

Criterios de Implementación ISO 14000:2015 Caso Estudio Sector Petrolero (Tratamiento y Disposición de Agua por Medio de la Inyección a Alta Presión)

Diplomado Gerencia del Sistema Integrado de Gestión en HSEQ. Maira Alejandra Dussan Rincón, Manuel Armando Vega Quiroga, Ruben Dario Contreras Guzman.

RUBEN CONTRERAS 25 DE NOVIEMBRE DE 2020 01:57

Resumen ejecutivo

RUBEN CONTRERAS 30 DE NOVIEMBRE DE 2020 06:00

La empresa Ecopetrol S.A Es una empresa de propiedad mixta que se dedica a la producción, refinación y transporte de petróleo y gas, y así como a actividades de petroquímica. Actualmente es la empresa más grande del país y la principal compañía petrolera en Colombia. Por su tamaño pertenece al grupo de las 40 petroleras más grandes del mundo y es una de las cuatro principales en Latinoamérica. (Ecopetrol, 2014).

La legislación ambiental vigente en Colombia establece que todo proyecto o actividad productiva que por su magnitud represente la posibilidad de provocar efectos negativos de importancia sobre el medio ambiente y los recursos naturales existentes en la zona donde se pretende ejecutar, debe ser sometida al proceso de evaluación de impacto ambiental. (Diego, 2017)

El objetivo de la evaluación de impacto ambiental es asegurar que las opciones de desarrollo para las etapas sean ambiental y socialmente adecuadas al entorno en el que se implantan. (Multiconsult y Cia. 2014)

Para el proceso de la identificación y evaluación de los impactos ambientales, se ha seleccionado una metodología cualitativa que ha permitido identificar, evaluar e interpretar las implicaciones ambientales que se prevén que ocurran durante las etapas de planificación, construcción, operación para la disposición del agua por medio de la inyección a alta presión. (Multiconsult y Cia. 2014)

Este trabajo busca Como resultado del análisis de los impactos ambientales, puede deducirse que, de la definición y de la toma en consideración de las medidas preventivas y correctivas, no se vayan a provocar ningún impacto crítico sobre el medio ambiente en la ejecución de la actividad y se presenten impactos ambientales positivos ya que estos son significativos dado a la amplia gama de beneficios que conlleva mejorar, garantizando así un sistema confiable y seguro. (Multiconsult y Cia. 2014)

Grafico 1: PAD de inyección de agua industrial



Fuente: Ruben Contreras

Contexto general del sector productivo

RUBEN CONTRERAS 29 DE NOVIEMBRE DE 2020 03:25

ECOPETROL es una petrolera estatal colombiana dedicada a actividades de exploración, producción de hidrocarburos, refinación y petroquímicas, así como al transporte de petróleo y gas para ser comercializado como mayorista en el mercado colombiano y extranjero, sus actividades se relacionan con los siguientes códigos CIU: 0610 y 06205 (Ecopetrol, 2014).

Las actividades de tratamiento de agua inicia en los CPF'S (Facilidad de producción de crudo) el proceso inicia en los Skim Tank, en donde se remueve una gran parte del aceite presente en el agua, después de este proceso, es transferida en forma continua por medio de bombas hacia las celdas de flotación donde con ayuda de inyección de química y agitación se generan microburbujas, removiendo el aceite y los sólidos suspendidos, ubicándolos sobre la superficie del agua estos son recuperados

usando un sistema de paletas giratorias de manera constante hacia los colectores laterales de las celdas, el agua de ahí después es transferida hacia los filtros usando bombas que la obligan a pasar a través del lecho filtrante (Torres, 2010).

En el filtro se retiene el poco aceite y los sólidos todavía presentes garantizando la remoción casi total de los mismos dando como resultado concentraciones de aceite y sólidos como mínimo 1 ppm, el lecho filtrante está compuesto de cascarilla de nuez o palma africana, las partículas que lo conforman tienen un tamaño uniforme lo que hace que la remoción sea más efectiva para garantizar las condiciones del lecho y su máxima eficiencia se hace necesario realizar la limpieza del mismo mediante retro lavados secuenciales cada seis horas; el agua producto de este proceso es direccionada hacia los decantadores, allí con la ayuda de química (floculantes y coagulantes) y tiempo de reposo, los sólidos y aceite se decantan en forma de borras (Torres, 2010).

RUBEN CONTRERAS 29 DE NOVIEMBRE DE 2020 06:04

Se procura que el resultando de este proceso que es agua clarificada ingrese al ciclo nuevamente para su disposición, en este punto se logra así una eficiencia de remoción superior al 99.9%. Desde los decantadores el agua es enviada por gravedad hacia las piscinas de inyección y desde allí se transfiere para su disposición de acuerdo a lo establecido en las licencias ambientales que puede ser vertimiento en cuerpo de agua o inyección. Para inyección es transferida con bombas verticales hacia los PAD'S (Plantas de disposición de gua) los cuales la reinyectan a la formación carbonera (receptora de gua) (Torres, 2010).

Grafico 2: Sección de bombeo de agua industrial para inyección



Fuente: Ruben Contreras

RUBEN CONTRERAS 29 DE NOVIEMBRE DE 2020 07:55

Los PAD'S de inyección cuentan con facilidades como las piscinas de alivio de presión, tanques de almacenamiento de crudo mezcla (combustible para la generación eléctrica con motores industriales de combustión interna), CCM (cuarto de control y monitoreo), subestaciones eléctricas, variadores de velocidad, motores,

bombas centrífugas horizontales multietapas, sección de bombeo y sección de inyección (pozos inyectoros). En los PAD'S se recibe el agua tratada en los CPF'S a una baja presión (50 PSI) y por medio de las unidades de inyección se eleva esa presión a (1300 PSI) la cual es dirigida hacia los pozos inyectoros donde se realiza la disposición final de estas aguas resultantes del proceso de producción.

Grafico 3: Sección de distribución eléctrica (media y baja tensión), CCM, Variadores, transformadores



Fuente: Ruben Contreras

RUBEN CONTRERAS 29 DE NOVIEMBRE DE 2020 07:56

Estas plantas son operadas por operadores directos de la compañía el cual tiene las funciones de realizar monitoreo continuo de las variables de operación de los equipos a su cargo, con el fin de evitar incumplimientos de las licencias ambientales y restricciones que se tienen en algunos pozos inyectoros que presentan antecedentes de sismicidad, este seguimiento realizado es plasmado en los reportes de inyección donde se lleva el control hora a hora con el fin de garantizar una operación segura, sana y limpia de la planta. En el campo rubiales se cuenta con una licencia ambiental para la inyección promedio de 3'800.000 BWPD, distribuidos en 7 plantas de inyección (PAD # 2, 3, 4, 5, 6, 7 y 8) en la cual cada una maneja un caudal permitido diferente como se estipula en la resolución 233 del 2001 y sus 17 modificaciones, esto a su vez es asociado a las condiciones operativas de cada planta y restricciones otorgadas por los antecedentes sísmicos de las formaciones receptoras en los diferentes PAD'S.

Grafico 4: Sección inyección e agua industrial



Fuente: Ruben Contreras

Descripción de la problemática ambiental del sector

RUBEN CONTRERAS 29 DE NOVIEMBRE DE 2020 07:57

La contaminación ambiental se puede definir como la presencia de cualquier agente físico, químico o biológico o bien una combinación de varios agentes, en lugares, formas y concentraciones que puedan ser nocivos su uso, y también puede afectar un ecosistema o una población en total. El petróleo es la principal economía actual en el mundo, de tal manera que los países cada vez más aprovechan este combustible fósil, pero a su vez hacen un daño casi irreversible al medio ambiente y en este caso es el proceso de la inyección de agua para la producción de petróleo.

Una breve explicación de cómo funciona este proceso puede ser, cuando el petróleo crudo no tiene la habilidad para salir por sí solo de los poros del yacimiento en los cuales se encuentra, sale por el empuje de un fluido asociado al petróleo como el gas o por acumulación de otros fluidos como el agua. En este proceso, por el cual un fluido pasa a ocupar el lugar de otro en un medio poroso, se conoce como desplazamiento. Generalmente los fluidos desplazados de agua y el gas, y el desplazado es el petróleo. Además del desplazamiento del petróleo por efecto de un fluido en solución, el petróleo también puede ser recuperado por un desplazamiento similar al ocasionado por un pistón. (Gallo, 2016)

Todo este proceso antes mencionado puede ocasionar que el agua producida contenga cantidades variables de sales y gases como H_2S (sulfuro de hidrogeno), CO_2 (dióxido de carbono) esto conlleva a que haya sólidos en suspensión que contengan partes de metales pesados, y niveles considerables de radiación en el estroncio y el radio. Esto puede contaminar los yacimientos de agua potable que estén cercanas a los pozos en ejecución de este proceso, ya que en el subsuelo existen fuentes de agua que funcionan como redes que

hidratan la vida vegetal y a su vez aflora en algunos puntos formando nacimientos de agua. El PH del agua puede alterarse y a su vez poniendo en riesgo la vida animal y vegetal que fluye en ella. (Gallo, 2016)

Grafico 5: Área de generación eléctrica de la planta de inyección



Fuente: Ruben Contreras

RUBEN CONTRERAS 25 DE NOVIEMBRE DE 2020 03:26

El problema principal de este proceso es el alto volumen de agua que se usa para el fracturamiento hidráulico pueden generar disminución en los caudales de los ríos y reducción de los volúmenes de agua en los depósitos de aguas superficiales y contaminación en las aguas subterráneas y en esa medida se puede reducir la capacidad de dilución. Por otra parte, está el manejo de productos químicos y fluidos en superficie empleados en el fracturamiento hidráulico, consiste en que se pueden generar derrames o fugas de los insumos químicos y de los fluidos de estimulación o a lo largo de las rutas de transportes en los sitios de almacenamiento. Los fluidos o sustancias derramadas en el suelo pueden infiltrarse en el suelo y migración hacia los acuíferos generando contaminación de las aguas subterráneas o incluso se podría generar contaminación de las aguas superficiales próximas al área de perforación por efecto de la escorrentía. (Republica, 2018)

Por las razones anteriormente mencionadas se resalta que este tipo de procesos en el sector de hidrocarburos cuentan con el riesgo de ocasionar impactos ambientales como la contaminación de aguas superficiales, acuíferos y/o suelos, debido al contacto con los productos químicos usados en la fracturación, o con el fluido de retorno que llega a la superficie después de la fracturación hidráulica.

Diagrama de análisis de ciclo de vida

- o Marco legal e institucional
- o Área de influencia directa e indirectamente
- o Identificación y evaluación de impactos
- o Programas ambientales

Cuadro de legislación ambiental aplicable y actual

RUBEN CONTRERAS 29 DE NOVIEMBRE DE 2020 08:18

Tabla 2: Cuadro de legislación ambiental aplicable y actual

ACTIVIDAD O ETAPA	TEMA ESPECIFICO	NORMA	NUMERO, AÑO Y UBICACION	ARTICULOS	EMISOR	CUMPLE/ NO CUMPLE
Tratamiento de agua e inyección	Uso industrial del agua	Por medio del cual se expide el Decreto Único Reglamentario del Sector Ambiente y Sostenible	Decreto 1076 de 2015 (Antes Decreto 1594 de 1984)	2.2.3.3.9.13 2.2.3.2.5.3 2.2.3.2.10.3 2.2.3.3.4.6 2.2.3.2.10.4 2.2.3.3.4.14 2.2.3.3.5.2 2.2.3.3.5.4	Ministerio de Ambiente Y Desarrollo Sostenible	Cumple
	Permiso uso de las Aguas					
	Agua para fines industriales					
	Concepciones de agua para uso industrial					
	Reinyección de vertimientos - hidrocarburos					
Plan de contingencias para el manejo de derrames de hidrocarburos						
Permiso para vertimientos						
Plan de gestión del riesgo para manejo de vertimientos						

RUBEN CONTRERAS 29 DE NOVIEMBRE DE 2020 08:20

Tratamiento de agua e inyección	Uso y aprovechamiento de aguas superficiales y subterráneas, incluidas aguas lluvias.	Reglamenta la Parte III del Libro II del Decreto - Ley 2811 de 1974; "De las aguas no marítimas" y parcialmente la Ley 23 de 1973.	Decreto 1541 de 1978	So. 18, 36-72, 78-82, 104, 143-164, 239	Presidencia de la República	Cumple
Tratamiento de agua	Aguas residuales	Establece términos de referencia para la elaboración de Planes de Gestión del Riesgo para manejo de vertimientos	Resolución 1514 de 2012	Toda	Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible	Cumple
Tratamiento de agua	Aguas residuales	Reglamenta el Decreto 2811 de 1974 y la Ley 90 de 1979 en relación con usos del agua y residuos líquidos	Decreto 3930 de 2010	Toda la norma	Ministerio de Ambiente, Vivienda y Desarrollo Territorial	Cumple
Tratamiento de agua e inyección	Aguas residuales Plan de contingencia para manejo de derrames	Modifica parcialmente el Decreto 3930 de 2010, en relación con el término para la fijación de normas de vertimiento, Protocolo para el monitoreo de aguas superficiales y subterráneas, Plan de contingencia para manejo de derrames de hidrocarburos o sustancias nocivas, Planes de cumplimiento	Decreto 4728 de 2010	Toda	Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible	Cumple
Tratamiento de agua	Aguas residuales	Por el cual se reglamenta parcialmente el Título I de la Ley 9 de 1979, así como el Capítulo II del Título VI -Parte III- Libro II y el Título III de la Parte III -Libro I- del Decreto - Ley 2811 de 1974 en cuanto a usos del agua y residuos líquidos	Decreto 1594 de 1994	20, 21, 37 a 48, 72 a 79, 155, 156, 158, 160, 161	Presidencia de la República	Cumple
Tratamiento de agua	Vertimiento a cuerpo de agua y a alcantarillado público	"Por la cual se establecen parámetros y los valores límites máximos permisibles en los vertimientos puntuales a cuerpos de agua superficiales y a los sistemas de	Resolución 631 de 2015	Todos	Ministerio de Ambiente y Desarrollo	Cumple

RUBEN CONTRERAS 29 DE NOVIEMBRE DE 2020 08:20

		alcantarillado público*.			Sostenible	
Termoelectrica e inyección	Ruido	Por la cual se establece la norma nacional de emisión de ruido y ruido ambiental	Resolución 627 del 2006	1	Ministerio de Ambiente, Vivienda y Desarrollo Territorial	Cumple
Termoelectrica e inyección	Protección y control de la calidad del aire	Por la cual se adopta el Protocolo para el Monitoreo y Seguimiento de la Calidad del Aire	Resolución 650 del 2010	Toda	Ministerio de Ambiente, Vivienda y Desarrollo Territorial	Cumple
Termoelectrica e inyección	Plan de contingencia para manejo de derrames	Establece autoridades competentes para la aprobación de Planes de contingencia para manejo de derrames de hidrocarburos o sustancias nocivas.	Resolución 1401 de 2012	1 y 2	Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible	Cumple
Termoelectrica e inyección	Plan de contingencia para manejo de derrames	Por el cual se adopta el Plan Nacional de Contingencia contra derrames de Hidrocarburos, Derivados y Sustancias Nocivas.	Decreto 321 de 1999	5	Presidente de la República	Cumple
Termoelectrica e inyección	Plan de contingencia para manejo de derrames	Por el cual se ordena la elaboración y desarrollo del Plan Nacional de Contingencia contra derrames de Hidrocarburos, Derivados y Sustancias Nocivas en aguas marinas, fluviales y lacustres.	Decreto 2190 de 1995	Toda	Ministerio del Interior y de Justicia	Cumple
Tratamiento de agua, Termoelectrica, inyección	Autoridad ambiental	Constitución Política de Colombia	Constitución Política de 1991	8, 79, 80	Asamblea Nacional Constituyente	Cumple

RUBEN CONTRERAS 29 DE NOVIEMBRE DE 2020 08:21

Tratamiento de agua, Termoelectrica, inyección	Contaminación	Ley de la República por la cual se conceden facultades extraordinarias al presidente de la República para expedir el Código de Recursos Naturales y de Protección al Medio Ambiente y se dictan otras disposiciones.	Ley 23 de 1973 Código de Recursos Naturales	Toda	Congreso de la República	Cumple
Tratamiento de agua, Termoelectrica, inyección	Delitos contra los Recursos Naturales y el Medio Ambiente	Por medio de la cual se reforma el Código Penal, el Código de Procedimiento Penal, el Código de Infancia y Adolescencia, las reglas sobre extinción de dominio y se dictan otras disposiciones en materia de seguridad.	Ley 1453 de 2011 (modifica la Ley 599 de 2000-Código Penal)	arts. 33,34,36	Congreso de la República	Cumple
Inyección y termoelectrica	Residuos electrónicos	Por el cual se adiciona el Decreto 1076 del 2015, Único Reglamentario del Sector Ambiente y Desarrollo Sostenible, en lo relacionado con la gestión integral de residuos de aparatos eléctricos y electrónicos RAEE y se dictan otras disposiciones	Decreto 284 de 2018	2.2.7A.2.3	Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible	Cumple
Termoelectrica e inyección	Responsabilidad acerca de la contaminación	Por medio del cual se expide el Decreto Único Reglamentario del Sector Ambiente y Desarrollo Sostenible.	Decreto 1076 de 2015 (Antes Decreto 4741 de 2005)	2.2.6.1.3.9.	Ministerio de Ambiente	Cumple
Termoelectrica e inyección	Consumidor o usuario final de sustancias químicas	Por medio del cual se expide el Decreto Único Reglamentario del Sector Ambiente y Desarrollo Sostenible.	Decreto 1076 de 2015 (Antes Decreto 4741 de 2005)	2.2.6.1.4.4.	Ministerio de Ambiente	Cumple
Termoelectrica e inyección	Residuos electrónicos	Por la cual se establecen los Sistemas de Recolección Selectiva y Gestión Ambiental de Residuos de Computadores y/o Periféricos y se adoptan otras disposiciones	Resolución 1512 de 2010	15	Ministerio de Ambiente, Vivienda y Desarrollo	Cumple

RUBEN CONTRERAS 29 DE NOVIEMBRE DE 2020 08:21

					Territorial	
Tratamiento de agua e inyección	Tasa por uso de agua	Por medio del cual se adiciona una sección al Decreto 1076 de 2015, Decreto Único Reglamentario del Sector Ambiente y Desarrollo Sostenible, en lo relacionado con el ajuste a la tasa retributiva	Decreto 2141 de diciembre de 2016	Toda	Ministerio de Ambiente, Vivienda y Desarrollo Territorial	Cumple
Tratamiento de agua e inyección	Tasas retributivas por vertimiento líquido	Por la cual se fijan las tarifas mínimas de las tasas retributivas por vertimientos líquidos para los parámetros Demanda Bioquímica de Oxígeno (DBO) y Sólidos Suspendedos Totales (SST).	Resolución 273 de 1997	Toda	Ministerio del Medio Ambiente	Cumple
Tratamiento de agua	Tasa retributiva	Por el cual se reglamenta la tasa retributiva por la utilización directa e indirecta del agua como receptor de los vertimientos puntuales, y se toman otras determinaciones"	Decreto 2697 de 2012	2.3.6.7,9,11,18,21,22,23-25	Presidencia de la República	Cumple

Fuente: elaboración propia

RUBEN CONTRERAS 1 DE DICIEMBRE DE 2020 03:23

Programas ambientales

1. Programa gestión integral del recurso hídrico

Introducción:

A pesar de que en Colombia sea considerado como uno de los países con mayor riqueza hídrica; diferentes procesos industriales y en cierta medida naturales han hecho que dicho patrimonio se vea alterado en sus características organolépticas, físicas y microbiológicas (Ministerio de ambiente y desarrollo sostenible,2018). Por lo tanto, Ecopetrol S.AS en el marco de la protección y conservación del recurso hídrico establece un programa que abarque tanto el control de las aguas residuales generadas, como el uso racional y eficiente del agua, a través de estrategias que permitan armonizar los procesos que se desarrollan en la compañía y que promueven en el cumplimiento de sus políticas ambientales. (Universidad de Nariño, 2018)

Objetivo general:

Garantizar la protección del agua, mediante una gestión integral que comprenda medidas, buenas prácticas y estrategias sobre el recurso hídrico en Ecopetrol S.A

Objetivos específicos:

- o Minimizar el desperdicio del recurso hídrico asociado a fugas en la red de distribución de agua.

- Implementar medidas de ahorro de consumo de agua tanto en la red de distribución en cada una de las áreas que comprenden los campamentos.
- Aplicar tratamientos que controlen la carga contaminante en agua residuales generadas en las locaciones.

RUBEN CONTRERAS 1 DE DICIEMBRE DE 2020 02:47

Definiciones:

- **Uso eficiente y racional del agua:** contiene tres aspectos importantes; el uso, la eficiencia y el agua. El uso significa que es susceptible a la intervención humana, a través de alguna actividad que puede ser productiva, recreativa o para su salud y bienestar. La eficiencia tiene implícito el principio de escasez, (el agua dulce es un recurso escaso, finito y limitado) que debe ser bien manejado, de manera equitativa, considerando aspectos socio-económicos y de género.
- **Demanda de agua:** se refiere a la necesidad que tiene el proyecto de abastecerse de este recurso durante las actividades propias de servicio y funcionamiento de sus instalaciones.
- **Tratamiento convencional para potabilizar las aguas:** son los procesos y operaciones: coagulación, floculación, sedimentación, filtración y desinfección.
- **Recurso natural:** Bienes materiales y servicios que proporciona la naturaleza sin alteración por parte del ser humano.

RUBEN CONTRERAS 1 DE DICIEMBRE DE 2020 02:51

Descripción de actividades:

- Aspecto ambiental significativo:

- Consumo de agua
- Vertimientos

- **Prácticas de comportamiento de reducción:** Los colaboradores contratistas subcontratistas y visitantes debe ejecutar las siguientes prácticas de comportamiento para evitar el desperdicio de agua en las diferentes áreas.

- Revisar que estén totalmente cerrados los grifos y que se utilicen cuando sea estrictamente necesario.
- Reportar al área de mantenimiento cualquier fuga o falla en el servicio de inodoros, lavamanos, duchas y grifos en general.
- Cerrar los grifos y/o llaves mientras el personal y demás se encuentran realizando lavado de manos.
- Si se observa que los elementos hidráulicos y/o sanitarios están deteriorados, o en mal estado se debe reportar al área de mantenimiento; para hacer su respectivo cambio, procurando que sean reemplazados por elementos con características ahorradoras.

RUBEN CONTRERAS 1 DE DICIEMBRE DE 2020 02:53

Medidas a implementar para asegurar el bajo consumo de agua:

Para asegurar el bajo consumo de agua en todas las instalaciones de las locaciones, se plantean las siguientes medidas de acción:

- Instalar grifería, elementos, dispositivos y tecnologías de bajo consumo de agua en edificaciones existentes y nuevos proyectos de infraestructura.

- **Estrategias para el uso eficiente del agua:** Con el objeto de usar el recurso hídrico eficientemente, se establecen las siguientes estrategias prácticas:

- **Evitar la suciedad:** Mantener el área de trabajo en apropiadas condiciones de limpieza, no generar altas cargas de suciedad, puesto que esto generaría en los procesos de limpieza y desinfección diarios el uso de grandes cantidades de agua. Así mismo se recomienda realizar las actividades de limpieza y desinfección con la cantidad suficiente de agua y soluciones de limpieza, para que de esta forma se pueda evitar el desperdicio de las soluciones y a su vez el uso indiscriminado de agua a la hora de quitar el exceso de éstas.
- **Realizar limpiezas en seco:** Para aquellas áreas exteriores que no requieren procesos de esterilización o limpieza específica por las características de peligrosidad o riesgo biológico, se debe evitar el uso mangueras o agua a presión para lavar cualquier tipo de superficie. Por lo tanto, se recomienda ejecutar técnicas de recogida manual o mecánica de la suciedad; o en caso de que se requiera de agua, hacerlo a través de baldes o envases de aspersion.

RUBEN CONTRERAS 1 DE DICIEMBRE DE 2020 02:54

Buenas prácticas para el uso eficiente de agua:

A continuación, se presentan buenas prácticas para el uso eficiente de agua en las locaciones que lo requieren.

- Baños:

- Al lavarse las manos se recomienda cerrar el grifo mientras se enjabona, de esta forma se puede evitar un exagerado desperdicio de agua.
- Tras usar el grifo se debe verificar que al cerrar no quede goteando, ya que, si esto ocurre, se obtiene aproximadamente un desperdicio de 30 litros de agua al día.
- Emplear de forma moderada el jabón de manos, entre más jabón se utilice, mayor cantidad de agua se necesitará para el enjuague.

- Casinos:

- En las áreas de producción se debe cerrar el grifo mientras se enjabonan los utensilios.
- Se recomienda usar diferentes contenedores con agua para el proceso de enjabonado y primer enjuague.
- Para limpiar y desinfectar los alimentos se recomienda hacerlo a través de un recipiente de inmersión, para evitar lavarlos bajo el chorro del agua.

- Indicadores:

- Consumo de agua
- Cantidad de agua por actividades ejecutadas

Recursos para el programa:

Los recursos requeridos para el funcionamiento y operación del Programa de gestión integral del recurso hídrico de Ecopetrol S.A, se describen a continuación:

- **Recurso Humano:** El recurso humano requerido para el funcionamiento del programa está constituido principalmente por funcionarios, contratistas y subcontratistas como apoyo del sistema de gestión ambiental se encuentra el grupo de mantenimiento, y para la implementación del programa de gestión integral del recurso hídrico todos los contratistas y subcontratistas y visitantes de la entidad, dado que sin su participación no es posible alcanzar los objetivos y metas propuestas en el presente programa.
- **Recursos de infraestructura:** Los recursos de infraestructura para el programa de ahorro y uso eficiente de la energía, están representados por las mejoras que se haga a las unidades sanitarias, zonas verdes, casinos y demás áreas.

2. Programa de manejo y disposición de residuos sólidos industriales

Introducción:

El manejo de los residuos sólidos es una tarea compleja dadas sus características y el nivel de riesgo que represente para el ambiente y para la salud humana un manejo inadecuado de los mismos; la cantidad de residuos que se producen anualmente en Colombia evoluciona a la par con el crecimiento económico y población. (Camilo Gutiérrez, 2016)

Se entiende por plan de gestión integral de residuos (PGIRS) a las acciones que deberá seguir la organización dentro de la gestión ambiental, con la finalidad de prevenir y/o minimizar los impactos ambientales que puedan ocasionar los desechos sólidos en particular, las PGIRS es el conjunto de operaciones encaminadas a darles el destino más adecuado desde el punto de vista medioambiental de acuerdo con sus características, que incluye entre otras las operaciones de generación, recogida, almacenamiento, tratamiento, transporte y disposición final. (Camilo Gutiérrez, 2016)

Objetivo:

Diseñar el programa de manejo y disposición de residuos sólidos industriales para las áreas administrativas y operativas de Ecopetrol S.A.

Objetivos específicos:

- Determinar la situación actual frente a los residuos sólidos industriales generados.
- Evaluar y priorizar medidas de actuación para el manejo adecuado de los residuos sólidos industriales generados.
- Formular las medidas priorizadas, un programa de manejo y disposición de residuos sólidos industriales generado en Ecopetrol S.A.

Definiciones:

- **Desecho:** Cualquier producto deficiente, inservible o inutilizado, que su poseedor destina al abandono o del cual quiere desprenderse.
- **Residuo:** Cuando un individuo tira una botella de plástico, dicho envase puede descomponerse y generar contaminación ambiental, o ser reciclado a través de un tratamiento que permite volver a aprovechar el material.
- **Disposición final:** transporte de residuos a un incinerador, un relleno sanitario, una instalación de recuperación a otros.
- **Contaminante:** Cualquier elemento o forma de energía que actúa o potencialmente pueda producir alteración ambiental física, química o biológica de las precedentemente descritas (aire, suelo, agua demás recursos naturales renovables).
- **Gestor de residuos:** Persona encargada de la manipulación para el transporte y disposición temporal de residuos.
- **Reciclaje:** Reaprovechamiento en el proceso productivo de materiales ya utilizados.
- **Residuo peligroso:** Residuo o combinación de residuos que, por su cantidad, concentración toxicidad. Corrosividad, capacidad de producir mutaciones por sus propiedades físicas, químicas o características infecciosas pueden contribuir significativamente a la mortalidad y generación de enfermedades.
- **Tratamiento de residuos:** Los sistemas de tratamiento de residuos incluyen la operación o conjunto de operaciones que tienen por objetivo modificar las características físicas, químicas o biológicas de un residuo.

Política de responsabilidad integral:

En Ecopetrol S.A actuamos dentro de un marco de responsabilidad, integridad y respeto por las personas, las instituciones y el medio ambiente, generando condiciones de desarrollo sostenible y valor para nuestros accionistas.

Política en ambiente seguridad industrial y salud ocupacional:

Trabajamos conjuntamente con nuestros socios, clientes, proveedores y contratistas para que los contratos. Productos y servicios cumplan con los requisitos legales, políticas y directrices corporativas, promoviendo el mutuo beneficio.

Aseguramos un ambiente de trabajo sano, limpio y seguro haciendo que el actuar de los trabajadores este siempre enmarcado dentro de los principios y normas de la empresa, procurando que cada uno asuma la responsabilidad derivada de sus actuaciones.

Nos preocupamos por responder de forma rápida y efectiva a las situaciones de emergencia que pueden resultar de las operaciones de la empresa, mitigando y corrigiendo los efectos a las mismas manteniendo un espíritu de cooperación con otras organizaciones de la industria, la comunidad y el gobierno.

Generalidades:

La gestión integrada de residuos sólidos incluye varias etapas jerárquicamente definidas: Reducción en el origen, aprovechamiento y valorización de materiales, tratamiento y transformación para reducir volumen, peligrosidad y disposición final controlada.

El manejo apropiado del residuo se inicia con la prevención de la contaminación. Esta se refiere a la eliminación, cambio o reducción de las prácticas de operación las cuales resultan en descargas al suelo, aire y agua. Este principio debe incorporarse al diseño y manejo de las facilidades y a la planeación de las actividades asociadas.

Procedimiento general para el manejo y disposición segura de los residuos sólidos industriales:

- Planeación de manejo y disposición de residuo antes de su generación:

Antes de que el residuo se genere se debe hacer la planeación de su manejo, tratamiento y/o disposición final. Esta planeación debe hacerse durante el tiempo de planeación de cada parada de planta. Para aquellos residuos que se generan en tiempo de parada de planta y por lo menos tres meses antes de la fecha de generación del residuo para los residuos el momento en el cual e insumo deja de cumplir la función para la cual fue adquirido y se remueve y/o evacua para ser desechado.

En esta fase de planeación se debe diligenciar la lista de chequeo. Este listado permite establecer los recursos requeridos para el manejo y disposición del residuo desde su generación hasta la verificación de su disposición final.

Si el residuo no está inventariado y no dispone de hoja de datos se debe reportar al custodio del manual en DRI, quien hará la gestión correspondiente. La hoja de datos del residuo se debe elaborar con base a los resultados de la caracterización del residuo siguiendo las técnicas definidas en el instructivo de muestreo.

La separación en la fuente de generación del residuo es la base para garantizar el manejo correcto y disposición final del mismo y/o evitar la mezcla o contaminación con otros residuos.

- Generación de residuos:

En esta etapa se debe disponer de todos los recursos previstos y definidos en la etapa de planeación. Si el residuo solido industrial tiene alternativa de disposición final definida dentro del GCB se debe seguir el instructivo respectivo. Si el residuo no tiene instructivo se debe reportar a custodio del manual en DRI quien hará la gestión correspondiente.

En este paso se debe iniciar con el diligenciamiento del manifiesto de generación y disposición final del residuo. Para el caso especial de los residuos aceitosos se tramita el acta de generación y disposición final de residuos aceitosos.

- Envase y rotulado:

El envase y rotulado se deben realizar teniendo en cuenta los lineamientos consignados en el instructivo de empaque y etiquetado.

- Almacenamiento temporal:

En esta etapa el generador debe garantizar el almacenamiento seguro de los residuos cuando este no cuente con alternativas de disposición seguras o durante su trámite.

El almacenamiento del residuo debe cumplir con los siguientes requisitos:

- Protegido de la intemperie (Bajo techo).
- Estibado de tambores.
- Fácil acceso para cargue y transporte.
- Aislado de zonas con tránsito de personal.
- Señalizado como sitio de almacenamiento.
- Aislado de residuos incompatibles para evitar incidentes.
- Sin exceder su capacidad de almacenamiento.

El generador transportara internamente el residuo al sitio de almacenamiento temporal definido. Una vez llega el residuo al sitio de almacenamiento la custodia del mismo es responsabilidad del administrador de área. La transparencia de esta custodia se formaliza con el diligenciamiento del manifiesto de manejo y transporte y disposición final. Todas las transferencias dentro y fuera de área deben tener la aprobación del administrador del área.

Para el caso de residuos o desechos peligrosos su almacenamiento en las instalaciones del generador no podrá superar los 12 meses, a menos que se cuente con una extensión de periodo aprobado por la autoridad ambiental.

- Transporte:

El transporte comprende desde las operaciones y condiciones relacionadas con la movilización de producto, la seguridad de los envases y embalajes, el almacenamiento preliminar, la preparación del envío y la carga de los vehículos de transporte hasta la recepción en el destino final.

Con base en la ruta de disposición final seleccionada se presentan las siguientes opciones de transporte a interior de la GCB y transporte externo.

1. Transporte interno: El generador del residuo y/o administrador del área de almacenamiento temporal ceden la custodia del residuo al transportador.

Para el transporte de residuos sólidos industriales al interior de la GCB se deben tener las siguientes precauciones mínimas:

- La carga en el vehículo deberá estar debidamente acomodada, estibada, apilada, sujeta y cubierta de tal forma que no presente peligro para la vida de las personas y el medio ambiente.
- El transportador debe contar con elementos básicos para atención de emergencias tales como: extintor de incendios, ropa protectora, linterna, botiquín de primeros auxilios, equipo para recolección y limpieza.
- Se debe cumplir con las normas viales que aplican dentro de la GCB.

2. Transporte externo: El generador de residuo y/o administrador del área de almacenamiento temporal ceden la custodia de residuo al transportador.

El transporte fuera de la GCB hasta e sitio de tratamiento/ disposición final, debe cumplir con la reglamentación de manejo y transporte terrestre automotor de mercancías peligrosas por carreteras. Según lo estipulado en el Decreto 1609 de 2002.

En el evento de que ocurra en derrame o fuga de residuos peligrosos durante el transporte, el transportador debe tomar las medidas correctivas inmediatas a que haya lugar para proteger la salud humana y el ambiente y dar cumplimiento al plan de contingencia realizado para la actividad.

- Disposición final:

La disposición final del residuo depende de sus características, las cuales se encuentran en las hojas de datos de residuo.

1. Disposición final interna: En la tabla 3 se presenta las áreas internas de disposición final definidas:

Tabla 3: Áreas internas de disposición final

Ruta de disposición interna	Tipo de residuo
Área de tratamiento biológico ATB	<ul style="list-style-type: none"> • Lodos de a centrífuga de PTAR • Lodos aceitosos de fondos de tanques con contenidos de hidrocarburos interiores al 20% • Lodos de separadores API
Proceso de centrifugación en PTAR	<ul style="list-style-type: none"> • Desechos aceitosos con contenido superior al 20% de hidrocarburo
Patio de chatarra	<ul style="list-style-type: none"> • Chatarra
Escombrera	<ul style="list-style-type: none"> • Escombros, concretos y agregados • Restos de construcción, demolición y capa orgánica • Suelos y subsuelos de excavación, tierra, ladrillos.
Dializadora	<ul style="list-style-type: none"> • Aceites lubricantes gastados

Fuente: Elaboración propia

RUBEN CONTRERAS 1 DE DICIEMBRE DE 2020 03:07

2. Disposición final externa: El generador debe:

- Realizar la gestión de residuos solo con receptores que estén debidamente autorizados por la autoridad ambiental competente para tal fin. En los casos de que la ruta de disposición final sea fuera del país se debe cumplir los procedimientos, requerimientos y obligaciones establecidas por el convenio.

- Capacitar a personal encargado de la gestión y manejo de los residuos en sus instalaciones y divulgar el riesgo que estos residuos representan para la salud y el ambiente.
- Diligenciar el manifiesto de generación, transporte y disposición final de residuo. Correspondiente a disposición final cuyo formato corresponde con el trámite de este documento se asegura el ciclo de disposición del residuo industrial.
- Solicitar e certificado de disposición final de residuo al receptor y conservar dichas certificaciones de almacenamiento, aprovechamiento, tratamiento y/o disposición final emitida por el receptor hasta por un periodo de 5 años.

En la tabla 4 se presentan las alternativas externas de disposición final definidas.

Tabla 4: Áreas internas de disposición final

Ruta de disposición externa	Tipo de residuo
Co procesamiento en hornos de cemento	<ul style="list-style-type: none"> • Catalizadores • Coques • Absorbentes • Bolas de cerámica • Grasa sucia • Arcilla
Reusó de cementeras	<ul style="list-style-type: none"> • Catalizadores de FCC
Reusó de otros procesos	<ul style="list-style-type: none"> • Baterías acidas de plomo

Fuente: Elaboración propia

RUBEN CONTRERAS 30 DE NOVIEMBRE DE 2020 03:19

Verificación de la gestión integral del residuo:

Para verificar el correcto manejo del residuo solido industrial generado en cada una de las unidades de proceso se deben implementar auditorias de campo las cuales pueden ser:

- **Auditoria interna:** El objetivo es chequear el cumplimiento del manual y sus instructivos de disposición final. Esta auditoria tendrá una frecuencia mínima anual y será realizada por un funcionario de DRI aplicando la lista de chequeo.
- **Auditoria a terceros:** El objetivo es verificar el cumplimiento de lo pactado en la disposición final del residuo. Esta auditoria se realizará a cada receptor/contratistas por os funcionarios designados para tal fin aplicando la lista de chequeo

Recursos para el programa:

Los recursos requeridos para el funcionamiento y operación del Programa para el manejo y disposición de residuos sólidos industriales de Ecopetrol S.A, se describen a continuación:

- **Recurso Humano:** El recurso humano requerido para el funcionamiento del programa está constituido principalmente por funcionarios, contratistas y subcontratistas como apoyo del sistema de gestión ambiental se encuentra el grupo de manteamiento, y para la implementación del programa para el manejo y disposición de residuos sólidos industriales todos los contratistas y subcontratistas y visitantes de la entidad,

dado que sin su participación no es posible alcanzar los objetivos y metas propuestas en el presente programa.

RUBEN CONTRERAS 1 DE DICIEMBRE DE 2020 03:12

3. Programa de ahorro y uso eficiente de la energía eléctrica

Introducción:

En la dinámica de la economía global, el Uso Racional y Eficiente de Energía ha evolucionado hacia La Eficiencia Energética como un concepto de cadena productiva, dinámico, en permanente cambio de acuerdo con los nuevos enfoques del desarrollo sostenible en relación con la disminución de los impactos ambientales, el incremento de la productividad, el manejo eficiente de los recursos y su impacto en las organizaciones y en los procesos productivos. (Upme. 2010)

En este contexto, un programa nacional se constituye como uno de los mecanismos de mayor impacto e importancia que permite asegurar el abastecimiento energético, la competitividad de la economía nacional, la protección del consumidor, la protección del medio ambiente y la promoción de las fuentes energéticas no convencionales como un asunto de interés social, público y de conveniencia nacional, de acuerdo con lo establecido en la ley (Upme. 2010)

Objetivo:

Promover a todo nuestro personal, contratistas, subcontratistas y visitantes el consumo responsable de energía eléctrica durante el desarrollo de las actividades en todos los campos de Ecopetrol S.A.

Objetivos específicos:

- Disminuir la cantidad de energía que se consume en la realización de las actividades rutinarias de nuestro personal, contratistas, subcontratistas y visitantes.
- Consolidar una cultura para el manejo sostenible y eficiente de los recursos naturales a lo largo de la cadena energética.
- Generar conciencia ambiental en todo nuestro personal, contratistas, subcontratistas y visitantes en temas relacionados con el cuidado y uso responsable de la energía eléctrica.

Definiciones:

- **Uso Eficiente de la Energía:** Aprovechamiento pleno del recurso eléctrico que propicia el ahorro de energía durante el desarrollo de las actividades que se realizan al interior de las áreas.
- **Energía Eléctrica:** forma de energía que resulta de la existencia de una diferencia de potencial entre dos puntos.
- **Consumo Eléctrico:** Aspecto ambiental que resulta de la demanda de energía eléctrica para desarrollar actividades que se realizan al interior de las áreas.
- **Impacto Ambiental:** Efecto que se genera al medio ambiente, el cual es provocado por las actividades que realizan las personas al interior de las áreas.

- **Recurso Renovable:** Aquellos recursos naturales que se pueden restaurar a partir de procesos naturales con una velocidad mayor a la que los consume el ser humano.
- **Recurso No Renovable:** Aquellos recursos naturales que existen en cantidades limitadas en la naturaleza, y que difícilmente pueden ser generados nuevamente a partir de procesos naturales.
- **Desarrollo Sostenible:** Satisfacer las necesidades de las generaciones presentes sin comprometer las posibilidades de las del futuro para atender sus propias necesidades.
- **Energía:** Cantidad de trabajo o de calor producida. La energía se clasifica en diferentes tipos y resulta útil para el hombre cuando fluye de un lugar a otro o se transforma de un tipo de energía a otro.

Descripción de actividades:

Actividades que realiza Ecopetrol S.A.

- La revisión del historial es fundamental para analizar los datos del consumo de energía en cada locación, con la información obtenida Ecopetrol S.A realiza la gestión respectiva con el objeto de reducir o mantener el nivel de consumo, es por esto que se hace un seguimiento mensual para efectos de medir y hacer seguimiento de los indicadores.
- En la medida en que se vayan fundiendo las luminarias fluorescentes en las locaciones se deben reemplazar por otras más eficientes como tipo LED, en los procesos compra de productos eléctricos se debe exigir que dichos elementos cuenten con el respaldo energy star el cual certifica la eficiencia del consumo eléctrico de dichos elementos.
- Realizar un análisis de las actividades que se ejecutan al interior de las sedes y determinar cuáles provocan mayor consumo de energía, con el objeto de identificar en cuales puntos se puede implementar estrategias de ahorro.
- El mantenimiento preventivo y correctivo de la red eléctrica sus componentes y los aparatos eléctricos, también contribuyen a reducir el consumo de energía eléctrica, con el tiempo se pueden presentar deterioros de la red por tal razón se deben realizar revisión de toda la red al menos una vez cada 10 años o antes si es visible algún deterioro según lo establece el Reglamento Técnico de Instalaciones Eléctricas – RETIE.
- Si los equipos de cómputo e impresoras tienen la opción de ahorro de energía y apagado automático, se deben configurar de dicha forma ya que este es el estado donde las impresoras consumen menos energía al momento de estar inactivas.

Actividades que realizan contratistas, subcontratistas y visitantes:

- Todos los contratistas, subcontratistas y visitantes deben utilizar la energía solo cuando sea necesario, por lo que se les recomienda no dejar cargadores conectados, apagar los equipos de cómputo al finalizar la jornada, así como apagar las luces en los sitios donde no haya personal.

que habitan el área como para el medio ambiente establecido.

- Todos los aparatos electrónicos que se encuentre conectada permanente a la red eléctrica siguen consumiendo continuamente energía eléctrica, Por lo anterior se recomienda dejar desconectados los aparatos electrónicos que no estén en uso y además dejarlos desconectados al finalizar la semana.
- Evalúe la posibilidad de utilizar la luz y ventilación natural abriendo las ventanas y persianas, realizar esta actividad siempre y cuando sea posible y si las condiciones climáticas lo permitan, obteniendo un nivel adecuado de iluminación y ventilación.

Recursos para el programa:

Los recursos requeridos para el funcionamiento y operación del Programa de ahorro y uso eficiente de la energía de Ecopetrol S.A, se describen a continuación:

- **Recurso Humano:** El recurso humano requerido para el funcionamiento del programa está constituido principalmente por funcionarios, contratistas y subcontratistas como apoyo del sistema de gestión ambiental se encuentra el grupo de manteamiento, y para la implementación del programa de ahorro y uso eficiente de la energía todos los contratistas y subcontratistas y visitantes de la entidad, dado que sin su participación no es posible alcanzar los objetivos y metas propuestas en el presente programa.
- **Recursos de infraestructura:** Los recursos de infraestructura para el programa de ahorro y uso eficiente de la energía, están representados por las mejoras que se haga a las acometidas eléctricas de las sedes, la sustitución de luces fluorescentes por tipo LED, la capacitación al personal y la adquisición de equipos y aparatos bajo consumo cuando sea viable.

Conclusiones

RUBEN CONTRERAS 30 DE NOVIEMBRE DE 2020 01:48

- La planificación inicial, la evaluación y la selección correcta del proceso para la inyección de aguas son cruciales y sumamente importantes manteniendo siempre la solución más económica.
- Los datos e información colectados en los fluidos de formación e inyección y cualquier químico usado deben ser realizados por personal especializado.
- La identificación de riesgos expuestos en el proceso de inyección de agua demostró que las áreas donde se desarrollen proyectos para la explotación de yacimientos no convencionales mediante fracturamiento hidráulico en Colombia, se verán expuestas a una serie de riesgos de diferentes tipos y magnitudes, una vez sean iniciadas estas actividades puede ser riesgoso tanto para los seres vivos

Recomendaciones

RUBEN CONTRERAS 30 DE NOVIEMBRE DE 2020 01:49

- Tomar muestras del agua tanto al inicio del proceso como al final de este, en los lugares más propicios para su análisis, comparando las propiedades y concentraciones con el fin de determinar en que parte del proceso las tomas de agua adquieren más contaminantes.
- Establecer controles periódicos en las piscinas de retro lavado e inyección para vigilar la retención de solidos pues es una fase importante para minimizar el impacto ambiental en la zona.
- Según la matriz de impactos ambientales es fundamental tener en cuenta los programas ambientales para analizar si son viables o por el contrario no complementan el daño ocasionado por el proceso de inyección.
- Establecer un contexto físico de fauna, flora y población aledaña para de esta manera socializar el proceso y en este sentido obtener planes de contingencia tanto para la mitigación de la contaminación ambiental como para la seguridad en el trabajo.
- Revisar las políticas en ambiente y seguridad industrial de la empresa ya que se expresa que contienen planes de contingencia y seguridad para tipos d problemas poco frecuentes o ambientales, pero en el anterior texto de programa y manejo no se nombran este tipo de planes.

Formulación de dos preguntas basadas en el caso aplicado y a la norma aplicable

RUBEN CONTRERAS 30 DE NOVIEMBRE DE 2020 01:56

- ¿Se han planteado objetivos de reducción del consumo energético en el proceso de inyección de agua para el desplazamiento de crudo
- ¿Puede un sistema de gestión ambiental contribuir a la vigilancia y mitigación de los impactos ambientales en un proceso de la explotación de hidrocarburos como el anteriormente explicado?

Referencias bibliográficas

Contraloría G. de la Republica (diciembre, 2018). Riesgos y posibles afectaciones ambientales al emplear la técnica de fracturamiento hidráulico en la exploración y explotación de hidrocarburos en yacimientos no convencionales en Colombia. Disponible en línea en:

https://www.contraloria.gov.co/en/resultados/informes/analisis-sectoriales-y-politicas-publicas/medio-ambiente/-/asset_publisher/kHicVwUVzVin/document/id/1435022?inheritRedirect=false&redirect=https%3A%2F%2Fwww.contraloria.gov.co%3A443%2Fen%2Fresultados%2Finformes%2Fanalisis-sectoriales-y-politicas-publicas%2Fmedio-ambiente%3Fp_p_id%3D101_INSTANCE_kHicVwUVzVin%26p_p_lifecycle%3D0%26p_p_state%3Dnormal%26p_p_mode%3Dview%26p_p_col_id%3D_118_INSTANCE_JVtYWv7OjxNm__column-1%26p_p_col_count%3D1

Contreras, D. (2017). Departamento de derecho del medio ambiente. Resolución 1519 de 2017 “Por la cual se adoptan los términos de referencia para la elaboración del Estudio de Impacto Ambiental (EIA)”. Universidad externado. Disponible en: <https://medioambiente.uexternado.edu.co/resolucion-1519-de-2017-por-la-cual-se-adoptan-los-terminos-de-referencia-para-la-elaboracion-del-estudio-de-impacto-ambiental-eia-requerido-para-el-tramite-de-la-licencia-ambiental-de-los/>

Ecopetrol. (2014 de Septiembre de 2014). Obtenido de Ecopetrol: <https://www.ecopetrol.com.co/wps/portal/Home/es/NuestraEmpresa/QueHacemos/Exploracion>

Gallo, E (mayo, 2016). Estudio del monitoreo del proyecto de inyección de agua en el campo Mauro Davalos Cordero. Mayo de 2016. Disponible en línea en:

<https://bibdigital.epn.edu.ec/bitstream/15000/16566/1/CD-7227.pdf>

Gutiérrez, C. (2016). Plan de gestión integral de residuos sólidos Ecopetrol. Disponible en: <https://prezi.com/ewkhavid9sbr/plan-de-gestion-integral-de-residuos-solidos-ecopetrol/>

Minambiente. 2018. (Guía para el uso eficiente y ahorro del agua. Bogotá D.C Disponible en línea: https://www.minambiente.gov.co/images/GestionIntegraldelRecursoHidrico/pdf/Uso-eficiente-y-ahorro-del-agua/GUIA_USO_EFICIENTE_DEL_AGUA.pdf

Multiconsult y Cia. (2014). Estudio de impacto ambiental para la conexión del proyecto hidroeléctrico Tumarín I etapa. Obtenido de <https://www.eib.org/attachments/registers/53601158.pdf>

Torres, A. (2010). Youtube. Obtenido de: <https://www.youtube.com/watch?v=IRVhFAGtHeg&t=61s>

Universidad de Nariño. (2018). Programa gestión integral del recurso hídrico. Disponible en: <https://www.udenar.edu.co/recursos/wp-content/uploads/2020/01/ANEXO-24.-PROGRAMA-GESTI%C3%93N-INTEGRAL-DEL-RECURSO-H%C3%8DDRICO-V1.pdf>

Upme. (2010). Programa de uso racional y eficiente de energía y fuentes no convencionales- Proure. Disponible en: <https://www1.upme.gov.co/DemandaEnergetica/MarcoNormatividad/plan.pdf>
