

**SEGUIMIENTO AL PROCESO DE INYECCIÓN DE AGUA EN LA EXTRACCIÓN DE GAS
NATURAL, A TRAVÉS DE UN BANCO DE INDICADORES EN EL CAMPO LA CRECIENTE,
SAN PEDRO-SUCRE.**

DUBIER MANUEL SOLANO ESTRADA

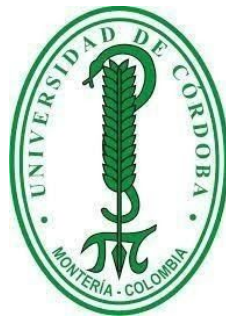
FRONTERA ENERGY CORP. – CAMPO LA CRECIENTE

HUMBERTO TAVERA QUIROZ

TUTOR DOCENTE

CARLOS EDUARDO HERNÁNDEZ PÉREZ

TUTOR EMPRESARIAL



UNIVERSIDAD DE CÓRDOBA

FACULTAD DE INGENIERÍAS

INGENIERÍA AMBIENTAL

**MONTERÍA,
CÓRDOBA 2020**



TABLA DE CONTENIDO

1. INTRODUCCIÓN	2
2. INFORMACIÓN DE LA EMPRESA	3
2.1. Presentación de la empresa.	3
2.2. Estrategia	4
2.3. Área de trabajo.	6
3. DIAGNÓSTICO	8
4. OBJETIVOS	10
4.1. Objetivo General	10
4.2. Objetivos específicos	10
5. ACTIVIDADES PROGRAMADAS.	11
6. ACTIVIDADES DESARROLLADAS.	13
7. APORTES DEL ESTUDIANTE A LA EMPRESA.	34
8. CONCLUSIONES	35
9. BIBLIOGRAFÍA	36



1. INTRODUCCIÓN

La producción de petróleo y gas va acompañada de la producción de agua. Esta, así llamada, agua producida está compuesta por el agua de formación o de capa, que es la que está presente naturalmente en el horizonte productivo, y del agua de inundación que, eventualmente, se inyecta a la formación para procesos de recuperación secundaria de petróleo (Molerio-León, 2015).

Así, la inyección de agua como método de recuperación secundaria de petróleo y gas, y como método de disposición final del agua generada en el proceso de producción de hidrocarburos, es una práctica que se ha venido expandiendo en las últimas décadas. Siendo así que en nuestro país se ha presentado un aumento en la producción de hidrocarburos, especialmente de gas, ayudado en gran parte por procesos de recuperación secundaria como el antes mencionado. Sin embargo, en muchos de los campos colombianos se pueden presentar dificultades al momento de realizar la inyección de agua por la limitada caracterización de los yacimientos y por la escasa información que hay al respecto (MONROY & PERÉZ, 2017); por lo que dicha actividad puede ocasionar problemas ambientales de gran magnitud, referentes a la contaminación de acuíferos, si no se toman los controles necesarios. Por ello, se hace necesario hacer seguimiento a la actividad de inyección de agua de producción como método de disposición final de ésta durante la producción de gas natural en el bloque La Creciente, San Pedro-Sucre,



y así poder determinar si se están tomando las medidas necesarias en materia de cumplimiento con lo establecido en la licencia ambiental.

2. INFORMACIÓN DE LA EMPRESA

2.1. Presentación de la empresa.



Frontera Energy.

Frontera Energy Corp. es una compañía pública canadiense dedicada a la exploración y producción de gas natural y petróleo, con operaciones enfocadas en Latinoamérica. Tiene un portafolio diversificado de activos con participación en más de 25 bloques en Colombia y Perú. La estrategia de Frontera Energy está enfocada en el crecimiento sostenible en producción y reservas, y en la generación de efectivo. La compañía está comprometida a trabajar de la mano con todos sus grupos de interés para desarrollar su negocio de manera social y ambientalmente responsable (Frontera Energy Corp., 2019).



2.2. Estrategia

La visión de Frontera Energy es ser una empresa disciplinada, de bajo costo y eficiente, que ofrece un crecimiento sostenible y estable para sus accionistas. Una compañía que valora las relaciones que construye con sus grupos de interés

El campo La Creciente ubicado en el municipio de San Pedro, departamento de Sucre; con coordenadas $9^{\circ}24'24.36''N$ y $75^{\circ} 5'38.82''W$ y un área de 15,13 ha en sus facilidades de producción; cuyas operaciones consisten en la explotación y producción de gas natural.

El proceso consiste en una separación primaria, en la cual se separa el gas del agua por medio de separadores trifásicos en los cuales se destina el condensado obtenido a un tanque de almacenamiento para su posterior venta y el agua para su proceso de tratamiento e inyección.



Ilustración 1. Bloque La Creciente (vista panorámica).

El gas que resulta de los separadores, pasa a través de torres contactoras, cuya función es deshidratar aún más el gas utilizando glicol pobre, el cual, absorbe el



UNIVERSIDAD DE CÓRDOBA
FACULTAD DE INGENIERÍA
DEPARTAMENTO DE INGENIERÍA AMBIENTAL



agua. El glicol rico, pasa por un proceso de regeneración mientras el gas, continúa hacia una unidad que se encarga de bajar la presión y condensar hidrocarburos, que también se venderán.

Finalmente, el gas pasa a una unidad de compresión para ser bombeado a la estación ubicada en la vereda San Mateo, para realizar finalmente la transferencia de custodia.

Luego de completar un proceso técnico ante la ANLA, se autorizó al pozo La Creciente-4 para inyectar agua a la formación Ciénaga de Oro a un caudal de 5000 BWPD (Frontera Energy Corp., 2016).

La decisión de llevar a cabo el proceso de inyección surgió debido a la producción de agua del campo y de la capacidad para almacenarla y tratarla. Se estimó que la capacidad de almacenamiento es de aproximadamente 1.500 barriles frente a la tasa de producción actual, que es aproximadamente el doble. El objetivo principal es disponer del volumen de agua que se recibe producto del proceso de tratamiento del gas, el agua proviene del drenaje de separadores, del agua de regeneración del glicol, del Scrubber de entrada y salida de compresores entre otros equipos.

Una vez el agua llega al tanque de almacenamiento se bombea a un Skimmer Tank, equipo que permite realizar una separación inicial entre agua y restos de



condensado y demás material de desecho (borras); estos últimos son enviados a un tanque para su disposición final por parte de un tercero.

Continuando el proceso, el agua es enviada a un sistema de filtración de dos etapas; un filtro de cáscara de nuez, que se encarga de atrapar restos de hidrocarburos y un microfiltro de polipropileno de tipo cartucho capaz de retener partículas de hasta 5 micras.

Finalmente, el agua tratada es enviada a un tanque donde se acumula y se envía a una bomba quintuplex, encargada de la inyección del fluido en el cabezal del pozo. El intervalo de inyección de agua es entre 11.852 pies hasta 11.902, es decir 50 pies. La formación en la que se autorizó la inyección fue Ciénaga de Oro.

2.3. Área de trabajo.

Como parte del equipo de HSEQ del bloque La Creciente, es responsabilidad velar por el cumplimiento de las normas de seguridad en todo momento de la operación, con el fin de asegurar un ambiente de trabajo seguro, reduciendo el riesgo a sufrir lesiones personales y la disminución de la generación de impactos al medio ambiente.



UNIVERSIDAD DE CÓRDOBA
FACULTAD DE INGENIERÍA
DEPARTAMENTO DE INGENIERÍA AMBIENTAL



Como parte del trabajo diario en el bloque la creciente, se debía hacer seguimiento a los permisos de trabajo presentados por los empleados y contratistas, con el fin de verificar el cumplimiento del procedimiento establecido para el desarrollo de la actividad a realizar, el uso adecuado de los elementos de protección personal y que se tomen las medidas necesarias para disminuir el riesgo tanto a sufrir accidentes laborales, como la generación de impactos al medio ambiente. Así también, llevar reportes de cumplimientos de los cronogramas de trabajo establecidos como capacitaciones al personal en temas de seguridad, salud y medio ambiente. Además, la toma de información referente a uso de agua, energía y generación de residuos y agua residual (doméstica e industrial o de producción), necesarios para los Informes de Cumplimiento Ambiental exigidos por la autoridad ambiental.



UNIVERSIDAD DE CÓRDOBA
FACULTAD DE INGENIERÍA
DEPARTAMENTO DE INGENIERÍA AMBIENTAL
3. DIAGNÓSTICO



De conformidad con lo sugerido por la Autoridad Nacional De Licencias Ambientales (ANLA), en el licenciamiento ambiental y en cumplimiento de la normatividad colombiana, respecto al tratamiento de las aguas residuales de producción que se destinarán para inyección, en el bloque de Explotación La Creciente, se lleva a cabo un proceso de tratamiento químico con un rompedor de emulsión, con el fin de romper las películas de aceites y grasas de la superficie del agua y ayudar significativamente a mejorar el proceso de separación en equipo desnatador (usado desde principios de noviembre de 2018); éste es dosificado con una proporción de 1000 ml/ 5 gal de agua (200 ml/gal de agua), aplicado en dos dosificaciones, una cada doce horas. Posteriormente, se le hace un filtrado al agua, para eliminar cualquier residuo contaminante que haya quedado y así mejorar las condiciones y calidad del agua, cumpliendo con los parámetros establecidos por la normatividad para las aguas de inyección. Además, se hace un tratamiento de entre 2500 y 3000 barriles de agua por día.

Sin embargo, no se le está haciendo la verificación respectiva de los parámetros in situ, como temperatura, pH, OD, posterior al tratamiento y previo a la inyección, debido a que el equipo de medición multiparamétrico se encuentra descalibrado, que, si bien no es obligación de la licencia ambiental, la medición de estos parámetros arrojaría resultados sobre la eficiencia del tratamiento previo a la inyección. En adición a lo anterior, algunos parámetros empezaron salirse de los



UNIVERSIDAD DE CÓRDOBA

FACULTAD DE INGENIERÍA

DEPARTAMENTO DE INGENIERÍA AMBIENTAL



límites permisibles por la norma (Decreto Único Reglamentario – Decreto 1076 de 2015), tal es el caso de la DQO, DBO5, Boro, temperatura, y por debajo del límite mínimo de OD para inyección en los resultados de las dos últimas mediciones realizadas en septiembre y diciembre de 2018, lo que de seguir así puede generar impactos adversos en el yacimiento receptor.

Teniendo en cuenta el riesgo de contaminación de acuíferos por la actividad de reinyección de agua para recuperación secundaria de gas natural, se hizo necesario establecer un banco de indicadores de seguimiento que permitieran monitorear la actividad y evaluar la posible afectación que ésta pueda tener sobre los yacimientos de agua subterránea adyacentes a la zona de inyección, estableciendo puntos de monitoreo cercanos al punto de inyección y evaluando los resultados de los parámetros de interés.

Para ello se realizó una revisión de los lineamientos establecidos en la licencia ambiental para dicha actividad, además de la normatividad colombiana regulatoria, tomando los parámetros más relevantes para seguimiento y evaluación. Determinando la incidencia de los indicadores a evaluar con la probabilidad de afectación de los acuíferos adyacentes a la formación receptora del agua inyectada.



4. OBJETIVOS

4.1. Objetivo General

Realizar el seguimiento y monitoreo al proceso de reinyección de agua de producción como método de disposición final en la extracción de gas natural en el bloque La Creciente, San Pedro-Sucre, como parte de las actividades realizadas durante el semestre de práctica empresarial.

4.2. Objetivos específicos

- 4.2.1. Establecer indicadores de seguimiento del proceso o actividad de inyección de agua como método de disposición final en el bloque La Creciente.
- 4.2.2. Analizar la incidencia de los parámetros o indicadores seleccionados en la eficiencia del proceso de inyección y en la posibilidad de afectación de acuíferos adyacentes.
- 4.2.3. Generar informe del estado del proceso de inyección en materia de cumplimiento ambiental.



5. ACTIVIDADES PROGRAMADAS.

Para cumplir con los objetivos planteados, en el presente trabajo se plantearon las actividades que se describen a continuación.

A. Revisión documental de la información referente a:

- a. Proceso de inyección de agua de como método de recuperación secundaria de gas y/o como método de disposición final de agua**, con un enfoque en los parámetros que puedan tener incidencia en el ambiente, tales como volumen y presión de inyección que pueda afectar la estructura de la formación receptora.
- b. Regulaciones para la actividad de inyección de agua de producción establecidas en la Licencia Ambiental de la operación**, para determinar los parámetros clave a tener en cuenta para el seguimiento de la actividad objeto de estudio.
- c. Normatividad colombiana regulatoria de la actividad**, referente a la calidad de agua a inyectar buscando disminuir el riesgo de contaminación de acuíferos y cuerpos que abastecen a la población.

Esta revisión documental se llevó a cabo durante el tiempo de desarrollo de la práctica, con el objetivo de tener claro los puntos clave que aseguran un correcto desarrollo del proceso de inyección de agua.



- B. Asesoramiento técnico adecuado sobre la actividad de inyección de agua de producción,** con el fin de tener una idea más clara de los procedimientos que se llevan a cabo en campo y poder contrastar mejor con lo establecido en la licencia ambiental y en la norma colombiana. Además, poder tener claros los puntos de mayor influencia en los parámetros regulados para esta actividad. Dicho asesoramiento fue realizado por el personal del contratista encargado de la actividad de inyección de agua.
- C. Análisis de los parámetros regulados por la norma y la licencia ambiental,** con el fin de determinar su relevancia para el seguimiento de la actividad de inyección. Partiendo de la revisión documental se hizo un descarte de parámetros, quedando aquellos que tienen importancia para el desarrollo adecuado durante el proceso de inyección.
- Realizado junto a los tutores académico y empresarial, quienes darían su orientación frente al tema seleccionado.
- D. Selección de los indicadores de mayor relevancia,** con el propósito de evaluar que las condiciones del agua después del tratamiento y previo a la inyección se encuentren dentro de los establecidos por la norma colombiana (Decreto Único Reglamentario Sector Ambiente y Desarrollo



Sostenible – 1076 de 2015). También se planteó la posibilidad de monitorear los parámetros seleccionados y llevar registro de ellos al interior de la operación, por lo que sería necesario la consecución de equipos de medición y establecer un plan de monitoreo y análisis de la información recolectada.

- E. Socialización de los análisis hechos y recomendaciones al respecto,** con el fin de concienciar sobre la importancia de un correcto tratamiento del agua de producción (ARI), se dictarán charlas, con el propósito de compartir los hallazgos encontrados, con los líderes de las diferentes áreas e invitándolos a asumir un mayor compromiso con las responsabilidades que como compañía se deben cumplir en materia ambiental.

6. ACTIVIDADES DESARROLLADAS.

Como cumplimiento de los objetivos planteados, se desarrollaron las actividades que se describen a continuación.

A. Revisión documental de la información referente a:



- a. **Proceso de inyección de agua como método de disposición final de agua de producción (Agua Residual Industrial)**, con un enfoque en los parámetros que puedan tener incidencia en el ambiente, tales como volumen y presión de inyección que pueda afectar la estructura de la formación receptora.

se hizo la revisión bibliográfica referente al proceso de inyección en los procesos de extracción de hidrocarburos con enfoque en:

La Reinyección de agua, es una de las técnicas más usadas cuando la producción de agua es alta y se pueda disponer de una manera amigable para el medio ambiente, retornando a su lugar de origen por medio de pozos disposal, cuyo principal fin es el de almacenarla en un acuífero. la reinyección de agua producida por medio de pozos disposal es una manera de evitar impactos en las aguas superficiales y es una solución amigable con el medio ambiente (Ecopetrol, 2014).

Antes de comenzar a inyectar, el yacimiento debe ser estudiado detalladamente para asegurar de que es apto para el plan y método específico de recuperación asistida que se propone,

los datos para el estudio completo del yacimiento deberán obtenerse a partir de los pozos productivos existentes y deberán incluir entre otros:



Propiedades del fluido:

- Viscosidad
- miscibilidad
- Movilidad
- Compatibilidad
- Saturaciones irreducibles,

Además, el estudio deberá

considerar:

- el mantenimiento de la presión versus la inyección de agua
- Diferentes esquemas de inyección
- Efectos de distintas velocidades de inyección
- Variaciones de inyectividad y de

conductividad. (ARPEL, 2011).

Los resultados del estudio del yacimiento fueron presentados a la autoridad ambiental para la modificación de la licencia ambiental, donde se estableció la caracterización hidrogeológica del yacimiento receptor (Formación Ciénaga de Oro). Del cual se extrae que la Formación Ciénaga de Oro es principalmente arenosa, pero presenta horizontes de arcillolitas y limolitas que pueden constituirse en acuicierres separando los niveles acuíferos de areniscas. Por esta razón se define como un acuífero multicapa y confinado, pues reposa sobre un basamento antiguo considerado impermeable y se encuentra suprayacido por la Formación Porquero esencialmente arcillosa y



considerada un acuífero importante. Esta formación es productora de gas en el bloque La Creciente. En lo relacionado con aguas subterráneas la formación no tiene ninguna importancia por su profundidad y porque el agua que pueda contener es seguramente agua de formación salobre, ya que esta unidad es de origen marino.

Además, como resultado de las pruebas de inyección, se concluye que se realizaron dos pruebas de inyección. En la primera no se observó estabilización de presión a caudales entre 0,6 bpm y 3,0 bpm luego de haber bombeado 560 bbl de agua de producción. Por lo tanto, se decidió extender la prueba y realizar un segundo SRT (*Step Rate Test*) pero iniciando a un caudal mayor para verificar el comportamiento de presión.

En el segundo Step Rate Test, se inició bombeo a un caudal de 4,0 bpm hasta alcanzar los 5,0 bpm, evidenciando estabilización de presión @ 3600 psi con 5,0 bpm, luego de inyectar 962 bbl de agua de producción.

No se evidenció Breakdown en formación a los caudales establecidos. Se obtiene un valor de 0,72 psi/ft como gradiente de extensión de fractura.

b. Regulaciones para la actividad de inyección de agua de producción establecidas en la Licencia Ambiental de la operación.

En la revisión de la licencia ambiental de explotación en el Bloque La Creciente, Resolución 1203 de 2016, modificación de la Licencia ambiental otorgada mediante resolución 1107 de 2007, la cual resuelve en:



ARTÍCULO SÉPTIMO.- *“la actividad de reinyección de las aguas residuales de producción (formación) en los pozos que se definan como inyectoras (inicialmente la reinyección se realizará en el pozo LCA-4 (Pozo localizado dentro de las facilidades de producción y sus coordenadas son 888.372 E y 1532.126 N), y posteriormente se realizará en pozos secos y económicamente improductivos), a la formación Ciénaga de Oro, en un caudal máximo de 5000 BWPD por cada pozo, a través de pozos inyectoras (disposal)” a una profundidad de entre 10.915 a 11.510 pies. podemos encontrar entre otras obligaciones, las siguientes:*

b. Cumplir con las condiciones y obligaciones que imponga la ANH, respecto de la reinyección (conforme lo establece el subnumeral 2, numeral 4.3 “Vertimientos” de los términos de referencia HI-TER-1-03); y que son principalmente:

1. Presentar la autorización del Ministerio de Minas y Energía donde se pueda constatar la formación receptora de las aguas residuales de producción o industriales tratadas, el caudal y la presión de inyección o reinyección.
2. Realizar una caracterización completa de la composición de las aguas residuales de producción o industriales tratadas, previo al vertimiento, a fin de determinar cuáles son los parámetros más representativos que deberán ser incluidos, dentro de la caracterización de las aguas superficiales y subterráneas.
3. Efectuar muestreos de los pozos profundos y aljibes cercanos al pozo inyector, a fin de contar con una línea base de las condiciones ambientales en las que se encontraban los mismos antes de iniciar las actividades de reinyección y



UNIVERSIDAD DE CÓRDOBA

FACULTAD DE INGENIERÍA

DEPARTAMENTO DE INGENIERÍA AMBIENTAL



controlar que no se presenten alteraciones significativas en la calidad y usos de dichas aguas. Se deberán presentar los criterios de selección de los sitios escogidos, en los que se deben incluir además de la cercanía a las actividades realizadas, las condiciones de interconexión de las unidades hidrogeológicas identificadas.

Entre otras, las cuales se hicieron llegar a la autoridad ambiental para la respectiva modificación de la licencia ambiental.

e. Los parámetros de reinyección no deben sobrepasar los límites de presión los cuales podrían conducir al fracturamiento de la formación confinada, en este caso los 0,72 psi/ft determinada en el estudio de inyectividad presentado a la autoridad ambiental.

f. Revisar registros de cementación de los pozos productores cercanos a los pozos reinyectores para así poder monitorear el proceso de reinyección en los pozos de observación y control delimitados por un radio de 2 Km alrededor del pozo inyector.

g. El tratamiento de las aguas a inyectar debe garantizar la no incorporación de sustancias diferentes a los desincrustantes, inhibidores de corrosión,



secuestrantes de oxígeno, biocidas, y en general las sustancias necesarias para proteger el pozo y realizar un manejo seguro de dichas aguas.

Teniendo en cuenta que, el agua producida pasa por Skimmer Tank donde se da la separación de las grasas y aceites restantes con la ayuda de la adición directa de una solución de rompedor inverso, luego es enviada a un sistema de filtración de dos etapas; un filtro de cáscara de nuez, que se encarga de atrapar restos de hidrocarburos y un microfiltro de polipropileno de tipo cartucho capaz de retener partículas de hasta 5 micras.

Finalmente, el agua tratada es enviada a un tanque donde se acumula y se envía a una bomba quintuplex, encargada de la inyección del fluido en el cabezal del pozo. El intervalo de inyección de agua es entre 11.852 pies hasta 11.902 pies.

c. Normatividad colombiana regulatoria de la actividad.

Sabiendo que se trata de agua residual no doméstica definida por la Resolución 631 de 2015 en su artículo 2, *“Aguas Residuales no Domésticas, (ARnD): Son las procedentes de las actividades industriales, comerciales o de servicios distintas a las que constituyen aguas residuales domésticas, (ARD)*. Teniendo en cuenta que el Decreto Único Reglamentario (Decreto 1076 de 2015), art. 2.2.3.2.10.16 de **Inyecciones para recuperación secundaria de petróleo o gas natural** determina que, *“el concesionario está obligado a prevenir la contaminación de las napas de agua subterránea que atraviesa”*. Además, el Decreto 1076 de 2015,



UNIVERSIDAD DE CÓRDOBA

FACULTAD DE INGENIERÍA

DEPARTAMENTO DE INGENIERÍA AMBIENTAL



artículo 2.2.3.3.4.3 de las Prohibiciones, No se admite vertimientos: “*En acuíferos*”.

B. Asesoramiento técnico adecuado sobre la actividad de inyección de agua de producción, con el fin de tener una idea más clara de los procedimientos llevados a cabo en campo y poder contrastar mejor con lo establecido en la licencia ambiental y en la norma colombiana.

Además, poder tener claros los puntos de mayor influencia en los parámetros regulados para esta actividad. Dicho asesoramiento fue realizado por el personal del contratista HIDROWELL, encargado de la actividad de inyección de agua, quienes explicaron de forma detallada el proceso que realizan diariamente, durante el tratamiento de las aguas a inyectar el cual sigue el siguiente esquema:

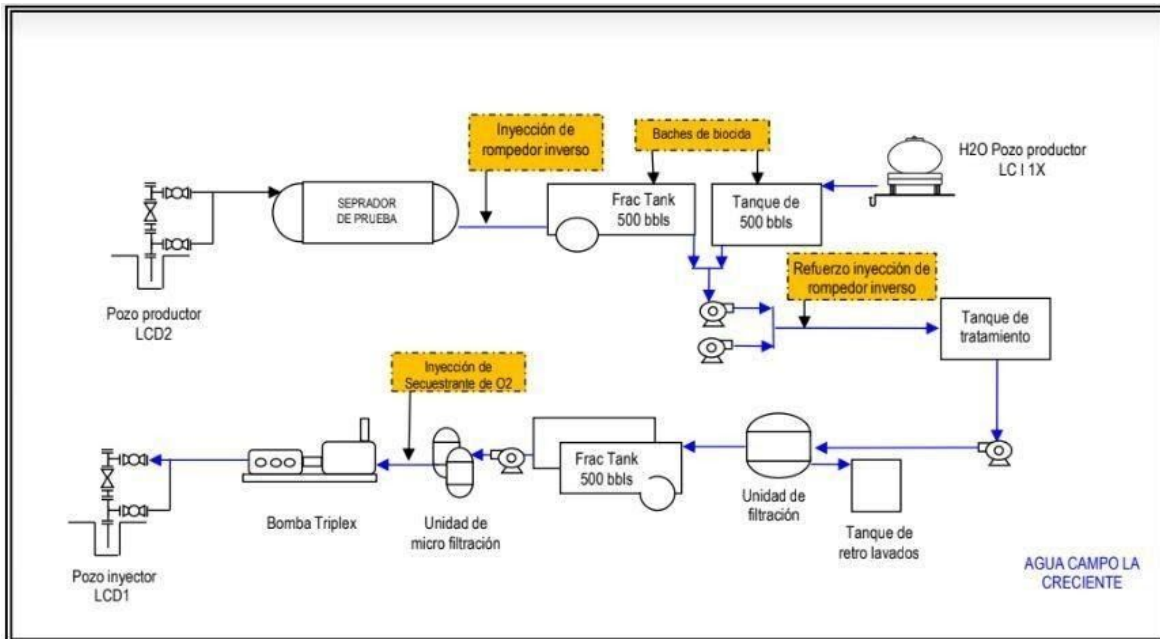


Ilustración 2. dosificación de químicos en el tratamiento de agua de producción.



Ilustración 3. Skimmer tank (desnatador) de tratamiento de agua de producción



Ilustración 4. árbol de inyección de agua (pozo LCA-4)

C. **Análisis de los parámetros regulados por la norma y la licencia ambiental**, con el fin de determinar su relevancia para el seguimiento de la actividad de inyección. Partiendo de la revisión documental se hizo un descarte de parámetros, quedando aquellos que tienen importancia para el desarrollo adecuado durante el proceso de inyección y que permitieran la evaluación de posibles afectaciones de las aguas subterráneas.



Realizado junto a los tutores académico y empresarial, quienes dieron su orientación frente al tema seleccionado con un enfoque en:

- Las condiciones de operación de los equipos, para evaluar la influencia de las condiciones del agua en problemas como corrosión y/o taponamiento de las tuberías, lo que puede ser ocasionado por una alta concentración de oxígeno disuelto en el agua.
- La relación de los distintos parámetros entre sí, como son la temperatura y oxígeno disuelto (OD) en el agua, OD y demanda bioquímica de oxígeno.
- las posibles afectaciones en el cuerpo receptor por la variación de los distintos parámetros del agua inyectada.

D. **Selección de los indicadores de mayor relevancia**, con el propósito de evaluar que las condiciones del agua después del tratamiento y previo a la inyección se encuentren dentro de los establecidos por la norma colombiana (Decreto Único Reglamentario Sector Ambiente y Desarrollo Sostenible – 1076 de 2015).

Teniendo en cuenta las obligaciones adquiridas en la licencia ambiental y los parámetros de mayor interés regulados por la norma colombiana se seleccionaron los siguientes parámetros o indicadores para ser medidos o monitoreados, debido a la importancia de los mismos y su influencia en el



correcto tratamiento del agua de producción y operación de los equipos de inyección

- **pH:**

es una medida del complejo equilibrio químico que existe en un cuerpo de agua. Los niveles excesivos de pH pueden causar problemas de corrosión y esterilización del área circundante a la cuenca de agua. continuos niveles excesivos de pH pueden causar problemas de corrosión en la industria y hacer que el agua sea inadecuada para el consumo humano.

Este parámetro se toma debido a la influencia que tiene en las reacciones químicas que se puedan dar por el contacto con los minerales del yacimiento provocando la movilidad de estos hacia aguas cercanas, por lo tanto, una sobresaturación de los mismos; además, pueden presentarse taponamiento del pozo por problemas de compatibilidad al haber una diferencia considerable de pH del agua inyectada y el agua propia del yacimiento.

- **Temperatura:**

La mayoría de organismos, incluyendo los humanos, pueden sobrevivir sólo dentro de un rango de temperatura relativamente estrecho. Una alta temperatura de agua superficial reduce los niveles de oxígeno disuelto, causa la muerte de los peces, interfiere con la propagación y crianza de las especies, incrementa las velocidades de crecimiento de los microorganismos benéficos y perjudiciales y acelera las reacciones



químicas del agua.

Además, está relacionada con la formación de incrustaciones por la precipitación de ciertas sales a elevadas temperaturas, generando obstrucciones para la movilidad del agua.

- **Oxígeno disuelto:**

Los niveles de oxígeno deben ser mantenidos en 5 mg/l o más para proteger las pesquerías y la vida vegetal, para prevenir la aparición de condiciones sépticas y para permitir que el cuerpo de agua asimile el material orgánico en forma adecuada. La concentración de oxígeno disuelto es afectada por la temperatura, los niveles de materia orgánica disuelta y en suspensión y la presencia de sedimentos o lodos en el fondo.

Es un parámetro de gran importancia relacionado con la afectación por corrosión en los equipos de operación y un valor importante en la calidad del agua en cuanto a la prevención de crecimiento microbiano indeseable que pueda ser inyectado al yacimiento.

- **Aceites y grasas.**

son generalmente menos densos que el agua y como tales formarán películas en la superficie. La formación de emulsiones de aceite y agua crean problemas especiales que son generalmente estables y requieren métodos de tratamiento para su eliminación.

Además, las concentraciones altas de grasas y aceites podrían generar emulsiones con el agua del yacimiento impidiendo su movilidad y un aumento



UNIVERSIDAD DE CÓRDOBA

FACULTAD DE INGENIERÍA

DEPARTAMENTO DE INGENIERÍA AMBIENTAL



de presión hidráulica con probabilidades de fracturamiento en el cuerpo receptor.

- **Salinidad:**

La mayoría de las aguas producidas contienen concentraciones salinas muy altas. Se encuentran niveles de cloruro de 120,000 a 180,000 ppm (el agua de mar tiene aproximadamente 35,000 ppm). A estos niveles el agua producida es tóxica para casi todas las formas de vida (ARPEL, 2011).

La selección de los anteriores parámetros se hizo teniendo en cuenta la línea base establecida en los estudios de impacto ambiental para la modificación de la licencia ambiental del campo La Creciente y, además, por la factibilidad de poder medirlos en campo con el equipo multiparamétrico de la compañía. Pero teniendo en cuenta que el equipo no se encuentra en condiciones de operación (descalibrado), no se pudo plantear el plan de monitoreo en campo y sabiendo que no es una obligación de la licencia ambiental, se optó por tomar los resultados de los monitoreos trimestrales realizados por el contratista MCS CONSULTORÍA contratado por la compañía, siendo resultados obtenidos por procedimientos certificados. Además, no se ha hecho una evaluación de los resultados presentados desde el inicio de la toma de datos por el contratista (ver anexo 1.)

siendo así:



Gráfico 1. Valores de temperatura medidos en el tanque de tratamiento de agua de producción.

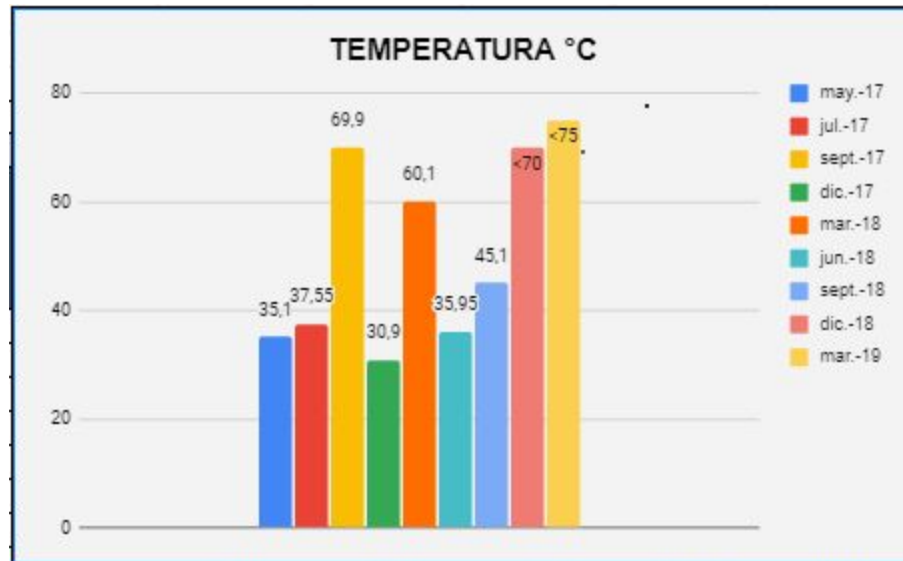
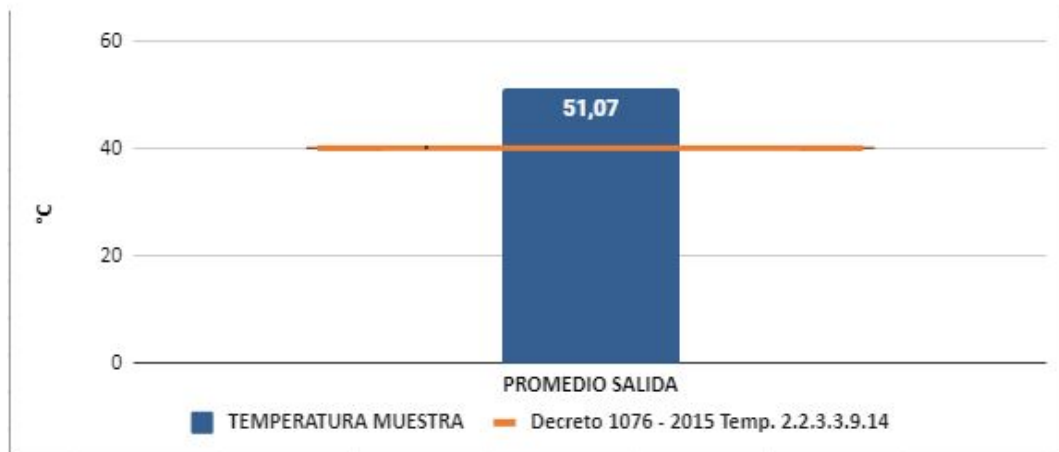


Gráfico 2. Promedio de temperatura de la muestra



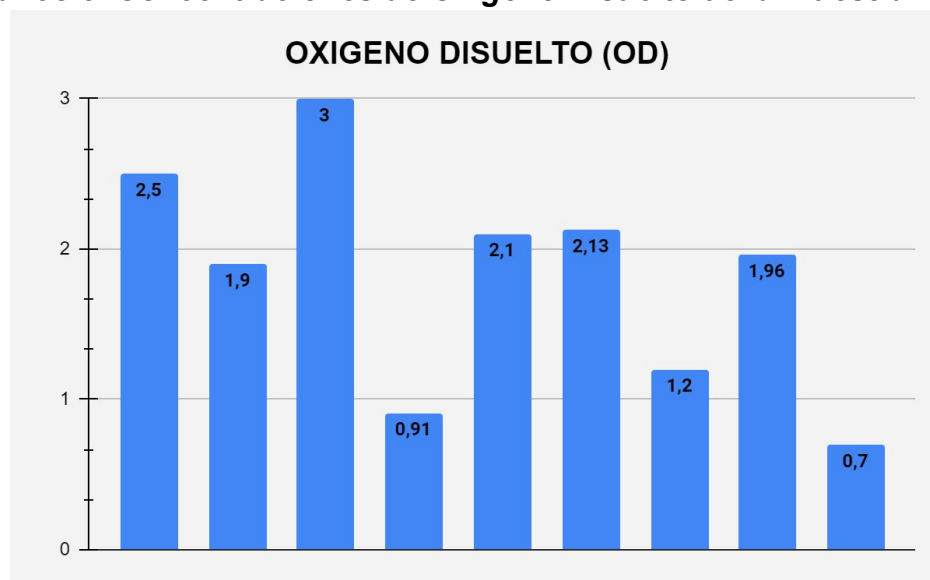


De los resultados para los valores de temperatura en el tanque de tratamiento se puede evidenciar un promedio de temperatura superior al valor permitido por la norma, donde más del 50% de las mediciones hechas sobrepasan los 40°C permitidos por el Decreto 1076 de 2015. Sin embargo, esta no es la temperatura de inyección del agua, pues el agua hace un recorrido considerable desde el punto de medición y el punto de inyección, donde se espera que la temperatura descienda un poco.

Aún así, se hace necesario aumentar el tiempo de retención del agua previo a la inyección, en condiciones que permitan el descenso de la temperatura hasta estar dentro del límite establecido.

Relacionado con los valores de temperatura mostrados tenemos los valores de Oxígeno Disuelto mostrados a continuación.

Gráfico 3. Concentraciones de Oxígeno Disuelto de la muestra

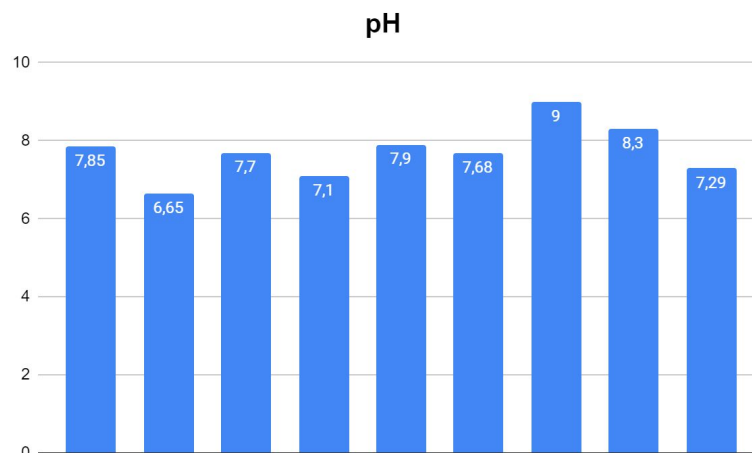




Si bien se evidencia claramente que los valores de OD en los resultados de todos los monitoreos registrados no alcanzan el mínimo permitido por la norma (4.0 mg/l), se debe aclarar que son necesarias estas condiciones para reducir la corrosión producida o exacerbada por el oxígeno disuelto en las redes de tuberías y equipos utilizados durante el proceso de inyección. además de mantener al mínimo los niveles de crecimiento de microorganismos en el agua a inyectar. Sin embargo, el compromiso establecido en la licencia ambiental hace necesario un ajuste en el proceso de tratamiento que asegure la concentración mínima de OD exigido por la norma. Sin mencionar que esta información se ha reportado a la autoridad ambiental en los respectivos informes de cumplimiento ambiental anuales, pero no han hecho observación aparente.

Analizando los valores de pH encontramos que todos los datos de los monitoreos se encuentran dentro del rango permitido por la norma, como se muestra a continuación:

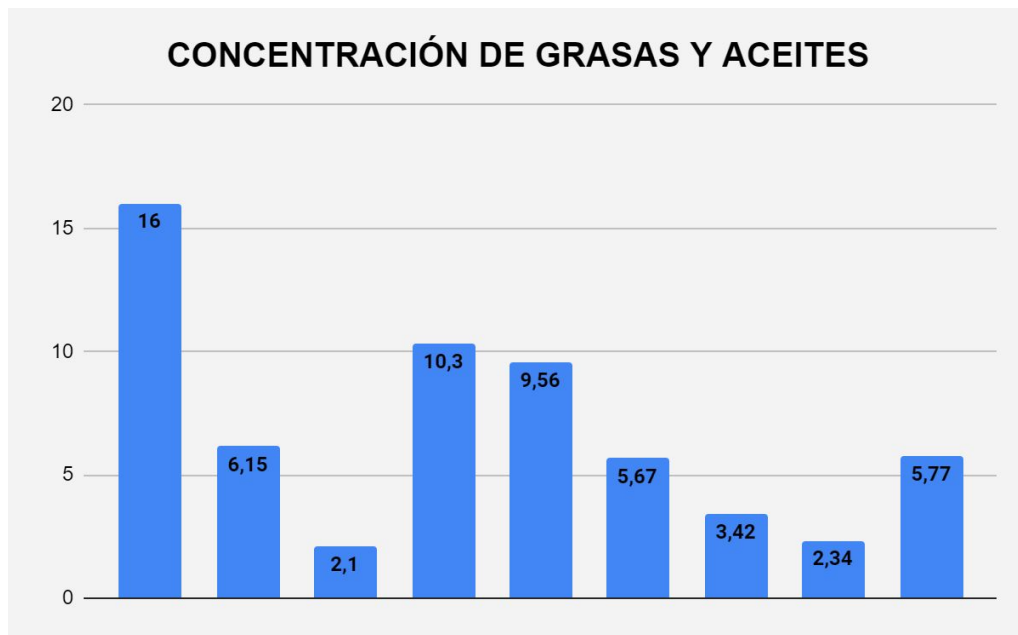
Gráfico 4. valores de pH





Un parámetro muy importante es la concentración de grasas y aceites, teniendo en cuenta que viene asociado con el agua de producción en la extracción de hidrocarburos.

Gráfico 5. Concentración de grasas y aceites



Este parámetro es de gran importancia ya que altas concentraciones de grasas y aceites puede afectar en la infiltración del agua en el lecho rocoso del yacimiento receptor por la formación de películas impermeables.



E. Socialización de los análisis hechos y recomendaciones al respecto, con el fin de concienciar sobre la importancia de un correcto tratamiento del agua de producción (ARI), se planteó la posibilidad de dictar charlas para compartir los análisis realizados, con los líderes de las diferentes áreas, pero teniendo en cuenta que los resultados de los muestreos se recibieron a finales del tiempo estipulado de las prácticas y que de la gestión de la calibración del equipo multiparamétrico no se obtuvo una respuesta positiva, no se pudo realizar la respectiva charla, por lo que se espera que los resultados y/u observaciones obtenidas en el presente informe pueda ser tenido en cuenta para posibles modificaciones del plan de manejo ambiental para la actividad de inyección de agua.

Por otro lado, se envió una presentación preliminar a la alta gerencia con los resultados que se habían obtenido hasta diciembre de 2018 (Ver anexo 1.), con lo que se hizo ajustes al tratamiento del agua de producción, con ayuda del ingeniero químico encargado, reformulando las concentraciones de dosificación de los químicos para aplicados. Pasando de aplicar no sólo el Rompedor de emulsión (producto químico aplicado para facilitar la separación de la película de aceites y grasas formada en la superficie del agua de producción y que era el único químico aplicado en el tratamiento); a aplicar secuestrante de oxígeno y biocidas, lo que



mejoraría las condiciones para un correcto tratamiento del agua y obtener unos valores en los parámetros de calidad que se ajusten a los regulados por la norma y cuyos puntos de aplicación en el tratamiento se muestra en la ilustración 2.

Sin embargo, la presente dosificación debe ser presentada con los respectivos estudios que demuestren la efectividad en el mantenimiento de los parámetros evaluados dentro de los límites necesarios para el cumplimiento de los compromisos de la licencia ambiental.

Tabla 1. Dosificación modificada de los productos químicos usados en el tratamiento del agua de producción.

PACIFIC STRATUS ENERGY COLOMBIA CORP. - BLOQUE LA CRECIENTE								
PROVEEDOR	PRODUCTO - ASIGNACIÓN NOMBRE COMERCIAL	NOMBRE	PUNTO DE APLICACIÓN	DOSIS ACTUAL (PPM)	VOLUMEN FLUIDO O TRATADO (BBSL)	TIPO DE FLUIDO TRATADO	CONSUMO GALONES DIA	CONSUMO GALONES MES
CLARIANT DE COLOMBIA S.A.	SCAVTREAT 14406	Secuestrante de oxígeno	Entrada bomba triplex	20	4.700	AGUA DE PRODUCCIÓN	3,95	118,44
	BIOTREAT 2416	Biocida	tanques de recibo de agua	Baches de 1 galón cada 3 día.	4.700	AGUA DE PRODUCCIÓN	0,33	10,00
	FLOCTREAT 12080	Rompedor inverso	Entrada tanques de recibo de agua y entrada tanque skimmer.	6	4.700	AGUA DE PRODUCCIÓN	1,18	35,53
VOLUMEN ESTIMADO DIA (BBSL)	4700							



7. APORTES DEL ESTUDIANTE A LA EMPRESA.

Como parte del equipo de HSEQ del bloque La Creciente tuve un aporte importante en el cumplimiento del cronograma de inspecciones locativas de la facilidad coordinando lo relacionado a seguridad industrial y el cumplimiento de los procedimientos presentados en los permisos de trabajo; además de un aporte importante en reforzar el cumplimiento ambiental de la facilidad con los compromisos ambientales adquiridos en el licenciamiento ambiental, como lo es el cumplimiento del “Estándar general de residuos sólidos” como norma interna de la compañía, donde se explica la correcta clasificación de los residuos según el código de colores adoptado internamente, del cual se hizo una presentación a manera de concienciar a los trabajadores de la responsabilidad de todos de cumplir con la norma establecida (Ver anexo 2.); hacer seguimiento al tratamiento de agua residual e industrial , información necesaria para los Informes de Cumplimiento Ambiental que el bloque debe presentar anualmente ante la autoridad ambiental competente (Autoridad Nacional de Licencias Ambientales); realizar charlas de conciencia ambiental como el día del reciclaje (ver anexo 3.) y el día mundial del medio ambiente (ver anexo 4.).



8. CONCLUSIONES

Del trabajo realizado para Frontera Energy en el bloque La Creciente podemos concluir que, el tratamiento del agua de producción para su posterior inyección se ha venido ajustando para llegar a presentar unos resultados en los monitoreos de los diferentes parámetros, acorde a los valores regulados por la normatividad colombiana y a las obligaciones de la licencia ambiental, lo que representa un compromiso que va desde las áreas administrativas hasta las áreas de operación en disminuir los impactos que puedan afectar las condiciones del medio ambiente, producto de esta actividad.

Además, la importancia de hacer seguimiento a este tipo de actividades, que si bien están reguladas por la norma, se deben ajustar los procedimientos de manera tal que se cumplan los compromisos ante la autoridad ambiental y así disminuir los impactos ambientales negativos generados por esta actividad.



9. BIBLIOGRAFÍA

Frontera Energy Corp. (06 de marzo de 2019). Frontera Energy. Obtenido de <http://www.fronteraenergy.ca/es/acerca-de-frontera-energy/>

Frontera Energy Corp. (2016). ACTUALIZACIÓN DEL PLAN DE MANEJO AMBIENTAL DE LAS FACILIDADES DE PRODUCCIÓN DEL BLOQUE LA CRECIENTE.

MONROY, B. and PERÉZ, J. (2017). EVALUACIÓN TÉCNICA DE LOS PATRONES DE INYECCIÓN DE AGUA MEDIANTE SIMULACIÓN ANALÍTICA EN CINCO POZOS DEL BLOQUE V CENTRO DEL CAMPO YARIGUÍ-CANTAGALLO MEDIANTE EL SOFTWARE SAHARA. Pregrado. FUNDACIÓN UNIVERSIDAD DE AMÉRICA.

ECOPETROL.[PLANNER LAPIX].(2014, JUNIO 09). DISPOSICIÓN DE AGUA DE PRODUCCIÓN MEDIANTE LA RE INYECCIÓN A POZOS DISPOSAL [ARCHIVO DE VIDEO]. RECUPERADO DE <https://www.youtube.com/watch?v=8RJznwk5dFM>.

ARPEL (2011). DISPOSICIÓN Y TRATAMIENTO DEL AGUA PRODUCIDA. OBTENIDO DE <http://www.ingenieroambiental.com/4000/GUIA%2001%20-%20OK.pdf>.



ANEXO 1.



UNIVERSIDAD DE CÓRDOBA
FACULTAD DE INGENIERÍA
DEPARTAMENTO DE INGENIERÍA AMBIENTAL



ANEXO 2.



ANEXO 3.



ANEXO 4.



UNIVERSIDAD DE CÓRDOBA
FACULTAD DE INGENIERÍA
DEPARTAMENTO DE INGENIERÍA AMBIENTAL

