



Cammissi, Dana Denise

Mitigación de efectos nocivos de aguas de formación del pozo YPF.Jj.CA.E-3 (Jujuy, Caimancito)



Esta obra está bajo una Licencia Creative Commons Argentina.
Atribución - No Comercial - Sin Obra Derivada 2.5
<https://creativecommons.org/licenses/by-nc-nd/2.5/ar/>

Documento descargado de RIDAA-UNQ Repositorio Institucional Digital de Acceso Abierto de la Universidad Nacional de Quilmes de la Universidad Nacional de Quilmes

Cita recomendada:

Cammissi, D. D. (2025). *Mitigación de Efectos Nocivos de Aguas de Formación del Pozo YPF.Jj.CA.E-3 (Jujuy, Caimancito)*. (Tesis de maestría). Universidad Nacional de Quilmes, Bernal, Argentina. Disponible en RIDAA-UNQ Repositorio Institucional Digital de Acceso Abierto de la Universidad Nacional de Quilmes <http://ridaa.unq.edu.ar/handle/20.500.11807/5095>

Puede encontrar éste y otros documentos en: <https://ridaa.unq.edu.ar>

Mitigación de Efectos Nocivos de Aguas de Formación del Pozo YPF.Jj.CA.E-3 (Jujuy, Caimancito)

TESIS DE MAESTRÍA

Dana Denise Cammisi

cammisidana@hotmail.com

Resumen

El Pozo YPF.Jj.CA.E-3, situado en la provincia de Jujuy, Argentina, representa un desafío ambiental debido a su surgencia incontrolada de agua contaminada, generando preocupación por la contaminación del Arroyo Yuto y su impacto en el Parque Nacional Calilegua. Desde su perforación en 1969, se han realizado diversas inspecciones y acciones legales para abordar este problema. En mayo de 2017, se lanzó una licitación para mitigar los efectos nocivos y restaurar los sistemas ecológicos afectados, contratando a Villanueva e Hijos SA para la remediación en 2018. El proyecto incluyó la construcción de un sistema de tratamiento y confinamiento temporal de barros para reducir la concentración de contaminantes del surgente. Este enfoque integral logró mejorar la calidad del agua que llega al Arroyo Yuto y proteger los ecosistemas locales, evidenciando una notable recuperación de la flora y fauna.

Abstract

The YPF.Jj.CA.E-3 Well, located in the province of Jujuy, Argentina, poses an environmental challenge due to its uncontrolled emergence of contaminated water, raising concerns about the pollution of the Yuto Stream and its impact on the Calilegua National Park. Since its drilling in 1969, various inspections and legal actions have been undertaken to address this issue. In May 2017, a tender was launched to mitigate the harmful effects and restore affected ecological systems, with Villanueva e Hijos SA contracted for remediation in 2018. The project included the construction of a treatment and temporary sludge confinement system to reduce the concentration of contaminants from the emergence. This comprehensive approach succeeded in improving the quality of the water reaching the Yuto Stream and protecting local ecosystems, demonstrating a significant recovery of flora and fauna.

Indice

Introducción.....	3
Estado del Arte	8
Objetivos	10
GENERAL.....	10
ESPECÍFICOS	10
Hipótesis	10
Marco Conceptual	11
Indicadores e índices que se desprenden del problema de investigación	16
INDICADORES E ÍNDICES AMBIENTALES: (IA).....	16
INDICADORES E ÍNDICES DE DESARROLLO SUSTENTABLE: (DS)	17
INDICADORES BIOFÍSICOS: (IB)	17
Tipo y técnica de investigación	17
Trabajos realizados en el área.....	17
MONITOREOS EXISTENTES.....	17
Programa de Protección Ambiental.....	19
Programa de Monitoreo Ambiental de la Obra.....	41
Plan de Contingencias Ambientales.....	44
Estado Ambiental Previo a la Intervención	44
UBICACIÓN	44
SITUACIÓN INICIAL.....	46
RELEVAMIENTOS REALIZADOS	48
TAREAS REALIZADAS	50
ANÁLISIS COMPARATIVO DE RESULTADOS:	50
NORMATIVA APLICABLE AL SURGENTE	53
MITIGACIÓN DE HIDROCARBUROS	57
MITIGACIÓN DE SALES DISUELTAS.....	58
OPERACIÓN/MANTENIMIENTO DEL SISTEMA.....	58
OBRA MITIGACIÓN	59
ETAPA 1: PREPARACIÓN DE LA HUELLA EXISTENTE.....	59
ETAPA 2: REAPERTURA DE LA RUTA HACIA LA PLANCHADA DEL POZO	60
ETAPA 3: CONSTRUCCIÓN SISTEMA DE SANEAMIENTO	63
Funcionamiento del Sistema	67
Restauración de los Sistemas Ecológicos	75
Conclusiones.....	77
Bibliografía.....	79

Introducción

El Pozo YPF.Jj.CA.E-3, perforado por la compañía YPF entre los años 1969 y 1970, se ubica al noroeste de la localidad de Yuto, departamento Ledesma, provincia de Jujuy, Argentina (Figuras 1 y 2). Se accede por la Ruta Nacional N°34 a través de un camino precario, que nace desde una finca vecina. YPF.Jj.CA.E-3 se encuentra a 642 metros sobre el nivel del mar. Dista a 93 metros con el límite del Parque Nacional Calilegua y a 2.188 metros al norte del Área Petrolera Caimancito - Cuenca del Noroeste 3 (CNO-3). Por otra parte, el área donde se ubica el pozo es parte de la Zona de Amortiguamiento de la Reserva de Biósfera de las Yungas (RBY) declarada como tal en el marco del Programa del Hombre y la Biosfera (MAB - Man and Biosphere) de la UNESCO en el año 2002. Presenta la Categoría II (Amarilla) de Ordenamiento de Bosques Nativos de Jujuy y forma parte del Área de Importancia de Conservación de Aves JU02 Parque Nacional Calilegua.

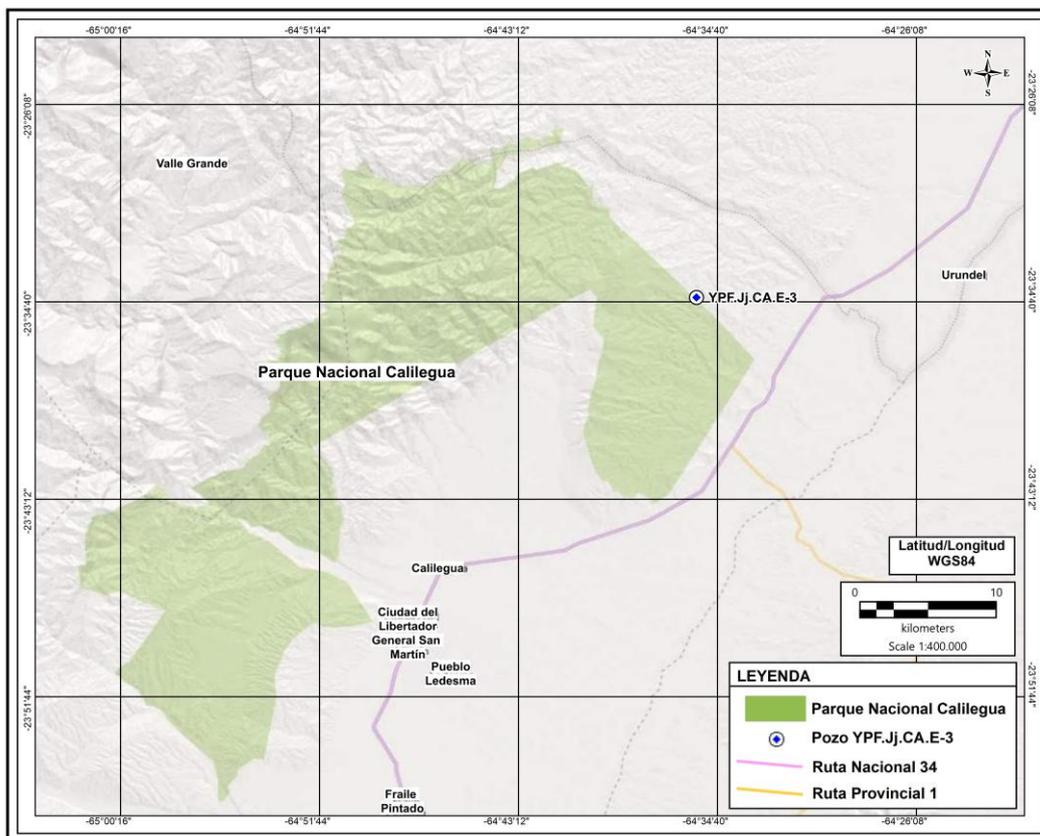


Figura 1: Mapa ubicación pozo YPF.Jj.CA.E-3

Autor: Dana Cammisi - Mapinfo Discover 15.2

Ubicación Pozo YPF.Jj.CA.E-3 (Jujuy, Caimancito):

Coordenadas geográficas WGS84: - Latitud: 23°34'29''S

- Longitud: 64°35'34''W

Coordenadas Gauss-Krüger POSGAR2007 Faja 3: - X: 7.393.068

- Y: 3.643.668

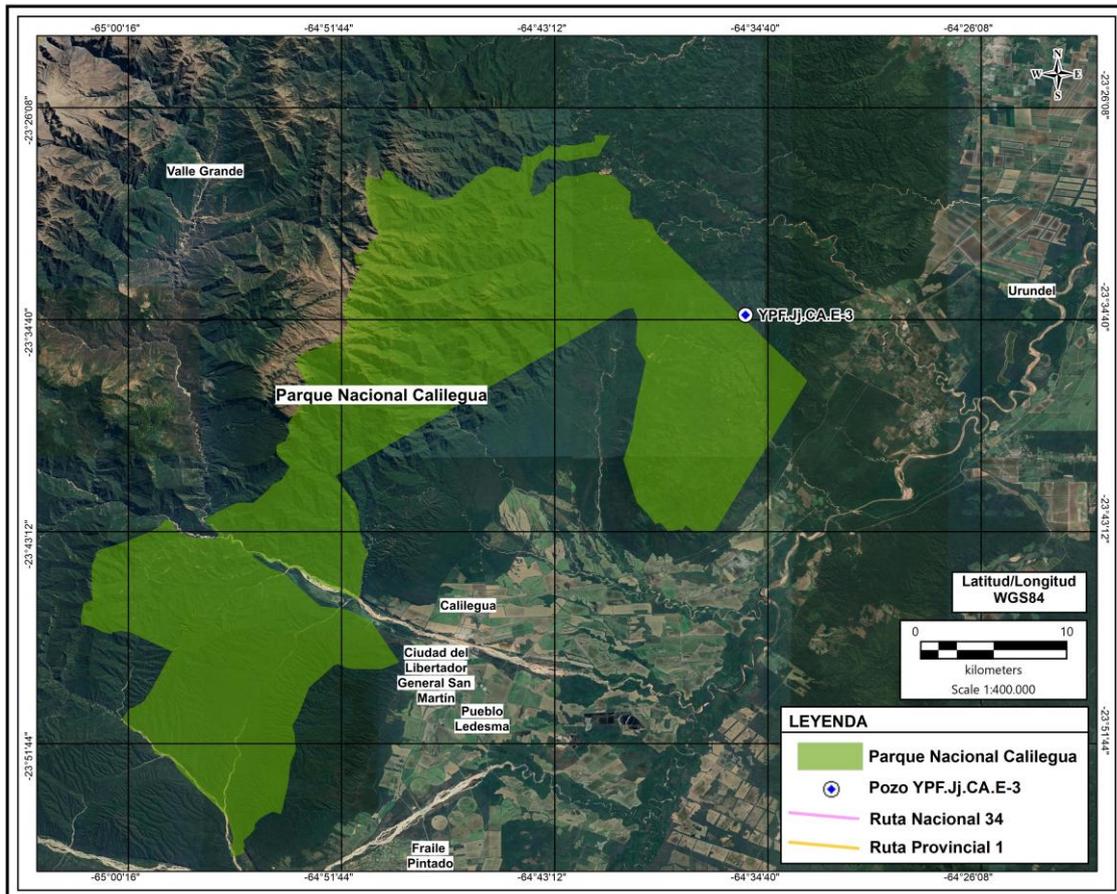


Figura 2: Mapa ubicación pozo YPF.Jj.CA.E-3.
 Autor: Dana Cammisi - Mapinfo Discover 15.2

La perforación de YPF.Jj.CA.E-3 comenzó en el año 1969 y finalizó en 1970, con 5066 mbbp perforados, dado que el pozo resultó improductivo. Si bien el pozo cortó la formación de interés (Formación Yacoraite) a los 4715 mbbp, ésta no contenía hidrocarburos, sino que se hallaba saturada de agua salada. Ante estos resultados, el pozo fue declarado estéril y abandonado conforme a las regulaciones vigentes en ese momento. La condición final de la boca del pozo incluyó un árbol de surgencia con instalaciones para el control

de presiones del yacimiento. En la actualidad, el pozo presenta una rotura en una válvula y ha estado en estado de surgencia desde la década de 1990.

En octubre de 2000, una Auditoría General de la Nación identificó contaminación en el Arroyo Yuto, que cruza el Parque Nacional Calilegua, como resultado del colapso del pozo petrolero abandonado YPF.Jj.CA.E-3 (fuera del área concesionada en la actualidad). Según la auditoría, el pozo, ubicado a 200 metros al norte del Parque Nacional, vierte aproximadamente 200,000 litros diarios de agua de formación con sales, con una concentración de 10 kg por cada 100 litros de agua y a elevadas temperaturas. Esto constituye el principal problema de contaminación en el Parque Nacional Calilegua.

En el año 2009, según un informe del Poder Ejecutivo, se verificó que en el pozo YPF.Jj.CA.E-3 existía una torre de sellado oxidada y quebrada, pero sin pérdidas y se indicaba que el surgente procedía, probablemente, por una fractura o zona de debilidad del suelo, desde un sector ubicado aproximadamente a seis metros al noreste de la perforación abandonada.

El caso ya había sido denunciado por la agrupación ambientalista La Huella Gaucha y autoridades del Parque Nacional Calilegua.

Según análisis sobre los líquidos que manaban en el lugar -que fueron encomendados a la Cátedra de Química Analítica de la Facultad de Ciencias Exactas de la Universidad Nacional de Salta- se realizaron sobre un pozo abandonado por YPF y a tres metros de la confluencia del surgente del pozo con el arroyo Yuto. Los resultados hablaban de una pérdida de agua salada, más de 100 gramos por litro- sin contenido de hidrocarburos, con una temperatura de 60-70 grados centígrados y con alto contenido de cobre.

En el año 2011 la Secretaría de Gestión Ambiental realizó una nueva inspección al pozo, dicha tarea fue efectuada por el personal técnico de la Secretaría, de la Dirección de Políticas Ambientales y Recursos Naturales y del Parque Nacional Calilegua. En esa oportunidad, con motivo de constatar y tomar registros del avance de la contaminación producto del pasivo ambiental existente y para poder establecer las acciones futuras a tomar, se realizó una

inspección por la zona. Atravesando 10 km de selva pedemontana, se realizó la toma de muestras de sedimento, ubicadas a 70 metros río arriba y río abajo del cruce de Arroyo Yuto con el afluente del pozo. Se procedió también a efectuar muestreos de agua y sedimentos tanto del pozo como del arroyo.

El 29 de octubre de 2014, el Directorio de la Administración de Parques Nacionales (APN) informó: “En el marco de los procesos judiciales para determinar la supuesta infracción a la ley 24.051 de Residuos peligrosos, que tramita en el Juzgado Federal de Primera instancia de San Salvador de Jujuy, el pasado 29 de septiembre el Organismo se ha constituido como querellante a través de la Dirección de Asuntos Jurídicos, para intervenir en la causa en la que se investiga el impacto ambiental provocado por las aguas surgentes del pozo petrolero YPF.Jj.CA.E-3 en la zona del Arroyo Yuto, fuera de la jurisdicción del Parque Nacional Calilegua.”

En ese mismo año, la Secretaría de Calidad llevó a cabo un Concurso de Precios para la Contratación del Servicio de Monitoreo del Pasivo Ambiental del Pozo YPF.Jj.CA.E-3. El ganador de dicho concurso fue la Facultad de Ingeniería de la UNJu. Posteriormente, después de realizar los estudios correspondientes, la facultad compiló toda la información recolectada en el informe titulado "Monitoreo de Pasivo Ambiental en Pozo E3 – Caimancito, Jujuy", el cual se encuentra archivado en el Expediente N.º 0255-294-D-2014.

En el año 2016, el Ministerio de Ambiente de la Provincia de Jujuy, a través de su titular, María Inés Zigarán, anunció que iba a presentar en sede judicial federal una demanda contra YPF por el pozo YPF.Jj.CA.E-3, que se encuentra fuera de la jurisdicción del Parque Nacional Calilegua y cuyas aguas surgentes representan una amenaza ambiental. Asimismo, solicitaba una medida cautelar para que se implemente una solución perentoria para controlar las aguas surgentes y cerrar el pozo a través de una tecnología ambientalmente aceptable.

En 2017, la Auditoría General de la Nación llevó a cabo una evaluación de la Gestión Ambiental del Yacimiento Petrolero Caimancito en el Parque Nacional Calilegua. Las tareas de auditoría se realizaron entre el 15 de junio de 2016 y el 22 de marzo de 2017, incluyendo una inspección del yacimiento

Caimancito y las instalaciones del parque nacional. El período auditado abarcó desde enero de 2011 hasta julio de 2016.

Uno de los hallazgos de la auditoría fue el incumplimiento de las regulaciones ambientales establecidas por la Ley 22.351 y la Resolución APN 16/94 en el área del yacimiento dentro del parque nacional. En esta zona protegida, se encontraron pozos petroleros activos e inactivos, así como infraestructura relacionada con la extracción de petróleo. Además, un informe de la Unidad de Auditoría Interna de APN destacó la falta de control y vigilancia sistemáticos en el área de Caimancito.

En mayo de 2017 el gobierno de la provincia de Jujuy llamó a Licitación Pública Nacional para la presentación del proyecto y ejecución de obra para la Prevención y mitigación de efectos nocivos sobre el ambiente y restauración de los sistemas ecológicos del área afectada Pozo YPF.Jj.CA.E-3 (Jujuy Caimancito).

La caracterización del surgente provista por el Pliego de Condiciones Técnicas indica que las aguas de formación emergentes en el Pozo YPF.Jj.CA.E-3 (Jujuy, Caimancito) poseen altas temperaturas, alto contenido de sales disueltas, presencia de hidrocarburos y metales pesados: “La armadura de surgencia presenta signos de corrosión, pero está completa. Aparentemente está desplazada de su ubicación original. No es posible conocer el estado mecánico de la instalación completa dado que está parcialmente sumergida en el efluente. El efluente surge en un burbujeo constante a aproximadamente 10 m aguas arriba de la armadura en varios puntos en un radio aproximado de 5m. Se observa una emanación muy leve de gas que acompañan los líquidos vertidos. No se encuentra ningún tipo de cartelera indicando el nombre del pozo, camino original, o el peligro de acercarse al mismo por la alta temperatura del fluido y su naturaleza.”

La empresa ganadora de la licitación fue Villanueva e Hijos SA, y en el año 2018 comenzaron las tareas de remediación.

Dadas las condiciones y las inmediaciones en las que se encuentra situado el Pozo YPF.Jj.CA.E-3, se propuso construir un sistema de tratamiento y confinamiento temporal de barros para contribuir a la reducción de la

concentración de contaminantes del surgente mediante tareas controladas, identificadas y medidas en un Plan de Manejo Ambiental.

Estado del Arte

La contaminación de agua se genera por diferentes tipos de vertidos: aguas blancas, aguas fecales y aguas de proceso. El primero se les suele llamar "aguas crudas" por su carácter previo a la potabilización. El segundo es generado en los aseos y asimilables a aguas residuales domésticas. Y el último, es un vertido del proceso productivo, con lo que su carga contaminante va a depender de la actividad industrial.

La actividad petrolera puede contribuir a diversos tipos de contaminación del agua, un ejemplo son los vertidos de petróleo crudo, es decir derrames de petróleo en cuerpos de agua durante la exploración, producción o transporte, este es quizás el más reconocido por su gran impacto visual y amplia difusión en medios. El libro "Oil in the Sea III: Inputs, Fates, and Effects." analiza varios ejemplos de este tipo de contaminación.

Otra manifestación notable es la contaminación química, ilustrada por la liberación de productos químicos tóxicos durante procesos como la perforación y fracturación hidráulica, una problemática que ha cobrado relevancia en los últimos años.

Otro caso relevante son las filtraciones de tanques y oleoductos, que comprenden las fugas de tanques de almacenamiento y tuberías, resultando en la contaminación de las aguas subterráneas.

Además, se debe tener en cuenta la contaminación por aguas de producción, que involucra la descarga de aguas producidas con contenido de sustancias químicas y compuestos no deseados. También, la contaminación por aguas de formación, que se refiere a la surgencia de aguas de formación ricas en sales, metales pesados y compuestos orgánicos. Este es el caso del pozo YPF.Jj.CA.E-3, cuya situación se ve agravada por su condición de pozo abandonado durante muchos años, y la falta de monitoreo durante gran parte de ese tiempo.

La cantidad de agua de formación varía según la formación geológica y, debido al prolongado contacto agua/roca, concentra niveles de salinidad, especialmente cloruro de sodio y otros sólidos. La temperatura del agua de formación al llegar a la superficie oscila entre 32 y 73 grados centígrados, con una temperatura media de 55 grados centígrados (Denzin, E., 2007).

Las altas concentraciones de sales y otros elementos en las aguas de formación, combinadas con sus elevadas temperaturas, generan un impacto negativo en el medio biológico circundante. Organismos acuáticos, especialmente aquellos intolerantes a la alta salinidad o a cambios bruscos de temperatura, se ven afectados (Kyung S. Cheng, 2001).

Cuando estas aguas sedimentarias son vertidas accidentalmente en ríos y otros cuerpos de agua, pueden desencadenar reacciones ambientales en cascada. La mayoría de las especies dulceacuícolas mueren debido a la salinidad y otros contaminantes, dando lugar a comunidades tolerantes a la salinidad con baja diversidad en los cuerpos de agua afectados. Además, estas aguas pueden contaminar los acuíferos por migración vertical de los contaminantes, afectando a pozos domésticos (Bravo, E., 2007).

Una opción para tratar las aguas asociadas es el confinamiento o reinyección. Esto puede llevarse a cabo mediante inyección anular, donde el agua se inyecta en la parte anular de los pozos, o por evaporación en zonas áridas. Sin embargo, la reinyección tiene sus riesgos, como la migración de agua hacia estratos superiores, lo que puede contaminar acuíferos subsuperficiales y superficiales. Además, las aguas de formación son corrosivas, lo que puede dañar los equipos utilizados en su tratamiento. Existen riesgos asociados con desbordamientos, derrames y accidentes en los pozos reinyectores, y la corrosividad del agua de formación también puede causar daños en los sistemas de reinyección (Bravo, E., 2007).

En el caso del Pozo YPF.Jj.CA.E-3 (Jujuy, Caimancito), la solución para abordar el foco de contaminación causado por el surgente implica la correcta reparación del sistema de tuberías para evitar la liberación de agua de formación. Sin embargo, esta opción resultó inviable debido a las condiciones

particulares del pozo, así como a las limitaciones de recursos y presupuesto disponibles.

Como alternativa, se propuso reabrir la huella de acceso a la planchada del pozo, ubicada en la margen derecha del arroyo Yuto. El objetivo es facilitar el acceso con equipos a la boca del pozo para llevar a cabo la construcción de la infraestructura necesaria para el cierre y la captación de efluentes. Una vez que la zona de trabajo en la boca del pozo esté lista, se procederá a la construcción de un acueducto para la descarga de los efluentes líquidos generados por la surgencia.

Como fase siguiente, se llevará a cabo la construcción de una represa con dimensiones aproximadas de 20 metros por 50 metros por 2 metros de profundidad. Esta represa desempeñará un papel crucial en el tratamiento de los efluentes. La construcción de la represa incluirá aportes laterales desde el centro hacia los terraplenes de contención, que se finalizarán con los taludes necesarios en función del tipo de suelo.

Objetivos

General

- Realizar un análisis del procedimiento de remediación propuesto para el pozo YPF.Jj.CA.E-3

Específicos

- Evaluar los efectos nocivos sobre el ambiente derivados de la surgencia de aguas de formación de las proximidades del pozo YPF.Jj.CA.E-3
- Analizar la restauración de los sistemas ecológicos del área afectada por los impactos ambientales derivados de la surgencia de aguas de formación de las proximidades del pozo YPF.Jj.CA.E-3
- Proponer un plan de contingencias basado en el análisis de los riesgos ambientales asociados a la obra.

Hipótesis

La actividad biológica en el arroyo Yuto se ve afectada por la surgencia del pozo YPF.Jj.CA.E-3.

Marco Conceptual

Naciones Unidas advierte que, en el futuro, más de 1.000 millones de personas sufrirán la escasez de agua a causa de la contaminación, la superpoblación y el cambio climático que afectan a las fuentes de este recurso esencial. Los efectos del cambio climático y la gestión de los recursos hídricos son las principales causas de la escasez de agua en el mundo. Si a esto le sumamos la contaminación que sufren numerosas corrientes de aguas, como mares, ríos o lagos, estamos ante una catástrofe natural que se avecina. De toda el agua presente en el planeta, muy poca es para el consumo humano. Un 90% es agua salada, un 2% está en los polos, y sólo un 1% es dulce y apta para beber. Esta última está presente en ríos, lagos y corrientes subterráneas.

La contaminación hídrica se entiende como la acción de introducir algún material en el agua alterando su calidad y su composición química. Según la Organización Mundial de la Salud el agua está contaminada "cuando su composición se haya modificado de modo que no reúna las condiciones necesarias para el uso, al que se le hubiera destinado en su estado natural". Aunque esta contaminación de las aguas puede provenir de fuentes naturales, como la ceniza de un volcán, la mayor parte de la contaminación actual proviene de actividades humanas. Miles de personas mueren cada año a causa de enfermedades generadas por el consumo de agua no potable o por alimentos contaminados. Existen varias fuentes de contaminación hídrica a causa de actividades domésticas, industriales o agrícolas. Ríos, arroyos y canales son contaminados por los desechos del alcantarillado, residuos industriales, detergentes y pesticidas. El agua de formación (y de producción) se considera como el contaminante de mayor incidencia de la actividad petrolera, por contener altos tenores de sales disueltas, hidrocarburos solubles y puede estar acompañada por gases y/o metales peligrosos), con sales en una concentración de 10kg cada 100 litros de agua y a elevadas temperaturas.

El término "agua de formación" se refiere al agua que se encuentra naturalmente en los reservorios subterráneos de petróleo y gas. Este agua se origina a partir de la historia geológica del reservorio y puede tener varias fuentes, incluyendo agua de lluvia que se infiltró en el subsuelo durante

millones de años, agua salina marina que se introdujo debido a la migración a través de las capas de roca porosa, o agua liberada durante la descomposición de minerales dentro del reservorio.

La composición del agua de formación puede variar considerablemente dependiendo de la ubicación geográfica y las condiciones geológicas específicas del reservorio. Por lo general, el agua de formación es salina y puede contener una variedad de iones disueltos, como cloruro, sulfato, carbonato, y otros, además de hidrocarburos. La gestión adecuada del agua de formación es crucial para garantizar la eficiencia y la seguridad en las operaciones petroleras y de gas. Además, el tratamiento y la disposición adecuados del agua de formación son aspectos importantes para minimizar el impacto ambiental de la extracción de petróleo y gas.

Si el agua de formación llega a ríos, arroyos, lagos u otros cuerpos de agua superficiales, puede tener varios impactos ambientales negativos:

- *Contaminación del agua:* La descarga de agua de formación puede introducir contaminantes, como sales disueltas, metales pesados, compuestos orgánicos y productos químicos utilizados en las operaciones petroleras, en los cuerpos de agua superficiales. Esto puede comprometer la calidad del agua y afectar la salud de los ecosistemas acuáticos, así como la salud humana si se utiliza para consumo humano o riego.
- *Impacto en la vida silvestre:* La presencia de contaminantes en el agua de formación puede ser tóxica para la vida acuática, lo que resulta en la muerte de peces, plantas y otros organismos acuáticos. Además, los cambios en la salinidad y la composición química del agua pueden alterar los hábitats naturales y afectar la diversidad biológica.
- *Daño a la vegetación y suelos:* El riego con agua de formación puede afectar negativamente a la vegetación y los suelos cercanos a los cuerpos de agua superficiales debido a la acumulación de sales y contaminantes. Esto puede causar la salinización del suelo y la muerte

de plantas, lo que a su vez puede tener consecuencias en la producción agrícola y en los ecosistemas terrestres.

- *Impacto en la calidad del agua potable:* Si el agua de formación contaminada se mezcla con fuentes de agua potable, ya sea a través de la infiltración en acuíferos subterráneos o la descarga directa en cuerpos de agua superficiales utilizados para el abastecimiento de agua potable, puede representar un riesgo para la salud humana al contaminar las fuentes de agua potable.

Un buen plan de completación de pozos puede ayudar a prevenir la migración del agua de formación hacia la superficie y a garantizar la integridad del pozo. Para ello se necesita:

- *Selección de materiales adecuados:* Se deben seleccionar cuidadosamente los revestimientos y los cementos utilizados en la construcción del pozo para garantizar la impermeabilización adecuada y evitar la migración de fluidos, incluido el agua de formación. Los materiales resistentes a la corrosión y a la degradación química son preferibles para mantener la integridad del pozo a lo largo del tiempo.
- *Instalación de sistemas de control de presión:* Los sistemas de control de presión, como las válvulas de seguridad y los dispositivos de control de flujo, son fundamentales para prevenir la migración no deseada de fluidos, incluido el agua de formación, hacia la superficie. Estos dispositivos ayudan a mantener la presión del pozo dentro de niveles seguros y evitan la entrada de fluidos no deseados en el sistema de producción.
- *Tuberías de revestimiento adecuadas:* La instalación de múltiples tuberías de revestimiento con sellos adecuados entre ellas puede ayudar a prevenir la migración de agua de formación a través de las zonas permeables hacia la superficie. Estas tuberías de revestimiento actúan como barreras físicas para contener los fluidos en el pozo y asegurar la integridad del mismo.

- *Pruebas de integridad del pozo:* Se deben realizar pruebas periódicas de integridad del pozo para detectar y prevenir posibles fugas o fallas en el sistema de revestimiento y cementación. Estas pruebas pueden incluir pruebas de presión, pruebas de integridad mecánica y pruebas de aislamiento de zonas.
- *Monitoreo continuo:* Es importante implementar sistemas de monitoreo continuo para detectar cualquier anomalía en la producción del pozo que pueda indicar la migración de agua de formación u otros problemas de integridad del pozo. Esto puede incluir el uso de sensores de presión, temperatura y composición química en el pozo y en la superficie.
- *Cumplimiento de regulaciones:* Es fundamental cumplir con las regulaciones y normativas ambientales aplicables para la gestión adecuada de los fluidos producidos, incluido el agua de formación. Esto puede implicar la implementación de prácticas de gestión de agua seguras y la obtención de permisos ambientales antes de iniciar las operaciones de perforación y completación del pozo.

Otra etapa crítica en el ciclo de vida de un pozo es la del abandono, es el proceso de retirar de forma segura el equipo y restaurar el sitio a su estado original o a un estado que cumpla con los estándares ambientales y de seguridad. Un abandono de pozo adecuado es fundamental para prevenir riesgos ambientales y para la seguridad pública.

Un plan de abandono de pozos incluye:

- *Retiro de equipos:* Se debe retirar todo el equipo y la infraestructura asociada con el pozo, incluidas las tuberías, bombas, válvulas y cabezas de pozo. Esto se realiza para minimizar cualquier riesgo potencial de contaminación o accidentes.
- *Taponamiento de pozos:* Es importante tapar adecuadamente el pozo para prevenir la migración de fluidos, incluido el agua de formación, hacia la superficie. Esto generalmente implica el uso de cemento u otros materiales sellantes para aislar las zonas productoras y evitar fugas.

- *Restauración del sitio:* Una vez que el pozo ha sido abandonado y sellado correctamente, el sitio debe ser restaurado a su estado original o a un estado que cumpla con los estándares ambientales locales. Esto puede incluir la remoción de cualquier equipo restante, la nivelación del terreno y la siembra de vegetación para estabilizar el suelo y prevenir la erosión.
- *Cumplimiento de regulaciones:* Es fundamental cumplir con las regulaciones y normativas ambientales y de seguridad aplicables durante el proceso de abandono de pozos. Esto puede implicar la obtención de permisos ambientales, la notificación a las autoridades competentes y el seguimiento de procedimientos específicos para garantizar un abandono seguro y adecuado del pozo.
- *Monitoreo post-abandono:* Después de que el pozo ha sido abandonado, es importante realizar un monitoreo periódico para verificar la integridad del sellado y prevenir posibles fugas o problemas de contaminación en el futuro. Esto puede incluir inspecciones visuales, pruebas de integridad del pozo y monitoreo de la calidad del agua subterránea cercana al sitio.

Cuando estos procedimientos no se llevan a cabo, no están regulados y no hay monitoreos ni mantenimiento, puede ocurrir que haya fugas de materiales tanto superficiales como subterráneas, derivando en la contaminación de recursos naturales.

La realidad nos muestra que diferentes personas y grupos de interés tienen diferentes ideas y nociones de lo que es el agua, del papel que juega y de cómo hay que considerarla y gestionarla. El agua es un recurso natural. Aguilera Klink, en su obra: Agua, medio ambiente y la evaluación de los costes, establece que la palabra recurso no se refiere ni a una cosa ni a una sustancia, sino a una función que una cosa o una sustancia pueden realizar o a una operación en la cual pueden tomar parte, es decir, la función o la operación de alcanzar un fin dado, tal como satisfacer una necesidad. Cuando el uso de una función ambiental entra en conflicto con el uso de otra o consigo misma, tanto en el presente como en el futuro, se producen pérdidas de función. En la medida en que la competencia entre funciones lleva a un deterioro de una o

varias de ellas se puede hablar de coste, entendido este como pérdida, temporal o definitiva, de una función. Así pues, un recurso sólo sigue siéndolo si posee la calidad adecuada para cumplir sus diferentes funciones. Es importante señalar que la competencia cualitativa entre funciones muestra claramente la interdependencia entre las mismas y, al mismo tiempo, que el hombre no sólo se apropia de recursos naturales, sino de ecosistemas; por eso, estudiar la gestión del agua implica estudiar la gestión del territorio y de los usos que son compatibles con el mantenimiento de las funciones ambientales. El agua es un recurso natural que puede verse como un activo ecosocial imprescindible para la vida, pero también como un factor de producción necesario para actividades económicas que deben ser compatibles con el medio ambiente. La política de la comunidad en el ámbito del medio ambiente debe contribuir a alcanzar los siguientes objetivos: la conservación, la protección y la mejora de la calidad del medio ambiente, y la utilización prudente y racional de los recursos naturales; asimismo, debe basarse en el principio de precaución y en los principios de acción preventiva, de corrección de los atentados al medio ambiente preferentemente en la fuente misma, y de quien contamina paga. «No hay mayor amenaza para el medio ambiente que la demagogia, es decir, el engaño a los ciudadanos, el ocultismo intencionado de datos y decisiones, la manipulación interesada de la situación real de los recursos naturales y de las alternativas que existen para explotarlos adecuadamente». (Aguilera Klink, 2007)

Indicadores e índices que se desprenden del problema de investigación

Indicadores e índices ambientales: (IA)

- Alteración de hábitats naturales
- Vertido de desechos en el agua
- Grado de contaminación de la napa freática
- Residuos sólidos generados

Indicadores e índices de desarrollo sustentable: (DS)

- Exposición a contaminación por industrias

Indicadores biofísicos: (IB)

- Riqueza de especies
- Disminución de la cantidad y calidad del agua

Tipo y técnica de investigación

Como metodología de investigación se utilizará la técnica cualitativa, la cual, según Ruiz Olabuénaga (2012), se identifica como una investigación en contexto de descubrimiento que sirve de puente para la verdadera investigación, en contexto de comprobación rigurosa y precisa. Denzin (1970) define la triangulación en investigación como “la combinación de dos o más teorías, fuentes de datos o métodos de investigación en el estudio de un fenómeno singular”. Así y sumado a los antecedentes, se podrá abordar el tema de investigación de una perspectiva más profunda y detallada.

Trabajos realizados en el área*Monitoreos existentes*

Se realizaron monitoreos en dos ocasiones, la primera el 05/12/14 y la segunda el 27/06/15. En ambos, se buscó evaluar las concentraciones de contaminantes en la boca de surgencia y aguas abajo del vertido sobre el Arroyo Yuto, a intervalos de aproximadamente 1.100 metros. El último punto de muestreo estaba aproximadamente a 15 km aguas abajo del vertido. Las pruebas se realizaron en el Laboratorio INTEMI de la UNJu.

Los resultados revelaron que el surgente tenía un alto contenido de sales solubles y presencia de hidrocarburos. En cuanto a metales pesados/elementos tóxicos, en el primer muestreo (Fecha 05/12/14) se identificaron 6 elementos, mientras que en el segundo muestreo (Fecha 27/06/15) solo se detectaron 3, utilizando Espectrometría de Absorción Atómica. Se encontraron metales pesados/elementos tóxicos solo en la boca

de surgencia, superando ampliamente los valores guía de calidad de agua del Decreto 5980/06 para plomo, hierro y cobre.

- Plomo 1,34 mg/l
- Hierro 0,51 mg/l
- Cobre 0,17 mg/l

No se registraron valores para el resto de las determinaciones en la boca de surgencia ni en el Arroyo Yuto. El informe del laboratorio no indicaba el Límite de Detección o Sensibilidad del equipo utilizado.

Según el primer monitoreo, el alto contenido de sales y metales pesados se diluía en el Arroyo Yuto sin causar efectos nocivos en la fauna acuática, la flora y el entorno circundante.

En el segundo monitoreo, llevado a cabo en marzo de 2016, se creó un Comité Técnico Ad Hoc para la inspección y evaluación de los daños ambientales y la proposición del plan de remediación ambiental. Las muestras extraídas en el Pozo YPF.Jj.CA.E-3 indicaron un alto contenido de sales solubles en el surgente y presencia de hidrocarburos y sales en el barro circundante. No se superaron los valores guía del Decreto 5980/06 para metales pesados y elementos tóxicos en los barros.

Tras evaluar los resultados obtenidos, se formuló una propuesta de mitigación y se convocó a una licitación pública nacional el 14 de julio de 2017 para llevar a cabo la obra. La empresa adjudicada fue Villanueva e Hijos S.A., la cual desarrolló un Plan de Gestión Ambiental (PGA). En el año 2018, se iniciaron las labores.

El PGA se creó con el objetivo de integrar de manera sistemática todas las medidas necesarias para proteger el ambiente durante las diversas etapas de la obra, abarcando la ejecución de acciones destinadas a mitigar los efectos adversos en el área afectada por el Pozo YPF.Jj.CA.E-3. Su propósito fue proporcionar tanto a la empresa contratista encargada de la obra como a la autoridad de control una herramienta de gestión ambiental que facilitara la supervisión de la implementación de las medidas destinadas a reducir los

impactos ambientales, así como la supervisión de las actividades constructivas del proyecto.

Para la implementación efectiva del PGA, se elaboraron programas específicos:

- **Programa de Protección Ambiental:** Este programa abarca acciones destinadas a la prevención, control, atenuación, restauración y compensación de impactos ambientales negativos, así como el fortalecimiento de aquellos efectos positivos que puedan surgir.
- **Programa de Monitoreo Ambiental de la Obra:** Este programa describe detalladamente las variables que serán monitoreadas para asegurar el cumplimiento efectivo de las medidas protectoras establecidas.
- **Plan de Contingencias Ambientales:** Este plan establece procedimientos específicos para la preparación y respuesta ante posibles emergencias ambientales que puedan surgir durante el desarrollo de la obra.

Programa de Protección Ambiental

Tiene como objetivo identificar y aplicar una serie de medidas destinadas a una mejor armonización entre la actividad y el entorno natural. Estas medidas se enfocan principalmente en la reducción de los impactos ambientales y en el aumento de las medidas de seguridad y prevención frente a posibles riesgos. No se limitan únicamente a las acciones relacionadas con los impactos ya identificados, sino que también abordan situaciones potenciales de riesgo o conflictos, donde es necesario implementar medidas preventivas.

El programa abarca un conjunto de acciones que incluyen la prevención, control, mitigación, restauración y compensación de los impactos ambientales negativos, así como la potenciación de los positivos. Estas acciones se llevarán a cabo a lo largo de las etapas de construcción y operación del proyecto, con el

fin de garantizar el uso sostenible de los recursos naturales y la preservación del medio ambiente.

Basándose en los indicadores e índices ambientales, de desarrollo sustentable y biofísicos identificados, así como en las posibles situaciones de riesgo o conflicto, se proponen las siguientes medidas de mitigación:

AIRE		
ACCIÓN	IMPACTO	MEDIDAS DE MITIGACION
<ul style="list-style-type: none"> - Excavaciones - Movimientos de suelos. - Acopios - Tráfico de maquinarias y vehículos. - Emisiones gaseosas vehiculares - Explotación de canteras 	<ul style="list-style-type: none"> - Aumento de sólidos en suspensión y gases. - Deterioro de la calidad del aire 	<ul style="list-style-type: none"> - Riegos de las zonas de tránsito de vehículos. - Control de puesta a punto y emisiones vehiculares. - Cobertura de los materiales transportados por los camiones. - Control de la velocidad de circulación de los vehículos en obra.

Medidas para Proteger la Calidad del Aire:

- Durante las actividades de construcción, se aplicarán riegos periódicos en el área de trabajo para minimizar la emisión de polvo.
- Las pilas de materiales excavados se mantendrán húmedas para evitar la generación de polvo debido a los vientos.
- Los vehículos de transporte de materiales y suministros deberán mantener sus cargas cubiertas para prevenir la dispersión de polvo durante el transporte.
- Se establecerán límites de velocidad de hasta 20 km/h para controlar la emisión excesiva de polvo en todas las áreas de trabajo.
- Se respetará la capacidad de carga máxima de los vehículos.

- Toda la maquinaria y vehículos deberán mantenerse con motores adecuadamente regulados y cumplir con las normativas de emisiones de gases.
- Se cercará adecuadamente el perímetro de la obra con mallas para evitar el ingreso de personas no autorizadas y reducir la dispersión de partículas en suspensión.
- Queda estrictamente prohibido el uso de fuego para limpiar la zona o eliminar residuos.
- Se dará prioridad al uso de canteras comerciales autorizadas para la obtención de materiales.

RUIDO		
ACCIÓN	IMPACTO	MEDIDAS DE MITIGACION
- Actividades de obra - Trabajo de maquinaria pesada y otras - Movimientos de vehículos	- Aumento de los niveles sonoros - Molestias a la población	- Correcto afinado de los motores - Control de emisiones sonoras en los escapes - Minimización del uso de la maquinaria y vehículos

Las medidas de protección frente al ruido incluyen:

- a) Control de ruidos de maquinarias y procesos durante las obras, que consisten en:
- Regulación de horarios, velocidades y frecuencia de tráfico de la obra cerca de áreas urbanas.
 - Mantenimiento adecuado de maquinaria considerando su potencial impacto sonoro.
 - Limitación de excavaciones y montajes a lo estrictamente necesario para la obra.

- Evitar el paso innecesario de maquinaria pesada y la colocación de fuentes ruidosas cerca de edificaciones.
- Uso de silenciadores adecuados en equipos pesados.

GEOLOGIA Y GEOMORFOLOGIA		
ACCIÓN	IMPACTO	MEDIDAS DE MITIGACION
<ul style="list-style-type: none"> - Movimientos de tierras - Nivelaciones - Excavación de zanjas. - Explotación de materiales 	<ul style="list-style-type: none"> - Alteración de geoformas - Activación de procesos erosivos - Riesgo de socavamientos - Inestabilidad de materiales 	<ul style="list-style-type: none"> - Minimización de los movimientos de tierras. - Limitar las tareas a las áreas estrictamente necesarias. - Definir pendientes finales estables. - Identificar los sitios comerciales de extracción de materiales

Aspectos Relacionados con la Geología y Geomorfología:

- Limitar las actividades de obra a las áreas mínimas necesarias para evitar afectar zonas o superficies innecesarias.
- Reducir al mínimo indispensable los movimientos de suelo.
- Cerrar todas las zanjas abiertas durante la misma jornada o, en su defecto, impedir la circulación de peatones en la zona.
- Establecer perfiles finales estables previamente en trabajos en laderas.
- Dar prioridad al uso de yacimientos y canteras comerciales en explotación y debidamente autorizadas.
- Disminuir el tamaño de las pilas de almacenamiento de materiales.
- Evitar cualquier tipo de excavación durante la época de mayores precipitaciones.

SUELOS		
ACCIÓN	IMPACTO	MEDIDAS DE MITIGACION
<ul style="list-style-type: none"> - Const. Infraestructuras. - Explotación de Canteras. - Movimientos Suelos, Excavación de zanjas. - Tráfico de máquinas y vehículos. - Desvíos - Vertidos accidentales 	<ul style="list-style-type: none"> - Destrucción directa/ Sepultamiento. - Riesgo de erosión. - Compactación. - Deterioro de la calidad edáfica. 	<ul style="list-style-type: none"> - Ubicación de los obradores en zonas urbanas - Retiro selectivo de los suelos vegetales - Acopio por separado de los distintos tipos de suelos - Reposición de suelos vegetales - Escarificado posterior de zonas compactadas. - Control de vertidos en el mantenimiento de vehículos y maquinaria - Realizar el mantenimiento en áreas de servicios impermeabilizadas - Control de la erosión

Aspectos Relacionados con los Suelos:

- Durante la construcción, se moverá tierra solo en áreas estrictamente necesarias para minimizar la intervención en la superficie del suelo y evitar cambios de uso extensos.
- En caso de excavaciones, se retirarán y almacenarán por separado las capas de suelo vegetal para su posterior uso en la restauración y recomposición.
- Las excavaciones se programarán fuera de las épocas de precipitaciones.
- Se dispondrá de herramientas y materiales en el área de trabajo para responder a derrames de combustibles y/o lubricantes, incluyendo picos, lampas, material absorbente y depósitos adecuados para retirar suelos contaminados.

- Ante derrames accidentales de combustibles y/o lubricantes, se retirará todo el suelo contaminado.
- Se implementarán medidas para el manejo, transporte y almacenamiento de hidrocarburos, detalladas a continuación:
- Preferentemente, el transporte de combustibles y lubricantes se realizará en cisternas adecuadamente habilitadas. En caso de uso de tambores, estos deberán estar asegurados adecuadamente para evitar pérdidas por roturas.
- El mantenimiento de vehículos y maquinaria se llevará a cabo en zonas designadas y habilitadas para ese fin.
- Los productos químicos se almacenarán en lugares adecuados con sistemas de contención.
- Los residuos contaminados con materiales peligrosos se eliminarán adecuadamente para prevenir la contaminación del suelo.

RECURSOS HÍDRICOS SUPERFICIALES		
ACCIÓN	IMPACTO	MEDIDAS DE MITIGACION
<ul style="list-style-type: none"> - Movimientos de tierra. - Excavación de zanjas. - Tráfico de máquinas y vehículos. - Vertidos accidentales. - Producción de residuos - Cruces de cauces permanentes. - Extracción de aguas superficiales 	<ul style="list-style-type: none"> - Pérdidas de calidad del agua - Afectación a masas de aguas - Conflictos de consumo. - Alteración de drenajes. - Disminución de caudales 	<ul style="list-style-type: none"> - Minimización de tareas en zonas de cauces o con presencia de agua - Control de volcamientos de combustibles, lubricantes, cloacales, etc. - Mantenimiento de vehículos y maquinaria en áreas de servicio. - Minimizar desvíos de cursos de aguas. - Permisos de extracción de agua

Aspectos Relacionados con los Recursos Hídricos Superficiales:

- Se garantizará que ninguna tarea realizada obstaculice el drenaje normal del sistema hídrico, manteniendo el escurrimiento libre de obstáculos para prevenir anegamientos.
- Las cunetas o zanjas que conduzcan hacia cuerpos de agua contarán con decantadores para retener sedimentos y pendientes adecuadas para prevenir erosión antes de su llegada al cuerpo receptor.
- Si es necesario desviar temporalmente un curso de agua natural o artificial, o construir un paso de agua que no sea permanente, se restaurará a su estado original al finalizar los trabajos, previa autorización del organismo competente y supervisión del responsable ambiental.
- Los drenajes seguirán las curvas de nivel hacia líneas de drenaje naturales.
- Se evitará que materiales utilizados durante la construcción, como cemento, limo, arcilla o concreto fresco, ingresen a cuerpos de agua, debiendo ser retirados y depositados en lugares autorizados al finalizar los trabajos.
- Los residuos de tala y rozado serán apilados de manera que no alteren el área ni obstruyan el paso a personas o vehículos, y serán depositados en lugares autorizados, sin ser quemados.
- No se descargarán materiales contaminantes, como combustibles, lubricantes, bitúmenes o aguas servidas no tratadas, en cuerpos de agua, debiendo tratarse previamente antes de su disposición final conforme a la legislación vigente.
- La captación de aguas requerirá autorización de la autoridad correspondiente y se evitarán conflictos de uso con comunidades locales.
- Queda prohibido realizar tareas de limpieza y mantenimiento de vehículos y maquinaria en zonas de cauces y cuerpos de agua, así como la disposición de residuos en estos lugares.

- Se instalarán baños químicos en cantidad suficiente según la cantidad de personal trabajando en la obra, y serán limpiados diariamente.

RECURSOS HÍDRICOS SUBTERRÁNEOS		
ACCIÓN	IMPACTO	MEDIDAS DE MITIGACION
<ul style="list-style-type: none"> - Tráfico de máquinas y vehículos. - Vertidos accidentales. - Producción de residuos 	<ul style="list-style-type: none"> - Afectación de la calidad del agua subterránea 	<ul style="list-style-type: none"> - Control de volcamientos de combustibles, lubricantes, cloacales, etc. - Mantenimiento de vehículos y maquinaria en áreas de servicio.

Aspectos relativos a los Recursos Hídricos Subterráneos:

- Antes de realizar perforaciones para abastecimiento de agua, se requerirá un estudio hidrogeológico que respalde su ubicación y los permisos correspondientes del organismo competente.
- Las perforaciones se realizarán de manera que se evite la infiltración de contaminantes al recurso, evitando áreas de recarga de acuíferos, conflictos con comunidades locales y cercanía a fuentes de abastecimiento de agua pobladas.
- El área de mantenimiento de vehículos y maquinaria en el obrador se condicionará para prevenir vuelcos de combustibles y lubricantes y evitar la contaminación del suelo y agua circundante, siguiendo las normativas de Protección de Recursos Hídricos Superficiales.
- Los obradores deberán contar con instalaciones sanitarias adecuadas y la debida evacuación de líquidos cloacales, con las habilitaciones correspondientes.

VEGETACIÓN		
ACCIÓN	IMPACTO	MEDIDAS DE MITIGACION
<ul style="list-style-type: none"> - Limpiezas y desbroce. - Acopios de materiales - Actividades de obra 	<ul style="list-style-type: none"> - Eliminación de la cubierta vegetal - Riesgos de incendios - Afectación por derrames 	<ul style="list-style-type: none"> - Minimizar superficies de afectaciones - Evitar extracciones innecesarias. - Prohibición de extracción de leña y vegetación natural. - Prohibición de quemas y uso del fuego - Reforestación de zonas afectadas. - Control de vertidos de sustancias tóxicas

FAUNA		
ACCIÓN	IMPACTO	MEDIDAS DE MITIGACION
<ul style="list-style-type: none"> - Actividades de Obra - Const. Infraestructuras - Movimientos de vehículos y operación de maquinaria 	<ul style="list-style-type: none"> - Pérdida de especies - Pérdida de Hábitat. - Riesgo de atropellos - Caída de animales en las zanjas - Alteración de hábitat. - Efecto Barrera 	<ul style="list-style-type: none"> - Restringir las acciones al ámbito de obra. - Realizar los trabajos en horario diurno. - Tapar las zanjas a la brevedad posible. - Construir pasos de fauna y/o escapes si fueran necesarios - Prohibir la caza y la pesca al personal de la obra

ECOSISTEMA		
ACCIÓN	IMPACTO	MEDIDAS DE MITIGACION
<ul style="list-style-type: none"> - Actividades de Obra - Const. Infraestructuras - Movimientos de vehículos y operación de maquinaria 	<ul style="list-style-type: none"> - Alteración de procesos naturales - Pérdida de Hábitat. 	<ul style="list-style-type: none"> - Restringir las acciones al ámbito de obra. - Minimizar las zonas de obra y de afectaciones. - Prohibición de quemas y uso del fuego - Reforestación de zonas afectadas. - Control de vertidos de sustancias tóxicas - Restauración de zonas afectadas

PATRIMONIO NATURAL		
ACCIÓN	IMPACTO	MEDIDAS DE MITIGACION
<ul style="list-style-type: none"> - Actividades de Obra - Const. Infraestructuras - Movimientos de vehículos y operación de maquinaria 	<ul style="list-style-type: none"> - Alteración de procesos naturales - Pérdida de Biodiversidad. - Reducción de hábitats. 	<ul style="list-style-type: none"> - Restringir las acciones al ámbito de obra. - Minimizar las zonas de obra y de afectaciones. - Prohibición de quemas y uso del fuego - Reforestación de zonas afectadas. - Control de vertidos de sustancias tóxicas - Restauración de zonas afectadas

Aspectos relativos a la Vegetación, Fauna, Ecosistema y Patrimonio Natural:

- Se limitarán las acciones de obra a las áreas estrictamente necesarias, evitando desbroces de vegetación innecesarios.
- Se utilizarán herramientas manuales para cortar vegetación y, solo en casos permitidos y con autorización, equipos pesados.
- El corte de árboles se orientará para evitar daños a la masa forestal.
- Se evitará el corte de especies nativas o amenazadas y se obtendrán los permisos correspondientes.
- Se podrá utilizar y reciclar madera de árboles talados solo con autorización y control.
- Se tomarán medidas para prevenir incendios y se proveerá de elementos de control y extinción del fuego.
- Se consultarán las disposiciones vigentes y se evitará la ubicación de infraestructuras en áreas protegidas.
- Las zanjas excavadas se tapanán preferentemente el mismo día, permitiendo su cruce seguro en zonas urbanas.
- Se restringirá el uso de herbicidas y se emplearán productos químicos autorizados.
- Queda prohibida la caza y compra de animales silvestres.
- Se limitará la presencia de animales domésticos, especialmente en áreas silvestres y protegidas.
- Queda prohibida la realización de quemas.
- m) Se evitará el desplazamiento del personal de obra fuera del área de trabajo en áreas silvestres.
- n) Se restaurarán adecuadamente los cauces y cruces de aguas superficiales a sus condiciones originales.

PATRIMONIO CULTURAL		
ACCIÓN	IMPACTO	MEDIDAS DE MITIGACION
<ul style="list-style-type: none"> - Actividades de obra - Excavación de zanjas. - Obradores - Construcción de plantas 	<ul style="list-style-type: none"> - Afectación a yacimientos arqueológicos 	<ul style="list-style-type: none"> - Prospección inicial de los frentes de obra - Plan de contingencias - Capacitación del personal - Comunicación con los pobladores - Plan de Salvaguarda del Patrimonio Arqueológico y Cultural

PAISAJE		
ACCIÓN	IMPACTO	MEDIDAS DE MITIGACION
<ul style="list-style-type: none"> - Presencia de elementos artificiales 	<ul style="list-style-type: none"> - Intrusión Visual - Efecto barrera 	<ul style="list-style-type: none"> - Orden y limpieza en obradores y frentes de trabajo - Adecuar la infraestructura para su integración al medio - Utilizar barreras vegetales - Aplicar protocolos de protección de Patrimonio

Aspectos relativos al Patrimonio Cultural y Paisaje:

- Antes de comenzar las tareas de obra, especialmente excavaciones y movimientos de suelo, se realizará un reconocimiento exhaustivo del área en busca de posibles hallazgos arqueológicos o paleontológicos.
- En caso de encontrar material arqueológico o paleontológico durante la construcción, se suspenderán las obras o excavaciones de inmediato para evitar daños. Se asignará personal de custodia para prevenir saqueos y se informará al responsable ambiental, quien, junto con las autoridades competentes, determinará los pasos a seguir para continuar con la obra.

- Se mantendrán condiciones de orden y limpieza en todos los frentes de obra y obradores.

POBLACIÓN		
ACCIÓN	IMPACTO	MEDIDAS DE MITIGACION
<ul style="list-style-type: none"> - Actividades de obra - Construcción de obradores. - Desvíos - Derrames o vertidos accidentales 	<ul style="list-style-type: none"> - Molestias a la población y aumentos de riesgos. - Presencia de materiales de construcción - Movimientos de la población 	<ul style="list-style-type: none"> - Orden y limpieza - Crear pasos peatonales y accesos. - Señalización - barreras de protección en zonas de riesgo - Comunicación con los pobladores. - Contratación de mano de obra local - Plan de Salvaguarda del Patrimonio Arqueológico y Cultural

ACTIVIDADES PRODUCTIVAS		
ACCIÓN	IMPACTO	MEDIDAS DE MITIGACION
<ul style="list-style-type: none"> - Actividades de obra - Apertura de pista y Excavación de zanjas. - Nuevos accesos - Derrames o vertidos accidentales 	<ul style="list-style-type: none"> - Afectación a la agricultura y ganadería 	<ul style="list-style-type: none"> - Orden y limpieza - Comunicación con los pobladores. - Trabajo coordinado con productores locales - Plan de Salvaguarda del Patrimonio Arqueológico y Cultural

SISTEMA TERRITORIAL		
ACCIÓN	IMPACTO	MEDIDAS DE MITIGACION
<ul style="list-style-type: none"> - Actividades de obra - Apertura de pista y zanjeo. - Nuevos accesos - Derrames o vertidos accidentales 	<ul style="list-style-type: none"> - Interferencias con otros servicios - Afectación al sistema vial - Interrupción del tránsito 	<ul style="list-style-type: none"> - Orden y limpieza - Relevamiento de posibles interferencias - Comunicación con los pobladores. - Trabajo coordinado con autoridades locales - Plan de Salvaguarda del Patrimonio Arqueológico y Cultural

Aspectos relativos a la Población, Actividades Productivas y Sistema Territorial:

- Se mantendrán condiciones de orden y limpieza en todos los frentes de obra y obradores.
- Se señalizarán adecuadamente todos los sectores de obra para evitar zonas de riesgo para la población, indicando vías y circulaciones seguras. Se instalarán barreras y protecciones necesarias, así como cruces de zanjas adecuados para una circulación normal.
- Todas las acciones de obra se comunicarán debidamente a la población y autoridades locales con suficiente antelación para minimizar las molestias.
- Se promoverá la contratación de mano de obra y servicios locales en la medida de lo posible.
- Antes del desarrollo de obras en zonas rurales, se coordinará con los productores locales para minimizar las interferencias con las actividades productivas.
- Se prestará especial cuidado a los servicios e infraestructuras presentes en las excavaciones realizadas en zonas urbanas, con el fin de minimizar interferencias. En caso de afectaciones, se restaurarán rápidamente y de manera adecuada los servicios afectados.

GENERACIÓN DE RESIDUOS		
ACCIÓN	IMPACTO	MEDIDAS DE MITIGACION
- Generación de residuos	-Contaminación físico química bacteriológica - Presencia de olores. - Presencia de vectores - Riesgo sanitario	- Gestión integral de RSU y asimilables - Gestión integral de residuos peligrosos -Capacitación del personal de obra - Prohibición de quema de residuos - Sanitarios en obradores y frentes de trabajo - Orden y limpieza

VERTIDOS Y DERRAMES ACCIDENTALES		
ACCIÓN	IMPACTO	MEDIDAS DE MITIGACION
- Fallas técnicas y operativas - Derrames accidentales - Riesgos varios	-Contaminación físico química bacteriológica - Presencia de olores. - Presencia de vectores - Riesgo sanitario	- Plan de contingencia frente a vertidos - Mantenimiento de rutina de la maquinaria y vehículos afectados - Mantenimiento del sistema -Capacitación del personal de obra operadores del sistema - Orden y limpieza - Puesta a punto de las plantas

OPERACIÓN DEL SISTEMA Y MANTENIMIENTO		
ACCIÓN	IMPACTO	MEDIDAS DE MITIGACION
<ul style="list-style-type: none"> - Operación de redes colectoras, nexos y plantas de tratamiento - Mantenimiento operativo - Descarga de efluentes tratados - Presencia de la infraestructura 	<ul style="list-style-type: none"> - Generación de residuos sólidos - Generación de lodos - Presencia de olores - Contaminación físico química bacteriológica - Presencia de vectores - Riesgo sanitario - Intrusión visual - Intervisibilidad 	<ul style="list-style-type: none"> - Orden y limpieza - Mantenimiento adecuado del sistema - Plan de manejo y operación de las plantas - Plan de contingencia frente a vertidos - Mantenimiento de rutina del sistema -Capacitación del personal - Puesta a punto de las plantas

Aspectos relativos a los Campamentos – Obradores:

- El emplazamiento de los campamentos u obradores se seleccionará de manera que no altere significativamente la dinámica socioeconómica local.
- Se evitará que el emplazamiento modifique substancialmente la visibilidad o cause una intrusión visual importante.
- Se evitará situar los campamentos en zonas de recarga de acuíferos, en áreas conflictivas con el uso comunitario del agua, o aguas arriba de fuentes de abastecimiento de agua para poblaciones, para prevenir riesgos de contaminación.
- Se realizará un informe de Línea de Base antes del inicio de los trabajos, que incluirá un relevamiento fotográfico, gráfico y descriptivo del sitio.
- Antes de ubicar un campamento u obrador en áreas anteriormente ocupadas por instalaciones similares, se realizará y presentará al responsable ambiental una declaración de pasivo ambiental.

- Se evitará la alteración del terreno, la remoción de vegetación y suelo, y se preservarán árboles de gran valor para la conservación, paisajístico, cultural o histórico.
- El predio del obrador estará delimitado con cerco perimetral y señalizado con cartelería e iluminación de advertencia y prevención. Se sectorizará el obrador para distintas funciones, como el personal, tareas técnicas y vehículos.
- Todos los obradores contarán con instalaciones sanitarias adecuadas y tratamiento de líquidos cloacales para evitar la contaminación de aguas superficiales y subterráneas.
- Se tomarán medidas para evitar la contaminación del suelo y agua durante el mantenimiento de vehículos y maquinaria.
- Los residuos sólidos serán concentrados en un lugar del obrador y trasladados a un lugar de disposición final autorizado por el municipio correspondiente. Los residuos peligrosos se gestionarán según normativas vigentes.
- Se cumplirá con la normativa de seguridad e higiene laboral, y se contarán con equipos de extinción de incendios y de primeros auxilios.
- Una vez finalizada la obra, se desmontará el obrador y se restaurará el suelo de la zona afectada a su estado anterior, con aprobación de la Inspección de Obra y el responsable ambiental.
- Se considerará la posibilidad de donar las instalaciones del obrador a la comunidad local al momento de su desmantelamiento.

Aspectos relativos a las Maquinaria y Equipos:

- Para prevenir el deterioro ambiental y evitar conflictos por contaminación de aguas, suelos y atmósfera, se deben considerar las siguientes medidas:

- Mantener el equipo móvil, incluyendo la maquinaria pesada, en buen estado mecánico y de carburación para reducir las emisiones gaseosas y de partículas.
- Impedir los escapes de combustibles o lubricantes que puedan afectar los suelos o cuerpos de agua, ya sean temporales o permanentes. En caso de producirse, se deben aplicar medidas para el manejo de esta contingencia y notificar al responsable ambiental del Proyecto, quien definirá las técnicas de remediación pertinentes.
- Realizar el aprovisionamiento y mantenimiento del equipo móvil y maquinaria, incluyendo lavado y cambio de aceites, en el sector del obrador designado para tal fin (zona de lavado, engrase, etc.), con el propósito de evitar la contaminación del suelo y las aguas. Los residuos generados deben almacenarse adecuadamente para su posterior traslado al sitio de tratamiento autorizado.
- En caso excepcional de llevar a cabo estas tareas fuera del obrador, se deben tomar precauciones para evitar la generación de residuos y la contaminación del suelo y cuerpos de agua por vertidos.
- Disponer adecuadamente los residuos derivados de maquinarias y equipos que sean considerados residuos peligrosos según las normativas vigentes.

Aspectos relativos a la extracción de materiales:

- La extracción de materiales debe realizarse en zonas seleccionadas después de una evaluación de alternativas y contar con los permisos correspondientes de los organismos competentes. La explotación estará sujeta a la aprobación de la Inspección de Obra y del responsable ambiental. Se priorizará el aprovechamiento de áreas previamente explotadas.
- En caso de remoción de suelo orgánico de una zona de préstamo, se debe conservar y proteger su superficie para su uso en restauraciones.

- Cuando la calidad del material lo permita, se utilizarán los obtenidos de cortes para realizar rellenos o como fuente de materiales constructivos, minimizando así la explotación de otras fuentes y reduciendo los impactos ambientales y económicos.
- Los desechos de los cortes no deben ser dispuestos en las inmediaciones ni arrojados a los cursos de agua. Deben ser dispuestos de manera que no afecten el drenaje, la calidad paisajística u otros aspectos ambientales. El contratista debe indicar los sitios de disposición de estos desechos en su Proyecto Ejecutivo.
- Se prohíbe la destrucción de bosques o áreas de vegetación autóctonas.

Aspectos relativos a Préstamos y Canteras:

- Todas las excavaciones deben tener un drenaje adecuado para evitar la acumulación de agua, a menos que se solicite expresamente y se documente por parte de la autoridad competente o los propietarios de los terrenos.
- Después de finalizar los trabajos, los préstamos deben adaptarse a la topografía circundante con taludes de 2:1 (H:V) con bordes superiores redondeados para permitir el enraizamiento de la vegetación y evitar problemas para personas y animales. Además, se debe recuperar la cobertura vegetal natural.
- Se deben evitar abrir áreas de préstamos en zonas ecológicamente sensibles, terrenos con potencial agrícola o ganadero, áreas boscosas o zonas con vegetación autóctona importante.
- El fondo de las excavaciones debe ser nivelado y tener pendientes adecuadas para garantizar el drenaje adecuado del agua y no modificar el sistema de drenaje natural del terreno.

Aspectos relativos al Depósito de Escombros:

- Se debe elegir una ubicación adecuada para el depósito de escombros y rellenarlo con capas horizontales que no excedan la cota del terreno circundante. Se debe garantizar un drenaje adecuado y prevenir la erosión de los suelos acumulados. La propuesta de ubicación del área de relleno debe ser aprobada por la Inspección de Obra y el responsable ambiental, y se deben obtener los permisos necesarios.
- Los materiales gruesos deben ser cubiertos con suelos finos para formar superficies niveladas. Los taludes laterales no deben tener una inclinación menor a 3:2 (H:V) y deben ser cubiertos con suelos orgánicos, pastos u otra vegetación natural de la zona.
- Al finalizar los trabajos, todos los escombros y acumulaciones de gran tamaño deben ser retirados para devolver el sitio a sus condiciones previas al inicio de las tareas.

Aspectos relativos al Uso de Explosivos:

- El uso de materiales explosivos debe limitarse a las labores de construcción que lo requieran, previa evaluación de su impacto ambiental por un especialista. La custodia de los explosivos estará a cargo de un operario calificado, bajo la supervisión del Ingeniero Jefe y el Inspector de la Obra, con la vigilancia de las Fuerzas Armadas.
- El uso de explosivos debe ser notificado a las autoridades competentes y contar con las autorizaciones correspondientes. Debe ser realizado por un experto para evitar excesos de carga que puedan afectar los taludes o generar problemas de estabilidad en el futuro.
- Se debe almacenar la cantidad mínima de explosivos necesaria para llevar a cabo las obras de construcción según el cronograma establecido.

- Se debe ajustar el cronograma de voladuras para minimizar el impacto en períodos sensibles de la fauna y temporadas turísticas en las áreas correspondientes.

Aspectos relativos a las Plantas de Producción de Materiales - Plantas de Hormigón:

- Las instalaciones de las plantas necesarias para la ejecución de la obra deben garantizar una reducida emisión de ruido, humos, gases, residuos y partículas.
- Se evitará instalarlas en áreas cercanas a centros urbanos, considerando la distancia adecuada con respecto a ellos. Las actividades de producción deben llevarse a cabo durante el día. Los estándares de emisión y los horarios de funcionamiento se determinarán según el tipo de equipo, la ubicación y las normativas vigentes.
- Los áridos que se utilicen deben estar lo suficientemente limpios para evitar la generación de movimiento de partículas que afecten al entorno.
- Se debe utilizar coberturas para delimitar el material en caso de que los vientos produzcan un exceso de movimiento de materiales.
- Si la planta se alimenta mediante un grupo electrógeno, este debe contar con la aprobación de la autoridad competente.
- Se debe especificar el origen del agua utilizada para la elaboración del producto final.
- Una vez que la planta sea retirada del lugar de emplazamiento, se debe restaurar el terreno a su estado anterior.
- Se deben colocar carteles identificadores de la empresa y señalar claramente las áreas de entrada y salida de vehículos.
- La adquisición de mezclas asfálticas y/o hormigón debe realizarse a empresas debidamente autorizadas por la autoridad correspondiente. La

contratista debe presentar la documentación que lo acredite ante la Inspección y el responsable ambiental del Proyecto.

Aspectos relativos a las terminaciones y presentación final de la obra:

- Las áreas ocupadas por las obras deben quedar libres de materiales extraños, residuos, suciedad o polvo. Se deben retirar todos los residuos, restos de materiales de obra, sobrantes de suelo y cualquier otro elemento similar que pueda encontrarse en el sitio.

Medidas de mitigación durante la etapa de operación del sistema de tratamiento:

- Durante la operación del sistema, la empresa encargada del mismo debe garantizar y coordinar todas las medidas necesarias para asegurar el correcto mantenimiento y funcionamiento del sistema.
- Todos los residuos generados durante el funcionamiento, como arenas, sedimentos, barros u otros residuos sólidos retenidos en el sistema deben ser dispuestos adecuadamente de acuerdo con su naturaleza y la legislación vigente.

Obligaciones de la empresa con relación al personal:

- La contratista debe presentar un Programa de Higiene y Seguridad de acuerdo con la legislación vigente.
- Debe llevar a cabo la identificación de riesgos físicos, químicos, eléctricos, ergonómicos propios de las instalaciones, de su operación y de cada puesto de trabajo.
- Todo el personal debe ser provisto de los elementos de protección personal reglamentarios según las normas vigentes y de acuerdo a las tareas y puestos en la obra (por ejemplo, protectores buconasales con filtros de aire

adecuados para evitar la inhalación de polvo o gases tóxicos, tapones, orejeras para la protección auditiva, anteojos protectores de seguridad, calzado, cascos y guantes reglamentarios).

- La contratista debe realizar capacitaciones periódicas y mantener actualizados los procedimientos de trabajo seguro. También deberá llevar a cabo una campaña educativa por medios adecuados (como afiches, folletos) sobre normas de higiene y seguridad en el trabajo, comportamiento y preservación del ambiente.
- Se debe garantizar a todo el personal la atención médica integral. Ante la posibilidad de enfermedades infectocontagiosas o provocadas por la ingestión de aguas y alimentos contaminados, se deben cumplir normas sanitarias específicas:
 - Los trabajadores que ingresen a la empresa constructora deben someterse a exámenes médicos que incluyan los estudios de laboratorio correspondientes.
 - Debe asegurarse la provisión oportuna de agua potable para el consumo de los empleados y trabajadores.
 - Se deben tomar medidas para garantizar a los empleados y trabajadores las mejores condiciones de higiene, nutrición y salud. Deben ser inmunizados y recibir tratamiento profiláctico contra factores epidemiológicos y enfermedades características de la región, así como asistencia médica de emergencia.

Programa de Monitoreo Ambiental de la Obra

El Programa tiene como objetivo garantizar el cumplimiento de las medidas de protección establecidas durante las etapas de construcción y posterior a esta. Para esta última fase, proporcionará información crucial para evaluar la mitigación de los impactos adversos generados por el Pozo

YPF.Jj.CA.E-3 (Jujuy, Caimancito) y el proceso de restauración impulsado por el proyecto.

Además, el PMAO identificará cualquier impacto ambiental que no haya sido previamente considerado, con el fin de proponer medidas específicas de mitigación o corrección. Este monitoreo será realizado por los responsables del proyecto, ya sea directamente o a través de terceros. Ellos supervisarán la situación ambiental actual y tomarán las medidas necesarias para garantizar el cumplimiento de las medidas planificadas y la normativa ambiental vigente. Toda esta información estará disponible para la autoridad de aplicación correspondiente.

MONITOREO AMBIENTAL						
	Etapa	Aspecto	Indicador	Método de Control	Frecuencia	Ubicación
1	Obra	Emisiones a la atmósfera	Polvo en Suspensión y Gases de Combustión	Sensitivo	Permanente	Frente de Obra
2	Monitoreo Ambiental Pozo E3	Emisiones a la atmósfera	Emisión de Gases en Pozo E3	medidor de gases: COV, aromáticos polinucleares, metales pesados, clorados	1 vez durante la Obra	Boca de Pozo E3
3	Obra	Ruidos	Intensidad Sonora	Instrumental Decibelímetro	al inicio de Obra	Frente de Obra
4	Obra	Disposición de residuos	Residuos dispersos	Sensitivo	Permanente	Toda la zona de obra
5	Obra	Paisaje	Presencia de elementos extraños, residuos, limpieza general	Sensitivo	Permanente	Toda la zona de obra y alrededores
6	Obra	Molestia a vecinos/propietarios	Registro de quejas	Comunicación con vecinos y propietarios	Permanente	Entrada al camino de Acceso
7	Obra	Hallazgos arqueológicos y/o paleontológicos	Hallazgos en obra	Capacitación del personal	Permanente	Toda la zona de obra
8	Obra	Calidad de Agua de Arroyo Yuto	Determinaciones Físicas	pH, Temperatura y Conductividad	Mensual	100 mts aguas abajo del sector de obras

MONITOREO AMBIENTAL						
	Etapa	Aspecto	Indicador	Método de Control	Frecuencia	Ubicación
8	Obra	Calidad de Agua de Arroyo Yuto	Determinaciones Químicas	SAAM, HCT y DQO	Mensual	100 mts aguas abajo del sector de obras
9	Monitoreo Ambiental Pozo E3	Calidad de Agua de Arroyo Yuto	Determinación de presencia de materiales Radioactivos	Radiación gamma natural mediante espectrometría de alta resolución	1 vez	Surgente Boca de Pozo E3
10	Obra	Flora	Registro de Extracción de Vegetación	Geo referenciación y Caracterización	Permanente	Toda la zona de obra
11	Obra y Post Obra	Fauna	Identificación, Caracterización y Análisis de Comunidades Acuáticas	Análisis Limnológicos	Antes de la puesta en marcha del sistema de mitigación y 5 meses después	100 mts aguas arriba de vuelco/obra, 100 y 1.000 metros aguas debajo de vuelco/obra
12	Obra y Post Obra	Calidad de Agua de Arroyo Yuto	Análisis de Fitotoxicidad	Bioensayo con Semillas de <i>lactuca Sativa</i> (lechuga)	1 vez	sobre muestra del efluente del sistema de tratamiento
13	Obra y Post Obra	Calidad de Suelo	Determinaciones Físico-Químicas	pH, Conductividad, HCT, metales pesados	Antes de iniciar las obras en Aº Yuto y 3 meses luego de finalizada la obra	Inmediaciones al Pozo E3

MONITOREO AMBIENTAL						
	Etapa	Aspecto	Indicador	Método de Control	Frecuencia	Ubicación
14	Obra	Calidad de Suelo	Pendientes y signos de erosion	Curvas de Nivel y Sensitivo	Permanente	Toda la zona de obra
15	Monitoreo Ambiental Pozo E3	Calidad de Agua de Arroyo Yuto	Determinaciones Químicas	Hidrocarburos Aromáticos Polícíclicos	1 vez durante la obra	Surgente Boca de Pozo E3
16	Monitoreo Sistema de Mitigación	Calidad de Agua de Arroyo Yuto	Determinaciones Químicas	HCT, Metales Pesados, Sales Solubles e Insolubles y DQO	cuatrimestral	100 mts aguas arriba de vuelco/obra, 100 y 1.000 metros aguas debajo de vuelco/obra
17	Monitoreo Sistema de Mitigación	Calidad de Agua de Arroyo Yuto	Determinaciones Físicas	pH, Temperatura y Conductividad	cuatrimestral	100 mts aguas arriba de vuelco/obra, 100 y 1.000 metros aguas debajo de vuelco/obra
18	Monitoreo Sistema de Mitigación	Sedimentos de Pileta	Determinaciones Químicas	HCT, Metales Pesados, Sales	cuatrimestral	Barros de pileta de Sedimentación

Plan de Contingencias Ambientales

El Plan de Contingencias Ambientales (PCA) se presenta como un manual que establece los procedimientos a seguir en caso de que se produzcan contingencias durante el desarrollo de la obra. Este plan incluye acciones específicas para abordar circunstancias extraordinarias que puedan poner en peligro el funcionamiento de la obra, el ambiente circundante o la integridad de los seres vivos.

Es fundamental que todas las personas involucradas en la obra estén capacitadas e informadas sobre cómo actuar en caso de una emergencia, así como sobre las medidas preventivas para evitarla en circunstancias normales.

El PCA se elabora teniendo en cuenta los riesgos de contingencia asociados con cada actividad de la obra. Además, se definen planes generales que son aplicables a todos los tipos de contingencias, como por ejemplo: el plan de llamada de emergencia, el plan de evacuación, el plan de comunicaciones externas, entre otros.

Una vez definido el PGA se da comienzo a la obra.

Estado Ambiental Previo a la Intervención

Ubicación

El pozo YPF.Jj.CA.E-3 se sitúa al noroeste de Yuto, en el Departamento Ledesma de la Provincia de Jujuy. Se accede a través de la Ruta Nacional N°34 y un camino precario que se desprende de una finca cercana. Desde Libertador General San Martín, se recorren 38,6 km hacia el norte por la RN N°34 hasta llegar al cruce con el río San Lorenzo, antes de tomar el desvío hacia el acceso a la finca. Desde allí, se avanza 9,85 km por un sendero rodeado de vegetación (Foto N°1) hasta llegar al cruce con el Arroyo Yuto (Foto N°2). Luego, se remonta este arroyo durante 610 m hasta llegar a la locación del pozo.

El pozo se encuentra a 642 metros sobre el nivel del mar. Está a 93 metros del límite del Parque Nacional Calilegua y a 2.188 metros al norte del Área Petrolera Caimancito - Cuenca del Noroeste 3 (CNO-3). Además, el área donde se encuentra el pozo forma parte de la Zona de Amortiguamiento de la Reserva de Biósfera de las Yungas (RBY), declarada como tal en el marco del Programa del Hombre y la Biosfera (MAB - Man and Biosphere) de la UNESCO en el año 2002. Esta área tiene la Categoría II (Amarilla) de Ordenamiento de Bosques Nativos de Jujuy y es parte del Área de Importancia de Conservación de Aves JU02 Parque Nacional Calilegua.



Foto1: Camino de acceso al Pozo YPF.Jj.CA.E-3



Foto 2: Arroyo Yuto

Situación inicial

El acceso al pozo se realiza a través de un camino extremadamente estrecho y apenas transitable, que solo puede recorrerse a pie, en motocicleta o a caballo. A partir del kilómetro 8,35 desde el cruce con la Ruta Nacional 34, el camino se ve interrumpido por numerosas cárcavas, resultado de la erosión de las laderas y la caída de árboles. Desde este punto, comienza un descenso por el flanco oeste de una ladera con una pendiente de aproximadamente 30°, hasta llegar al Arroyo Yuto.

El acceso desde el Arroyo Yuto hasta el pozo es complicado debido al suelo inestable y saturado de agua, lo que requiere un avance lento y cuidadoso. Se han observado deslizamientos de laderas en la margen derecha del arroyo, y a medida que se acerca al pozo, se encuentran tramos de cañerías abandonadas. Además, no hay señalización que indique la ubicación del pozo ni referencias de seguridad a lo largo del camino.

La locación está rodeada de barro con tonalidades blanquecinas/amarillentas, con un efluente que forma una pileta detrás de la bodega del pozo y en sus alrededores. Esta pileta presenta una coloración

blanquecina/celeste y emite vapor de agua, con una temperatura del efluente alcanzando los 80°C. La pileta tiene unas dimensiones de 25 m² y no cuenta con señalización de seguridad.

El efluente consiste principalmente en aguas con sales minerales, y la armadura de surgencia muestra signos de corrosión, pero está completa, aunque aparentemente desplazada de su ubicación original y parcialmente sumergida en el efluente (Foto N°3). Se observa un constante burbujeo del efluente aproximadamente a 10 m aguas arriba de la armadura, acompañado de una leve emanación de gas. No hay ninguna señalización que advierta sobre el peligro de acercarse al pozo debido a la alta temperatura del fluido y su naturaleza.



Foto 3: Cabeza de pozo caída y desplazada - Pozo YPF.Jj.CA.E-3

Relevamientos realizados

Relevamiento - 08/03/18

Con el propósito de llevar a cabo un relevamiento del camino, tomar muestras del surgente, medir su caudal, realizar la topografía del emplazamiento del sistema de tratamiento y obtener información geológica del Pozo YPF.Jj.CA.E-3 (Jujuy, Caimancito) y sus alrededores, se constituyó un equipo de trabajo integrado por:

- 1 Ingeniero Civil
- 2 Topógrafos
- 1 Ingeniero Industrial
- 1 Ingeniero Hidráulico
- 1 Geólogo
- 2 Maquinistas viales

El viaje contó con la asistencia logística de la Brigada Contra Incendio y la participación del intendente del Parque Nacional Calilegua y dos asistentes.

El trayecto siguió el antiguo camino utilizado por el pozo en los años 1969-1970, con acceso en el km 1283 de la Ruta N34. Se recorrieron aproximadamente 3,5 km por un camino utilizado previamente para explotación maderera. El tránsito generado por dicha actividad impidió el cierre de la vegetación sobre el camino. Desde este punto hasta el pozo, el recorrido tuvo una longitud de aproximadamente 6,7 km, con la vegetación cubriendo todo el camino, tornándolo intransitable.

Al llegar al Arroyo Yuto, se observó la quebrada por donde desciende el surgente del pozo, sin evidencia de contaminación. Se detectó espuma de color arena en la caída del surgente a la playa de A⁰ Yuto. Para evaluar el impacto en las comunidades acuáticas, se incorporaron ensayos de limnología en el Plan de Monitoreo Ambiental. Para acceder al pozo, fue necesario ascender por la quebrada por donde baja el surgente, con un trayecto de aproximadamente 600 metros (Foto N^o4).



Foto 4: Imagen aérea de planchada del pozo. Fuente: Informe de Relevamiento y Diagnostico - Pozo YPF.Jj.CA.E-3

Los alrededores del pozo estaban cubiertos por una mezcla de barro, costra salina y bentonita, abarcando una superficie de aproximadamente 1,500 m² donde no quedaba vegetación. Se determinó que la medición precisa de este impacto negativo sobre la flora y fauna se iba a realizar durante el Plan de Monitoreo Ambiental, seguido por la evaluación de su mejora mediante el Plan de Restauración de Zona Afectada. La profundidad de los barros variaba según la cercanía del surgente, siendo alrededor de 25 cm en los sectores más húmedos y aproximadamente 2 cm en los sectores más secos donde no fluía el surgente. Además, se encontraron perdigones de acero en el borde de la laguna por donde fluye el surgente. Comparando con imágenes de visitas anteriores, se notó la presencia de barro y agua en la planchada del pozo debido a las precipitaciones de la época. En las cercanías del surgente se percibió un olor a hidrocarburos, para lo cual será necesario realizar mediciones con equipos especializados, registrando estos hallazgos en el plan de monitoreo (Foto N°5).



Foto 5: Tuberías de la cabeza de Pozo YPF.Jj.CA.E-3 (Jujuy, Caimancito)

TAREAS REALIZADAS

- Extracción de muestras: En este primer relevamiento se tomaron dos muestras en la boca del surgente: la primera de 1 litro a las 13:44 y la segunda de 6 litros a las 13:56.
- Determinación del caudal: si bien el informe de la AGN menciona un caudal estimado, se realizó un aforo para obtener un valor real y dimensionar el sistema de tratamiento. El resultado fue un valor de 144,000 litros/día.

ANÁLISIS COMPARATIVO DE RESULTADOS:

Con el objetivo de obtener resultados más sensibles, se trabajó con el laboratorio internacional Alex Stewart, que opera en Palpalá y utiliza el equipo ICP Agilent 700. Este laboratorio presenta límites de detección más bajos que los equipos utilizados por UNJu e INDUSER SRL, y puede analizar hasta 33 elementos, proporcionando mayor información en comparación con los 6 elementos determinados por UNJu e INDUSER SRL. Para determinar el valor de hidrocarburos totales y determinaciones físicas, se utilizó el laboratorio

INTEMI de UNJu. A continuación, se muestra la comparación de los resultados de los tres monitoreos con el nivel guía aplicable. (Tablas 1,2 y3)

Color de Resultados	Interpretación
No Reg / Sin Valor de Limite de Detección	Resultado por debajo de Límite de Detección. No se informa el Limite de Detección
No se realiza det.	No se realizó esa determinación analítica
	El Resultado es menor que el valor guía
	El Resultado es inferior al Límite de Detección del Equipo, pero el Límite de Detección es mayor que el Nivel Guía
	El Resultado es mayor que el Nivel Guía
	Ausencia de Valor Guía

Tabla 1: Referencias. Fuente: Informe de Relevamiento y Diagnostico - Pozo YPF.Jj.CA.E-3

Comparación de resultados de determinación analíticas de muestras de agua extraídas en boca de surgencia del pozo YPF.Jj. CAS.E-3 (Jujuy, Caimancito) con Nivel Guía Aplicable				
Constituyente	Nivel Guía- Dec 5980/06 Anexo IV- Tabla B	UNJu 12/05/14	INDUSER SRL 21/4/16	ALEX STEWART 08/03/17
Plomo Total	0,001 mg/l	1,34 mg./l	<0,1 mg/litro	<0,84 mg/l
Cromo Total	0,002 mg/l	No Reg / Sin Valor de Limite de Detección	<0,1 mg/litro	<0,12 mg/l
Cobre Total	0,002 mg/l	0,17 mg./l	0,11 mg/litro	<0,09 mg/l
Arsénico	0,05 mg/l	No Reg. / Sin Valor de Limite de Detección	0,12 mg/litro	<1,05 mg/l
Hierro	0,3 mg/l	0,51 mg./l	No se realiza det.	1,61 mg/l
Aluminio	0,005 mg/l	No Reg. / Sin Valor de Limite de Detección	No se realiza det.	<0,6 mg/l
Cinc Total	0,03 mg/l	No se realiza det.	<0,5 mg/l	0,06 mg/l
Cadmio Total	0,0002 mg/l	No se realiza det.	<0,5 mg./l	<0,03 mg/l
Boro Total	0,75 mg/l	No se realiza det.	328 mg./l	235 mg/l
Paladio Total	5 mg/l*	No se realiza det.	No se realiza det.	0,9 mg/l
Antimonio Total	0,016 mg/l	No se realiza det.	No se realiza det.	<0,63 mg/l
Selenio Total	0,001 mg/l	No se realiza det.	No se realiza det.	<0,51 mg/l

Tabla 2: Comparación de resultados. Fuente: Informe de Relevamiento y Diagnostico - Pozo YPF.Jj.CA.E-

Comparación de resultados de determinación analíticas de muestras de agua extraídas en boca de surgencia del pozo YPF.Jj. CAS.E-3 (Jujuy, Caimancito) con Nivel Guía Aplicable				
Constituyente	Nivel Guía-Dec 5980/06 Anexo IV-Tabla B	UNJu 12/05/14	INDUSER SRL 21/4/16	ALEX STEWART 08/03/17
Silicio Total	no presenta valor guía	No se realiza det.	No se realiza det.	29,14 mg/l
Estaño Total	no presenta valor guía	No se realiza det.	No se realiza det.	<0,51mg/l
Estroncio Total	no presenta valor guía	No se realiza det.	No se realiza det.	42,29 mg/l
Talio Total	0,0004 mg/l	No se realiza det.	No se realiza det.	<0,81 mg/l
Torio Total	no presenta valor guía	No se realiza det.	No se realiza det.	<0,9 mg/l
Uranio Total	0,02mg/l	No se realiza det.	No se realiza det.	<4,5 mg/l
Vanadio Total	0,1 mg/l	No se realiza det.	No se realiza det.	<0,18 mg/l
Plata Total	0,02mg/l	No se realiza det.	No se realiza det.	<0,21 mg/l
Cobalto Total	0,05 mg/l	No se realiza det.	No se realiza det.	<0,06 mg/l
Calcio Total	no presenta valor guía	No se realiza det.	No se realiza det.	386 mg/l
Bario Total	1 mg/l**	No se realiza det.	No se realiza det.	<0,51 mg/l
Berilio Total	0,00005 mg/l	No se realiza det.	No se realiza det.	<0,09 mg/l
Mercurio Total	0,0001 mg/l	No se realiza det.	No se realiza det.	<0,3 mg./l
Potasio Total	no presenta valor guía	No se realiza det.	No se realiza det.	2604 mg/l
Litio Total	2,5 mg/l*	No se realiza det.	No se realiza det.	170 mg/l
Magnesio Total	no presenta valor guía	No se realiza det.	No se realiza det.	35 mg/l
Manganeso Total	0,1 mg/l	No se realiza det.	No se realiza det.	<0,03 mg/l
Molibdeno Total	0,01 mg/l	No se realiza det.	No se realiza det.	<0,15 mg/l
Sodio Total	no presenta valor guía	No se realiza det.	No se realiza det.	34.095 mg/l
Níquel Total	0,025 mg/l	No se realiza det.	No se realiza det.	<0,3mg/l
Fosforo Total	no presenta valor guía	No se realiza det.	No se realiza det.	4,12 mg/l

Tabla 3: Comparación de resultados. Fuente: Informe de Relevamiento y Diagnostico - Pozo YPF.Jj.CA.E-

Tras completar el primer relevamiento y analizar las características del Pozo YPF.Jj.CA.E-3 (Jujuy, Caimancito), así como los resultados de los análisis físico-químicos, se ha determinado que el surgente corresponde a "agua de formación o salmuera de yacimiento". Este subproducto o residuo de la

explotación petrolera, debido a alguna rotura o fisura en el sistema, escapa de su confinamiento y fluye a la superficie con un caudal de 144,000 litros/día, incorporándose en el Arroyo Yuto.

En relación con los niveles guía establecidos por el decreto provincial 5980/06, el surgente supera significativamente los valores permitidos para plomo, cobre, arsénico, hierro, boro y litio. Estos elementos son altamente tóxicos para los seres humanos incluso en cantidades pequeñas. En cuanto a los hidrocarburos, los resultados son consistentes con el monitoreo realizado por la UNJu, mostrando una superación de aproximadamente 150 veces el valor guía de calidad de agua para recreación. Destaca especialmente la concentración de Boro, que con 235 mg/l supera ampliamente los 4 mg/l establecidos como límite de toxicidad para el agua de riego de cultivos según "Irrigation Water Quality Standards and Salinity Management Strategies". Este hallazgo coincide con el informe de la Facultad de Ingeniería de la UNJu, que abordó el comportamiento fitotóxico del surgente. (Tabla 4)

	Constituyentes Tóxicos	Hicarburos Totales	Sales Disueltas
Surgente del Pozo YPF.Jj. CAS.E-3 (Jujuy, Caimancito)	Pb, Cu, Li, B, Fe, As	46 mg/l	162,94 g/l

Tabla 4: Resultados. Fuente: Informe de Relevamiento y Diagnostico - Pozo YPF.Jj.CA.E-3

En base a estos resultados, el surgente del pozo YPF.Jj.CA.E-3 (Jujuy, Caimancito) es tóxico para prácticamente todas las formas de vida.

NORMATIVA APLICABLE AL SURGENTE

La normativa nacional aplicable a la emergencia relacionada con la explotación de hidrocarburos se encuentra detallada en la Resolución N° 105/1992 de la Secretaría de Energía. Esta resolución establece las medidas específicas de protección ambiental en su anexo I.

En lo que respecta a los estándares o normas de calidad que deben regir el vertido en el arroyo Yuto, originado en el pozo YPF.Jj.CA.E-3, estos se encuentran definidos en el Anexo IV del Decreto N° 5980/06. Dicho decreto establece los "Niveles Guía de Calidad de Agua" según el uso específico del cuerpo de agua.

En cuanto a los valores que deben cumplir los suelos, no se han establecido niveles guía o de calidad para Hidrocarburos Totales en suelo en el Decreto provincial N° 5980/06, el Decreto nacional N° 831 ni en las normas específicas de la Secretaría de Energía. En este contexto, se asume la obligación de cumplir con las normas de manejo especificadas en la Resolución N° 105/92 SE.

Dado que se ha declarado que el surgente del pozo YPF.Jj.CA.E-3 (ubicado en Jujuy, Caimancito) es tóxico para prácticamente todas las formas de vida, resulta imperativo llevar a cabo acciones de reparación y mitigación.

La Agencia Regional de Empresas de Petróleo y Gas Natural en Latino América y el Caribe, en su trabajo: “Tratamiento y Disposición Final de Aguas Producidas” describe y clasifica varias técnicas de tratamiento:

Métodos de Disposición Recomendados	Reciclado: Reinyectar el agua de formación en el Yacimiento como reemplazo del agua de perforación.
	Disposición en Pozo Profundo: Inyectar el agua de formación a una profundidad mayor a 600 m que no sea el yacimiento.
Otros Métodos de Disposición (No Recomendados)	Descarga Costa Afuera: Si el valor de HCT es menor a 30 ppm
	Evaporación: (sin impermeabilización del suelo): Solo se permite hasta 15.898 litros por mes.
	Disposición en Pozo Poco Profundo: Inyectar el agua de formación a una profundidad menor a 600 m que no sea el yacimiento.
	Descarga Controlada en Agua Dulce: Solo en condiciones de extrema escases de agua. Además, los HCT deben ser menor a 20 ppm.
Métodos de Disposición Inaceptables	Descarga Controlada en Zonas Costeras: Esto se realizó durante muchos años. Se ha comprobado la contaminación causada midiendo bio acumulación de metales pesados en las comunidades de crustáceos que se encuentran cercanos de las descargas.
	Disposición por Espacio Anular: Hay poca información sobre el destino de final de agua inyectada. Hay riesgo de fractura en el revestimiento superficial.
	Cualquier Otra Disposición No Controlada: Cualquier método no controlado es perjudicial para el medio ambiente y es inaceptable. Descargas en arroyos, ríos, otros cuerpos de agua dulce es inaceptable.

Se evaluaron diversas técnicas de mitigación del surgente, entre las cuales se destacan:

- Fitorremediación: Esta técnica demostró una capacidad significativa para reducir contaminantes como metales pesados e hidrocarburos. El efluente atraviesa un sistema de biológico acuático, principalmente compuesto por plantas, hongos, microorganismos y bacterias, capaces de absorber, almacenar y/o oxidar los contaminantes, disminuyendo su concentración al salir del sistema.
- Biorremediación: Consiste en la producción y control de una biomasa con microorganismos que pueden alimentarse y/o oxidar los contaminantes presentes en un medio, resultando en una disminución de la concentración de dichos contaminantes.
- Sedimentación: Este proceso implica la creación de un espacio adecuado para que las partículas en suspensión en un fluido alcancen una velocidad de caída vertical superior a la velocidad superficial del fluido. De esta manera, las partículas más grandes se retienen en el fondo del espacio.
- Filtración: Utilizado para retener partículas de menor tamaño que no hayan sido capturadas durante el proceso de sedimentación.
- Celda de Seguridad: Un espacio de confinamiento indefinido de sustancias peligrosas con un diseño que asegura un aislamiento seguro, evitando la fuga de sustancias peligrosas.
- Evaporación Total Natural: Consiste en confinar todo el caudal en una laguna de evaporación cerrada, diseñada para aprovechar las condiciones climáticas y generar un caudal de evaporación igual o superior al caudal de ingreso.

Tras evaluar los costos, presupuesto, tiempo, infraestructura necesaria y la factibilidad de la remediación, se seleccionaron las técnicas que mejor se adaptan a esta situación específica. En este contexto, la combinación de Sedimentación, Celda de Seguridad y Manga Absorbente fue elegida por ser la opción más acorde con los recursos económicos disponibles, las condiciones de disponibilidad de recursos/servicios del sitio y con el menor impacto ambiental.

SISTEMA SEDIMENTACION + CELDA DE SEGURIDAD + MANGA ABSORBENTE

El surgente es captado por una obra de toma, ubicada aproximadamente a 80 metros aguas abajo de la boca de surgencia, donde el agua alcanza una temperatura de aproximadamente 30°C. Posteriormente, es conducido a través de un sistema de cañerías resistentes a la abrasión hasta la zona de piletas. Ingresa en paralelo a dos piletas de sedimentación de iguales dimensiones, donde los contaminantes se sedimentan y el efluente sale hacia el cuerpo receptor (Arroyo Yuto) con una disminución en la concentración de contaminación. El sedimento acumulado es evacuado por gravedad a través de un sistema de cañerías y válvulas hacia una celda de seguridad, donde los contaminantes del surgente del Pozo YPF.Jj.CA.E-3 (Jujuy, Caimancito) quedan confinados. Según su diseño, la celda de seguridad tiene una vida útil estimada de 5 años.

Para estudiar el comportamiento esperado del sistema, se contrató al Laboratorio Alex Stewart para que estudie la Sedimentación del Surgente a través de la Técnica de Conos Imhoff. Los resultados indicaron que en dos horas, en condiciones estáticas, se generaban 3,8 ml de sedimento (Informe N° NOA 1811576). Este fue el máximo valor de sedimentación esperado. Haciendo una relación directa, con un caudal de 144.000 litros por día, se obtuvo:

Máximo sedimento por día: 547,2 litros de sedimento

Para analizar los contaminantes presentes en el sedimento, el laboratorio Alex Stewart extrajo los sólidos en suspensión de la muestra y los estudió a través de la técnica Emisión Atómica por Acoplamiento Inductivo, utilizada para el 1º Informe de Relevamiento y Diagnostico.

Para los cálculos estimativos de los principales contaminantes (Pb, Cu, Fe, B, As y Li) mitigados por el sistema de tratamiento, se consideraron los siguientes valores:

- Sedimentación máxima: 547,2 litros
- Densidad del sedimento: 1,2 kg/l

Utilizando las cantidades de contaminantes removidos según Informe N° NOA 1811576:

Kg/día de sedimento = 547,2 litros/día x 1,2 kg/ litros = 656,4 kg/día

Cantidad Máxima de Constituyentes Tóxicos a Extraer por Sistema de Mitigación: (Tabla 5)

Constituyentes Tóxicos	Concentración en Sedimento	gramos/día de Contaminantes Extraídos por Sedimentación	Kg/60 días de Contaminantes Extraídos por Sedimentación
Pb	6 mg/kg	3,94	0,24
Cu	6,39 mg/kg	4,19	0,25
Li	179 mg/kg	117,50	7,05
B	325 mg/kg	213,33	12,80
Fe	11721 mg/kg	7693,66	461,62
As	9 mg/kg	5,91	0,35

Tabla 5: Resultados. Fuente: Informe de Relevamiento y Diagnóstico - Pozo YPF.Jj.CA.E-3

Mitigación de Hidrocarburos

Para reducir la concentración de hidrocarburos (HCT), se propuso la utilización de mangas absorbentes colocadas de manera perpendicular al flujo del agua, atravesando las piletas. Estas mangas son comúnmente empleadas en diversos tipos de derrames y también se utilizan en las cámaras separadoras de hidrocarburos para cumplir con los niveles de descarga establecidos por la normativa local.

Las mangas están fabricadas con polipropileno relleno de fibras orgánicas de origen animal y vegetal desnaturalizado, estabilizado e inertizado. Están diseñadas para ser utilizadas en derrames de hidrocarburos sobre agua y cuentan con accesorios que permiten su unión con otras mangas para formar barreras flotantes de contención. En este proceso, los hidrocarburos son absorbidos y encapsulados por las mangas.

La eficiencia de absorción de los hidrocarburos por las mangas depende de varias variables, principalmente de las condiciones en las que se encuentran los hidrocarburos: ya sea en estado sobrenadante o emulsionado. En este caso, con una concentración muy baja de 46 ppm, se asumió que la mayor parte de los hidrocarburos estaban emulsionados. Sin embargo, al ingresar el agua de formación a las piletas de sedimentación, disminuir su temperatura y permanecer en un régimen laminar durante 8 horas, parte de los hidrocarburos subirían a la superficie debido a su menor densidad y quedarían atrapados en las mangas. Según la información del proveedor y experiencias en condiciones similares, se estimaba que se podría extraer alrededor del 50% de los hidrocarburos. Se adoptó este mismo valor de remoción, con la expectativa de alcanzar un valor de 23 mg/l en la salida del sistema.

Según los cálculos realizados para una frecuencia de mantenimiento de 60 días, se determinó que se necesitarían 3 mangas por cada piletta de sedimentación para cubrir las necesidades de absorción durante 60 días.

Mitigación de Sales Disueltas

Debido el alto contenido de sales disueltas (162,94 gr/l) del surgente, ninguna de las técnicas desarrolladas, salvo la evaporación total, posee características para disminuir la cantidad de este contaminante, por lo que para poder brindar un tratamiento que permita remover esta contaminación, se necesitaban recursos y servicios que no estaban al alcance del presupuesto ni de las condiciones de operación.

OPERACIÓN/MANTENIMIENTO DEL SISTEMA

Se propuso que luego de la construcción, se realicen visitas periódicas al sistema, para la ejecución de tareas de mantenimiento mínimas pero obligatorias para su correcto funcionamiento, con una frecuencia no superior a 60 días entre cada visita.

Recursos para la Operación/Mantenimiento:

- 1 o 2 cuadríciclos
- 2 operarios
- 6 mangas absorbentes
- Frascos recipientes de muestras para determinaciones analíticas

Tareas de control, reparaciones de piletas y conducción:

- Control y/o Reparación de uniones y mangueras
- Control y/o Reparación de posibles erosiones en taludes
- Control y/o Reparación de posibles erosiones en geomembrana
- Limpieza de toma y de piletas. Desmalezado. Extracción de hojas y ramas de piletas.

Tareas de Monitoreo:

- Extracción de muestra de surgente antes del ingreso a la pileta de sedimentación
- Extracción de muestra de surgente a la salida de la pileta de sedimentación
- Extracción de muestra de sedimento

OBRA MITIGACIÓN

Con la definición del plan de mitigación, el proyecto se puso en marcha. La empresa Villanueva e Hijos S.A. subcontrató los servicios de la empresa constructora PASCHA SRL para llevar a cabo la obra.

Etapa 1: Preparación de la huella existente

El primer paso consistió en acondicionar la ruta existente, que abarcaba aproximadamente 10 km. Se empleó un tractor con hoja topadora tipo D6 T o superior para despejar la huella, dejando un ancho de 5 a 6 metros (Foto 6). Esto facilitó la circulación de vehículos 4x4 y permitió la ventilación y exposición

al sol de la ruta. Sin embargo, el proceso fue lento debido a las condiciones del camino y las inclemencias del clima, con lluvias frecuentes y un entorno de yunga poco favorable para las tareas, lo que provocó que las máquinas se atascaran en más de una ocasión. Una vez con la ruta despejada, se procedió a acondicionar el vadeo del mismo.



Foto 6: Reapertura de camino

Etapa 2: Reapertura de la ruta hacia la planchada del pozo

Posteriormente, el equipo se encargó de reabrir la ruta hacia la planchada del pozo en la margen derecha del arroyo Yuto, con el objetivo de permitir el acceso con equipos a la boca del pozo, donde se llevaría a cabo la construcción de la estructura de cierre y captación de efluentes (Fotos 7 y 8). Una vez preparada la zona de trabajo en el área del pozo, se abrió una pista de

trabajo de 6 metros de ancho con la topadora, seguido por la construcción de un acueducto para la descarga de efluentes líquidos generados por la surgencia. Además, se realizó una obra de prevención consistente en la instalación de un cerco perimetral alrededor del pozo (Foto 9).



Foto 7: Reapertura de camino



Foto 8: Apertura de la planchada de la represa



Foto 9: Cerco perimetral

Etapa 3: Construcción sistema de saneamiento

Tras finalizar la preparación de la pista de operación, el equipo construyó una represa de 20 metros por 50 metros, con una profundidad promedio de 2 metros, diseñada para el tratamiento de los efluentes. La construcción se realizó con el relleno progresivo desde el centro hacia los terraplenes de contención, que fueron conformados con taludes adecuados según las características del suelo, predominantemente arcilloso (Fotos 10 y 11).



Foto 10: Etapa inicial de la construcción de la represa

La represa fue revestida con una membrana de polietileno de alta densidad, conocido por sus siglas en inglés como HDPE (High Density Polyethylene) (Fotos 12,13,14 y 15). Este material plástico se fabrica a partir del etileno y se obtiene mediante la polimerización del etileno a alta presión. Aunque comparte una estructura química similar al polietileno de baja densidad (PEBD), el HDPE posee una densidad y resistencia química y térmica superiores.



Foto 11: Etapa inicial de la construcción de la represa

El HDPE es reconocido por su durabilidad ante la abrasión y el impacto, y destaca por su excelente resistencia a los productos químicos, al agua y a los rayos UV. Además, es capaz de resistir la mayoría de ácidos, alcoholes, ésteres, aceites y grasas. Este material ofrece una solución económica, resistente a los impactos y proporciona una eficaz barrera contra la humedad.



Foto 12: Colocación de membrana HDPE



Foto 13: Colocación de membrana HDPE



Foto 14: Represa recubierta con membrana de HDPE



Foto 15: Represa terminada

Además, se construyeron dos piletas de decantación con dimensiones aproximadas de 3 metros por 11 metros y 1,5 metros de profundidad. Estas piletas fueron revestidas con una malla de polietileno de alta densidad y cada una de ellas se conectó a su respectivo tanque. Asimismo, se instaló un sistema de oxigenación del agua para eliminar microorganismos anaeróbicos. Tanto alrededor de las piletas como de la represa se construyó un cerco perimetral (Foto 16).



Foto 16: Piletas y cerco perimetral

Funcionamiento del Sistema

Objetivo: Canalización del surgente del pozo YPF.Jj.CA.E-3

Se implementó una toma para canalizar el surgente desde el pozo hacia las piletas de decantación (Foto 17). El surgente, al ser canalizado desde el pozo, ingresa primero a un tanque instalado en cada pileta y, posteriormente, entra en las piletas a través de una cañería diseñada para reducir la velocidad del flujo (Foto 18). Este diseño permite que los sólidos se decanten mientras las piletas se llenan gradualmente. Durante este proceso, el surgente también pierde temperatura.

Cada pileta está equipada con un sistema de rebalse; una vez que el surgente alcanza este nivel, es canalizado y vertido en el arroyo Yuto. Los sólidos decantados en las piletas pasan por un embudo y son canalizados a la represa mediante una cañería. Para controlar este flujo, se utilizan dos válvulas tipo guillotina con recubrimiento (Foto 19). Estas válvulas, ubicadas en la entrada de la represa, permiten el paso de los barros acumulados desde las piletas hasta la represa. Es crucial controlar la apertura y cierre de estas



Foto 17: Piletas en funcionamiento

válvulas; si permanecen abiertas, todo el surgente podría desviarse hacia la represa, provocando un colapso prematuro.

Es fundamental seguir el siguiente ciclo operativo:

- Circulación del surgente a través de las piletas.
- Decantación del barro.
- Apertura de válvulas para trasladar los barros a la represa.
- Cierre de válvulas.



Foto 18: Cañería reductora de velocidad



Foto 19: Válvulas guillotina

Después de aproximadamente dos meses, según los cálculos realizados, se vuelve a acumular barro en las piletas, momento en el cual se reabren las válvulas para enviar los barros acumulados a la represa. Este proceso es cíclico.

La rejilla de la toma está fabricada en acero inoxidable para evitar la corrosión (Foto 20). Todas las cañerías utilizadas en el sistema son de cloruro de polivinilo (PVC).

De este modo, la represa se va llenando gradualmente con los barros decantados (Foto 21). La represa está diseñada para contener los sólidos acumulados durante un periodo de cinco años, según los cálculos. Una vez que la represa se llena, se sella y se construye una nueva para continuar con el proceso.



Foto 20: Toma



Foto 21: Represa en funcionamiento

Resultados y Seguimiento

El 1 de noviembre de 2018, el Ministerio de Ambiente de la provincia de Jujuy realizó un relevamiento de obras en el cual se detectaron los siguientes problemas:

- Fugas de agua en una pared de la represa.
- Rotura en el codo de 90 grados en la tubería de salida de agua.
- Deterioros en las vigas de encadenados debido a socavamientos causados por el escurrimiento superficial de agua de lluvia.

Además, se sugirieron varias medidas para la protección de las obras, incluyendo:

- Realización de obras de encauzamiento de las aguas de lluvia en tres tramos: entre el pozo y las piletas decantadoras, entre las piletas y la represa para lodos, y en el tramo de la tubería de desagote final desde las piletas decantadoras hasta el arroyo Yuto.
- Las obras de encauzamiento deben evitar socavamientos, desplazamientos de suelos, roturas de las tuberías enterradas y otros daños en las estructuras existentes.
- Construcción de un sendero transitable, preferentemente con superficie estabilizada, en el recorrido desde las piletas decantadoras hasta la toma del pozo.

Respuesta al Relevamiento y Acciones Realizadas

En respuesta al relevamiento realizado, la empresa contratista llevó a cabo las siguientes reparaciones entre los días 8 y 9 de noviembre:

Se colocó una membrana asfáltica sobre la superficie de la toma para solucionar las filtraciones detectadas.

Se reemplazó el codo de 90° y toda la tubería de 6" por dos codos de 45° y una nueva cañería. Para reducir los esfuerzos en la cañería que estaba al aire, se decidió enterrarla (Fotos 22 y 23).



Foto 22: Reparación toma



Foto 23: Reemplazo codos

Respecto a los muretes inferiores de sujeción de la malla de alambre tejido, que habían colapsado debido a la socavación hídrica de la zanja, estos problemas fueron solucionados. Se agregó material para reforzar y rellenar el terreno en esas zonas.

Además, se realizó una nivelación y desagüe del terreno en el área que separa las piletas de barros de las piletas de decantación, lo que permitió un

adecuado escurrimiento de las aguas y protegió la pileta de barros, la cual había sufrido daños en el cerco y en la vereda de contención de aguas.

En cuanto al tramo de huella entre la toma y las piletas de decantación, se trataba de una huella de penetración generada con un corte a media ladera para acceder al pozo y a la obra de toma, así como para colocar la cañería de bajada a las piletas. El suelo natural en esa zona es muy arcilloso y varía notablemente en función de las precipitaciones; además, debido a la pendiente natural, es altamente erosionable y las laderas tienden a desmoronarse. La empresa contratista indicó que realizar obras para evitar socavamientos y deslizamientos de suelos, como la estabilización de la calzada y la construcción de muros de contención en las laderas, no estaba contemplado en el proyecto.

Asimismo, la construcción de un sendero estabilizado no estaba contemplada en el proyecto y se consideró innecesaria, ya que el acceso es utilizado únicamente cada dos o tres meses por el personal de mantenimiento. Este acceso no fue solicitado en el pliego de licitación como acceso a la zona de obras, y tampoco se requería la reapertura de la huella existente.

Se colocaron los carteles solicitados por la inspección y se reparó el talud de las piletas, enterrando nuevamente la membrana donde no lo estaba. Además, se elevó la boca y la tapa de la cámara para que no quedaran en desnivel con el terreno circundante. Se rellenaron con tierra los alrededores de la cámara y se reparó la canaleta que se había derrumbado, con una compactación previa del terreno. Estas reparaciones evitarán que las futuras lluvias dañen nuevamente la represa de barros y sus alrededores (Foto 24).

El anclaje de la cañería de ingreso a las piletas de decantación fue diseñado para no recibir esfuerzo alguno, utilizando hormigón y piedras. Aunque el hormigón se ha rajado, el anclaje sigue cumpliendo su función exitosamente.



Foto 24: Reparaciones en inmediaciones de represa

Restauración de los Sistemas Ecológicos

La obra de contención y manejo del surgente del pozo YPF.Jj.CA.E-3 tuvo un impacto significativo en el ambiente circundante. Las actividades de construcción y la instalación de la infraestructura necesaria modificaron los sistemas ecológicos locales, alterando la dinámica natural del área. Sin embargo, es importante destacar que estos cambios temporales eran necesarios para abordar un problema ambiental crítico: la surgencia incontrolada de agua desde el pozo.

Antes de la intervención, el surgente del pozo YPF.Jj.CA.E-3 representaba una fuente de contaminación que afectaba negativamente los sistemas acuáticos y terrestres de la región, en particular el arroyo Yuto. La presencia de sedimentos y contaminantes en el agua del surgente generaba un riesgo significativo para la calidad del agua y la biodiversidad del arroyo.

La construcción de las piletas de decantación y la implementación del sistema de tratamiento del surgente han permitido contener y tratar el agua antes de que esta llegue al arroyo Yuto. Este tratamiento incluye la decantación de sólidos y la reducción de la velocidad del flujo de agua, lo que permite la sedimentación de partículas y la eliminación de contaminantes. Como resultado, el agua que finalmente se descarga en el arroyo es de una calidad significativamente mejorada. Si bien las sales presentes en el agua no se

eliminan durante el proceso de decantación, el caudal del arroyo Yuto es significativamente mayor que el caudal de descarga de las piletas. Esto significa que las sales se diluyen rápidamente en el arroyo, lo que evita la alteración del medio biológico. Aunque puede haber una ligera concentración de sales en el punto de descarga, a unos 500 metros aguas abajo, el impacto es insignificante y no se observa afectación en el ecosistema acuático.

La restauración de los sistemas ecológicos del área afectada ha sido notable. Al controlar y tratar el surgente, se ha reducido la carga de sedimentos y contaminantes que ingresan al arroyo Yuto, contribuyendo a la recuperación de su ecosistema acuático. La flora y fauna locales han comenzado a recuperarse, beneficiándose de un hábitat acuático menos perturbado y de mejor calidad.

Además, las medidas de nivelación y desagüe del terreno, junto con la reparación de estructuras y la implementación de sistemas de encauzamiento, han contribuido a estabilizar el suelo y prevenir la erosión. Estas acciones han ayudado a proteger las áreas circundantes de la obra, minimizando el impacto ambiental a largo plazo y facilitando la regeneración natural del paisaje.

Conclusiones

La apertura del camino existente facilitó el acceso al pozo, permitiendo la implementación efectiva de medidas de mitigación y remediación.

La limpieza de las inmediaciones de la boca del pozo y la instalación de un cerco perimetral evitaron la dispersión de contaminantes y protegieron el área circundante.

La limpieza de barros y su acumulación con membrana geopermeable en una fosa de 1 m de profundidad, junto con la implementación de una laguna de contención de barros, demostraron una gestión adecuada de residuos, evitando la propagación de contaminantes.

La construcción de dos piletas de decantación y la conducción de agua mediante cañerías permitieron el tratamiento efectivo de las aguas contaminadas, reduciendo la carga de contaminantes antes de su descarga en el medio ambiente.

La implementación de un plan de manejo ambiental integral, que incluyó monitoreo ambiental, medidas de seguridad e higiene, y la consideración de contingencias e imprevistos, garantizó la eficacia y la sostenibilidad de las acciones tomadas.

Las medidas implementadas demostraron ser efectivas en la mitigación del impacto ambiental del Pozo YPF.Jj.CA.E-3, contribuyendo a la protección de los ecosistemas locales y a la recuperación de la calidad ambiental en la zona afectada.

El tratamiento previo del surgente antes de su descarga en el arroyo Yuto ha sido crucial para asegurar la calidad del agua y promover la recuperación ambiental de la región, mitigando los impactos y restaurando el ecosistema.

En relación a la hipótesis planteada al comienzo, según la cual la actividad biológica en el arroyo Yuto podría verse afectada por la surgencia del pozo YPF.Jj.CA.E-3, se ha demostrado que el caudal del arroyo Yuto es

suficientemente grande como para diluir las sales provenientes del pozo. Esta dilución efectiva ha permitido que la concentración de sales en el arroyo permanezca en niveles que no perjudican la actividad biológica. Por lo tanto, se concluye que, bajo las condiciones actuales, la surgencia del pozo YPF.Jj.CA.E-3 no tiene un impacto negativo significativo en la actividad biológica del arroyo Yuto.

Bibliografía

- Aguilera Klink, F. (2007). Agua, medio ambiente y la evaluación de los costes. Cuadernos del CENDES, vol. 24, núm. 66, pp. 1-20 Universidad Central de Venezuela Caracas, Venezuela.
- Bakke, T., Klungsøyr, J., & Sanni, S. (2013). Environmental impacts of produced water and drilling waste discharges from the Norwegian offshore petroleum industry. *Marine Environmental Research*, 92, 154-169.
- Brantley, S. L., Yoxtheimer, D., Arjmand, S., & Grieve, P. (2014). Water Resource Impacts During Unconventional Shale Gas Development: The Pennsylvania Experience. *International Journal of Coal Geology*, 126, 140–156. DOI: 10.1016/j.coal.2013.12.017.
- Bravo, E. (2007). Los impactos de la explotación petrolera en ecosistemas tropicales y la biodiversidad. *Acción Ecológica*.
- Denzin, N.K. (1970). *Sociological Methods. A Sourcebook*. Chicago, IL: Aldine Publishing Company.
- Drollette, B. D., Hoelzer, K., Warner, N. R., Darrah, T. H., Karatum, O., O'Connor, M. P., Nelson, R. K., Fernandez, L. A., Reddy, C. M., & Vengosh, A. (2015). Elevated Levels of Diesel Range Organic Compounds in Groundwater Near Marcellus Gas Operations Are Derived from Surface Activities. *Environmental Science & Technology*, 49(6), 3288–3296. [DOI: 10.1021/es5057604].
- Engström, F., Navarro Poulsen, J. C., Lassen, R. N., Nielsen, A. H., & Bidstrup, T. (2019). Impact of Produced Water Composition on Heavy Metal Mobility in Soil Columns. *Journal of Environmental Management*, 232, 221–230. [DOI: 10.1016/j.jenvman.2018.10.069].
- Goss, K. U., & Schwarzenbach, R. P. (2007). Linear Free Energy Relationships Used to Evaluate Equilibrium Partitioning of Organic Compounds. *Environmental Science & Technology*, 41(12), 4300–4308. [DOI: 10.1021/es062826o].

- Kyung S. Cheng (2001). Adaptabilidad ecofisiológica de organismos acuáticos tropicales a cambios de salinidad. *Rev. Biol. Trop* 49 (1): 913.
- Ruiz Olabuénaga, J. I. (2012). Metodología de la investigación cualitativa. Universidad de Deusto, Bilbao, España. 5ta Edición.
- Stringfellow, W. T., Domen, J. K., Camarillo, M. K., Sandelin, W. L., & Borglin, S. (2014). Physical, Chemical, and Biological Characteristics of Compounds Used in Hydraulic Fracturing. *Journal of Hazardous Materials*, 275, 37–54. [DOI: 10.1016/j.jhazmat.2014.04.040].
- Vengosh, A., Jackson, R. B., Warner, N., Darrah, T. H., & Kondash, A. (2014). A Critical Review of the Risks to Water Resources from Unconventional Shale Gas Development and Hydraulic Fracturing in the United States. *Environmental Science & Technology*, 48(15), 8334–8348. [DOI: 10.1021/es405118y].
- National Research Council. (2003). "Oil in the Sea III: Inputs, Fates, and Effects."
- Gestión Ambiental del Yacimiento Petrolero Caimancito en el Parque Nacional Calilegua. Periodo auditado: Enero 2011 – Julio 2016. Auditoría General de la Nación
- Monitoreo de Pasivo Ambiental en Pozo E3 – Caimancito, Jujuy. Facultad de Ingeniería de la UNJu
- Decreto Provincial 5980/06
- Resolución Nº 105/92 – Secretaria de Energía de la Nación
- Tratamiento y Disposición Final de Aguas Producidas. Agencia Regional de Empresas de Petróleo y Gas Natural en Latino América y el Caribe.
- "Alternativas de Tratamiento de las Salmueras del Yacimiento Petrolero del Activo de Producción Luna, Tabasco, México." P. Birkle y A.L. Cid Vázquez.
- Irrigation Water Quality Standards and Salinity Management Strategies, Texas. The Texas A&M University System, 1996.

- “Potabilización Radiológica del Agua de Consumo Humano” Informe Técnico N°18 2007 – Consejo de Seguridad Nuclear de España

Consultas en línea

- <https://www.facebook.com/GobiernoDeJujuy/posts/2382919958593783/>
- <https://prensa.jujuy.gob.ar/argentina/la-provincia-iniciara-acciones-judiciales-el-pozo-e-3-n4808>
- <https://www.argentina.gob.ar/noticias/parques-nacionales-rechazo-la-propuesta-hidrocarburifera-de-jhp>
- <https://www.argentina.gob.ar/noticias/parque-nacional-calilegua-provincia-de-jujuy>
- <https://www.ambientejujuy.gob.ar/2019/08/08/morales-recorrio-las-obras-de-mitigacion-del-pozo-e-3/>
- <https://www.jujuyaldia.com.ar/2011/12/01/se-inspecciono-el-pozo-e3-de-yuto/>
- <https://proyungas.org.ar/pozo-petrolero-dejo-de-contaminar-las-yungas/>
- <https://opsur.wordpress.com/2009/12/10/parque-nacional-calilegua-el-gobierno-de-jujuy-admite-que-la-contaminacion-es-grave/>
- <https://aldiaargentina.microjuris.com/2021/04/12/fallos-amparo-por-dano-ambiental-colectivo-la-corte-por-mayoria-se-declara-competente-en-instancia-originaria-y-ordena-detener-la-explotacion-petrolera-en-el-yacimiento-caimancito-dentro-del-par/>
- <https://argentinambiental.com/>
- Argentina.gob.ar(1996).Resolución5/1996.<https://www.argentina.gob.ar/normativa/nacional/resoluci%C3%B3n-5-1996-31996/texto>