

Impacto ambiental de la explotación minera del carbón a cielo abierto en Colombia

Presentado por:

Sergio Eduardo González Pico

Docente:

Ing. Yohana Catalina Parra Gómez

Universidad Militar Nueva Granada

Facultad De Ingeniería Civil

Resumen

En el presente ensayo se presenta una descripción del impacto ambiental de la explotación minera del carbón (Lachaud & Maldonado, 2011) a cielo abierto en Colombia y las alternativas de mitigación de estos impactos desde la Ingeniería Civil. En la primera parte está la descripción del estado actual del sector minero en el país, destacando que del 2012 al 2019 la producción se redujo en un -0.4% promedio año pasando de 90 millones de toneladas a 85 toneladas, esto influenciado principalmente por el menor precio internacional del mineral, debido que el uso de energías más limpias ha desplazado al carbón térmico como fuente principal, también se presenta como la crisis del Covid-19 en el año 2020 disminuyó el precio internacional del carbón en un 41% lo que generó que Colombia pasará a tener una producción anual para este año de 50 millones de toneladas, estos ajustes en el mercado internacional generó que a cierre del 2020 el Grupo Prodeco cerrará operaciones en el país y devolviera los títulos mineros, generando una caída estructural en la explotación país de un -24% menos de toneladas producidas (ANM, 2021).

Seguido se presenta una breve descripción del proceso de explotación de carbón (Cardoso, 2015) con sus etapas más relevantes, en la tercera se presenta como desde la ingeniería civil se brinda una solución para prevenir y mitigar el impacto ambiental en el proceso de cargue de buques de carbón del Puerto Drummond en Ciénaga Magdalena, el cual en el año 2012 mientras se realizaba el cargue a través de barcazas y debido a una contingencia operativa fueron arrojadas al mar 600 toneladas de carbón para evitar el hundimiento de la barcaza TS 115 (Ulloa, 2020), situación que generó que la autoridad ambiental suspendiera la licencia ambiental del puerto. La alternativa implementada fue desarrollar la infraestructura realizando el dragado de la dársena para habilitar el ingreso de los buques al muelle, y cargando de manera directa los

buques del carbón, este proyecto requirió una inversión por 360 millones de dólares y fue una de las obras de ingeniería más destacadas que se realizaron entre 2013 y 2014 en el departamento de Magdalena (Olivero-Verbel, 2020). Esta obra de ingeniería es una muestra de cómo la ingeniería civil aporta al desarrollo económico del país se logre de una manera sostenible, y que la disyuntiva que el crecimiento económico va en contravía a la conservación del ambiente sobre todo en el sector de minero energético no se dé, pero que tampoco se deba esperar a que los impactos ambientales se materialicen como en el caso del Puerto de Drummond, y que las soluciones que brinda la Ingeniería Civil sean ejecutadas posteriormente como respuesta a la suspensión o multas por las autoridades ambientales. Por lo anterior en este ensayo se resalta el beneficio económico del sector Minero en Colombia, la descripción del proceso extractivo y logístico de la explotación del carbón a cielo abierto, destacando como debido a su complejidad operacional tiene un potencial alto de generar impactos ambientales negativos de gran impacto frente a los recursos ambientales de paisaje, suelo, vegetación, fuentes hídricas, fauna atmosférica y poblacional. Y se presenta como en el proceso de cargue de carbón a buques, la ingeniería civil brinda una solución que previene y mitiga los impactos ambientales de estas operaciones.

Por último, se presenta de manera resumida el proceso de explotación minera responsable a cielo abierto que desarrolla la empresa El Cerrejón en Colombia, compañía que a diferencia de Drummond desde 1985 ya realizaba el cargue de manera directa de los buques exportadores de carbón, lo cual en el 2014 le permitió inaugurar su segundo cargador de buques en Puerto Bolívar, adicional se resalta como esta compañía desde la primer etapa del proceso productivo que es la prospección busca minimizar/mitigar y /o compensar los impactos ambientales derivados de su operación directa e indirecta.

Palabras claves: impacto ambiental, minería, prevención y mitigación, cargue de buques, solución, minería responsable, ingeniería civil.

Introducción

Del desarrollo económico que logre Colombia en los próximos años, se podrá garantizar el mejoramiento de la calidad de vida de su población por medio de la disminución del desempleo, aumento de seguridad, ampliación de cobertura de educación y servicios públicos (Prieto & Duitama, 1999). Por lo cual el gobierno ha identificado y está buscando fortalecer el tejido empresarial, la minería es un sector definido como una de las principales locomotoras del desarrollo económico del país, esto debido a las cantidades producidas actualmente, el valor de sus ingresos generados, y además del potencial que representa Colombia por sus características geológicas y geográficas (Lachaud & Maldonado, 2019). A pesar del desarrollo económico que puede aportar el sector minero al país, uno de sus grandes retos es lograr que este avance económico este alineado al desarrollo sostenible, especialmente a la parte ambiental, esto debido a que, por las características de la actividad minera, esta genera impactos ambientales negativos que en diferentes escenarios se consideran son significativamente mayores a los impactos positivos económicos y sociales que se puedan materializar (Cely-Andrade et al., 2017). La disyuntiva que rodea sobre todo al sector minero energético que su desarrollo económico va en contravía a la conservación ambiental de los ecosistemas en los que se desarrolla, plantea como una gran incógnita en que si estas actividades productivas se pueden desarrollar de manera sostenible que minimice sus impactos ambientales negativos.

En Colombia con el objetivo de garantizar que el desarrollo económico del país, este alineado al desarrollo sostenible del medio ambiente, se ha reglamentado diferente normatividad para definir cuáles deben ser los procesos o procedimientos para realizar cuando se presentan afectaciones ambientales. Uno de los primeros pasos que se dio el país, es que antes que se desarrollen actividades que posiblemente generen afectaciones al entorno, se debe realizar una

evaluación ambiental que logre cuantificar estas posibles afectaciones, para de esta manera definir qué planes se deben desarrollar para lograr compensarlas, corregirlas, mitigarlas o prevenirlas. El requerimiento de evaluación ambiental se reglamentó cuando apareció el Código de Recursos Naturales Renovables y Protección del Medio ambiente en los años setenta, pero su implementación se dio a partir de la expedición de la Ley 99 del año de 1993(UPME, 2005). Posteriormente en el año 2005, por medio del Decreto 1220, se realiza la reglamentación específica sobre licencias ambientales.

En el Decreto 1220 del año 2005, define que impacto ambiental es cualquier alteración en el sistema biótico, abiótico y socioeconómico, que sea adverso o beneficioso, total o parcial, y que pueda ser atribuido al desarrollo de un proyecto, obra o actividad (“La Evaluación Del Impacto Ambiental y La Importancia de Los Indicadores Ambientales,” 2013) . También en este mismo decreto se establece que la licencia ambiental es la autorización que otorga la autoridad ambiental competente para la ejecución de un proyecto, obra o actividad, que de acuerdo con la ley y los reglamentos pueda producir un deterioro grave a los recursos naturales.

En el decreto 1220 del año 2005, se reglamenta que cuando la producción de carbón supere las 800.000 toneladas en el año, se requiere de la solicitud y aprobación de una licencia ambiental(Franco & Franco, 2018) . Además, por medio de este decreto se establece que en todas las obras, proyectos o actividades que requieren licencia ambiental, se debe presentar un estudio de impacto ambiental, con su debido plan de manejo ambiental, en el cual se planeen las medidas de compensación, corrección, mitigación y prevención a cada uno de los impactos ambientales generados.

El impacto ambiental generado por la explotación minera del carbón, es de tal magnitud, que se requiere que las empresas que se dediquen a esta actividad económica desarrollen una gestión

ambiental integral que busque la minimización de los impactos ambientales generados, esto debido a que la continuidad y desarrollo de la actividad minera depende de la adecuada gestión ambiental (Franco & Franco, 2018), porque si no se logra garantizar un desarrollo sostenible de la explotación de carbón, su desarrollo económico se afectará por lo siguiente:

- Cierre de los proyectos por presiones sociales, debido a la preocupación de las comunidades por el deterioro de los recursos naturales.
- No aprobación de nuevos proyectos debido a la magnitud de los impactos ambientales identificados en el estudio de impacto ambiental,
- Multas de las autoridades ambientales por el no cumplimiento de los planes de manejo ambiental.
- Deterioro de la imagen corporativa de las empresas, por el daño ambiental generado.
- Incremento de recursos para el desarrollo de las actividades correctivas, debido al no cumplimiento de los planes de prevención y mitigación.
- Incidentes ambientales que pueden generar grandes pérdidas económicas, y afectaciones a la comunidad y la operación.

Caracterización del sector minero del carbón en Colombia

La industria minera es reconocida como el conjunto de operaciones que sucede en la exploración, explotación y beneficio de materiales. Su principal producto es la materia prima que proviene de recursos no renovables que están ubicados en el suelo o subsuelo, la minería según su tipo de explotación se clasifica en dos grupos: subterráneo y cielo abierto (Olivero-Verbel, 2016). La minería a cielo abierto consiste en la remoción de grandes cantidades de suelo y subsuelo para hacer accesibles los extensos yacimientos del mineral (Cardoso, 2015)

Según el Plan Nacional de Desarrollo Minero, la visión de este sector es que para el año 2030, la industria minera colombiana será una de las más importantes de Latinoamérica y ampliará significativamente su participación en la economía nacional. El aporte al Producto Interno Bruto del sector minero ha sido en promedio entre el año 2010 al 2018 de un 4.58%, siendo una de las principales actividades económicas del país, y según el actual gobierno uno de los principales sectores para el desarrollo económico del país (Lachaud & Maldonado, 2019).

De la explotación minera, la del carbón es la que mayor impacto tiene en el sector, un 47% de las ventas del sector son generadas por este mineral, resaltando que en el año 2018 el país produjo 95 millones de toneladas de carbón, lo cual representó un incremento del 43,78% de la producción registrada de 59 millones de toneladas en el año 2005 (“Bárbaros Hoscós. Historia de Resistencia y Conflicto en La Explotación Del Carbón En La Guajira, Colombia,” 2014).

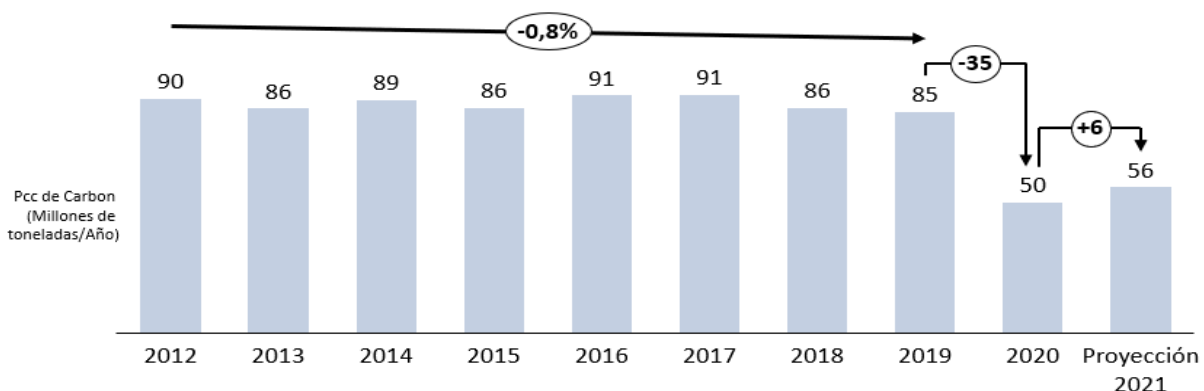
En la Figura 1 se presenta la producción de carbón en Colombia entre los años 2012 al 2020 con proyección del 2021, resaltando que durante el 2012 al 2019 se presentó una disminución promedio anual de -0.8% y está muy en línea a la disminución del precio del carbón térmico el cual en el mismo periodo disminuyó un -4,1% promedio anual como se presenta en la Figura 2, esto por el desarrollo de procesos productivos a nivel mundial con fuente

de energía mas limpias diferentes al carbón térmico. La crisis de la pandemia del Covid-19 en el 2020, por la contracción mundial de la actividad productiva generó que los precios disminuyeran en un 44% lo que trajo que la producción país de carbón pasará de 85 millones de toneladas a 50; actualmente en el año 2021 debido a la reactivación económica a nivel mundial y a la inestabilidad política entre China y Australia ha generado que se presenten precios históricos de la tonelada de carbón por encima de los 120 dólares la tonelada, a pesar de este incremento en precios a nivel de producción se prevé que la producción del 2021 solo se incremente en 6 millones de toneladas frente al 2020 por las siguientes causas (Unidad de Planeación Minero Energética (UPME), 2021),:

- Cierre de la mina Calenturitas de Prodeco que finalizó su operación en diciembre del 2020 en el país por no tener viabilidad económica y resultados de la crisis del año, esta mina representaba el 10% de la producción de carbón del país, con una producción en el 2019 de los 8,4 millones de toneladas.
- Cierre de las minas de La Jagua y Yerbabuena de Carbones de la Jagua y Consorcio Minero Unido, del grupo Prodeco también por salida del país de la multinacional, estas minas representaban una producción de 6 millones de toneladas de carbón anualmente.

Figura 1

Producción colombiana de carbón entre 2000 -2020 y proyección 2021

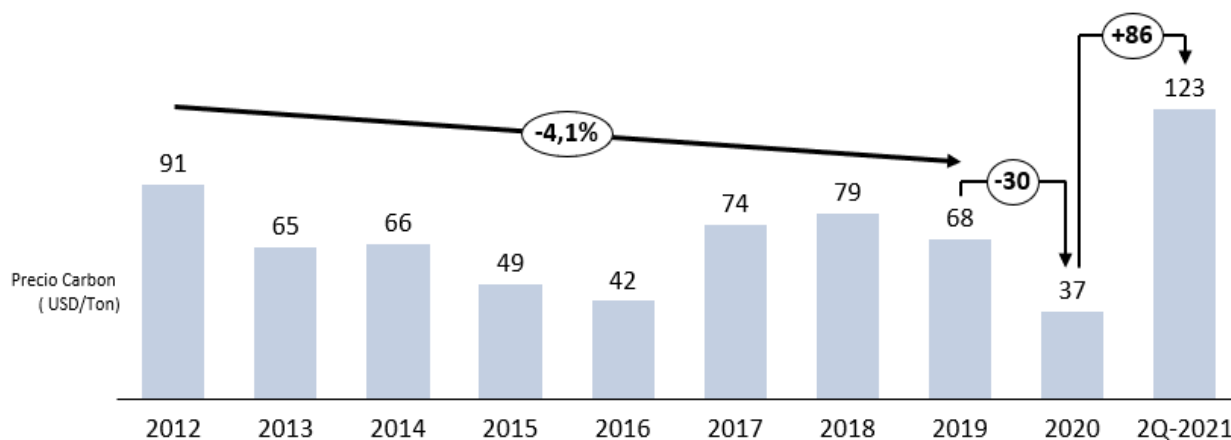


Nota: Elaboración propia con datos de Agencia Nacional de Minería Tomado de

<https://mineriaencolombia.anm.gov.co/sites/default/files/docupromocion/Producci%C3%B3n%20c12%20-%202020%20-%202008%202021.pdf>

Figura 2

Precio del carbón térmico para exportación USD/tonelada FOB



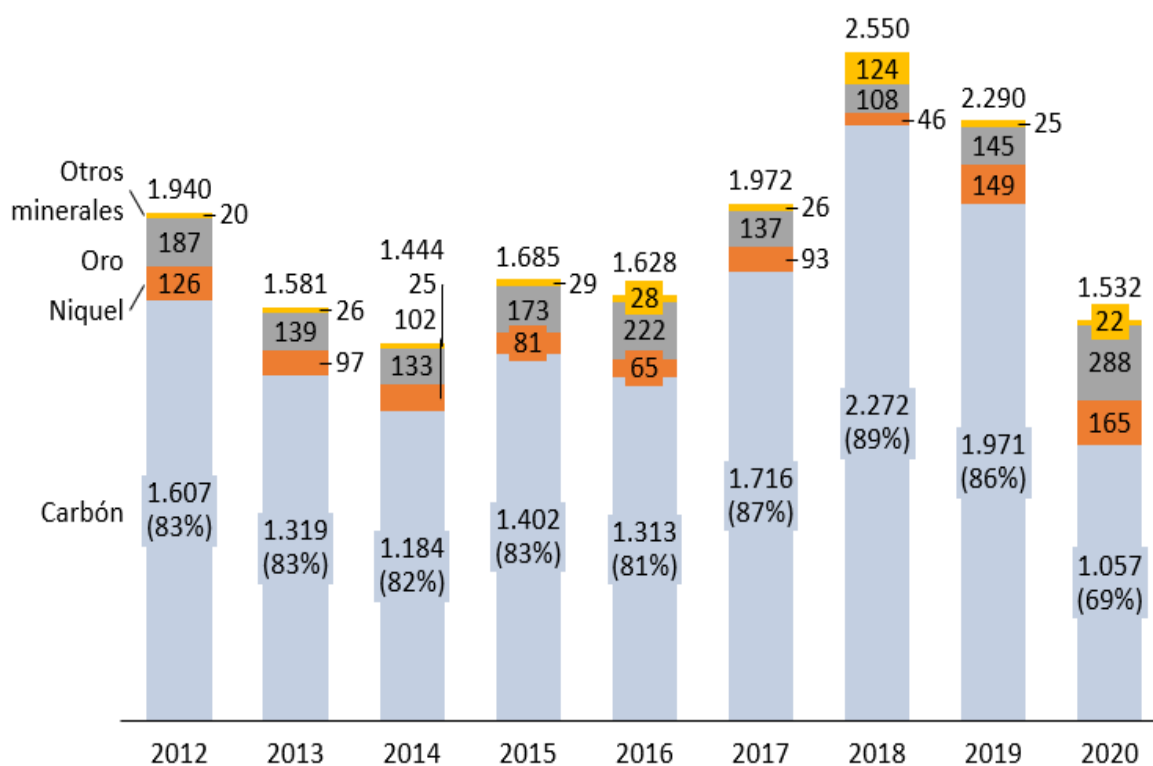
Nota: Elaboración propia con datos de Agencia Nacional de Minería Tomado de

<https://mineriaencolombia.anm.gov.co/sites/default/files/docupromocion/PrecioCarbonFOB02021.pdf>

El cierre de operaciones en el país del Grupo Prodeco en el 2020 que en el año 2019 representaba aproximadamente el 24% de la producción del carbón, sumado a la crisis de precios y disminución de la producción generó que el valor de las regalías por la explotación del carbón disminuyese en un 48% entre 2019 al 2020, lo cual representó para el país 0,92 billones de pesos menos. Lo anterior genera retos fiscales inmensos toda vez que, si se toma que la última reforma tributaria radicada en el congreso tiene objetivo el recaudo del 10 Bn Cop, por lo cual estas menores regalías representan un 9% del objetivo de la reforma (ANM, 2021). Adicional a lo anterior, es válido resaltar que el país en los últimos años ha fortalecido la explotación de otros minerales como el oro y el níquel, pero todavía estos están lejos de reemplazar al carbón como fuente de ingreso y desarrollo económico para el país.

Figura 3

Regalías causadas en el país por explotación minera en Colombia cifras en miles de millones COP



Nota: Elaboración propia con datos de Agencia Nacional de Minería Tomado de

<https://mineriaencolombia.anm.gov.co/sites/default/files/docupromocion/Regal%C3%ADas%202012%20-%202020%20-%202008%202021.pdf>

De acuerdo con el reporte de producción de carbón en el primer trimestre del 2021 publicado por la Agencia Nacional de Minería, el 95% de la explotación en este periodo estuvo a cargo del Cerrejón que opera en la Guajira y Drummond LTD que tiene su operación en el Cesar en las minas de La Loma y El Descanso. Las pequeñas minerías que representa el 4% de la producción nacional se desarrollan en los departamentos de Córdoba, Boyacá, Norte de Santander, Cundinamarca y Santander, resaltando que su producción es destinada a la demanda nacional de este mineral.

Tabla 1

Producción de carbón por departamento y titular de título minero en el 1er trimestre del 2021

Departamento	Titular	Proyectos	1er Trimestre 2021 Toneladas	% de producción País
Guajira	Carbones del Cerrejón Limited	Zona Norte, Patilla, Oreganal, Comunidad Caypa	5.434.758	39%
Cesar	DRUMMOND LTD COLOMBIAN	Loma y Descanso	7.866.646	56%
Cesar	NATURAL RESOURCES I S.A.S.	La Francia y El Haillo	115.597	1%
Córdoba, Boyacá, Norte de Santander, Cundinamarca y Santander	Pequeña Minería	Varios	543.908	4%

Descripción del proceso de explotación del carbón

Para la explotación del carbón se pueden implementar dos metodologías, la primera es a cielo abierto, es la más tecnificada en el país y que mayor producción genera, la segunda es la subterránea, pero es la que menor tecnología requiere para su desarrollo(UPME, 2014). La metodología de la explotación a cielo abierto consiste principalmente en el retiro de todas las capas del suelo para lograr llegar al yacimiento del carbón y lograr la extracción del mineral(Ulloa et al., 2020). En La siguiente gráfica se presentan las principales etapas de la explotación del carbón a cielo abierto.

Figura 4

Descripción del proceso de producción del carbón a cielo abierto



Nota: Tomado de https://www.cerrejon.com/wp-content/2007-min/INFORME_SOSTENIBILIDADI2007-min.pdf

En la siguiente tabla se presenta una breve descripción del proceso de explotación del carbón, resaltando que dependiendo del tipo de yacimiento y el tipo de suelo se pueden presentar diferencias en los procesos de perforación y voladura del suelo.

Tabla 2

Descripción de las fases de producción de carbón a cielo abierto

No.	Nombre de fase	Descripción
1	Relocalización de fauna	La fauna presente en los terrenos a explotar es reubicada en otras zonas con similares condiciones, esto con el objetivo de garantizar la supervivencia y reproducción de las especies
2	Desforestación y remoción del suelo (Capa vegetal)	Remoción de la capa vegetal del terreno a explotar
3	Perforación y voladura	Se perfora y vuela la capa de suelo para lograr llegar al yacimiento del carbón
4	Cargue y transporte de material estéril	Se realiza la recolección del suelo estéril que fue removido en el proceso de perforación y voladura para llegar al yacimiento del mineral
5	Apilamiento de material estéril	El material removido es reubicado y se procede a su apilamiento para garantizar la estabilidad del suelo
6	Remoción, cargue y transporte de carbón	Después de retirado la totalidad del material estéril, por medio de maquinaria pesada, el carbón es removido para su ubicación en un punto de almacenamiento temporal
7	Tolva de descargue y trituración de carbón.	El carbón es ubicado en tolvas de almacenamiento, para su posterior trituración, este proceso se realiza facilitar el proceso de transporte y beneficio
9	Silos cargue del tren	Para su posterior transporte en tren, el carbón es ubicado en silos, para su posterior transporte en tren para continuar con su proceso de exportación
10	Cargue de buque de carbón	Se cargan los buques a través de barcazas o de manera directa a través de bandas transportadoras

Nota: Tomado de La Cadena del Carbón, Ministerio de Minas y Energía de Colombia (2018)

Según el proceso descrito en la anterior tabla y gráfica, el proceso de explotación del carbón genera afectaciones a su entorno debido a que para explotación se requiere de la modificación del suelo, y se genera la disminución de la calidad del agua y aire, debido al

material particulado y a la intervención de los ecosistemas de las zonas de explotación (Franco & Franco, 2018).

Alteraciones a los recursos naturales por la explotación minera

De acuerdo con las actividades en cada uno de los procesos de la explotación del carbón, se generan unas alteraciones a los recursos naturales por su interacción, las cuales se presentan en la siguiente tabla:

Tabla 2

Alteraciones en los recursos naturales por la explotación minera

Recurso Naturales	Alteraciones
Paisaje	Disminución de la calidad paisajística de la zona Modificación del aspecto del paisaje Introducción de elementos artificiales discordante con el entorno
Suelo	Eliminación del suelo, Riesgo de erosión por eliminar la cobertura vegetal y aumento de pendientes naturales en frentes y escombreras. Inducción de efectos negativos edáficos. Alteraciones permanentes en los drenajes superficiales Riesgo de hundimiento y problemas de inestabilidad en escombreras y balsas.
Vegetación	Eliminación directa o indirecta de la cubierta vegetal. Afectaciones de la ecología de la zona. Depende si la zona explotada es bosque o pastizales.
Fuentes Hídricas	Degradación de ecosistemas fluviales por vertimiento de aguas alcalinas por disolución de calizas o dolomías. O vertimiento de aguas acidas por contenido de carbón, sulfuros metálicos o uranio. Posibilidad de desabastecimiento de agua a la población, debido a que no cumple con los parámetros calidad.
Atmosfera	Disminución de la calidad atmosférica por emisiones de polvo y ruido generadas por las labores de perforación.

Fauna	Disminución de biodiversidad de las especies de la zona. Reubicación de fauna en zonas no aptas para su desarrollo y reproducción. Mortalidad de fauna y disminución de su tasa de reproducción.
Población	Problemas de ruido, vibraciones y riesgos. Generación de empleo.

Nota: Tomado de: Evaluación del impacto ambiental en explotaciones mineras, REGUIERO, Manuel

Con el objetivo de disminuir los impactos ambientales generados por la explotación minera, en la explotación actual de carbón se han implementado las siguientes medidas correctivas y preventivas que desde la ingeniería civil se ha apalancado su desarrollo.

Tabla 3

Medidas correctivas y preventivas a los efectos generados en los recursos naturales

Recurso	Medidas Correctoras	Medidas Preventivas desde la Ingeniería Civil
Paisaje	Introducción de barreras vegetales. Remodelación de la forma del terreno Revegetación	No es prevenible la afectación del paisaje.
Suelo	Enmiendas y fertilizaciones a los rellenos y escombreras	Acopio de suelo antes de iniciar la explotación. Estudio de suelo, para identificar nivel freático y tipo de suelo
Vegetación	Compensación del material retirado por medio de la siembra en otras zonas aledañas.	Demarcación de zona para no retirar el material vegetal que no sea necesario. Y compensación con el desarrollo de zonas aledañas según la planeación territorial
Fuente Hídrica	Tratamientos químicos al agua para controlar su alcalinidad y acidez	Tratamiento a aguas residuales, para evitar vertimientos que superen límites permisibles. Construcción de plantas de tratamiento y/o alcantarillado para vertimientos en lugares de menor impacto a los cuerpos de agua
Atmosfera	Monitoreo a la calidad del aire.	Riesgo del suelo que no tiene cobertura vegetal para evitar levantamiento de partículas de suelo fino. Construcción de canal cerrado para cargue de buques de

		carbón, para emitir emisión de partículas en cargue en canal abierto
Fauna	Reubicación de fauna en zonas que permitan su desarrollo y reproducción.	Análisis de la biodiversidad de la fauna de la zona.
Población	Centros de atención a las inquietudes de la comunidad.	Desarrollo de programas sociales con la población. Reducción de ruido y emisiones con medidas técnicas y pantallas acústicas.

Nota: Elaboración propia con base en lo definido en: Evaluación del impacto ambiental en explotaciones mineras, (REGUIERO, 2015)

Según lo presentado anteriormente, los impactos ambientales que son generados por la explotación minera no son controlables, ni mitigables en su totalidad, por lo cual es inevitable que se genere una disminución en la calidad ambiental del agua, suelo, fauna, flora, aire y población por el desarrollo de esta explotación. La magnitud de los impactos ambientales generados por el desarrollo de esta actividad económica dependen del plan de manejo ambiental que desarrollen las empresas, esto debido a que sino no se desarrolla unas actividades que logren disminuir los impactos ambientales generados en las zonas explotadas, estas zonas no serán viables en lo económico, social y ambiental, debido al deterioro que pueden presentar.

Proceso de cargue de buques de carbón en Santa Marta en Puerto Drummond

Desde inicios de las exportaciones de carbón a través del Puerto Drummond en 1996, el proceso de cargue se realizaba a través de barcazas el cual consistía en que el carbón era cargado en la barcaza a través de bandas transportadoras, para después a través de un remolcador acercar la barcaza al buque para su posterior transbordo como se presenta en las Figuras 4, 5 y 6. Esta metodología de cargue se realizaba debido a que el nivel de calado en los terrenos de bajamar no eran los requeridos para que los buques atracaran en la zona de cargue, por lo cual se consideraba una deficiencia estructural de la zona marítima, que para poder solucionar se consideraba más factible a nivel técnico y financiera cambiar la ubicación del puerto que realizar acondicionamiento a la infraestructura (Drummond, 2016) .

Figura 5

Cargue de barcaza a través de banda transportadora



Nota: Tomado de: https://issuu.com/drummondLtd/docs/2014-09_-_revista_drummond_-_es

Figura 6

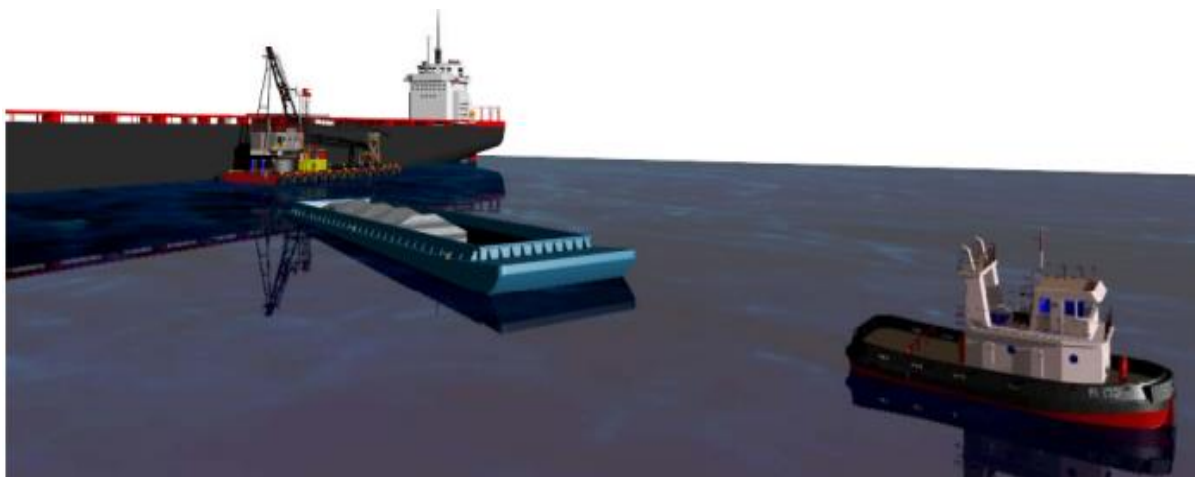
Remolcador transportaba la barcaza cargada hacia el buque



Nota: Tomado de: https://issuu.com/drummondLtd/docs/2014-09_-_revista_drummond_-_es

Figura 7

Transbordo del carbón de la barcaza al buque



Nota: Tomado de: https://issuu.com/drummondLtd/docs/2014-09_-_revista_drummond_-_es

En enero del 2012, en el proceso de cargue de buques a través de barcasas, por temas operativos y/o meteorológicos, alrededor de 600 toneladas de carbón se arrojaron al mar con el objetivo de evitar el hundimiento de la barcaza, por este acontecimiento la ANLA (Agencia Nacional de Licencias Ambientales), suspendió la licencia ambiental de operación del puerto por

el impacto ambiental que genero al ecosistema hídrico este evento y al riesgo de no poder realizar el cargue de otra manera debido a los cambios requeridos en la infraestructura del puerto y las zonas de bajamar para obtener el nivel de calado para el atraque de los buques.

Figura 8

Hundimiento parcial de barcaza y vertimiento de carbón al mar



Nota: Tomado de: https://issuu.com/drummondLtd/docs/2014-09_-_revista_drummond_-_es

Las obras de ingeniería realizadas consistieron en cambiar el sistema de cargue de carbón de bandas transportadoras a ductos para evitar la emisión del material particulado en el proceso de cargue, adicional se dragó la dársena para lograr el nivel de calado para los buques, y se amplió la capacidad de almacenamiento del puerto debido al incremento de la capacidad de cargue del 70% lo cual deja al puerto con una capacidad instalada de cargue de 60 millones de toneladas año, este proyecto de ingeniería represento una inversión privada de 360 millones de dólares y permitió que desde Marzo del 2014 se pudieran volver a cargar buques de carbón a través de una operación limpia y segura que representa este nuevo sistema de cargue, como se presentan en las figuras 8 y 9. Si bien a nivel país el Cerrejón, empresa de explotación de carbón en la Guajira que uno de sus pilares ha sido el desarrollo sostenible y compatible con las

comunidades y el ambiente, realiza el proceso de cargue directo desde 1985 por cargue directo en el Puerto Bolívar, debido que el puerto de la compañía es privado, solo puede realizar la exportación de su producción y la de sus vinculados económicos, por lo cual cuando se presentó esta contingencia para Drummond la única opción viable era la venta nacional del carbón al Cerrejón para la exportación a sus clientes, situación que a nivel comercial y económica no era sostenible para Drummond.

Figura 9

Proceso de cargue directo de carbón a buques



Nota: Tomado de: https://issuu.com/drummondLtd/docs/2014-09_-_revista_drummond_-_es

Figura 10

Puerto Drummond después de implementar proceso de cargue directo de carbón a buques



Nota: Tomado de: https://issuu.com/drummondLtd/docs/2014-09_-_revista_drummond_-_es

Proceso de explotación minera responsable en el Cerrejón

La operación de la compañía Minera El Cerrejón que opera en la Guajira y actualmente representa el 39% de la producción de carbón del país de acuerdo con el reporte de la Agencia Nacional Minera ANM del primer trimestre del 2021, se ha caracterizado por realizar su explotación de manera responsable desde la etapa inicial de Prospección en el cual su principal objetivo ha sido el rescate y relocalización de la fauna y de la población de las zonas de operación, hasta la etapa final del cargue de buques el cual desde 1985 es realizado de manera directa a los buques y en el 2014 se duplico su capacidad al instalar un segundo brazo de cargue en Puerto Bolívar. En las figuras 11, 12 y 13 se presenta el proceso de esta minera y como a través de su excelencia operacional ha apalancado su propósito superior de ser una compañía minera responsables (Cerrejón, 2019)

Figura 11

Proceso de explotación minera en el Cerrejón – Fase 1



Nota: Tomado de: <https://www.cerrejon.com/index.php/nuestra-operacion/operacion-minera/>

Figura 12

Proceso de explotación minera en el Cerrejón – Fase 2



Nota: Tomado de: <https://www.cerrejon.com/index.php/nuestra-operacion/operacion-minera/>

Figura 13

Proceso de explotación minera en el Cerrejón – Fase 3



Nota: Tomado de: <https://www.cerrejon.com/index.php/nuestra-operacion/operacion-minera/>

El plan de manejo ambiental del Cerrejón se centra en los siguientes ocho ejes:

- Reasentamiento de población
- Compensaciones ambientales
- Gestión integral del agua
- Rehabilitación de tierras
- Biodiversidad
- Calidad del aire
- Gestión de residuos
- Cierre minas

Este plan de manejo ambiental ha llevado que la organización se haya ganado los siguientes premios a nivel mundial, y que también sea considerada una compañía minera referente a nivel

Latinoamérica:

- Empresa Minera con mejor reputación en el país del Ranking Brújula Minera 2020
- Premio Bibó 2016 por su programa de Rehabilitación de tierras.
- Premio Caracol en 2015 por Protección del Medio Ambiente
- Premio Alto Elogio 2017 en la categoría comunidades

Conclusiones

El sector minero en el país actualmente tiene dos retos que afrontar, el primero es recuperarse de la crisis generada en el 2020 por el Covid-19 lo cual trajo consecuencias tan negativas como fue el cierre de operaciones en el país del Grupo Prodeco el cual representaba el 24% de la producción y era el tercer grupo empresarial después de Drummond y El Cerrejón; y el segundo es lograr que este desarrollo económico sea también sostenible con el medio ambiente, esto debido a la magnitud de los impactos ambientales negativos que son generados por su ejecución y los cuales en su mayoría no son prevenibles o corregibles, adicional a los cambios en los sistemas producción de fuentes de energía más limpias y al compromiso que muchas compañías a nivel mundial y país de emisiones 0 de dióxido de carbono para 2050.

En Colombia está definida y en ejecución la normatividad legal ambiental para garantizar que los proyectos, obras o actividades que generen alteraciones significativas a los sistemas biótico, abiótico y socioeconómico, deban realizar estudios de impacto ambientales para lograr identificar y dimensionar estas alteraciones, y se diseñe un plan de manejo ambiental que logre compensar, corregir, mitigar o prevenir estos impactos.

Es necesario garantizar la adecuada gestión ambiental de los proyectos de explotación de carbón a cielo abierto en Colombia, e implementar todas las soluciones que desde la ingeniería civil se pueden desarrollar, tales como la construcción de la infraestructura requerida para su explotación, la planeación territorial de acuerdo a los tipos de suelos en que se desarrollan los proyectos , la construcción de la maquinaria de cargue de carbón a las barcasas en las cuales se exporta el carbón, el tratamiento de aguas residuales, y la compensación del impacto en vegetación y paisaje que ocurre en el proyecto.

Se debe garantizar que las empresas explotadoras de carbón, cuando realicen la presentación del estudio de impacto ambiental antes de la aprobación de la licencia ambiental, identifiquen y cuantifiquen los impactos ambientales que se pueden presentar por el desarrollo de la actividad minera, esto debido a que, dependiendo de la calidad del estudio realizado, se diseñará e implementará un plan de manejo ambiental que se acondicione a los retos ambientales del proyecto.

Los impactos ambientales generados por la explotación de carbón en cielo abierto en Colombia no son mitigables ni prevenibles en su totalidad, por lo cual es inevitable que se genere una disminución significativa de la calidad de los recursos naturales por la ejecución de esta actividad económica.

Es recomendable que las autoridades ambientales del país velen por la adecuada gestión ambiental de los proyectos de explotación del carbón, esto debido a que un proyecto de explotación que no cumplan con las normatividad y estándares requeridos hará que la zona de su desarrollo no sea en un futuro viable en lo económico, social y ambiental, por lo cual no justificable que por un beneficio económico a corto plazo se generen afectaciones ambientales que no son recuperables.

La solución que brindo la Ingeniería Civil al proceso de cargue de carbón en el Puerto Drumond del departamento de Magdalena, permitió mitigar el riesgo de posibles vertimientos de carbón al mar, minimizando la emisión de material particulado y garantizando una operación limpia y segura de la actividad minera, para que su continuidad operativa apalanque el crecimiento del país minimizando el impacto ambiental de esta actividad.

El proceso productivo responsable del Cerrejón en las minas de carbón al cielo abierto en la Guajira, son un ejemplo que desarrollo económico y ambiental pueden darse de la mano, a través

de planes de manejo ambiental en los diferentes frentes de impacto de su operación, y adicional que el apoyo de comunidades y su reputación empresarial ha sido base de su ventaja competitiva, y que junto con Drummond después de la crisis del 2020 por el Covid-19, en el año 2021 está en senda de recuperación apalancándose en precios récord del carbón desde hace 13 años.

El desarrollo de obras de ingeniería como el proceso de cargue directo de buques que en el caso del Cerrejón fue implementado desde 1985 y en Drummond en el 2014, son ejemplos que las soluciones de ingeniería están a disposición del sector empresarial, pero debido al alto monto de la inversión debe ser más un pilar organización la excelencia operacional que la maximización del rendimiento financiero.

Bibliografía

- Bárbaros hoscós. Historia de resistencia y conflicto en la explotación del carbón en La Guajira, Colombia. (2014). *Opera*, 14(14).
- Cardoso, A. (2015). Behind the life cycle of coal: Socio-environmental liabilities of coal mining in Cesar, Colombia. *Ecological Economics*, 120.
<https://doi.org/10.1016/j.ecolecon.2015.10.004>
- Cely-Andrade, J. L., García-Ubaque, J. C., & Manrique-abril, F. (2017). Calidad de vida relacionada con la salud en población minera de Boyacá Quality of life related to health in the mining population of Boyacá. *Rev. Salud Pública*, 19(3).
- Franco, J. C., & Franco, J. C. (2018). Impacto Ambiental de la Minería: impacto social y ambiental en contextos de dependencia económica. *Virtualpro. Procesos Industriales*, 1(201).
- La evaluación del impacto ambiental y la importancia de los indicadores ambientales. (2013). *Gestión y Política Pública*, XXII (2).
- Lachaud, M. A., & Maldonado, J. H. (2011). Aproximación al cálculo del crecimiento real de Colombia: Aportes metodológicos para la inclusión en las cuentas nacionales de los impactos del agotamiento del carbón y del gas natural. *Revista de Economía Del Rosario*, 14(1).
- Olivero-Verbel, J. (2016). Coal and gold mining in Colombia: Impacts and challenges. *Toxicology Letters*, 259. <https://doi.org/10.1016/j.toxlet.2016.07.630>
- Prieto, G., & Duitama, L. M. (1999). Environmental Impacts and Acid Drainage of Coal Mining in Cundinamarca Department, Colombia. *Mine Water and the Environment*.

Olivero-Verbel, J. (2020). Desarrollo de sector minero.

<https://doi.org/10.1016/j.toxlet.2016.07.630>

Ulloa, A., Godfrid, J., Damonte, G., Quiroga, C., & López, A. P. (2020). Monitoreos hídricos comunitarios: conocimientos locales como defensa territorial y ambiental en Argentina, Perú y Colombia. *Íconos - Revista de Ciencias Sociales*, 69.

<https://doi.org/10.17141/iconos.69.2021.4489>

Unidad de Planeación Minero-Energética (UPME). (2005). La Cadena de Carbón: El Carbón Colombiano Fuente de Energía para el mundo. *Unidad de Planeación Minero-Energética*.

UPME. (2005). El Carbón Colombiano. Fuente de Energía para el mundo. *Unidad de Planeación Minero-Energética*.

UPME. (2009). *Bioenergía y Biocombustibles*. Oportunidades y Limitaciones.

Upme. (2012). Cadena Del Carbón. In *Ministerio De Minas Y Energia* (Issue 5).

UPME. (2014). UPME - Unidad de Planeación Minero-Energética.

Https://Www.Nist.Gov/Sites/Default/Files/Documents/Iaao/, Accessed on 04.12.2018.

ANM (2021), Reporte de producción, precios, regalías de los Minerales en Colombia