

UNIVERSIDAD NACIONAL DEL COMAHUE
FACULTAD DE INGENIERÍA



PROYECTO INTEGRADOR PROFESIONAL

“TABLERO DE CONTROL PARA EL SEGUIMIENTO
DE DERRAMES DE HIDROCARBUROS E IMPACTO
AMBIENTAL”

Autora:

Rossi Caldas, Giuliana Mariel

Directora:

MSc. Ing. Flavia Ruiz.

Neuquén, 19/ Noviembre/ 2024

RESUMEN

El presente Proyecto Integrador Profesional (PIP), presenta la elaboración e implementación de un tablero de control que permite evaluar derrames e impactos ambientales. El mismo surge en la pasantía realizada en la Compañía YPF, en el transcurso del año 2023, en el sector de Excelencia Operacional Medio Ambiente EPN & RDLS.

El objetivo del presente trabajo es aplicar conocimientos de la carrera de Ingeniería en Petróleo para abordar los impactos ambientales derivados de las operaciones petroleras, especialmente en el control de derrames, un aspecto crítico para la sostenibilidad del sector, colaborando a la mejora del Sistema de Gestión Ambiental de una empresa de producción de hidrocarburos.

Este proyecto integrador profesional enfocado de forma transversal para los tres sectores presentes en la industria, busca establecer una herramienta de control ambiental que permita una mejor toma de decisiones y minimice los riesgos ambientales, mejorando la sostenibilidad y eficiencia operativa en la industria petrolera.

Se propone el monitoreo mediante la creación de nuevos indicadores para mitigar el riesgo ambiental y económico, con el objetivo de incrementar la competitividad de la empresa mediante un control ambiental riguroso y comunicación preventiva



ABSTRACT

This Professional Integration Project (PIP) presents the development and implementation of a control panel that allows evaluating spills and environmental impacts. It arises in the internship carried out at the YPF Company, during the year 2023, in the EPN & RDLS Environment Operational Excellence sector.

The objective of this work is to apply knowledge from the Petroleum Engineering degree to address the environmental impacts derived from oil operations, especially in spill control, a critical aspect for the sustainability of the sector, collaborating to improve the Management System.

This professional integrative project focused transversally for the three sectors present in the industry, seeks to establish an environmental control tool that allows better decision making and minimizes environmental risks, improving sustainability and operational efficiency in the oil industry.

Monitoring is proposed through the creation of new indicators to mitigate environmental and economic risk, with the aim of increasing the company's competitiveness through rigorous environmental control and preventive communication.



AGRADECIMIENTOS

A la Universidad Nacional del Comahue y a todos sus integrantes.

A mi tutora por brindarme su tiempo, paciencia y enseñanza.

A mis profesores que durante toda la carrera me han ayudado a formarme como persona y profesional.

A mis compañeros tanto de la universidad como en el marco de la pasantía en el sector de Excelencia Operacional Medio Ambiente de la compañía de YPF.

A mi familia por su apoyo y aliento en todos estos años.

ÍNDICE

RESUMEN.....	1
ABSTRACT	2
AGRADECIMIENTOS	3
GLOSARIO DE PALABRAS CLAVES.....	6
Capítulo 1 INTRODUCCIÓN.....	7
1.1 Relevancia del seguimiento de derrames de hidrocarburos	7
1.2 Objetivos	8
1.3 Ventajas de implementar un tablero de control.....	8
Capítulo 2 MARCO TEÓRICO	10
2.1 La industria del petróleo y su impacto ambiental	10
2.2 Registro de incidentes de derrames en Argentina	13
2.3 Normativas y regulaciones ambientales.....	19
2.3.1 Normativa Argentina.....	19
2.3.2 Normativas Provinciales	21
2.3.3 Estándares y Protocolos Industriales.....	27
2.4 Derrames de hidrocarburos: definición y tipología.....	31
2.5 Impacto ambiental.....	32
2.6 Indicadores de control y gestión de derrames	33
Capítulo 3 GESTIÓN DE UN INCIDENTE MEDIO AMBIENTAL.....	34
3.1 Introducción a la Gestión de Incidentes Ambientales.....	34
3.2 Objetivos de la Gestión de Incidentes Ambientales.....	35
3.3 Herramientas de control	35
Capítulo 4 ELABORACIÓN DEL TABLERO DE CONTROL.....	42
4.1 Indicadores	42
4.1.1 Indicador de volumen derramado (IVD).....	42
4.1.2 Volumen promedio por evento (VPE)	43



4.1.3 Porcentaje de volumen de derrame mayor (% VDM).....	43
4.1.4 Porcentaje de volumen de derrame menor (% VDMe).....	44
4.1.5 Volumen promedio de derrame mayor (VDM)	44
4.1.6 Volumen promedio de derrame menor (VDMe).....	44
4.2 Tablero de Control	45
4.3 Implementación del Tablero de Control	49
Capítulo 5 ANÁLISIS DE RESULTADOS	53
Capítulo 6 CONCLUSIONES	62
REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	64

GLOSARIO DE PALABRAS CLAVES

- **DERRAME:** Situaciones accidentales en las cuales una sustancia o un residuo peligroso o no, tiene posibilidad de ingresar directamente al ambiente
- **UPSTREAM:** Sector dentro de la industria del petróleo encargado de todas las actividades relacionadas con la identificación de yacimientos y la extracción de petróleo y gas (exploración, perforación y producción).
- **MIDSTREAM:** Sector operativo de la industria petrolera que comprende el transporte, almacenamiento, procesamiento inicial y comercialización de petróleo crudo y gas natural (transporte y almacenamiento).
- **DOWNSTREAM:** Dentro de la industria comprende las actividades de refinación, distribución y venta.
- **INDICADOR:** Representación medible de la condición o el estado de las operaciones, la gestión o las condiciones.
- **INCIDENTE AMBIENTAL:** Evento inesperado, que bajo condiciones no controladas pueda afectar directa o indirectamente la seguridad y la salud de la comunidad involucrada, generando pérdidas e impactos negativos sobre varios o todos los elementos del ambiente.

Capítulo 1 INTRODUCCIÓN

En la industria del petróleo, los derrames de hidrocarburos son uno de los principales riesgos ambientales asociados a las operaciones de exploración, producción, transporte y distribución de petróleo y sus derivados. A pesar de los avances en tecnologías de prevención y contención, los derrames de crudo continúan ocurriendo, ya sea por fallos en equipos, errores humanos, condiciones climáticas adversas o situaciones imprevistas. Estos derrames pueden causar daños graves y a veces irreversibles al medio ambiente, afectando directamente a los ecosistemas, la biodiversidad y la salud de las comunidades cercanas.

Sin embargo, en retrospectiva se han tenido avances en lo que a materia de prevención de derrames de hidrocarburos se refiere, gracias a la mejora continua de los estándares de seguridad, la innovación tecnológica y la implementación de prácticas operativas más rigurosas. Estos avances permiten detectar de manera anticipada posibles fallos en los equipos y prever condiciones que podrían derivar en incidentes. Además, la capacitación continua de los trabajadores en prácticas de seguridad y la adopción de normativas más estrictas han contribuido a reducir tanto la frecuencia como la magnitud de los derrames. El desarrollo de sistemas de contención más eficaces y el uso de materiales más resistentes en la infraestructura de transporte y almacenamiento son también logros que han minimizado las consecuencias de estos incidentes, limitando el daño ambiental y ayudando a proteger a las comunidades cercanas.

1.1 Relevancia del seguimiento de derrames de hidrocarburos

El seguimiento y control de estos derrames es crucial para mitigar sus efectos y para cumplir con las normativas ambientales que rigen la industria. La detección temprana de estos incidentes permite activar protocolos de respuesta rápida, minimizando el tiempo de exposición del ecosistema a los contaminantes y reduciendo el impacto total del incidente. Sin embargo, la complejidad de las operaciones y la falta de herramientas adecuadas para monitorear estos eventos han hecho que muchas empresas enfrenten dificultades en la gestión eficiente de los derrames, a pesar del trabajo de prevención de los mismos.

1.2 Objetivos

Bajo la detección de que los derrames ocurren y se registran, y en pos de resolver las operaciones hacia prácticas sustentables se identificó que el volumen de datos almacenados no permitía trabajar los datos hacia el modelo preventivo, propulsando así los objetivos generales siguientes:

- Implementar un tablero de control que permita evaluar derrames e impactos ambientales.
- Obtener datos analíticos y generar gráficos de los derrames ocurridos que permita visualizar y controlar las pérdidas de crudo y agua inyectada.
- Estudiar y destacar la importancia del impacto ambiental producido por los derrames.
- Realizar una revisión de las normativas, estándares y regulaciones relacionadas con los incidentes ambientales avocados a derrames mayores y menores.
- Establecer indicadores que permitan conocer y comparar las pérdidas ocurridas contemplando la magnitud del derrame.

1.3 Ventajas de implementar un tablero de control

A medida que aumenta la conciencia sobre los riesgos ambientales y las consecuencias de los derrames de hidrocarburos, las empresas enfrentan una mayor presión para mejorar sus prácticas de gestión ambiental. En este contexto, surge la necesidad de herramientas más sofisticadas que permitan a las compañías monitorear, controlar y prevenir derrames de manera eficiente.

Un tablero de control para el seguimiento de derrames de hidrocarburos es una herramienta que permite la visualización y análisis de datos, lo cual es fundamental para una gestión proactiva de los incidentes.

Algunas de las razones por las cuales un tablero de control es beneficioso para las compañías son:

- **Monitoreo continuo:** Los tableros de control proporcionan a las empresas la capacidad de monitorear los procesos operativos incluyendo los derrames. Al detectar los incidentes se puede responder minimizando el daño ambiental y reduciendo las pérdidas económicas.
- **Análisis de datos:** Los tableros almacenan datos históricos, lo que facilita el análisis de patrones recurrentes. Esto es crucial para identificar áreas vulnerables y mejorar las estrategias de mitigación y preventivas. Además, con el uso de modelos predictivos, las empresas pueden anticiparse a posibles derrames y tomar medidas antes de que ocurran.
- **Generación de reportes para la toma de decisiones:** Un tablero de control facilita la toma de decisiones al ofrecer una visión clara y estructurada de los datos. Los reportes con gráficos y métricas ayudan a la compañía a evaluar el desempeño de las medidas de contención y a implementar mejoras en los protocolos de seguridad.
- **Cumplimiento de normativas y estándares:** En la industria petrolera, cumplir con las regulaciones ambientales es fundamental para evitar sanciones y mantener la licencia para operar. Un tablero de control proporciona la transparencia necesaria para demostrar que las empresas están gestionando adecuadamente sus riesgos ambientales y que cuentan con un plan de acción en caso de derrames.
- **Optimización de recursos y mejora continua:** Al centralizar la información y optimizar el proceso de monitoreo, los tableros de control permiten una gestión más eficiente de los recursos. Esto no solo mejora la actuación ambiental de las empresas, sino que también puede traducirse en un aumento de la productividad y competitividad de la organización.

Capítulo 2 MARCO TEÓRICO

El presente marco teórico tiene como objetivo introducir una base conceptual sobre la cual se desarrollará el análisis y el diseño del tablero de control para el seguimiento de derrames de hidrocarburos y su impacto ambiental. En la industria petrolera, los derrames de crudo y otros subproductos representan uno de los riesgos ambientales más significativos, ya que pueden afectar gravemente a los ecosistemas terrestres y acuáticos y, en consecuencia, a las comunidades humanas cercanas a las áreas de operación.

Para comprender en profundidad el problema, este marco teórico revisará conceptos básicos relacionados con la industria petrolera y sus procesos principales, el impacto ambiental de los derrames, los principios de la gestión ambiental y los indicadores de desempeño ambiental aplicados a la gestión de derrames. Asimismo, se analizarán las normativas ambientales vigentes, que guían las prácticas y protocolos de sostenibilidad en esta industria.

La revisión de estos conceptos es fundamental para el diseño de un sistema de monitoreo y control eficiente, que permita a las empresas no solo minimizar sus impactos ambientales, sino también mejorar su desempeño en términos de sostenibilidad y cumplimiento normativo.

2.1 La industria del petróleo y su impacto ambiental

La industria petrolera desempeña un papel crucial en la economía global, proveyendo combustibles y productos derivados que son esenciales para el funcionamiento de múltiples sectores. Sin embargo, debido a la naturaleza de sus actividades, esta industria también representa uno de los mayores desafíos ambientales a nivel mundial.

La misma está dividida en tres grandes sectores operativos upstream, midstream y downstream. Cada uno de estos sectores desempeña un papel esencial en la cadena de suministro de los hidrocarburos, desde la exploración hasta la distribución final. Debido a la complejidad y escala de estas actividades, los riesgos de derrames son elevados y suelen asociarse a fallos operativos, errores humanos y problemas en la integridad de las infraestructuras.

Cada fase enfrenta riesgos¹ específicos relacionados con los derrames de hidrocarburos, que pueden tener impactos significativos tanto en el medio ambiente como en las operaciones.

El sector upstream comprende todas las fases de exploración, extracción, y producción, es decir, todas las actividades relacionadas con la identificación de yacimientos y la extracción de petróleo y gas.

Los riesgos de derrames en este sector están principalmente asociados a las operaciones de perforación y producción, donde las fugas de crudo o gas pueden ocurrir debido a:

- **Fallos en los pozos**: Problemas técnicos durante la perforación o la integridad de los pozos pueden provocar fugas de petróleo desde el subsuelo hacia la superficie o hacia aguas subterráneas.
- **Accidentes en plataformas**: La remota ubicación de las plataformas de extracción, o su ubicación en entornos sensibles ya sea en tierra o en el mar, hace que los derrames con el potencial de causar daños a gran escala en el ecosistema sean más difíciles de detectar y controlar. Las tareas de monitoreo se dificultan al igual que la respuesta rápida ante derrames, agravando los riesgos.
- **Explosiones o incendios**: La manipulación de gases y crudo altamente inflamables puede resultar en explosiones que liberan grandes cantidades de hidrocarburos.
- **Fugas en tuberías de recolección**: En el transporte del petróleo desde los pozos a las instalaciones de procesamiento inicial, pueden ocurrir derrames si las tuberías de recolección sufren corrosión o rupturas.

El sector midstream comprende el transporte, almacenamiento, procesamiento inicial y comercialización de petróleo crudo y gas natural.

El crudo y el gas son transportados desde los lugares de producción hasta las refinerías o plantas de procesamiento a través de oleoductos, gasoductos, barcos cisterna, camiones cisterna, entre otros. Para el almacenamiento se utilizan tanques y depósitos de grandes volúmenes en los cuales se almacena el crudo o productos derivados. El

¹ API 750 Management of Process Hazards.

procesamiento inicial incluye el tratamiento preliminar del crudo y gas para eliminar impurezas y hacerlos aptos para su transporte o refinamiento.

Este sector es crítico en términos de riesgo ambiental, ya que un fallo en la infraestructura de transporte o almacenamiento puede liberar grandes volúmenes de petróleo, lo que representa una amenaza considerable para los suelos, cursos de agua y comunidades cercanas. Los sistemas de transporte deben contar con un monitoreo constante para detectar posibles fallos o fugas, que, de no ser atendidos a tiempo, pueden tener consecuencias ambientales graves.

Los derrames suelen ocurrir durante el transporte y almacenamiento, donde las principales fuentes de riesgo incluyen:

- **Ruptura de oleoductos y gasoductos:** Los derrames pueden producirse cuando los oleoductos se corroen, son dañados por excavaciones o fallan debido a la presión interna. Las fugas en estos ductos suelen ser grandes y difíciles de contener rápidamente, especialmente cuando están ubicados en áreas remotas o bajo el agua.
- **Fallos en los tanques de almacenamiento:** Los tanques donde se almacena el petróleo o sus productos derivados también pueden ser fuente de derrames si sufren rupturas o fugas, especialmente en instalaciones mal mantenidas o en zonas sísmicas.

El sector downstream abarca las actividades que se llevan a cabo una vez que el crudo ha sido transportado a las refinerías para su procesamiento. Aquí, el petróleo se refina para producir productos finales como gasolina, diésel, plásticos, productos químicos, y más. También incluye la distribución y comercialización de estos productos a nivel global. Por lo tanto, las actividades clave del sector son refinación (conversión del crudo en productos utilizables a través de procesos químicos), distribución (transporte de productos refinados hacia los consumidores) y comercialización (venta de productos refinados al por mayor y al por menor).

Este sector tiende a enfrentar derrames a pequeña escala, pero debido a la naturaleza tóxica de los productos refinados, incluso pequeñas fugas pueden tener consecuencias ambientales severas, especialmente si no se detectan a tiempo.

Las fuentes de riesgo incluyen:

- **Derrames en las refinerías:** Durante el proceso de refinación, pueden producirse derrames debido a fallos en las tuberías, tanques o equipos de procesamiento.
- **Fugas durante el transporte de productos refinados:** Al igual que en el midstream, el transporte de productos refinados por oleoductos y camiones también presenta riesgos significativos de derrames, especialmente si la infraestructura es antigua o no se realiza un mantenimiento adecuado.
- **Derrames en instalaciones de distribución:** Las estaciones de servicio, terminales y otras instalaciones de distribución también pueden ser fuentes de derrames menores, que a largo plazo pueden tener impactos ambientales locales acumulativos si no se gestionan adecuadamente.

Un tablero de control eficiente que cubra los tres sectores de manera transversal permitiría gestionar y mitigar estos riesgos de forma más eficaz, contribuyendo no solo a reducir el impacto ambiental de los derrames, sino también a optimizar las operaciones de la industria y cumplir con las normativas de seguridad y medioambiente

2.2 Registro de incidentes de derrames en Argentina

En Argentina, aunque los incidentes de derrame han ocurrido a lo largo del tiempo, su escala no ha alcanzado la magnitud en comparación con otros ocurridos a nivel global, como *Deepwater Horizon* (Golfo de México en 2010, que liberó millones de barriles de petróleo en el océano). Si bien existen casos de derrames significativos, como los que se ampliarán a modo de ejemplo más adelante, no se ha registrado un evento que genere un impacto ambiental y social tan devastador como para ser incluido en el compendio de la CCPS². A diferencia de otros países que cuentan con entidades reguladoras y sistemas entre compañías para la recopilación y análisis de datos de incidentes, en Argentina no existe un compendio exhaustivo a nivel nacional ni un mecanismo independiente que permita comparar y estudiar los incidentes de manera integral. Aunque las empresas están legalmente obligadas a reportar incidentes ambientales a las autoridades provinciales y

² CCPS: Center for Chemical Process Safety: organización internacional especializada en la seguridad de procesos. Establecida en 1985 por el Instituto Americano de Ingenieros Químicos (AIChE) con el objetivo de ayudar a la industria a evitar o reducir accidentes químicos catastróficos.

nacionales, estos registros suelen mantenerse de forma aislada, limitando el análisis comparativo y el aprendizaje colaborativo entre compañías.

Implementar una herramienta de monitoreo y reporte unificado a nivel nacional contribuiría a disminuir la cantidad de incidentes de la industria con la reducción del riesgo ambiental.

A continuación, se mencionarán algunos de los incidentes más significativos en la historia de la industria petrolera Argentina. Estos incidentes, si bien son de magnitudes diferentes y no alcanzan el nivel de catástrofes globales, vuelven a señalar la falta de un sistema unificado para la recopilación y análisis de datos de incidentes:

- Derrame en el Río de la Plata (1999)³

El 15 de enero de 1999, frente a las costas de Magdalena, provincia de Buenos Aires, el barco Sea Paraná, impactó contra el buque Estrella Pampeana de la empresa Shell. En su bodega se transportaban más de 30 mil metros cúbicos de hidrocarburos. Minutos después, unos 5.400.000 litros de petróleo flotaban en las aguas del Río de la Plata y se iban acumulando en la costa bonaerense.

El petróleo no solamente afectó a la flora y la fauna, sino a las microeconomías locales dado que el acceso al agua estuvo vedado tres veranos en el balneario de Magdalena, mientras que los recolectores de junco y los pescadores artesanales se vieron impedidos de continuar con estas actividades de subsistencia.



FIGURA 1 Costas afectadas por el derrame (Fuente: argenports).

³ Fuentes: Infobae.com “A dos décadas del mayor derrame de petróleo sobre agua dulce de la historia mundial” y argenports.com “Se cumplen 25 años del derrame de Magdalena, el “más grande del mundo” en agua dulce”



FIGURA 2 Costa de Magdalena (Fuente: argenports).

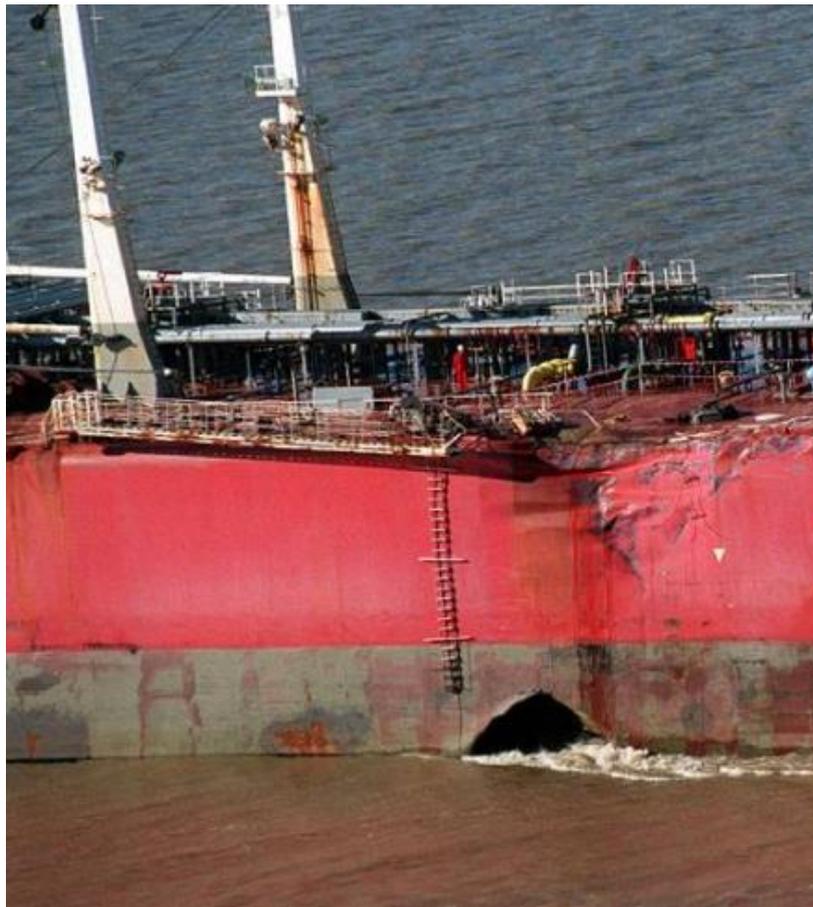


FIGURA 3 El buque petrolero Estrella Pampeana luce serios daños tras ser embestido por el Sea Paraná (Fuente: argenports).

- Derrame en Golfo San Jorge (2007)⁴:

En el centro del Golfo San Jorge, Argentina, se encuentra la ciudad de Comodoro Rivadavia, con un frente de costa de aproximadamente 36 km. La playa de Caleta Córdova corresponde al límite norte y tiene una extensión de 4 km.

El 26 de diciembre de 2007, ocurrió un derrame de hidrocarburos en Caleta Córdova, un barrio pesquero, causado por el buque petrolero “Presidente Arturo Illia”, operado por la empresa Antares Naviera S.A. Este incidente liberó más de 300 metros cúbicos de petróleo en el mar. La falta de notificación inmediata por parte del capitán del buque agravó el impacto ambiental, cubriendo aproximadamente cuatro kilómetros de costa y afectando a especies marinas y aves. En la investigación judicial, se determinó que tenía fallas de mantenimiento.

Un año después, el 2 de diciembre de 2008, se produjo otro derrame de menor magnitud ocasionado por otro buque “Genmar Spyridon” el cual tuvo una fuga de crudo que afectó la costa de Barracas Blancas, aunque en este caso se activaron mecanismos de contención y seguridad que en el año 2007 no se disponían.

Luego, de este último incidente, la Terminal Marítima Patagónica (Termap), que se encarga de la carga de hidrocarburos en la región del Golfo San Jorge, fue investigada por su rol en la supervisión de la seguridad de estos buques, dado que su función es colaborar en la carga y garantizar el proceso seguro hasta que los buques se retiren.



FIGURA 4 Costa de Comodoro Rivadavia (Fuente: Fundación Ecosur).

⁴ Fuentes: intra.ada.gba.gov.ar “Chubut: Hace un año Caleta Córdova sufría un derrame petrolero de proporciones”; carbono.news “Chubut: histórico juicio por un derrame petrolero en Comodoro Rivadavia”



FIGURA 5 Costa de Caleta Córdova (Fuente: Fundación Ecosur).

- Derrame en el Río Colorado (2021)⁵:

El 10 de diciembre del 2021, se produjo la ruptura del oleoducto que conecta la estación de bombeo El Medanito con la estación de bombeo de Rincón de los Sauces, en Neuquén. Esto ocasionó un derrame petrolero en los yacimientos en explotación de Vaca Muerta, cerca de Catriel y a solo 5 km del río Colorado. Se considera el mayor derrame de la última década en la región norpatagónica.

⁵ Fuentes: opsur.org.ar “Un nuevo desastre ambiental del modelo extractivo” y laizquierdadiario.com “Crimen ambiental. El derrame de petróleo en Río Negro superó los 3 millones de litros y desnudó el extractivismo feroz”

La contaminación en la zona de Catriel data de años, ya que es el corazón de la explotación convencional de hidrocarburos de Río Negro. Entre 2011 y 2015 contabilizó 1900 m³ de petróleo y 25.600 m³ de agua de producción e inyección derramadas en los alrededores del río.



FIGURA 6 Derrame de crudo en Medanito (Fuente infobae).



FIGURA 7 . Derrame de crudo en Medanito (Fuente diario La izquierda).

2.3 Normativas y regulaciones ambientales

El cumplimiento de normativas y regulaciones ambientales es fundamental en la industria petrolera, ya que sus operaciones pueden tener un impacto significativo en el entorno. En este apartado, se realizó un breve análisis de algunas normativas y regulaciones tanto a nivel nacional como provincial que rigen la gestión de derrames de hidrocarburos, así como también de los estándares y protocolos industriales que orientan a las empresas hacia una gestión ambiental responsable.

2.3.1 Normativa Argentina

Las principales leyes y normativas aplicables en relación con la gestión de derrames y la protección del medio ambiente son:

- **Ley General del Ambiente (Ley N.º 25.675/2002):** Esta ley establece los principios de la política ambiental. Tiene por objeto prevenir daños ambientales, proveer las condiciones necesarias para garantizar la dinámica de los sistemas ecológicos y asegurar la preservación ambiental y el desarrollo sustentable. Además, establece la responsabilidad de las empresas en cuanto a la gestión de sus impactos.
- **Ley de Residuos Peligrosos (Ley N.º 24.051):** Regula la generación, manipulación, transporte, tratamiento y disposición final de residuos peligrosos. Esto incluye aquellos derivados de actividades petroleras. Esta ley obliga a las empresas a identificar, clasificar, transportar y disponer adecuadamente los residuos peligrosos (como los desechos generados en la contención y limpieza de derrames).
- **Normas de Calidad Ambiental y Residuos Peligrosos (Decreto 831/1993):** Complementa la Ley de Residuos Peligrosos, estableciendo criterios de calidad para suelos, aguas y el ambiente en general. También establece sanciones para las empresas que infrinjan las normativas.

- **Normas Argentinas mínimas para la protección ambiental en el transporte y distribución de gas natural y otros gases por cañerías (Enargas 2019):** El propósito de esta norma es especificar los criterios y exigencias técnicas mínimas para identificar y cuantificar impactos ambientales, formular medidas preventivas y correctivas de dichos impactos, establecer pautas y procedimientos comunes a los distintos estudios e informes ambientales durante las etapas de planificación, diseño, construcción, operación, mantenimiento y abandono o retiro de sistemas de transmisión y de sistemas de distribución de gas, y de las respectivas instalaciones complementarias.

Su finalidad no solo protege al medio ambiente, sino que proporciona un marco para la identificación y control de factores de riesgo. Al definir medidas de protección y criterios de evaluación, sienta una base sólida para que las empresas identifiquen y gestionen adecuadamente los factores que podrían afectar al medio ambiente en sus operaciones.

- **Secretaría de Energía de la Nación (Resolución 24/2004):** Establece la obligación de las compañías que operan en la exploración y explotación de hidrocarburos en Argentina de notificar y documentar incidentes ambientales. Brinda las directrices para la notificación y documentación de los incidentes ambientales. Esta resolución clasifica los incidentes según su impacto, definiendo criterios específicos para los llamados Incidentes Mayores y Menores.

Resumen de los artículos y anexos principales:

- **Notificación de Incidentes:** Las empresas deben informar a la Subsecretaría de Combustibles en un plazo de 24 horas cuando ocurra un Incidente Mayor. Estos incidentes son aquellos que afectan o podrían afectar a personas, recursos naturales o valores socioeconómicos. Los Incidentes Menores, deben ser documentados y registrados por las empresas y los registros deben estar disponibles para la Subsecretaría cuando sean solicitados.

- **Clasificación de Incidentes Ambientales:**

Los incidentes mayores incluyen eventos como:

- a) Derrames de fluidos con hidrocarburos en concentraciones mayores a 50 ppm y con un volumen superior a 5 m³.
- b) Derrames de fluidos con concentraciones menores a 50 ppm y con un volumen superior a 10 m³.
- c) Incendios y/o explosiones.
- d) Escapes de gases tóxicos.
- e) Incidentes con fuentes radioactivas.
- f) Eventos relacionados con el transporte y manejo de explosivos.
- g) Cualquier incidente relacionado con productos químicos, productos inflamables y sustancias peligrosas, en uso o para uso en la operación, incluyendo el transporte desde el punto de embarque.
- h) Todo aquel incidente ambiental que, independientemente de su magnitud, tome relevancia en función de su notoria afectación a la comunidad.

Los incidentes menores comprenden aquellos eventos que no cumplen con los criterios de los incidentes mayores.

2.3.2 Normativas Provinciales

Cada provincia Argentina tiene autonomía para establecer sus propias normas ambientales, adaptadas a sus necesidades y contextos específicos.

Para el alcance que tiene el desarrollo del presente proyecto integrador profesional, se tendrán en cuenta las siguientes:

Provincia de Neuquén:

- **Ley N°1875- Decreto reglamentario N° 2656 del 10/09/99-ANEXO VII- Capítulo XII:** Establece normas ambientales específicas para la gestión de derrames en actividades hidrocarburíferas. A continuación, se resumen los artículos principales:

- Responsabilidad de las Operadoras (Artículo 54): Las empresas son responsables directas de los derrames y deben notificar a la Autoridad de Aplicación rápidamente, además de iniciar inmediatamente la remediación de los daños causados.
- Deber de Comunicación (Artículo 55): Todos los derrames deben ser comunicados a la Autoridad de Aplicación, sin importar volumen, composición, características físicas, grado de peligrosidad u otra identificación.
- Plazos de Comunicación (Artículo 56): Los derrames se deben informar según el siguiente esquema:
 - Derrames superiores a 10 m³: notificar en 12 horas.
 - Derrames menores a 10 m³ en áreas sensibles (como llanuras aluvionales, zonas urbanas o áreas productivas): notificar en 12 horas.
 - Derrames menores a 10 m³ en zonas no sensibles y sin riesgo potencial: notificar en 5 días.
 - Derrames menores a 10 m³ dentro de las instalaciones, sin riesgo de contaminación o con saneamiento inmediato: notificar en 5 días.
- Remediación y Comunicación (Artículo 57): Las acciones de saneamiento realizadas deben ser informadas a la Autoridad de Aplicación en un plazo de 30 días después del incidente.
- Comunicación Interjurisdiccional (Artículo 58): Además de informar a la Autoridad de Aplicación, los derrames deben ser comunicados a los comités interjurisdiccionales de cuencas de los ríos Colorado, Neuquén, Limay y Negro si fuera necesario.
- Planes de Contingencia (Artículo 59): Las operadoras deben tener planes de contingencia y emergencia con equipos y tecnología avanzada para controlar derrames. Estos planes deben ser aprobados previamente por la Autoridad de Aplicación.

Decreto N° 2656/99 modificado por el **Decreto 422/13 y 2263/13**. Entre sus principales disposiciones se encuentran la prohibición de alterar la aptitud de los suelos con agentes químicos, físicos o biológicos. Obligación de los responsables de contratar seguros ambientales. Creación de una Comisión

Técnica Especial para proyectar un Código de Medio Ambiente y Desarrollo Sustentable. Creación de una guía para las presentaciones. El Anexo III: establece los formularios Guía para las presentaciones, en el Anexo IV el listado no taxativo de actividades que requieren de la presentación de Informe Ambiental y en el Anexo V el listado no taxativo de actividades que requieren la presentación de Estudio de Impacto Ambiental.

- **Ley 2600/2008:** establece regulaciones para la protección ambiental en actividades hidrocarburíferas, exigiendo a las empresas:
 - **Obligatoriedad del Certificado Ambiental:** Todas las empresas, locales o extranjeras, deben obtener este certificado para realizar actividades de exploración, explotación, almacenamiento y transporte de hidrocarburos en Neuquén.
 - **Plazos para la Obtención del Certificado.**
 - **Responsabilidades Municipales:** Los municipios que adhieran a la ley tienen a cargo la inspección y control ambiental dentro de sus jurisdicciones, debiendo emitir constancias que se presentan a la autoridad provincial para el otorgamiento del certificado.
 - **Creación de un Registro Ambiental**
 - **Informes Anuales y Control de Insumos:** Las empresas deben reportar anualmente los insumos químicos utilizados y notificar cualquier incidente ambiental, además de cumplir con inspecciones anuales para renovar el certificado.
 - **Tasas y Financiamiento:** La ley establece una tasa ambiental anual, regulada por el Poder Ejecutivo provincial, y autoriza a los municipios a cobrar tasas por sus inspecciones ambientales.

- **Disposición 415/2017:** dispone el informe que las empresas operadoras deben completar cuando se inicia y finaliza el incidente ambiental, a su vez requiere que las operadoras presenten el registro de todos los derrames en los Informes de Monitoreo Ambiental Anual (IMMA).
En las figuras 8 y 9 se muestran los informes que establece esta disposición, es interesante observar los datos a completar.

INFORME INICIAL				
1- DATOS DE LA EMPRESA				
OPERADORA				
ÁREA				
YACIMIENTO				
2 - DETALLES DEL INCIDENTE				
FECHA DE OCURRENCIA				HORA
COORDENADAS (GAUSS KRUGER - POSGAR 94)		X =	Y =	
Magnitud del Incidente (menor/mayor)		Se utiliza Plan de Contingencia		
TIPO DE INSTALACIÓN DONDE OCURRE				
Pozo		Planta		Satélite
Batería		Ducto		Instalación auxiliar
Linea de conducción / Inyección Indicar material que la compone				
Otras (especifique)				
NOMENCLATURA DE LA INSTALACIÓN				
TIPO DE FLUIDO DERRAMADO				
SUPERFICIE AFECTADA (m ²)				
VOLUMEN DERRAMADO (m ³)				
% AGUA DERRAMADO				
VOLUMEN RECUPERADO (m ³)				
CAUSAS Y DESCRIPCIÓN DEL INCIDENTE				
AFECTACIÓN FUERA DE LÍMITES DE PREDIO/ LOCACIÓN		NO		SI
RECURSO AFECTADO	SUELO*	NO		SI
	*Afecta cruce hidrico	NO		SI
	AGUA	NO		SI
	VEGETACIÓN	NO		SI
3 - ADJUNTOS				
MATERIAL FOTOGRÁFICO E IMAGEN SATELITAL				

FIGURA 8 INFORME INICIAL Disposición provincial 415/2017.

INFORME FINAL					
1 - DATOS DE LA EMPRESA					
OPERADORA					
ÁREA					
YACIMIENTO					
2 - DETALLES DEL INCIDENTE					
FECHA DE OCURRENCIA				HORA	
COORDENADAS (GAUSS KRUGER - POSGAR 94)	X =		Y =		
NOMENCLATURA DE LA INSTALACIÓN					
3 - TAREAS REALIZADAS					
A - GESTIÓN DEL RESIDUO					
CATEGORÍA SOMETIDA A CONTROL (Y)					
RETIRO	SI		NO		
VOLUMEN (m ³)					
EMPRESA TRANSPORTISTA					
EMPRESA OPERADORA			DESTINO		
SITIO DE DISPOSICIÓN FINAL					
B - GESTIÓN DEL SITIO					
APORTE DE MATERIAL	SI		NO		
VOLUMEN APORTADO (m ³)					
TIPO Y PROCEDENCIA					
4 - RECURSOS AFECTADOS					
SUELO			SUPERFICIE (m ²)		
			TIPO		
AGUA	SUPERFICIAL	SI		NO	
	SUBTERRÁNEA	SI		NO	
VEGETACIÓN		SI		NO	
		SUPERFICIE (m ²)			

FIGURA 9 INFORME FINAL Disposición provincial 415/2017.

Provincia de Mendoza:

- **Ley 5961/1992** Preservación del Medio Ambiente: tiene el objetivo de resguardar el equilibrio ecológico y el desarrollo sustentable. La ley establece que cada municipio debe determinar las obras y actividades que pueden alterar el equilibrio ecológico y ambiental de su territorio, y que deben someterse a una evaluación de impacto ambiental (EIA). En el Título V “del impacto ambiental” se establecen los procedimientos y lineamientos para la EIA y la declaración de impacto ambiental (D.I.A.).
- **Decreto 437/1993**, establece en su **artículo 13** que: Las empresas están obligadas a reportar al Registro de la Situación Ambiental de la Producción Petrolera (RSAPP) cualquier hecho que provoque algún perjuicio, actual o

potencial, al ambiente ocurrido durante el proceso de exploración, explotación, transporte, almacenamiento y refinamiento, dentro de las 12 horas de ocurrido el hecho. Sin perjuicio de lo expuesto, las empresas mencionadas se encuentran expresamente obligadas a efectuar en la contingencia, todas las medidas preventivas y correctivas que la buena técnica exige a fin de evitar y mitigar los daños producidos al ambiente."

- **Resolución 1620/2017** - Departamento General de Irrigación, el **Art. N°1**: establece que las empresas operadoras de yacimientos petroleros deberán cumplir con la obligación de reportar los incidentes al ambiente ocurridos durante el proceso de exploración, explotación, Transporte, almacenamiento y refinamiento, dentro de las doce (12) horas de ocurrido el hecho, en forma concordante y complementaria con lo dispuesto por el Art. 33 de la Resol. N° 778/96 H.T.A. (Obligación de Autofiscalización) y en el marco de lo regulado por el Art. 13 del Decreto 437/93.
- **Resolución 52/2020**, revisión integral de la res 778/96 (departamento general de irrigación): Se encarga de regular la protección de la calidad de las aguas de dominio público provincial dentro de la provincia de Mendoza. Entre sus objetivos se encuentra la preservación y mejoramiento de la calidad de las aguas, impedir la contaminación o degradación de las mismas, tanto superficiales como subterráneas. Conservar, preservar y recuperar los ecosistemas acuáticos. Ordenar y adecuar los vertidos existentes mediante el tratamiento de los mismos, y regular los procedimientos de control de vertidos y otorgamiento de autorizaciones y permisos.
Establece que los vertidos que se realicen en efluentes de dominio público, deberán tener una autorización previa. Además, se establecen las sanciones que se recibirán en caso de incumplimiento de las condiciones de vertido o si no se contara con las autorizaciones correspondientes.
- **Resolución 177/2010** Dirección de Protección Ambiental: Requiere que las empresas petroleras presenten un "informe final de incidentes" el mismo deberá ser presentado en el plazo de 5 días posteriores a la fecha prevista en

la planilla de accidentología para la remediación del incidente, además deben presentar cada 90 días un “plano de incidentes registrados” durante ese periodo, indicando el volumen total de suelos empetrolados y, para los casos de tratamiento en yacimiento, el volumen de suelos recuperados.

Resolución 81/2018 Punto 4.5, reportes de incidentes ambientales, Departamento General de Irrigación: Las operadoras deberán reportar a las Autoridades de Aplicación cualquier incidente ocurrido en este tipo de instalaciones de acuerdo a la Normativa vigente aplicable al respecto.

- **Notificación N° DE021/2017** – Dirección General de Regalías Provincia de Mendoza: Notifica que los Operadores de Áreas de exploración y explotación de hidrocarburos deben informar a la Dirección General de Regalías los incidentes que generen pérdidas de hidrocarburos a los efectos de su verificación, cuantificación y estudio y pronunciamiento respecto de si el incidente fue caso fortuito o fuerza mayor. Se debe informar dentro de las 24hs.

2.3.3 Estándares y Protocolos Industriales

La industria petrolera sigue estándares y protocolos de sostenibilidad y calidad que promueven la reducción de impactos ambientales.

La Organización Internacional de Normalización (ISO) es una federación mundial de organismos nacionales de normalización (organismos miembros de ISO). El trabajo de preparación de las normas internacionales normalmente se realiza a través de los comités técnicos de ISO. Cada organismo miembro interesado en una materia para la cual se haya establecido un comité técnico, tiene el derecho de estar representado en dicho comité. Las organizaciones internacionales, públicas y privadas, en coordinación con ISO, también participan en el trabajo.

Entre los más importantes para la gestión de derrames se encuentran:

- **ISO 14001/1996** Sistema de Gestión Ambiental: Este estándar internacional define los requisitos para establecer, implementar, mantener y mejorar un

sistema de gestión ambiental. Su aplicación permite a las empresas petroleras gestionar sus riesgos ambientales y mejorar su desempeño en cuanto a la prevención y control de derrames. Se centra en la planificación, la responsabilidad y la mejora continua, asegurando que los procedimientos de prevención y respuesta a derrames estén documentados y auditados regularmente.

- **ISO 14031/2013** Gestión ambiental evaluación del desempeño ambiental: es una norma que establece metodología para que las organizaciones evalúen y mejoren su desempeño ambiental. Proporciona orientación sobre el diseño y uso de la evaluación del desempeño ambiental (EDA) dentro de una organización. Es aplicable a todas las organizaciones, sin importar su tipo, tamaño, ubicación y complejidad. La misma no establece niveles de desempeño ambiental, no incluye los métodos específicos para la valoración o ponderación de los distintos tipos de impactos en diferentes tipos de sectores.

Se puede utilizar para apoyar el enfoque propio de una organización para la EDA, incluyendo su compromiso con el cumplimiento de los requisitos legales, la prevención de la contaminación y la mejora continua.

La evaluación del desempeño ambiental permite a las organizaciones medir, evaluar y comunicar su desempeño ambiental a través de indicadores clave de desempeño (ICDs), basados en información confiable y verificable.

La EDA es aplicable tanto a pequeñas como a grandes empresas y se puede utilizar para dar soporte a un sistema de gestión ambiental (SGA) o de forma independiente. Una organización con un SGA implementado, puede evaluar su desempeño ambiental frente a su política ambiental.

Los datos y la información generada por la EDA pueden utilizarse por una organización para implementar otras herramientas y técnicas de gestión ambiental de una manera coherente, transparente y rentable.

Es un proceso continuo de recopilación y evaluación de datos e información para proporcionar una evaluación actual de desempeño, así como las tendencias de desempeño a través del tiempo.

Las auditorías ambientales se pueden usar para recopilar este tipo de datos e información, ya sea como parte de la EDA, o como parte de un sistema de

gestión ambiental, para verificar si se están cumpliendo los objetivos y metas. Las auditorías de sistemas de gestión ambiental se realizan periódicamente para comprobar su conformidad con las especificaciones y el cumplimiento de los requisitos legales y de otro tipo (en la **Norma ISO 19011** se proporciona orientación sobre la auditoría de un SGA).

- **ISO 31000/2009:** Gestión del Riesgo: pauta un conjunto de directrices y principios internacionales que proporcionan un enfoque sistemático y estructurado para la identificación, evaluación, tratamiento y monitoreo de riesgos en cualquier organización. Su objetivo principal es ayudar a las organizaciones a proteger sus activos, cumplir con sus objetivos y mejorar la toma de decisiones. permitiendo a las empresas identificar, evaluar y gestionar riesgos ambientales. La aplicación de este estándar ayuda a las empresas a adoptar un enfoque proactivo, anticipándose a los riesgos y desarrollando planes de respuesta para mitigar sus efectos.

- Otras normas desarrolladas por el ISO relativas a los sistemas de gestión ambiental:
 - ISO 9001, Sistemas de gestión de la calidad — Requisitos
 - ISO 14004, Sistemas de gestión ambiental — Directrices generales sobre principios, sistemas y técnicas de apoyo
 - ISO 14005, Sistemas de gestión ambiental — Guía para la implementación de un sistema de gestión ambiental por etapas, incluyendo el empleo de la evaluación del desempeño ambiental
 - ISO 14006, Sistemas de gestión ambiental — Directrices para la incorporación del ecodiseño
 - ISO 14015, Gestión ambiental — Evaluación ambiental de sitios y organizaciones (EASO)
 - ISO 14020, Etiquetas y declaraciones ambientales — Principios generales
 - ISO 14021, Etiquetas y declaraciones ambientales — Autodeclaraciones ambientales (Etiquetado ambiental tipo II)

- ISO 14024, Etiquetas y declaraciones ambientales — Etiquetado ambiental tipo I — Principios y procedimientos
 - ISO 14025, Etiquetas y declaraciones ambientales — Declaraciones ambientales tipo III — Principios y procedimientos
 - ISO/TS 14033, Gestión ambiental — Información ambiental cuantitativa — Directrices y ejemplos.
 - ISO 14040, Gestión ambiental — Análisis de ciclo de vida — Principios y marco de referencia.
 - ISO 14044, Gestión ambiental — Análisis de ciclo de vida — Requisitos y directrices
 - ISO 14045, Gestión ambiental — Evaluación de la ecoeficiencia del sistema del producto — Principios, requisitos y directrices
 - ISO 14050, Gestión ambiental — Vocabulario
 - ISO/TR 14062, Gestión ambiental — Integración de los aspectos ambientales en el diseño y desarrollo de productos
 - ISO 14063, Gestión ambiental — Comunicación ambiental — Directrices y ejemplos
 - ISO/IEC 31010 - Gestión de Riesgos - Evaluación del Riesgo2 evaluación técnicas del riesgo
-
- **American Petroleum Institute (API):** Esta institución fue fundada para establecer y dirigir los estándares para la industria del petróleo y el gas, convocando expertos en la materia. Las normas API se desarrollan en conformidad con los estándares industriales de los Estados Unidos de América. Desarrolla estándares técnicos y operativos, formulando las normas para cada tipo de dispositivo y accesorio utilizado en tuberías, tanques, válvulas y demás equipamiento necesario para los diversos procesos dentro de esta industria. La misión de las API es promover la seguridad en toda la industria a nivel mundial e influir en las políticas del petróleo y gas, son un marco y punto de partida para las empresas.
Algunas de los más relevantes son:

- **API 570** (Inspección, Reparación, Modificación y Reentrenamiento de Tuberías Metálicas): Establece lineamientos para la inspección y mantenimiento de tuberías, reduciendo el riesgo de fugas.
- **API 653** (Tanques de Almacenamiento de Acero para Petróleo): Proporciona estándares para la inspección y el mantenimiento de tanques de almacenamiento, donde los derrames accidentales suelen ser una preocupación significativa.

2.4 Derrames de hidrocarburos: definición y tipología

Se entiende por derrame “cualquier descarga, escape, evacuación, fuga, bombeo, escurrimiento, emisión, vaciamiento o vuelco de hidrocarburos u otra sustancia contaminante, que represente o pueda representar una amenaza para el medio acuático, el litoral o los intereses conexos, y que exija medidas de emergencia u otra respuesta inmediata”⁶. Aunque esta definición se refiere a derrames en cuerpos de agua, también puede aplicarse a derrames en tierra.

Otra definición válida puede ser “Derrame: Indica situaciones accidentales en las cuales una sustancia o un residuo peligroso o no, tiene posibilidad de ingresar directamente al ambiente”⁷

Por lo tanto, el derrame de hidrocarburos es una situación accidental donde se produce un escurrimiento ya sea sobre superficies acuosas o terrestres, y que implica una alteración del ecosistema de manera negativa, que debe ser atendida con la importancia que se merece según el nivel de gravedad que produzca.

⁶ (Prefectura Naval Argentina (1998). *Ordenanza N° 8-98 (DPMA), Tomo 6: Régimen para la protección del medio ambiente*. Buenos Aires.).

⁷ Anexo 1 del Decreto 831/93

2.5 Impacto ambiental

Se define como Medio Ambiente “entorno en el cual una organización opera, incluidos el aire, el agua, la tierra, los recursos naturales, la flora, la fauna, los seres humanos y sus interrelaciones”⁸ y como Aspecto Ambiental “elemento de las actividades, productos o servicios de una organización que interactúa o puede interactuar con el medio ambiente”⁹

El impacto ambiental se define como “cambio en el medio ambiente, ya sea adverso o beneficioso, como resultado total o parcial de los aspectos ambientales de una organización”¹⁰

La magnitud del impacto ambiental de un derrame es la valoración cuantitativa que se realiza del evento. Son diversos los factores que determinan la magnitud del impacto ambiental de un evento de derrame, entre ellos, los principales son:

- Tipo de hidrocarburo derramado.
- Ubicación geográfica, condiciones climáticas y meteorológicas.
- Volumen del derrame.
- Características del suelo y cuerpo de agua afectados.
- Presencia de áreas protegidas o zonas de alto valor ecológico.
- Tiempo de respuesta y acciones de mitigación.
- Diversidad biológica.
- Población residente.
- Actividades económicas vinculadas.

⁸ ISO 14001:2015,3.8

⁹ ISO 14001:2015,3.9

¹⁰ ISO 14001:2015,3.10

2.6 Indicadores de control y gestión de derrames

Se define como indicador a la “representación medible de la condición o el estado de las operaciones, la gestión o las condiciones”.¹¹

Los indicadores son utilizados como medidas o variables que proporcionan información cuantificable sobre el estado, evolución o comportamiento de un parámetro en específico. Los mismos permiten tomar decisiones en función de las tendencias observadas.

Los indicadores claves de desempeño (ICDs), en relación a los objetivos ambientales dentro de una empresa son herramientas que permiten monitorear y evaluar su impacto sobre el entorno, facilitando la toma de decisiones en la gestión de derrames de hidrocarburos, ayudando a medir y controlar aspectos críticos (frecuencia, volumen de derrames), así como los costos asociados a la recuperación.

Su implementación es fundamental para identificar patrones, evaluar la efectividad de las medidas preventivas adoptadas y adaptarse proactivamente, de modo que se minimicen los efectos negativos en el medio ambiente y se mejore la sostenibilidad de las operaciones.

Uno de los indicadores clave para medir y evaluar la cantidad de derrames que se generan en la compañía YPF es el “índice de frecuencia de derrames” (IFD). El mismo se puede interpretar como la cantidad de derrames mayores a 1bbl ocurridos, dividido por, los metros cúbicos de petróleo más agua inyectada producidos por un millón de metros cúbicos de petróleo más agua inyectada como se muestra en la expresión (1).

$$IFD = \frac{\text{Cantidad de derrames} > 1bbl}{\text{Petróleo bruto} + \text{agua inyectada producidos} [m^3]} * 1.000.000 [m^3] \quad (1)$$

Entonces se puede decir que el IFD es la cantidad de derrames por millón de metros cúbicos de petróleo, más, agua inyectada mayores a 1bbl y la unidad es en cantidad. En este caso, la compañía contempla únicamente los derrames mayores a 1bbl en el cálculo del IFD, ya que considera aquellos eventos que pueden tener un impacto relevante en términos de cumplimiento regulatorio, impacto ambiental y reputación de la compañía.

¹¹ ISO 140312.2013,3.15

Capítulo 3 GESTIÓN DE UN INCIDENTE MEDIO AMBIENTAL

3.1 Introducción a la Gestión de Incidentes Ambientales

“Se define como un incidente ambiental a un evento inesperado, que bajo condiciones no controladas pueda afectar directa o indirectamente la seguridad y la salud de la comunidad involucrada, generando pérdidas e impactos negativos sobre varios o todos los elementos del ambiente. Estos se asocian a derrames de fluidos con concentraciones de hidrocarburos; derrames de productos químicos, inflamables y sustancias peligrosas; incendio y/o explosión, incidentes con fuentes radioactivas; incidente vinculado con el transporte, manipuleo y uso de explosivos; descontrol de pozo; y/o cualquier incidente ambiental, que independiente de su magnitud, tome relevancia en función de su notoria afectación a la comunidad”.¹²

La gestión de incidentes ambientales en la industria petrolera es un componente crucial de las prácticas operativas debido al potencial impacto. La respuesta a un incidente ambiental debe ser inmediata, organizada y eficaz para reducir al mínimo las consecuencias negativas, tanto en el ecosistema como en la comunidad, esto, además, demuestra el compromiso de la empresa con la sostenibilidad y la responsabilidad social, factores que son valorados por la sociedad y las autoridades regulatorias.

Una respuesta rápida y efectiva es fundamental para mitigar los efectos de un incidente ambiental. En el caso de derrames de hidrocarburos o productos peligrosos, el tiempo es un factor crítico cada minuto cuenta para evitar que las sustancias contaminantes se propaguen y afecten áreas más extensas. La rapidez en la actuación permite contener los contaminantes en el menor espacio posible, limitando así el impacto en cuerpos de agua, suelos y hábitats cercanos.

12 Manual del usuario de MIE XXI

3.2 Objetivos de la Gestión de Incidentes Ambientales

La gestión de un incidente ambiental tiene varios objetivos que guían la planificación y ejecución de acciones:

- **Minimizar el impacto ambiental:** El objetivo principal es reducir el daño ambiental al mínimo posible, tanto en términos de alcance como de duración. Esto implica contener y remover contaminantes de manera rápida y eficiente, así como aplicar técnicas de remediación adaptadas al tipo de contaminación y al entorno afectado.
- **Proteger a la comunidad:** Los incidentes ambientales también representan riesgos significativos para la salud y seguridad de las personas, incluyendo empleados, contratistas y comunidades vecinas. La gestión de incidentes debe priorizar la seguridad humana, implementando procedimientos de evacuación, control de acceso a áreas contaminadas y provisión de equipos de protección personal (EPP) para los equipos de respuesta.
- **Mitigar el riesgo de repetición:** La prevención de futuros incidentes es un objetivo fundamental en la gestión de incidentes. Esto implica investigar y analizar la causa raíz de cada evento para entender qué factores contribuyeron a su ocurrencia y cómo pueden evitarse en el futuro. La documentación y revisión continua de incidentes anteriores forman parte de una estrategia de mejora continua, que permite identificar vulnerabilidades y fortalecer los protocolos de respuesta.
- **Mantener y mejorar la reputación de la compañía:** implementar un riguroso sistema de gestión para los incidentes ambientales fortalece la posición de la organización en el mercado y motiva a la sociedad a consumir los productos que generan, esto se encuentra ligado a beneficios financieros y operacionales.

3.3 Herramientas de control

Un sistema de gestión debe contar con un control adecuado para cumplir con los objetivos planteados. La implementación y seguimiento de indicadores son de gran utilidad

ya que proporcionan datos que permiten elaborar acciones preventivas y medir la efectividad de las mismas.

Establecer y analizar indicadores de control ayuda en la identificación de patrones y tendencias que alertan sobre un aumento en el riesgo de incidentes. Por ejemplo, un incremento en la frecuencia de pequeños derrames en un área determinada puede indicar la necesidad de revisar equipos o prácticas de mantenimiento para evitar un incidente mayor. Las medidas de mitigación y contención también se pueden medir mediante los indicadores

Los indicadores no solo ayudan en la respuesta inmediata, también aportan datos para un análisis a largo plazo que refuerza los planes preventivos. Este monitoreo constante proporciona información para mejorar continuamente los procedimientos de respuesta y mejorar la capacitación del personal, cerrando así el ciclo de mejora continua en la gestión de incidentes.

Una de las herramientas utilizadas para la gestión de incidentes ambientales dentro de la industria del petróleo, es el Módulo de Incidentes y Excepciones (MIE XXI). Su propósito es registrar los incidentes de forma eficiente, analizar sus impactos, y desarrollar estrategias preventivas.

Cada incidente medioambiental es cargado en MIE y tiene un flujo el cual es el camino que va recorriendo el incidente desde su registro, pasando por las manos de las personas que tienen diferentes roles dentro del sistema y a su vez en cada paso del flujo se va registrando lo que va ocurriendo con el mismo. A continuación, es aprobado y el sistema genera un informe el cual se envía a la autoridad de aplicación.

Al momento de registrar un incidente en MIE, se selecciona el subtipo de incidente y automáticamente se lo asigna a un tipo de incidente. Los subtipos se detallan en la tabla 1. Además, debe especificarse el tipo de evento causante y el subtipo de evento causante, es decir que evento fue necesario que ocurriera para que se produzca el incidente. En la tabla 2 se detallan los mismos.

TABLA 1. Tipos y Subtipos de incidentes medioambientales¹³

Tipo de incidente	Subtipo de incidente
<p>DERRAMES DE FLUIDOS CON CONCENTRACIONES DE HIDROCARBUROS: asociado a vertidos de sustancias que posean concentraciones de hidrocarburos del petróleo</p>	DERRAME DE CRUDO: mezcla de compuestos de hidrocarburos y agua, asociados a la producción de petróleo
	DERRAME DE AGUA DE PRODUCCIÓN: agua procedente de los sistemas de distribución de agua de producción para reinyección
	DERRAME DE CONDENSADO: líquido formado cuando el vapor pasa de fase gas a fase líquida
	DERRAME DE EMULSIÓN: mezcla de una sustancia grasa o aceite con una fase agua
	DERRAME DE GASOLINA: mezcla de hidrocarburo que se obtiene de la destilación fraccionada de gas, la cual es inflamable y volátil, y puede o no estar estabilizada
<p>DERRAME DE FLUIDO EN FORMA DE SPRAY: Derrames de fluidos con concentraciones de hidrocarburos que, si bien el volumen derramado es bajo, la superficie afectada es relevante (por ejemplo, en sople de junta, empaquetadura, entre otros)</p>	DERRAME DE FLUIDO EN FORMA DE SPRAY
<p>DERRAMES DE PRODUCTOS QUÍMICOS, INFLAMABLES Y SUSTANCIAS PELIGROSAS: corresponde a derrames de fluidos o semifluidos peligrosos, utilizados como insumos para la actividad. Estos se clasifican en los siguientes</p>	DERRAME DE LUBRICANTES: derrame de sustancia grasa o aceitosa que se utiliza para minimizar la fricción.
	DERRAME DE GAS OIL: derrame de fluido utilizado como combustible.
	DERRAME DE PRODUCTOS QUÍMICOS: derrame de una sustancia sola o en forma de mezcla o preparación, destinadas a cumplir una función y que por su peligrosidad pueda generar un daño al ambiente, las personas y/o instalaciones.
<p>INCENDIO Y/O EXPLOSIÓN: un incendio es una manifestación de una combustión incontrolada, que puede afectar u abrasar algo que no estaba destinado a quemarse, mientras que una explosión se caracteriza por una liberación repentina de energía que produce una onda expansiva capaz de causar un daño remoto de fuego no controlado.</p>	INCENDIO Y EXPLOSIÓN
<p>INCIDENTES CON FUENTES RADIOACTIVAS: derrame de un material que contiene átomos con núcleos inestables que pueden perder energía mediante la emisión de radiación. Esta categoría posee un único Subtipo de incidente</p>	INCIDENTE CON MATERIAL RADIATIVO
<p>INCIDENTE AMBIENTAL, QUE INDEPENDIENTEMENTE DE SU MAGNITUD, TOME RELEVANCIA EN FUNCIÓN DE SU NOTORIA AFECTACIÓN A LA COMUNIDAD: aplica a los derrames de fluidos con concentraciones de hidrocarburos que, si bien por su volumen se clasificarían como menores, corresponden categorizarlos como mayores por la relevancia del sitio donde ocurrió el mismo (por ejemplo, se emplaza sobre viviendas particulares, comunidades originarias, entre otros). Esta categoría posee un único Subtipo de incidente “</p>	VINCULADO CON EL TRANSPORTE, MANIPULEO Y USO DE EXPLOSIVOS
	DESCONTROL DE POZO
	INCIDENTE AMBIENTAL, QUE INDEPENDIENTE DE SU MAGNITUD, TOME RELEVANCIA EN FUNCIÓN DE SU NOTORIA AFECTACIÓN A LA COMUNIDAD

¹³ Fuente: Manual del usuario de MIE XXI, YPF S.A.

TABLA 2. Tipo y Subtipos de eventos causantes¹⁴

Tipo de evento causante	Subtipo de evento causante
CAUSAS OPERATIVAS/OPERACIÓN: Incidente asociado a un evento asociado a una variable de proceso sobre la cual se genera un desvío por fuera de los límites normales para la operación segura de una instalación, equipo o facility.	Mantenimiento
	Formación de Hidratos
	Exceso de presión
	Choque o colisión
	Acumulación de parafina
	No determinada o indicada
	Puesta en marcha
	Rotura fisura o perforación
	Reparación
FALLA HUMANA: incidente originado por la actividad de las personas que participan directa o indirectamente en la realización y/o control de un proceso o una tarea	Sistema de seguridad
	Sistema de control
	Rotura fisura o perforación
	Golpe o rotura causada por maquinaria vial
	Exceso de presión
	Choque o colisión
FALLA DE MATERIALES: asociada a la avería de un elemento o pieza	No determinada o indicada
	Sistema de seguridad
	Sistema de control
	Rotura fisura o perforación
	Formación de hidratos
	Exceso de presión
	Desgaste
	Desbalanceo
	Corrosión
	Choque o colisión
	Acumulación de parafinas
Junta o conexión	
FALLAS EXTERNAS A LA OPERACIÓN: incidente ocasionado por factores externos y/o tareas que no sean de la actividad propia de la compañía o sus subcontratistas	No determinada o indicada
	Viento
	Sistema de seguridad
	Sistema de control
	Sabotaje o robo
	Rayo
	Nieve
	Lluvia
	Junta o conexión
	Golpe o rotura causada por maquinaria vial
	Choque o colisión
	Baja temperatura
	Apertura o rotura causada por animales
	Aluvión
No determinada o indicada	
OTROS: incidentes ocasionados por fallas o causas no contempladas en las categorías anteriores.	Sistema de seguridad
	Sistema de control
	Rotura fisura o perforación
	Junta o conexión
	Formación de hidratos
	Exceso de presión
	Desgaste
	Desbalanceo
	Corrosión
	Choque o colisión
Acumulación de parafinas	

¹⁴ Fuente: Manual del usuario de MIE XXI, YPF S.A.

Otra de las herramientas utilizadas para el control y la evaluación de impacto ambiental (EIA) para identificar y evaluar los efectos de un proyecto o actividad sobre el medio ambiente, es La Matriz de Leopold la cual fue desarrollada en 1971 por el Servicio Geológico de los Estados Unidos y lleva ese nombre en homenaje a Aldo Leopold considerado uno de los padres de la ética ambiental moderna.

Es una herramienta utilizada para evaluar cómo las acciones humanas pueden alterar el medio ambiente.

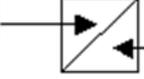
La matriz consiste en un cuadro de doble entrada, donde las columnas representan las acciones o actividades humanas que pueden alterar el sistema y las filas los factores ambientales que pueden ser afectadas por esas acciones.

En la matriz, cada celda muestra la relación entre la actividad (columna) y el factor ambiental (fila). Se analiza cada celda de la matriz y si existe una relación entre la acción humana y el impacto ambiental se traza una diagonal en la celda. En la parte superior de la diagonal se coloca la magnitud del impacto ambiental usando un sistema de puntuación o clasificación, por ejemplo, del 1 al 10 siendo 1 el más bajo y 10 el más alto y por debajo de la diagonal la importancia del mismo (también siendo el mínimo 1 y 10 el máximo). Además, se agrega un símbolo “+” “o” para indicar si el impacto es positivo o negativo.

Una vez completada la matriz, es posible visualizar cuáles actividades tienen el mayor impacto sobre el medio ambiente. Las celdas con puntuaciones altas indican áreas que requieren atención urgente o un control más riguroso.

En la tabla 3 se muestra un ejemplo del formato de la matriz de Leopold.

TABLA 4. Matriz de Leopold

Actuaciones propuestas causantes de posibles impactos ambientales			Modificación del régimen		Transformación del suelo			Cambios en el tráfico		Localización de vertidos					
			Tala y desbroce	Pavimentación	Construcción de edificios	Líneas comunicación eléctrica	Desmonte y terraplén	Efectos mecánicos del pisoteo	Ruidos y emanaciones de vehículos	Descarga de efluentes líquidos	Construcción de losas sépticas				
Características físicas y químicas	Tierra	Suelos	3	5	10	10	1	3	7	2	1	8	18	21	
		Factores físicos singulares		1	10	10	1	4					3	24	67
	Agua	Calidad agua superficial	1	2			1		1		6	6	8	9	
		Calidad agua subterránea										1	3	3	12
Procesos	Erosión	3	6				2	4	4			9	9	17	
Condiciones biológicas	Flora	Árboles	2	10			1	1	3	3			6	14	27
		Arbustos	3	10			1	1	5	4	1		10	16	
		Estrato herbáceo	3	8				7	1	5	2		11	15	45
	Fauna	Aves	3	8	1	4	2		3	1			8	15	38
		Especies terrestres	3	7	2	1	2	1	3	3	1		14	13	
		Especies acuáticas									6		6	8	
		Especies en peligro	3	10	1	10	3		3	8	1	2	10	34	70
Factores culturales	Usos del suelo		2	10	10	3	10	5				7	35	35	
	Intereses estéticos y humanos	Paisaje (vistas)	5	7	5	7	2	5	3	2			22	29	44
		Naturalidad	3	2	7	8	4	4	4	4	4	3	22	36	65
Magnitud del Impacto															
Importancia															
		32	14	10	7	21	40	15	14	2					
		75	45	60	19	35	30	17	19	11					
		46		38		114	55	47	16						
			120							30					
												155	311		



Como vemos los indicadores y las herramientas nos permiten identificar las acciones correctivas que deben tomarse para resolver el problema inmediato y las medidas preventivas para evitar que el incidente se repita en el futuro. Este enfoque proactivo es clave para mejorar los estándares operativos y reducir el porcentaje de incidentes.

Capítulo 4 ELABORACIÓN DEL TABLERO DE CONTROL

En base en lo desarrollado en el capítulo 3 se elabora el tablero de control como una herramienta más para la gestión de incidentes ambientales. Con este tablero se busca disminuir el porcentaje de incidentes guiando la toma de decisiones de acciones preventivas, hacia los sectores que más lo requieren. Este tablero puede complementarse con otras herramientas, como la Matriz de Leopold para hacer un seguimiento detallado y estructurado de los impactos de los derrames de hidrocarburos.

4.1 Indicadores

El indicador anteriormente planteado en la expresión (1), nos permite visualizar la cantidad de derrames, pero no necesariamente el impacto de los mismos. Por ejemplo, para el indicador IFD decir que se tienen 3 derrames en comparación con 5 es una situación que indicaría una mejora en el sistema de gestión de derrames, pero si cada uno de los tres derrames son de 10 m^3 y los 5 derrames son de 1 m^3 entonces la cantidad de derrames es baja, pero en término de impacto real no.

Ante la situación desarrollada anteriormente, se busca plantear nuevos indicadores que permitan asociar el volumen total derramado con el nivel de actividad y de esta manera conocer cuántos metros cúbicos se están derramando, ergo impactando en el ambiente. Estos indicadores no buscan remplazar al IFD sino complementarlo para ampliar las estrategias de anticipación a los problemas y amenazas para la toma de decisiones.

Los indicadores planteados serán desarrollados en el resto del capítulo

4.1.1 Indicador de volumen derramado (IVD)

El propósito de este indicador es relacionar el volumen derramado total con la producción acumulada, más, agua inyectada. Como la relación brinda un número muy

pequeño del orden de 10^{-5} , lo que dificultaría realizar el seguimiento del mismo, la solución es multiplicarlo por un factor de 1.000.000 de m^3 de producción acumulada, más, agua inyectada para así obtener un valor numérico que permita una lectura más rápida y una interpretación directa. El presente indicador se interpreta como el volumen derramado total por millón de producción acumulada, más, agua inyectada en m^3 cuya ecuación para su cálculo se puede ver en la expresión (2).

$$IVD = \frac{\text{Volumen derramado total } [m^3]}{\text{Producción acumulada} + \text{Agua inyectada } [m^3]} * 1.000.000 [m^3] \quad (2)$$

4.1.2 Volumen promedio por evento (VPE)

Este indicador relaciona el volumen derramado total con la cantidad de derrames ocurridos, es decir que indica cuánto derramamos en promedio por cada evento. Es relevante para el seguimiento ya que indirectamente contempla la magnitud de los derrames. Su unidad es en metros cúbicos (m^3) y se lo interpreta como metros cúbicos derramados en promedio por evento. Su cálculo se muestra en la expresión (3).

$$VPE = \frac{\text{Volumen derramado total } [m^3]}{\text{Cantidad total de derrames}} \quad (3)$$

4.1.3 Porcentaje de volumen de derrame mayor (%VDM)

Como no todos los derrames son iguales y según las normativas estudiadas en el capítulo anterior, éstos se pueden clasificar en mayores o menores. El propósito de este indicador es el de mostrar qué porcentaje del volumen total derramado corresponde a los considerados como mayores. Para calcular este indicador se hace uso de la expresión (4).

$$\%VDM = \frac{\text{Volumen derramado total por derrames mayores } [m^3]}{\text{Volumen total derramado } [m^3]} * 100 \quad (4)$$

4.1.4 Porcentaje de volumen de derrame menor (%VDMe)

De manera análoga al indicador previamente mostrado en la expresión (4), se tienen en cuenta sólo los derrames considerados como menores. Su manera de calcularlo se puede ver en la expresión (5).

$$\%VDMe = \frac{\text{Volumen derramado total por derrames menores [m}^3\text{]}}{\text{Volumen total derramado [m}^3\text{]}} * 100 \quad (5)$$

4.1.5 Volumen promedio de derrame mayor (VDM)

El propósito de este indicador es el de mostrar en promedio cuántos derrames mayores se tienen por evento. Es similar al planteado en el ítem 4.1.2, pero en este caso podemos hacer un seguimiento más discriminado. Para calcular este indicador se hace uso de la expresión (6).

$$VDM = \frac{\text{Volumen derramado total por derrames mayor [m}^3\text{]}}{\text{Cantidad total de derrames}} \quad (6)$$

4.1.6 Volumen promedio de derrame menor (VDMe)

Análogo al VDM, se considera el volumen derramado total por derrames menores que se tiene por cada evento. Su expresión se puede ver a continuación.

$$VDMe = \frac{\text{volumen derramado total por derrames menores [m}^3\text{]}}{\text{cantidad total de derrames}} \quad (7)$$

Los datos necesarios para el cálculo de los indicadores planteados son obtenidos del tablero de control, del cual también forman parte fundamental. En el apartado siguiente se desarrolla cómo se confección el mismo.

4.2 Tablero de Control

En este tablero se contemplan todos los meses del año, desde enero hasta diciembre, y se vuelcan determinados datos correspondientes a la producción e incidentes medioambientales de un área en particular. El mismo abarca los derrames mayores a 1bbl, ya que como se mencionó anteriormente son los que la compañía considera como relevantes en cuestiones de impacto ambiental y además se involucran los derrames mayores y menores a 5 m³ como indica la resolución SEN 24/04.

A medida que se completa el tablero de control con los datos requeridos se van generando gráficas automáticamente lo que permite un análisis visual más simple.

En la tabla 4 se muestra el tablero de control desarrollado.

TABLA 5. TABLERO DE CONTROL (Fuente elaboración propia).

	Área analizada											
	AÑO											
	ENE.	FEB.	MAR.	ABR.	MAY.	JUN.	JUL.	AGO.	SEP.	OCT.	NOV.	DIC.
Cantidad de derrames PET+AGUA (>1bbl)												
Cantidad de derrames PET+AGUA (>1bbl) - ACUMULADO												
Volumen derramado total MENSUAL PET+AGUA (>1bbl) [m3]												
Volumen derramado total ACUMULADO (>1bbl) [m3]												
Producción + Agua inyectada [m3]												
Producción + Agua inyectada (ACUMULADO) [m3]												
Cantidad total de derrames PET+AGUA												
Cantidad total de derrames PET+AGUA (ACUMULADO)												
Cantidad de derrames mayores PET+AGUA												
Cantidad de derrames mayores PET+AGUA (ACUMULADO)												
Vol. Derrames mayores PET+AGUA [m3]												
Vol. Derrames mayores (ACUMULADO) [m3]												
Cantidad de derrames menores PET+AGUA												
Cantidad de derrames menores (ACUMULADO)												
Vol. Derrames menores [m3]												
Vol. Derrames menores (ACUMULADO) [m3]												
Volumen derramado total PET+AGUA [m3]												
Volumen derramado total PET+AGUA (ACUMULADO) [m3]												
Índice de frecuencia de derrames (IFD)												
IFD (Acumulado)												
Indicador de volumen derramado (IVD)												
IVD (ACUMULADO)												
Volumen promedio por evento (VPE)												
VPE (ACUMULADO)												
Porcentaje de volumen de derrame mayor (%VDM)												
Porcentaje de volumen de derrame menor (%VDMe)												
Volumen promedio de derrame MAYOR (VDM)												
Volumen promedio de derrame menor (VDMe)												

Como se puede observar en el tablero de control se tiene un registro mensual y acumulado de los derrames de petróleo y agua de producción en un área específica. Para comprender mejor se desglosa cada fila:

- Cantidad de derrames PET+AGUA (>1bbl): registra la cantidad de derrames de hidrocarburos y agua de producción mayores a 1bbl por mes.
- Cantidad de derrames PET+AGUA (>1bbl). ACUMULADO: Es el acumulado de derrames de hidrocarburos y agua de producción mayores a 1bbl desde el inicio del año hasta el mes en cuestión.

- Volumen derramado total MENSUAL PET+AGUA (>1bbl) [m³]: Volumen total de hidrocarburos y agua derramados mensualmente, considerando solo los derrames mayores a 1 bbl.
- Volumen derramado total ACUMULADO (>1bbl) [m³]: Suma acumulada del volumen derramado de hidrocarburos y agua desde el inicio del año hasta el mes correspondiente.
- Producción + Agua inyectada [m³]: Producción de hidrocarburos acumulada y volumen de agua inyectada mensualmente en m³.
- Producción + Agua inyectada (ACUMULADO) [m³]: Es la suma acumulada de la producción y del agua inyectada desde el inicio del año.
- Cantidad total de derrames PET+AGUA: Cantidad total de eventos de derrames, sin importar el volumen.
- Cantidad total de derrames PET+AGUA (ACUMULADO): Acumulado total de eventos de derrames desde el inicio del año.
- Cantidad de derrames mayores PET+AGUA: Número de derrames mayores
- Cantidad de derrames mayores PET+AGUA (ACUMULADO): Acumulado de derrames mayores desde el inicio del año.
- Vol. Derrames mayores PET+AGUA [m³]: Volumen de hidrocarburos y agua derramados solo en eventos mayores durante el mes.
- Vol. Derrames mayores (ACUMULADO) [m³]: Volumen acumulado de derrames de petróleo más agua de producción mayores desde el inicio del año.
- Cantidad de derrames menores PET+AGUA: Cantidad de derrames considerados menores durante el mes.
- Cantidad de derrames menores (ACUMULADO): Acumulado de eventos de derrames menores desde el inicio del año.
- Vol. Derrames menores [m³]: Volumen de hidrocarburos y agua derramados en eventos menores durante el mes.
- Vol. Derrames menores (ACUMULADO) [m³]: Volumen acumulado de derrames menores desde el inicio del año.
- Volumen derramado total PET+AGUA [m³]: Suma del volumen de todos los derrames de hidrocarburos y agua durante el mes.

- Volumen derramado total PET+AGUA (ACUMULADO) [m³]: Volumen total acumulado de hidrocarburos y agua derramados desde el inicio del año.
- Índice de frecuencia de derrames (IFD): Indicador que mide la frecuencia de derrames.
- IFD (Acumulado): IFD acumulado hasta el mes en cuestión.
- Indicador de volumen derramado (IVD): Relacionar el volumen derramado total con la producción acumulada más agua inyectada.
- IVD (ACUMULADO): Versión acumulada del IVD a lo largo del año.
- Volumen promedio por evento (VPE): Promedio de volumen derramado por evento durante el mes.
- VPE (ACUMULADO): Promedio acumulado de volumen por evento a lo largo del año.
- Porcentaje de volumen de derrame mayor (%VDM): Proporción del volumen de derrames mayores respecto al total de derrames.
- Porcentaje de volumen de derrame menor (%VDMe): Proporción del volumen de derrames menores respecto al total de derrames.
- Volumen promedio de derrame MAYOR (VDM): Promedio del volumen de los derrames mayores durante el mes.
- Volumen promedio de derrame menor (VDMe): Promedio del volumen de los derrames menores durante el mes.

4.3 Implementación del Tablero de Control

En este apartado se implementa el tablero, para lo cual se relevaron datos de las declaraciones anuales MIE XXI y planillas internas de producción en tres áreas. Por motivos de confidencialidad la información de las áreas en las que se implementará el tablero de control se mantendrá en anonimato por un acuerdo con la compañía, por lo cual se las identificará como Área 1, Área 2 y Área 3. Es importante aclarar que las mismas son pertenecientes a las provincias de Neuquén y Mendoza.

En las tablas 5, 6 y 7 se puede ver el tablero de control aplicado a cada área.

TABLA 6. Tablero de Control. Área 1 (Fuente elaboración propia).

AREA 1												
	2023											
	ENERO	FEBRERO	MARZO	ABRIL	MAYO	JUNIO	JULIO	AGOSTO	SEPTIEMBRE	OCTUBRE	NOVIEMBRE	DICIEMBRE
Cant. de derrames PET+AGUA >1bbl	3	0	2	3	5	2	5	0	2	5	2	1
Cant. de derrames PET+AGUA >1bbl ACUM	3	3	5	8	13	15	20	20	22	27	29	30
Vol. derramado total PET+AGUA >1bbl	3,3	0	1,85	14,6	4,8	10,8	4,2	0	0,76	10,45	2,8	1
Vol. derramado total ACUM >1bbl	3,3	3,3	5,15	19,75	24,55	35,35	39,55	39,55	40,31	50,76	53,56	54,56
Producción + Agua inyectada	216290,026	225874,145	254131,359	263285,735	302024,359	298960,505	300770,495	314963,977	321401,484	318964,452	315046,277	305332,288
Producción + Agua inyectada ACUM	216290	442164	696296	959581	1261606	1560566	1861337	2176301	2497702	2816667	3131713	3437045
Cant. total de derrames PET+AGUA	7	2	2	4	5	5	5	2	4	6	3	8
Cant. total de derrames PET+AGUA ACUM	7	9	11	15	20	25	30	32	36	42	45	53
Cant. de derrames mayores PET+AGUA	0	0	0	1	0	1	0	0	0	0	0	0
Cant. de derrames mayores PET+AGUA ACUM	0	0	0	1	1	2	2	2	2	2	2	2
Vol. Derrames mayores PET+AGUA	0	0	0	10,5	0	6,3	0	0	0	0	0	0
Vol. Derrames mayores ACUM	0	0	0	10,5	10,5	16,8	16,8	16,8	16,8	16,8	16,8	16,8
Cant. de derrames menores PET+AGUA	7	2	2	3	5	4	5	2	4	6	3	8
Cant. de derrames menores ACUM	7	9	11	14	19	23	28	30	34	40	43	51
Vol. Derrames menores	3,45	0,22	1,85	4,25	4,8	4,58	4,2	0,03	0,771	10,46	2,9	1,5
Vol. Derrames menores ACUM	3,45	3,67	5,52	9,77	14,57	19,15	23,35	23,38	24,151	34,611	37,511	39,011
Vol. derramado total PET+AGUA	3,45	0,22	1,85	14,75	4,8	10,88	4,2	0,03	0,771	10,46	2,9	1,5
Vol. derramado total PET+AGUA ACUM	3,45	3,67	5,52	20,27	25,07	35,95	40,15	40,18	40,951	51,411	54,311	55,811
IFD	13,87	0,00	7,87	11,39	16,55	6,69	16,62	0,00	6,22	15,68	6,35	3,28
IFD ACUM	13,87	6,78	7,18	8,34	10,30	9,61	10,74	9,19	8,81	9,59	9,26	8,73
IVD	15,95	0,97	7,28	56,02	15,89	36,39	13,96	0,10	2,40	32,79	9,20	4,91
IVD ACUM	15,95	8,30	7,9276683	21,1237972	19,871503	23,0365118	21,5705206	18,462523	16,3954702	18,2524269	17,3422671	16,2380761
VPE	0,492857143	0,11	0,925	3,6875	0,96	2,176	0,84	0,015	0,19275	1,74333333	0,96666667	0,1875
VPE ACUM	0,492857143	0,40777778	0,50181818	1,35133333	1,2535	1,438	1,33833333	1,255625	1,13752778	1,22407143	1,20691111	1,05303774
% VDM	0%	0%	0%	71%	0%	58%	0%	0%	0%	0%	0%	0%
% VDMe	100%	100%	100%	29%	100%	42%	100%	100%	100%	100%	100%	100%
VDM	0	0	0	10,5	0	6,3	0	0	0	0	0	0
VDMe	0,492857143	0,11	0,925	1,41666667	0,96	1,145	0,84	0,015	0,19275	1,74333333	0,96666667	0,1875

TABLA 7. Tablero de Control. Área 2 (Fuente elaboración propia).

	AREA 2											
	2023											
	ENERO	FEBRERO	MARZO	ABRIL	MAYO	JUNIO	JULIO	AGOSTO	SEPTIEMBRE	OCTUBRE	NOVIEMBRE	DICIEMBRE
Cant. de derrames PET+AGUA >1bbl	2	8	7	2	6	3	7	5	12	10	4	4
Cant. de derrames PET+AGUA >1bbl ACUM	2	10	17	19	25	28	35	40	52	62	66	70
Vol. derramado total PET+AGUA >1bbl	1,7	11,3	16,7	0,7	9,34	4,9	36,4	16,85	20,4	12,65	22	2,3
Vol. derramado total ACUM >1bbl	1,7	13	29,7	30,4	39,74	44,64	81,04	97,89	118,29	130,94	152,94	155,24
Producción + Agua inyectada	587256,724	581504,655	657613,589	625239,71	643350,401	600215,492	559383,335	584117,154	575945,544	553964,392	576857,616	627168,524
Producción + Agua inyectada ACUM	587257	1168761	1826375	2451615	3094965	3695181	4254564	4838681	5414627	5968591	6545449	7172617
Cant. total de derrames PET+AGUA	9	8	9	7	10	6	9	8	16	15	10	7
Cant. total de derrames PET+AGUA ACUM	9	17	26	33	43	49	58	66	82	97	107	114
Cant. de derrames mayores PET+AGUA	0	0	0	0	0	0	2	0	0	0	2	0
Cant. de derrames mayores PET+AGUA ACUM	0	0	0	0	0	0	2	2	2	2	4	4
Vol. Derrames mayores PET+AGUA	0	0	0	0	0	0	30	0	0	0	18	0
Vol. Derrames mayores ACUM	0	0	0	0	0	0	30	30	30	30	48	48
Cantidad de derrames menores PET+AGUA	9	8	9	7	10	6	7	8	16	15	8	7
Cantidad de derrames menores ACUM	9	17	26	33	43	49	56	64	80	95	103	110
Vol. Derrames menores	2,21	11,3	16,83	0,94	9,67	5,1	6,51	16,91	20,66	13,011	4,092	2,61
Vol. Derrames menores ACUM	2,21	13,51	30,34	31,28	40,95	46,05	52,56	69,47	90,13	103,141	107,233	109,843
Vol. derramado total PET+AGUA	2,21	11,3	16,83	0,94	9,67	5,1	36,51	16,91	20,66	13,011	22,092	2,61
Vol. derramado total PET+AGUA ACUM	2,21	13,51	30,34	31,28	40,95	46,05	82,56	99,47	120,13	133,141	155,233	157,843
IFD	3,41	13,76	10,64	3,20	9,33	5,00	12,51	8,56	20,84	18,05	6,93	6,38
IFD ACUM	3,41	8,56	9,31	7,75	8,08	7,58	8,23	8,27	9,60	10,39	10,08	9,76
IVD	3,76	19,43	25,59	1,50	15,03	8,50	65,27	28,95	35,87	23,49	38,30	4,16
IVD ACUM	3,76	11,56	16,6121418	12,7589381	13,2311671	12,4621785	19,405044	20,5572549	22,1862021	22,3069398	23,7161743	22,0063328
VPE	0,24555556	1,4125	1,87	0,13428571	0,967	0,85	4,05666667	2,11375	1,29125	0,8674	2,2092	0,37285714
VPE ACUM	0,24555556	0,79470588	1,16692308	0,94787879	0,95232558	0,93979592	1,42344828	1,50712121	1,465	1,37258763	1,4507757	1,38458772
% VDM	0%	0%	0%	0%	0%	0%	82%	0%	0%	0%	81%	0%
% VDMe	100%	100%	100%	100%	100%	100%	18%	100%	100%	100%	19%	100%
VDM	0	0	0	0	0	0	15	0	0	0	9	0
VDMe	0,24555556	1,4125	1,87	0,13428571	0,967	0,85	0,93	2,11375	1,29125	0,8674	0,5115	0,37285714

TABLA 8. Tablero de Control. Área 3 (Fuente elaboración propia).

	AREA 3											
	2023											
	ENERO	FEBRERO	MARZO	ABRIL	MAYO	JUNIO	JULIO	AGOSTO	SEPTIEMBRE	OCTUBRE	NOVIEMBRE	DICIEMBRE
Cantidad de derrames PET+AGUA >1bbl	2	1	2	1	2	0	5	3	2	0	2	2
Cantidad de derrames PET+AGUA >1bbl ACUM	2	3	5	6	8	8	13	16	18	18	20	22
Vol. derramado total PET+AGUA >1bbl	2,7	2	7,6	0,2	0,7	0	28,8	5,5	25	0	2,5	23
Vol. derramado total ACUM >1bbl	2,7	4,7	12,3	12,5	13,2	13,2	42	47,5	72,5	72,5	75	98
Producción + Agua inyectada	153326,447	131610,028	144458,168	148017,518	148261,45	133826,051	140223,077	136754,263	138474,402	133310,85	124731,753	141062,348
Producción + Agua inyectada ACUM	153326	284936	429395	577412	725674	859500	999723	1136477	1274951	1408262	1532994	1674056
Cantidad total de derrames PET+AGUA	7	5	8	1	7	3	8	5	6	4	7	3
Cantidad total de derrames PET+AGUA ACUM	7	12	20	21	28	31	39	44	50	54	61	64
Cantidad de derrames mayores PET+AGUA	0	0	1	0	0	0	2	0	1	0	0	1
Cantidad de derrames mayores PET+AGUA ACUM	0	0	1	1	1	1	3	3	4	4	4	5
Vol. Derrames mayores PET+AGUA	0	0	6,9	0	0	0	25	0	21	0	0	22
Vol. Derrames mayores ACUM	0	0	6,9	6,9	6,9	6,9	31,9	31,9	52,9	52,9	52,9	74,9
Cantidad de derrames menores PET+AGUA	7	5	7	1	7	3	6	5	5	4	7	2
Cantidad de derrames menores ACUM	7	12	19	20	27	30	36	41	46	50	57	59
Vol. Derrames menores	3,04	2,18	1,04	0,2	1,14	0,19	3,99	5,58	4,018	0,24	2,711	1,02
Vol. Derrames menores ACUM	3,04	5,22	6,26	6,46	7,6	7,79	11,78	17,36	21,378	21,618	24,329	25,349
Vol. derramado total PET+AGUA	3,04	2,18	7,94	0,2	1,14	0,19	28,99	5,58	25,018	0,24	2,711	23,02
Vol. derramado total PET+AGUA ACUM	3,04	5,22	13,16	13,36	14,5	14,69	43,68	49,26	74,278	74,518	77,229	100,249
IFD	13,04	7,60	13,84	6,76	13,49	0,00	35,66	21,94	14,44	0,00	16,03	14,18
IFD ACUM	13,04	10,53	11,64	10,39	11,02	9,31	13,00	14,08	14,12	12,78	13,05	13,14
IVD	19,83	16,56	54,96	1,35	7,69	1,42	206,74	40,80	180,67	1,80	21,73	163,19
IVD ACUM	19,83	18,32	30,6477973	23,1377184	19,9814349	17,0913389	43,6921141	43,3444759	58,2594754	52,91486	50,3778877	59,883886
VPE	0,43428571	0,436	0,9925	0,2	0,16285714	0,06333333	3,62375	1,116	4,16966667	0,06	0,38728571	7,67333333
VPE ACUM	0,43428571	0,435	0,658	0,63619048	0,51785714	0,47387097	1,12	1,11954545	1,48556	1,37996296	1,26604918	1,56639063
% VDM	0%	0%	87%	0%	0%	0%	86%	0%	84%	0%	0%	96%
% VDMe	100%	100%	13%	100%	100%	100%	14%	100%	16%	100%	100%	4%
VDM	0	0	6,9	0	0	0	12,5	0	21	0	0	22
VDMe	0,43428571	0,436	0,14857143	0,2	0,16285714	0,06333333	0,665	1,116	0,8036	0,06	0,38728571	0,51

Capítulo 5 ANÁLISIS DE RESULTADOS

Luego de analizar los tableros de control implementados en el capítulo 4, una forma de interpretar los indicadores planteados es mediante las gráficas generadas permitiendo visualizar y comparar sus valores.

En la figura 10 se muestra un gráfico de barras que corresponde a la comparación del IFD de las tres áreas. Sus ejes representan los meses del año 2023 y la cantidad de eventos de derrames en cada uno, y las barras, la cantidad de eventos de derrame por mes en cada área específica.

Podemos observar:

- En el área 1, representada en color Azul, los valores son menores en comparación con las otras áreas, posee picos en los meses de mayo, julio y octubre. En el mes de agosto no ocurrieron derrames menores a 1bbl.
- El área 2 representada en color Naranja muestra una variabilidad a lo largo del año, con un aumento de derrames en los meses de septiembre y octubre.
- El área 3 representada en color Gris tiende a tener mayor variabilidad y valores más altos de derrames que las otras áreas.
- En el mes de julio, en el área 3 se produjo la mayor cantidad de derrames por millón de agua inyectada y de petróleo producidos. Este patrón podría sugerir la necesidad de investigar por qué el área 3 experimenta más incidentes y si existen factores específicos que están contribuyendo a estos picos. La información proporcionada por el IFD podría ser útil para priorizar medidas de mitigación o mejorar las estrategias de prevención en el área, especialmente en los meses con mayores picos. ***Sin embargo, no es posible saber cuántos metros cúbicos fueron derramados o si los derrames corresponden a mayores o menores, sólo sabemos que fueron mayores a 1bbl, por lo que no es posible vislumbrar la magnitud del impacto ambiental.***

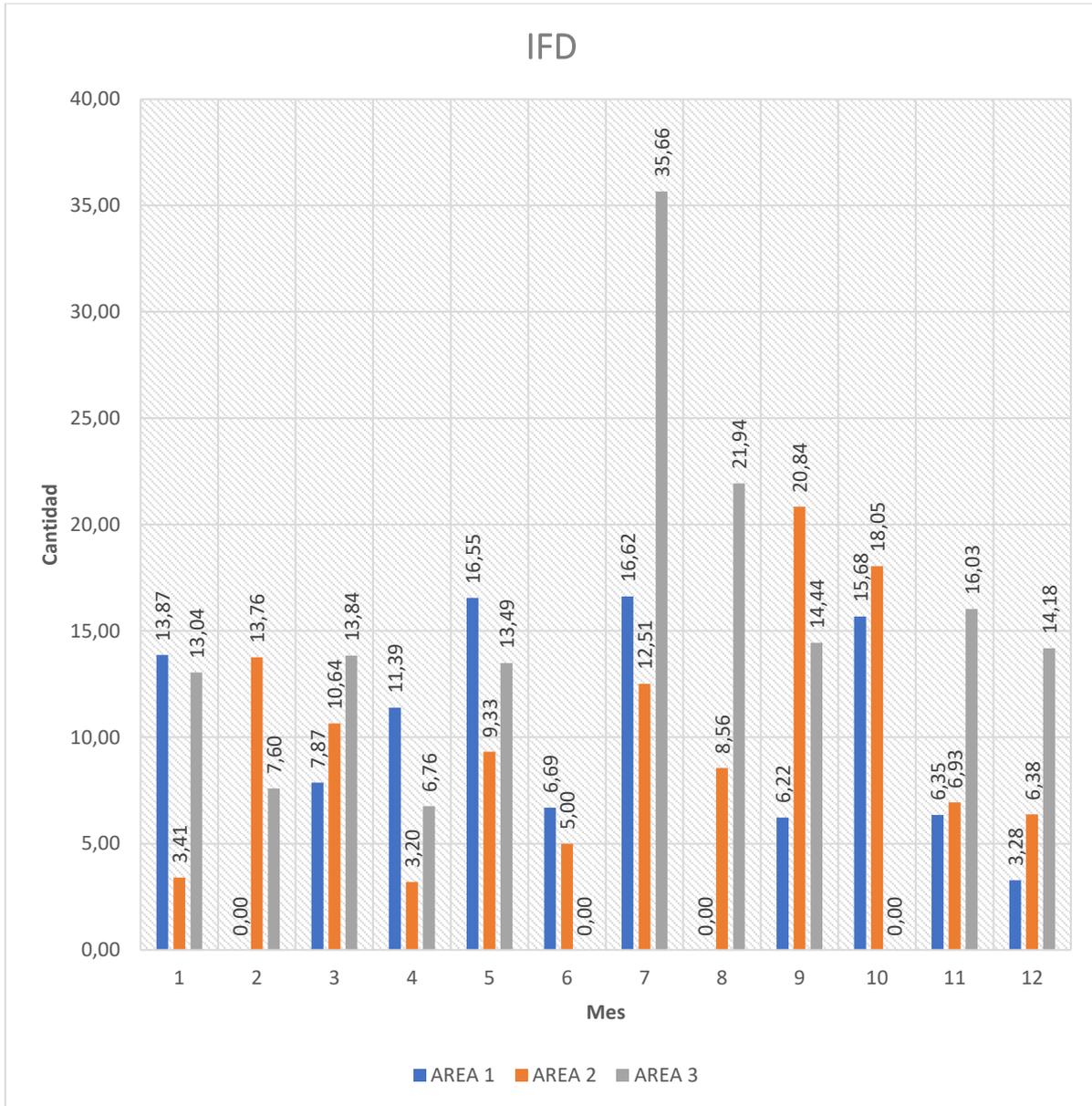


FIGURA 10 COMPARACIÓN IFD (Fuente elaboración propia).

La figura 11 corresponde al IVD, donde en cada barra se representa el volumen derramado por mes en cada área, lo que permite comparar el impacto total de los derrames entre áreas y meses. Podemos observar rápidamente el volumen en metros cúbicos (m^3) que cada área derramaría suponiendo que produce un millón de metros cúbicos de petróleo y agua.

De la gráfica se puede ver que:

- Las áreas 1 y 2 muestran volúmenes de derrames variables a lo largo de los meses, pero más bajos en comparación con el área 3.

- El área 3 destaca por tener los volúmenes de derrames más altos y presenta picos pronunciados en los meses de julio, septiembre y diciembre.
- Se aprecia que, en el mes de julio en el área 3, si se hubiese producido un millón de m³ de petróleo más agua, se derramarían en total 206,74 m³ alejándose notoriamente de las otras dos áreas. Esto demuestra que el área parece tener problemas significativos, lo cual indica que el impacto ambiental es mucho mayor en comparación con las otras áreas

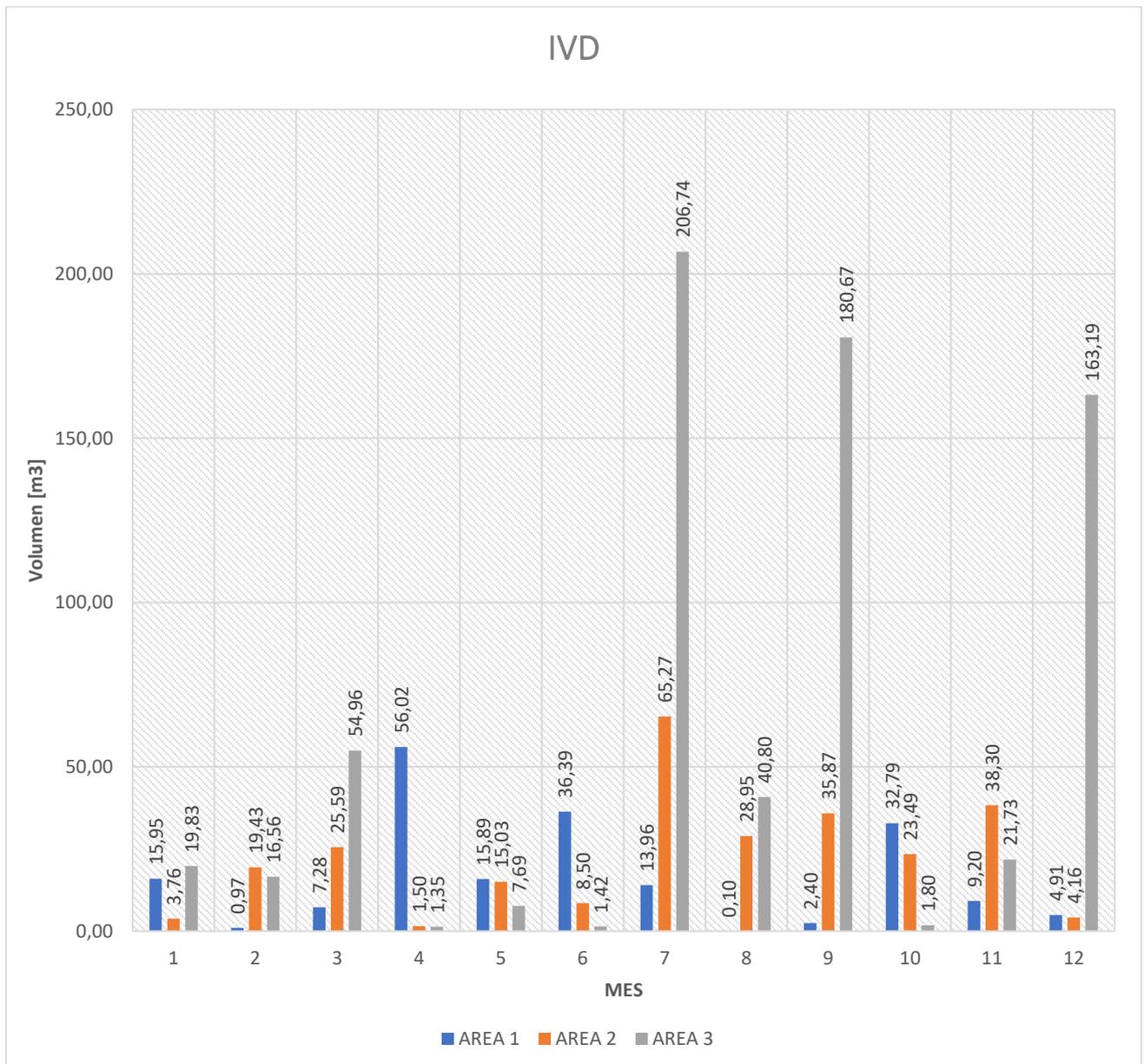


FIGURA 11 COMPARACIÓN IVD (Fuente elaboración propia).

En la figura 12 cada barra representa los valores en promedio de volumen derramado por evento en cada mes para cada una de las áreas.

Podemos observar:

- En el área 1, los eventos de derrame fueron de mayor magnitud promedio en los meses de abril y agosto. Los eventos de derrame en esta área tienden a tener un menor impacto en términos de volumen promedio.
- En el área 2 se observa un incremento notorio de derrames en el mes de julio.
- El área 3 destaca por tener valores más altos en comparación con las otras áreas, especialmente en ciertos meses. Particularmente en diciembre es notable un valor muy alto, lo cual sugiere un evento o conjunto de eventos de gran magnitud.
- Se debe tener en cuenta que el VPE se enfoca solo en el volumen promedio por evento y no muestra la cantidad total de derrames. Dos áreas pueden tener el mismo VPE, pero una de ellas podría tener una cantidad mucho mayor de derrames, lo cual implica un riesgo más alto y un mayor impacto ambiental global.

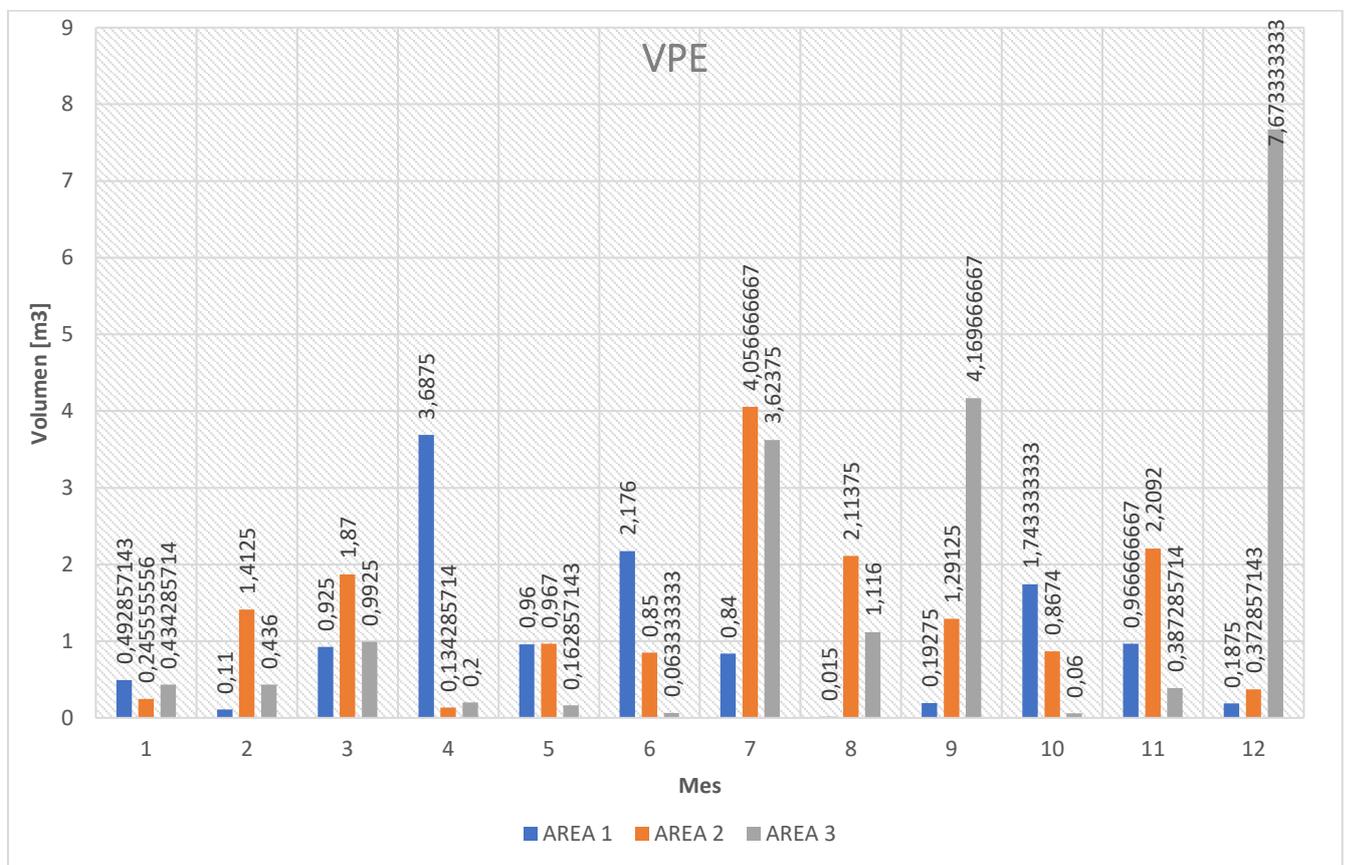


FIGURA 12 COMPARACIÓN VPE (Fuente elaboración propia).

En las figuras 13 y 14 podemos observar la comparación de volumen de derrames mayores y menores respectivamente en cada área a lo largo de los meses, mientras que en la figura 15 se observa la distribución de los volúmenes de derrame en cada área, diferenciados entre volumen de derrame menor y volumen de derrame mayor, a lo largo de los meses del año 2023.

Podemos observar:

- Los valores de %VDM para el Área 1 son generalmente bajos en comparación con las otras dos. Esto indica que, en general, los derrames mayores representan una baja proporción del volumen total derramado, excepto en los meses de abril y junio en los cuales se producen derrames mayores. Ahora si observamos para la misma área el gráfico de %VDMe, la mayoría de los meses alcanza el 100%, lo que significa que el volumen derramado en esos periodos fue exclusivamente de derrames menores, a excepción de los meses de abril y junio.

En la figura 13 rápidamente podemos comprobar que en el mes de abril el 29% del volumen derramado procede de derrames menores y el 71% de mayores, mientras que en el mes de junio el 42% del volumen derramado proviene de derrames menores y el resto de mayores.

- El Área 2 presenta un comportamiento interesante en el mes de julio y noviembre donde su %VDM sube hasta el 82% y 81%, respectivamente, siendo los únicos meses en el que este indicador es alto. En el resto de los meses, es prácticamente cero, lo que indica que el volumen derramado en esos meses es casi exclusivamente de derrames menores.
- El Área 3 presenta los valores más altos de %VDM a lo largo del año, con valores que oscilan entre el 84% y el 96%. Esto indica que, en esta área, una gran proporción del volumen total derramado proviene de derrames mayores de forma recurrente.

La recurrencia de estos valores altos sugiere que esta área podría estar más expuesta a derrames grandes o que tiene condiciones operativas que facilitan derrames de mayor envergadura. Esto sugiere la necesidad de priorizar esta área para medidas preventivas o de mitigación.

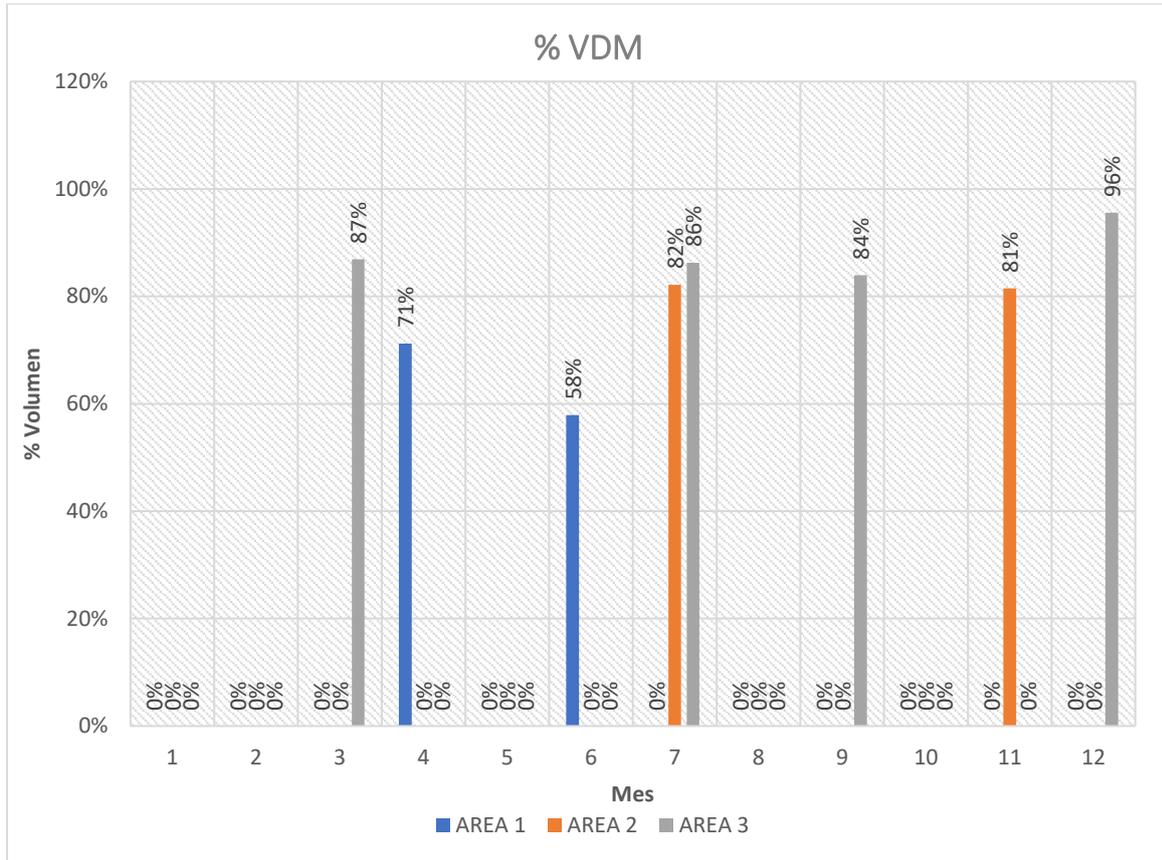


FIGURA 13 COMPARACIÓN ENTRE ÁREAS DEL %VDM (Fuente elaboración propia).

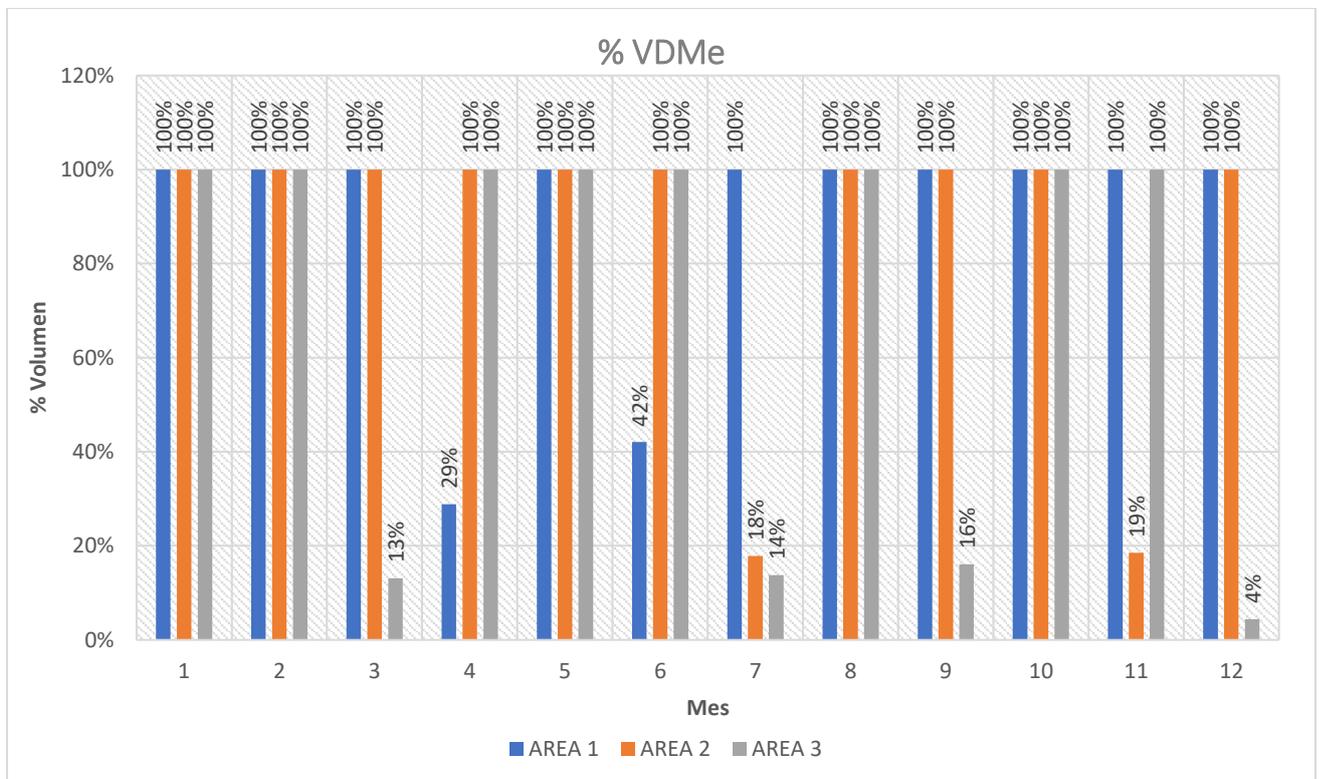


FIGURA 14 COMPARACIÓN ENTRE ÁREAS DEL %VDMe. (Fuente elaboración propia).

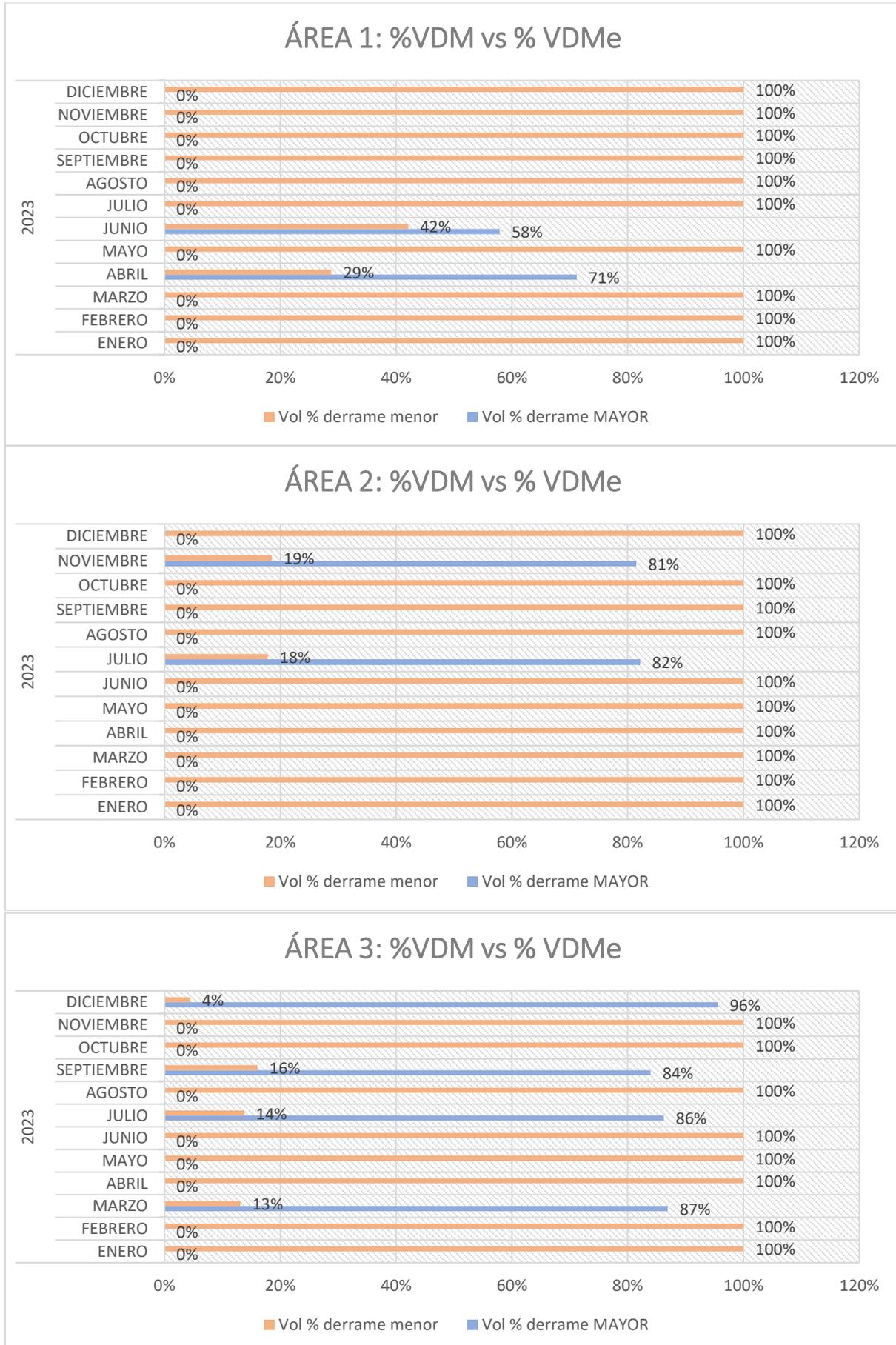


FIGURA 15 % DERRAMES MAYORES Y MENORES (Fuente elaboración propia).

En la figura 16, cada barra representa el volumen en promedio de derrame mayor registrado en un área específica durante un mes del año, expresado en m³. En la misma observamos que el área 1 solo muestra derrames mayores en abril y junio con volúmenes promedio de 6,9 m³ y 6,3 m³ respectivamente. El área 2 registra derrames en julio (15 m³) y noviembre (9 m³) y el área 3 presenta derrames mayores en una mayor cantidad de meses (marzo, julio, septiembre y diciembre).

En la figura 17, cada barra refleja la cantidad de volumen en promedio derramado en eventos de derrame de índole menor en cada área y mes. Se observa que en el área 2 se tienen los volúmenes en promedio más altos por derrame menor, lo que es congruente con lo que se había analizado anteriormente.

De estas gráficas podemos concluir que los derrames mayores son menos frecuentes y están concentrados en unos pocos meses del año. Cada área tiene pocos meses con actividad de derrame mayor. Los derrames menores están distribuidos a lo largo de los meses, y en algunos, coinciden la ocurrencia de ambos tipos de derrames en la misma área. El área 3 sobresale en ambos tipos de derrames, tanto en frecuencia como en volumen.

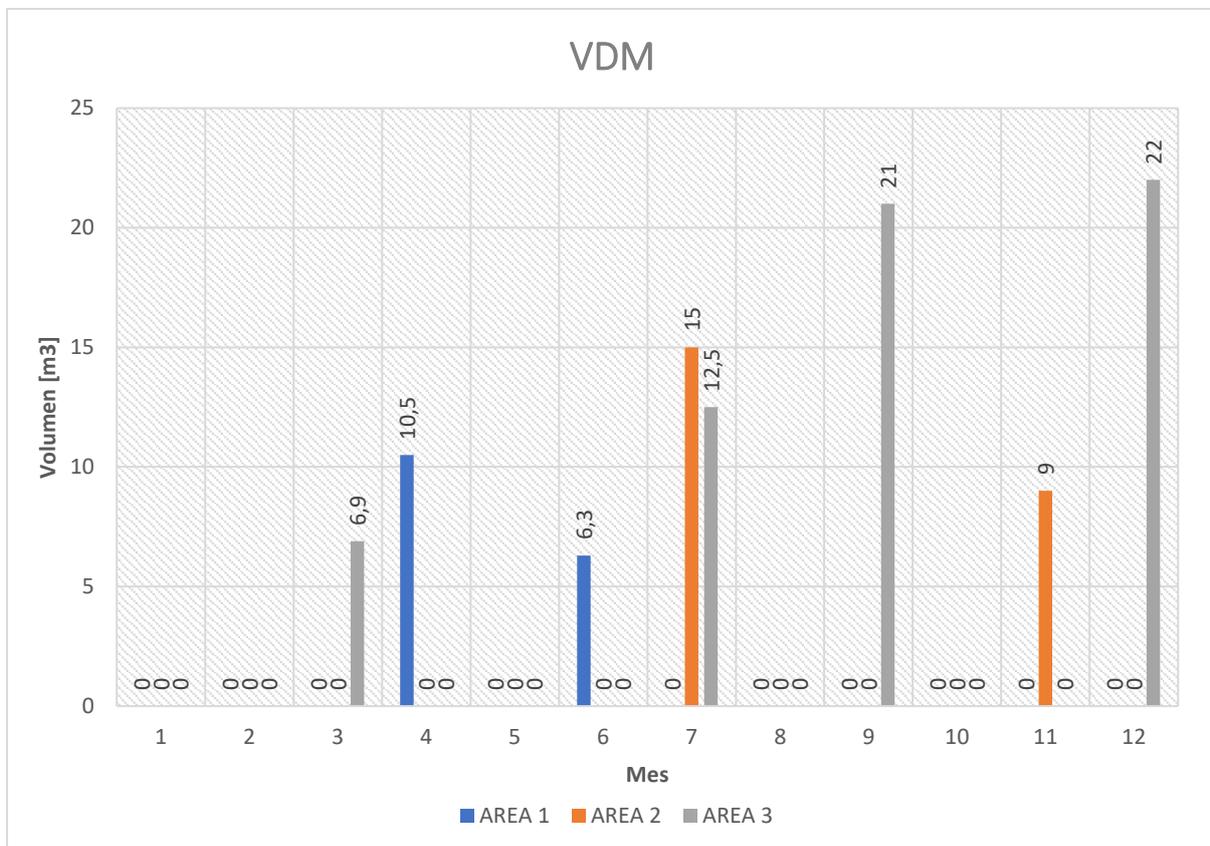


FIGURA 16 COMPARACIÓN ENTRE ÁREAS DEL VDM (Fuente elaboración propia).

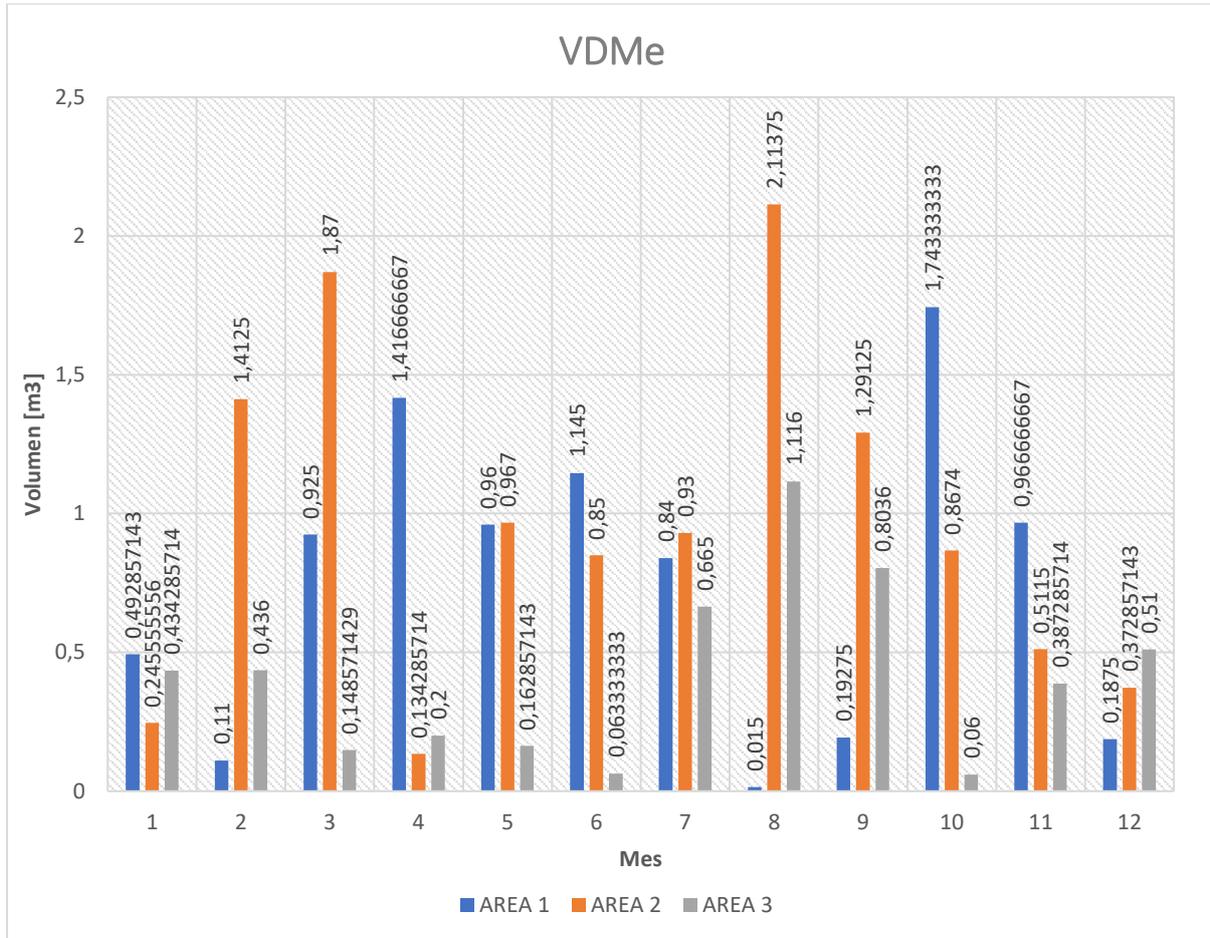


FIGURA 17 COMPARACIÓN ENTRE ÁREAS DEL VDMe. (Fuente elaboración propia)

Capítulo 6 CONCLUSIONES

Se logró implementar un Tablero de Control en tres áreas diferentes pertenecientes en este caso a las provincias de Neuquén y Mendoza. De este tablero se obtuvieron datos analíticos y gráficos.

La información detallada y precisa obtenida facilita la priorización de recursos y la toma de decisiones para optimizar las prácticas de manejo y respuesta a incidentes.

Con base en los resultados es posible el desarrollo de un plan de mejora continua enfocado en la prevención de derrames, el seguimiento sistemático de los indicadores para identificar áreas de alto riesgo y aplicar acciones correctivas de manera anticipada, es decir, apuntar hacia un sistema preventivo de monitoreo que ayude a reducir los riesgos de derrames, minimizando el impacto ambiental y contribuyendo a la sostenibilidad y productividad.

Por lo cual disponer de un tablero permite disminuir la frecuencia y magnitud de los derrames, actuando tanto como herramienta de seguimiento así también como un plan para la mejora continua en la gestión ambiental.

Se establecieron una serie de indicadores que permiten conocer y comparar las pérdidas ocurridas. De los cuales podemos concluir que para un análisis integral es necesario complementar el IFD con el IVD, % VDM y % VDMe, ya que en conjunto se obtienen datos de cantidad de derrames, volumen derramado y discriminación entre menores y mayores.

Los indicadores VPE, VDM Y VDMe quedarían descartados debido a que pueden dar una falsa sensación de control al ser valores promedios. Los volúmenes indicados ocultan la cantidad real que cada evento derrama. Se pierde información importante y como consecuencia los recursos podrían ser dirigidos a derrames menos graves.

Por otro lado, se revisaron las principales normativas, estándares y regulaciones que se relacionan con los incidentes ambientales, las cuales son fundamentales para la creación del tablero. Una vez implementado el mismo, los datos contenidos en él son relevantes al momento de las presentaciones formales requeridas por las normativas. El cumplimiento de las mismas y de los estándares tienen un impacto directo en las prácticas operativas, impulsando el desarrollo de sistemas de monitoreo y control ambiental para minimizar el riesgo de derrames. La implementación de tableros de control para el seguimiento de



indicadores ambientales permite a las empresas reducir el riesgo de sanciones, mejorar la sostenibilidad, optimizar la productividad, reducir los costos y fortalecer la reputación corporativa.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- API 750 Management of Process Hazards
- Conceptos sobre hidrocarburos-Secretaria de energía-republica argentina
- Datos de Producción, Informes de derrames y Matrices Ambientales propiedad de la empresa YPF
- Decreto 437/93
- Decreto N° 2656/99 modificado por el Decreto 422/13 y 2263/13
- Disposición 415/2017
- Evaluación ambiental de la industria petrolera Decreto 437/93
- Hidrocarburos, Incidentes Ambientales, Clasificación. Secretaria de Energía de la Nación Resolución 24/04,
https://ambiente.neuquen.gov.ar/frmwrk/pdfs/leg_prov/2600.pdf
[https://ambiente.neuquen.gov.ar/frmwrk/pdfs/ley_1875/1875\(TO2267\).pdf](https://ambiente.neuquen.gov.ar/frmwrk/pdfs/ley_1875/1875(TO2267).pdf)
https://ambiente.neuquen.gov.ar/wpcontent/uploads/2020/01/Disposicion_415_17.pdf
<https://www.argentina.gob.ar/interior/ambiente/control/residuos-peligrosos#:~:text=La%20Ley%20N%C2%B0%2024.051,o%20el%20ambiente%20en%20general>
<https://www.argentina.gob.ar/normativa/nacional/91790/texto>
<https://www.ecofield.net/Legales/Navegacion/pna/TOMO6/6-1998-8.pdf>
<https://www.enargas.gob.ar/secciones/normativa/pdf/normas-tecnicas/NAG-153.pdf>
https://www.energia.gob.ar/contenidos/archivos/Reorganizacion/contenidos_didacticos/publicaciones/hidrocarburos.pdf
- ISO 14001 Sistema de Gestión Ambiental
- ISO 14031:2013 Gestión ambiental — Evaluación del desempeño ambiental
- ISO 31000 – Gestión del Riesgo
- Ley 2600
- Ley 5961 Preservación del Medio Ambiente
- Ley de residuos peligrosos- Ley N°24.051
- Ley general del ambiente- Ley N°25.675
- Ley N°1875- Decreto reglamentario N° 2656 del 10/09/99-ANEXO VII- Capítulo XII
- MIE XXI: Módulo de Incidentes y Excepciones

- NAG 153 Normas Argentinas mínimas para la protección ambiental en el transporte y distribución de gas natural y otros gases por cañerías
- Normas de calidad ambiental y residuos peligrosos Decreto 831/93
- Notificación N° DE021/2017 – Dirección General de Regalías Provincia de Mendoza
- Prefectura Naval Argentina (1998). *Ordenanza N° 8-98 (DPMA), Tomo 6: Régimen para la protección del medio ambiente*. Buenos Aires.).
- Resolución 1620-2017 - Departamento General de Irrigación
- Resolución 177-2010 Dirección de Protección Ambiental
- Resolución 52/20, revisión integral de la res 778/96 (departamento general de irrigación).
- Resolución 81/18 Punto 4.5 reportes de incidentes ambientales, Departamento General de Irrigación