente, en la Fundación Universidad de América, no se presenta una estructura organizacional para el manejo de las contingencia, se propone una estructura que cumpla con los PON (Procedimientos Operativos Normalizados), y que propenda una minimización en el entorno de la amenaza y la materialización del riesgo identificado, lo anterior se realizó considerando la sinergia que se debe tener en la universidad desde los directivos hasta la labor de los estudiantes para el manejo de la materialización de posibles amenazas.

Finalmente, considerando el plan en el marco del Manejo de la contingencia, se buscó garantizar que no surjan nuevas situaciones de riesgo, es entonces que se propusieron planes de capacitación y entrenamiento en función de los usos presentes y futuros del Centro de Procesos e Innovación para la Industria Sostenible CEPIIS y se formuló un procedimiento de carácter técnico y administrativo que busquen la reducción del riesgo de desastre mediante la auditoría de las medidas propuestas en la intervención correctiva.

REFERENCIAS

- [1] Icontec, norma técnica colombiana 5254, bogotá: icontec, 2004.
- [2] R. Uaemex, «sistema de información científica redalyc,» redalyc uaemex, [en línea]. Available: <https://www.redalyc.org/>.
- [3] SAS PLANET, mayo 2022. [En línea].
- [4] I. C. D. N. T. Y. C. Icontec, norma técnica colombiana ntc 5254. 2004-05-31. Gestión del riesgo., bogotá, d.c., 2004.
- [5] Departamento Nacional de Planeación, «Plan Nacional de Adaptación al Cambio Climático,» Bogotá, 2010.
- [6] Departamento Nacional de Planeación, «Metodología para evaluar Riesgos,» KFW, Bogotá, 2020.
- [7] Unidad Nacional para la Gestión del Riesgo de Desastres, «Sistema Nacional de Gestión del Riesgo de Desastres,» 18 01 2019. [En línea]. Available: <http://portal.gestiondelriesgo.gov.co/Paginas/Estructura.aspx>.
- [8] Alcaldía mayor de Bogotá, «PLAN DISTRITAL DE GESTIÓN DEL RIESGO DE DESASTRES Y DEL CAMBIO CLIMÁTICO PARA BOGOTÁ D.C.,» Bogotá, 2015.
- [9] UNGRD, «Sistema Nacional de Gestión del Riesgo de Desastres,» 18 01 2022. [En línea]. Available: <http://portal.gestiondelriesgo.gov.co/Paginas/Estructura.aspx>.
- [10] Alcaldía Mayor de Bogotá D.C., «Plan de gestión del riesgo y cambio climático PLGR-CC,» 19 Noviembre 2019. [En línea]. Available: <https://www.idiger.gov.co/documents/220605/494708/PLGR++CC++++LOCALIDAD+DE+SANTA+FE++CONSOLIDADO.pdf/68aa4cbf-3b7d-4c06-8784-474207456129>.
- [11] Fundación Universidad de América, «Universidad de América,» 2023. [En línea]. Available: <https://www.uamerica.edu.co/estructura/>.
- [12] C. A. Y. V. Gordillo, gestión avanzada de riesgos en proyectos, lima, 2017.
- [13] Ecopetrol , «metodología identificación y valoración de riesgos físicos del clima,» bogotá, 2019.
- [14] IDEAM, «Protocolo para la realización de mapas de zonificación de riesgos a incendios de la cobertura vegetal,» Instituto de Hidrología, metereología y Estudios Ambientales, Bogotá, 2015.
- [15] SGC, «Modelo de Amenaza Sísmica de Colombia,» SGC, Bogotá, 2020.

- [16] Servicio geológico colombiano, «mapa de intensidades máximas observadas para colombia,» bogotá, 2015.
- [17] Ministerio de Ambiente, Vivienda y Desarrollo Territorial, «Reglamento Colombiano de Construcción Sismo Resistente,» Asociación Colombiana de Ingeniería Sísmica, Bogotá, 2010.
- [18] Alcaldía Mayor de Bogotá, «Infraestructura de Datos Especiales IDECA,» Alcaldía Mayor de Bogotá DC, 2022. [En línea]. Available: <https://www.ideca.gov.co/>.
- [19] R. Horton, «drainage-basin characteristics,» *transactions american geophysical union*, vol. 13, pp. 350-361, 1932.
- [20] Sociedad Colombiana de Ingenieros, «Estudio Geoambiental y Zonificación de Amenazas por Erosión y Remoción en Masa en la Cuenca del Río Teusacá. Sabana de Bogotá. Colombia,» Sociedad Colombiana de Ingenieros, Santafé de Bogotá, 1999.
- [21] C Ordoñez, R Martinez, «Sistemas de Información Geográfica. Análisis de riesgos Naturales y Problemáticas medioambientales,» RA-MA, Madrid, 2003.
- [22] Servicio Geológico Colombiano SGC, «Mapa de categorías de amenaza relativa por movimientos en masa de Colombia,» Servicio Geológico Colombiano, 2017. [En línea]. Available: <https://www2.sgc.gov.co/sgc/mapas/lists/enlacesmapas/allitems.aspx?Rootfolder=/sgc/mapas/lists/enlacesmapas/mapa+de+amenaza+por+movimientos+en+masa&folderctid=0x0120007ad2cc56e7c84e1eb9b79cb9101156c30028d550d20ac725469eae934de6be6236&view=%7b234fd201-5e65>.
- [23] Á. Á. G. E., guía metodológica para estudios de amenaza, vulnerabilidad y riesgo por movimientos en masa., libros del servicio geológico colombiano, 2016.
- [24] Consultores Unidos SA, «Plan de contingencia,» 2012.
- [25] Norma técnica colombiana, «protección contra descargas eléctricas atmosféricas (rayos)-1,» icontec, bogotá, 2008.
- [26] GEIICO SA, «Protección a Edificaciones,» GEIICO, Medellín, 2009.
- [27] Food and Agriculture Organization, «Erosión y pérdida de fertilidad del suelo».
- [28] IDEAM, Estudio Nacional de degradación de suelos por erosión, Bogotá: IDEAM, 2015.
- [29] Iván Pérez-Rubioa , Andreas Mende, «Análisis espacial de susceptibilidad de erosión en una cuenca hidrográfica del trópico húmedo de Costa Rica,» *Revista de Ciencias Ambientales (Trop J Environ Sci)*, pp. 17-20, 2018.
- [30] W. W.h. y s. D.d., «predicting rainfall erosion losses,» united states department of agriculture, 1978.
- [31] Ideam, «ideam,» bogotá d.c., 2017.

- [32] E. D. A. Y. A. D. B. (eaab), «researchgate,» enero 2006. [en línea]. Available: https://www.researchgate.net/publication/279205078_los_cerros_orientales_y_su_flora_el_acueducto_de_bogota_sus_reservas_y_su_gestion_ambiental.
- [33] H. F.g., «the 6-class dwarf mistletoe rating system,» rocky mountain forest and, 1977.
- [34] TNO, «Methods for the calculation of physical effects,» de *The Yellow book*, 1997, p. Chapter 5.
- [35] Process Solutions and Equipment PSE SAS, «Manual de operación, Planta de destilación continua,» 2018.
- [36] D. Villafañe santander, «estudio de la dispersión e incendio de nubes inflamables de gas (gnl y glp),» barcelona, 2013.
- [37] R. Lizette y r. Karol, «análisis multitemporal de las condiciones de estabilidad y meteorológicas para la gestión del recurso atmosférico en la ciudad de bogotá,» bogotá, 2018.
- [38] Qgis, «Análisis de superposición,» 2021. [En línea].
- [39] Hydrocarbon storage terminal, «Estudio de riesgo ambiental nivel 2, modalidad análisis de riesgo,» 2018.
- [40] Process and Solutions Equipment PSE SAS, «Manual de operación, Planta de absorción de gases,» 2018.
- [41] M. Lazzarini, «los efectos del calor en la materia,» plataforma educativa santa fé.
- [42] V. Cozzani, «calculation of the flame size from burning liquid pools,» 2016.
- [43] M. G. Zabetakis and d. S. Burgess, «research on the hazards associated with the production and handling of liquid hydrogen,» u.s berau of mines- report of investigations, usa, 1961.
- [44] Instituto Nacional de Seguridad y Salud en el Trabajo, Evaluación y Análisis de riesgo por inflamabilidad y explosividad en el trabajo, España, 2003.
- [45] ATF 555.220s, «Distancia para nitratos, amonios y agentes de detonación entre explosivo,» Agencia de alcohol, tabaco, armas de fuego y explosivos., USA, 2016.
- [46] E. Velasco, «procedimiento para dar respuesta en caso de derrame de residuos peligrosos,» baja california, 2010.
- [47] C. Rosales, «los bioprocesos en la biotecnología: uso de biorreactores para la producción y el escalamiento de productos de interés comercial,» *tecnología en marcha*, vol. 32, nº 9, pp. 41-46, 2019.

- [48] Organización de las Naciones Unidas para Alimentación y la Agricultura;, «La contaminación de los suelos está contaminando nuestro futuro,» 02 05 2018. [En línea]. Available: <https://www.fao.org/faostories/article/es/c/1126977/>.
- [49] A. Fernandez mueza, «contaminación por lixiviados,» *consumer*, 13 octubre 2006.
- [50] M. D. S. Y. P. S. D. D. P. Y. P. S. D. S. Ambietal, «guía para el desarrollo de actividades de promoción y prevención en la industria de curtiembres,» 2015. [en línea]. Available: <https://www.minsalud.gov.co/sites/rid/lists/bibliotecadigital/ride/vs/pp/sa/6guia-actividades-pyp-curtiembres.pdf>.
- [51] A. D. Medellín, «problemas ambientales: qué son, relevancia y los 23 más graves que están afectando a nuestro planeta,» 24 mayo 2023. [en línea]. Available: <https://www.medellin.gov.co/es/sala-de-prensa/noticias/problemas-ambientales-que-son-relevancia-y-los-23-mas-graves-que-estan-afectando-a-nuestro-planeta/>.
- [52] Ministerio de Salud y Protección Social;, «Seguridad Química Subdirección de Salud Ambiental,» Noviembre 2022. [En línea]. Available: <https://www.minsalud.gov.co/sites/rid/Lists/bibliotecadigital/RIDE/VS/PP/SA/abece-seguridad-quimica.pdf>.
- [53] Bueno, m.g, «riesgo químico,» ucm, México, 2014.
- [54] Ministerio de Salud de Argentina, «Salud pública -- Manual de Intoxicaciones para Agentes de Atención Primaria,» 17 Agosto 2001. [En línea]. Available: <https://e-legis-ar.msal.gov.ar/htdocs/legisalud/migration/html/3739.html>.
- [55] Congreso de la República de Colombia, Ley 1562, Bogotá, 2012.
- [56] Congreso de la República de Colombia, Ley 1523, 2012.
- [57] NFPA, «NFPA 30 Flammable And Combustible Liquids Code,» National Fire Protection Association [nfpa], USA, 2018.
- [58] Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible, «Decreto 321,» minambiente, Bogotá, 1999.

GLOSARIO

Con el objetivo de facilitar la comprensión de este procedimiento, se han establecido las siguientes definiciones y términos, los cuales han sido tomados de la Ley 1523 de 2012 [3].

Adaptación: Se refiere al ajuste de sistemas naturales o humanos ante estímulos climáticos presentes o esperados, con el propósito de mitigar daños o aprovechar oportunidades beneficiosas. En el contexto de eventos hidrometeorológicos, la adaptación al cambio climático se relaciona con la gestión del riesgo de desastres al reducir la vulnerabilidad o mejorar la resiliencia frente a cambios observados o anticipados en el clima y su variabilidad.

Alerta: Estado que se declara antes de la manifestación de un evento peligroso, basado en la monitorización del comportamiento del fenómeno respectivo. Su propósito es que las entidades y la población afectada activen procedimientos de acción previamente establecidos.

Amenaza/Peligro: Representa el riesgo latente de que un evento físico, ya sea de origen natural, causado o inducido accidentalmente por la acción humana, ocurra con la suficiente severidad como para causar pérdida de vidas, lesiones u otros impactos en la salud, así como daños y pérdidas en bienes, infraestructura, medios de sustento, prestación de servicios y recursos ambientales.

Análisis y Evaluación del Riesgo: Implica examinar las causas y fuentes del riesgo, así como sus consecuencias y la probabilidad de que estas ocurran. Este modelo establece la relación entre la amenaza y la vulnerabilidad de los elementos expuestos, con el fin de determinar los posibles impactos sociales, económicos y ambientales, junto con sus probabilidades. Se evalúa el valor de los posibles daños y pérdidas, y se compara con criterios de seguridad establecidos. Esto tiene como propósito definir intervenciones específicas y determinar el alcance de las acciones para reducir el riesgo, así como para la preparación y respuesta ante situaciones de emergencia y recuperación.

Calamidad pública: Se refiere al resultado desencadenado por la manifestación de uno o varios eventos naturales o antropogénicos no intencionales. Este resultado ocurre cuando, al encontrar condiciones propicias de vulnerabilidad en personas, bienes, infraestructura, medios de subsistencia, prestación de servicios o recursos ambientales, se generan daños o pérdidas humanas, materiales, económicas o ambientales. Esta situación provoca una alteración intensa, grave y extendida en las condiciones normales de funcionamiento

de la población en un territorio específico, lo que requiere que el municipio, distrito o departamento implemente acciones de respuesta a la emergencia, rehabilitación y reconstrucción.

Cambio Climático: Se define como una variación estadística importante en el estado medio del clima o en su variabilidad, que persiste durante un período prolongado, generalmente decenios o más. Este cambio puede deberse a procesos naturales internos, cambios en el forzamiento externo o modificaciones persistentes antropogénicas en la composición de la atmósfera o en el uso de las tierras.

Conocimiento del riesgo: Es un componente del proceso de gestión del riesgo que involucra la identificación de escenarios de riesgo, el análisis y evaluación del riesgo, el monitoreo y seguimiento del riesgo y sus componentes, así como la comunicación para fomentar una mayor conciencia sobre el riesgo. Este conocimiento alimenta los procesos de reducción del riesgo y de manejo de desastres.

Desastre: Se refiere al resultado que se desencadena por la manifestación de uno o varios eventos naturales o antropogénicos no intencionales. Este resultado ocurre cuando, al encontrar condiciones propicias de vulnerabilidad en personas, bienes, infraestructura, medios de subsistencia, prestación de servicios o recursos ambientales, se generan daños o pérdidas humanas, materiales, económicas o ambientales. Esta situación provoca una alteración intensa, grave y extendida en las condiciones normales de funcionamiento de la sociedad, lo que demanda que el Estado y el sistema nacional ejecuten acciones de respuesta a la emergencia, rehabilitación y reconstrucción.

Emergencia: Situación caracterizada por la alteración o interrupción intensa y grave de las condiciones normales de funcionamiento u operación de una comunidad. Esta situación es causada por un evento adverso o por la inminencia del mismo, lo que exige una reacción inmediata y requiere la respuesta de las instituciones del Estado, los medios de comunicación y la comunidad en general.

Exposición (elementos expuestos): Hace referencia a la presencia de personas, medios de subsistencia, servicios ambientales, recursos económicos y sociales, bienes culturales e infraestructura que, debido a su ubicación, pueden ser afectados por la manifestación de una amenaza.

Gestión del riesgo: Proceso social que abarca la planeación, ejecución, seguimiento y evaluación de políticas y acciones continuas. Este proceso tiene como objetivos principales el conocimiento del riesgo y la promoción de una mayor conciencia del mismo. También busca prevenir o evitar la generación del riesgo, reducirlo o

controlarlo en caso de que ya exista. Además, se enfoca en prepararse y manejar situaciones de desastre, así como en la posterior recuperación, entendida como rehabilitación y reconstrucción. Todas estas acciones tienen el propósito explícito de contribuir a la seguridad, el bienestar y la calidad de vida de las personas, así como al desarrollo sostenible.

Intervención: Acción destinada a tratar el riesgo mediante la modificación intencional de las características de un fenómeno con el objetivo de reducir la amenaza que representa. También puede referirse a la modificación de las características intrínsecas de un elemento expuesto con el fin de disminuir su vulnerabilidad.

Intervención correctiva: Proceso que busca reducir el nivel de riesgo existente en la sociedad a través de acciones de mitigación. Esto implica disminuir o reducir las condiciones de amenaza, cuando sea posible, y abordar la vulnerabilidad de los elementos expuestos.

Intervención Prospectiva: Proceso que tiene como objetivo asegurar que no surjan nuevas situaciones de riesgo. Esto se logra mediante acciones de prevención, evitando que los elementos expuestos sean vulnerables o lleguen a estar expuestos ante posibles eventos peligrosos. La intervención prospectiva se lleva a cabo a través de la planificación ambiental sostenible, el ordenamiento territorial, la regulación, entre otros, con el propósito de anticiparse a la localización, construcción y funcionamiento seguro de la infraestructura, bienes y población.

Manejo del desastre: Proceso de la gestión del riesgo que engloba la preparación para la respuesta a emergencias, la preparación para la recuperación posdesastre, la ejecución de dicha respuesta y la ejecución de la respectiva recuperación, entendida como rehabilitación y reconstrucción.

Mitigación del riesgo: Medidas de intervención prescriptiva o correctiva orientadas a reducir o disminuir los daños y pérdidas que podrían ocurrir. Esto se logra mediante reglamentos de seguridad y proyectos de inversión pública o privada que buscan reducir las condiciones de amenaza y la vulnerabilidad existente.

Preparación: Conjunto de acciones, como coordinación, sistemas de alerta, capacitación, equipamiento, centros de reserva y albergues, entrenamiento, entre otros. El propósito de la preparación es optimizar la ejecución de los diferentes servicios básicos de respuesta durante emergencias, como acceso y transporte, telecomunicaciones, evaluación de daños y análisis de necesidades, salud y saneamiento básico, búsqueda y

rescate, extinción de incendios, manejo de materiales peligrosos, albergues y alimentación, servicios públicos, seguridad y convivencia, aspectos financieros y legales, información pública, y el manejo general de la respuesta

Prevención del riesgo: Conjunto de medidas y acciones de intervención restrictiva o prospectiva implementadas anticipadamente con el objetivo de evitar la generación de riesgo. Puede centrarse en prevenir o neutralizar de manera definitiva la amenaza, la exposición y la vulnerabilidad, evitando la aparición de nuevo riesgo. Los instrumentos esenciales de la prevención incluyen la planificación, la inversión pública y el ordenamiento ambiental territorial, con el propósito de regular el uso del suelo de manera segura y sostenible.

Protección financiera: Mecanismos o instrumentos financieros diseñados de manera anticipada para retener intencionalmente o transferir el riesgo. Estos se establecen con el objetivo de acceder, posteriormente, a recursos económicos oportunos para la atención de emergencias y la recuperación.

Recuperación: Acciones orientadas al restablecimiento de las condiciones normales de vida, mediante la rehabilitación, reparación o reconstrucción del área afectada, así como la restauración de bienes y servicios interrumpidos o deteriorados. La recuperación también busca impulsar el desarrollo económico y social de la comunidad. Su propósito central es evitar la reproducción de las condiciones de riesgo preexistentes en el área o sector afectado.

Reducción del riesgo: Proceso integral de gestión del riesgo que abarca la intervención para modificar o disminuir las condiciones de riesgo existentes (mitigación del riesgo) y para evitar la generación de nuevo riesgo en el territorio (prevención del riesgo). Involucra medidas anticipadas de mitigación y prevención para reducir la amenaza, la exposición y la vulnerabilidad de personas, medios de subsistencia, bienes, infraestructura y recursos ambientales. El objetivo es prevenir o minimizar los daños y pérdidas en caso de eventos físicos peligrosos. La reducción del riesgo abarca la intervención correctiva del riesgo existente, la intervención prospectiva para evitar nuevo riesgo y la protección financiera.

Reglamentación Prescriptiva: Normativas cuyo propósito es establecer de manera explícita los requisitos mínimos de seguridad para elementos que se encuentran o estarán expuestos en áreas propensas a eventos peligrosos, con el fin de predefinir el nivel de riesgo aceptable en dichas áreas.

Reglamentación Restrictiva: Disposiciones que buscan evitar la creación de nuevo riesgo mediante la prohibición taxativa de la ocupación permanente en áreas expuestas y propensas a eventos peligrosos. Es esencial para la planificación ambiental y territorial sostenible.

Respuesta: Implementación de las acciones necesarias para atender una emergencia, como accesibilidad y transporte, telecomunicaciones, evaluación de daños y análisis de necesidades, salud y saneamiento básico, búsqueda y rescate, extinción de incendios, manejo de materiales peligrosos, albergues y alimentación, servicios públicos, seguridad, convivencia, aspectos financieros y legales, información pública, y la gestión general de la respuesta, entre otros. La efectividad de la respuesta depende de la calidad de la preparación.

Riesgo de desastres: Representa las posibles pérdidas o daños que podrían ocurrir debido a eventos físicos peligrosos de origen natural, socio-natural, tecnológico, biosanitario o humano no intencional, en un período de tiempo específico. Este riesgo se determina por la vulnerabilidad de los elementos expuestos y, por lo tanto, surge de la combinación de la amenaza y la vulnerabilidad.

Seguridad territorial: Se refiere a la sostenibilidad de las relaciones entre la dinámica de la naturaleza y las comunidades en un territorio específico. Este concepto engloba nociones como seguridad alimentaria, seguridad jurídica o institucional, seguridad económica, seguridad ecológica y seguridad social.

Vulnerabilidad: Indica la susceptibilidad o fragilidad física, económica, social, ambiental o institucional de una comunidad para ser afectada o sufrir efectos adversos en caso de la manifestación de un evento físico peligroso. La vulnerabilidad implica la predisposición a sufrir pérdidas o daños en seres humanos, sus medios de subsistencia y sistemas físicos, sociales, económicos y de apoyo, que pueden ser afectados por eventos físicos peligrosos.

ANEXOS

ANEXO 1. MEMORIA DE CÁLCULO

Ver documento adjunto

ANEXO 2. PLAN DE ENTRENAMIENTO Y CAPACITACIÓN

Ver documento adjunto

ANEXO 3. AUDITORIA DE GESTIÓN DEL RIESGO

Ver documento adjunto

ANEXO 4

RECOMENDACIONES

De acuerdo al Plan de Gestión de Riesgo del Desastre presentado, se hace necesario disponer las siguientes sugerencias y recomendaciones:

En caso de que se realice algún cambio en los equipos que se encuentran en el Centro de procesos e Innovación para la Industria Sostenible CEPIIS, se deberán realizar los análisis de consecuencia y la espacialización cartográfica de los mismos con la finalidad de verificar la magnitud del evento y ejecutar las medidas de manejo de la contingencia o, si bien, no se desea efectuar mediante cruce matricial y cartográfica, contemplar el desarrollo mediante análisis semi cuantitativos que provean información clara y verás de los posibles eventos presentes en la nueva inclusión de los equipos.

Por otro lado, se sugiere validar las fórmulas usadas en el presente Plan de Gestión de Riesgo y del Desastre, lo anterior se recomienda considerando que las metodologías cuantitativas usadas en el Plan de Gestión de riesgo y del Desastre, son elaboradas por entidades públicas y privadas para visualización general por parte de cualquier persona, por lo cual, no se tiene clara la exactitud ni la precisión, es por ello, que las fórmulas usadas buscaron hacer predicciones sobre el comportamiento del fenómeno, no obstante, la validación asegura que las predicciones sean lo más precisas posible, lo cual es fundamental para la toma de decisiones y la planificaciones de medidas de manejo de la contingencia.

Así mismo, se sugiere realizar capacitaciones a los estudiantes y directivos que se vinculen con el Centro de Procesos e Innovación para la Industria Sostenible CEPIIS, lo anterior es fundamental para divulgar los procedimientos de emergencia, la identificación de riesgos y manejo de sustancias para el personal lo cual garantiza la preparación constante y actualizada a todos los elementos expuestos.

Se sugiere realizar los mantenimientos preventivos y correctivos en cada uno de los Centros de procesos e innovación para la Industria Sostenible de acuerdo con los P&ID's, lo anterior debe realizar personal 100% capacitado para dicha labor, y este, deberá contar los Elementos de Protección Personal EPP, afiliación a ARL riesgo 5, y deberá poseer las condiciones técnicas para la elaboración de dicha actividad.

Se deberá contemplar la inmersión de charlas, cursos o actividades para la divulgación del plan no solo en el Centro de Procesos e Innovación para la Industria Sostenible, si no para los elementos expuestos, pues a lo largo del presente Plan, se logró evidenciar que hay amenazas cuyo grado de propagación logra expandirse a muchas más áreas, por lo tanto, transmitir la información sobre las amenazas y las acciones preventivas es clave para crear conciencia y seguridad a los estudiantes y operativos de la institución educativa.

Finalmente, como se logró evidenciar en el desarrollo del presente documento, las medidas de manejo de contingencia enmarcadas en el Plan, se lograrían con efectividad con un 60% por parte de apoyo de entidades externas, por lo tanto, se sugiere establecer relaciones con entidades de apoyo externo como cuerpos de emergencia, bomberos, policía, entre otros, con la finalidad de solicitar ayuda oportuna en caso de emergencia, pues la coordinación con los organismos de apoyo es esencial para una respuesta efectiva.