

UNIVERSIDAD DE SONORA

DIVISIÓN DE INGENIERIA

DEPARTAMENTO DE INGENIERÍA INDUSTRIAL

Producción Sustentable en la Minería Sonorense

TRABAJO ESCRITO

Que para obtener el GRADO de
MAESTRÍA EN SUSTENTABILIDAD

Presenta:

Nancy Esmeralda Sánchez Duarte

Director de Tesis:

Dra. Andrea Guadalupe Zavala Reyna

Universidad de Sonora

Repositorio Institucional UNISON



"El saber de mis hijos
hará mi grandeza"



Excepto si se señala otra cosa, la licencia del ítem se describe como openAccess

CARTA DE APROBACIÓN DE LOS MIEMBROS DEL JURADO



"El saber de mis hijos
hará mi grandeza"

Universidad de Sonora
División de Ingeniería
Departamento de Ingeniería Industrial
Posgrado en Sustentabilidad
Maestría en Sustentabilidad
Especialidad en Desarrollo Sustentable

Hermosillo, Sonora a 15 de enero del 2015

Dra. Nora Elba Munguía Vega
Coordinadora de Programa
Maestría en Sustentabilidad
Presente.-

Por este conducto, hago de su conocimiento que estoy de acuerdo que se realice el examen de posgrado del alumno (a) Nancy Esmeralda Sánchez Duarte con Expediente 213190034, el cual será el día 15 de Enero del 2015 en el aula Sala de uso múltiples Ing. Arturo Delgado Edificio 12A a las 18:00 horas.

Relación de Jurados:

| | NOMBRE | FIRMA |
|--------------------|-----------------------------------|--------------|
| PRESIDENTE: | Dra. Andrea Zavala Reyna | _____ |
| SECRETARIO: | Dra. Clara Rosalía Álvarez Chávez | _____ |
| VOCAL: | Dra. Juana Alvarado Ibarra | _____ |
| SUPLENTE: | C. a Dr. Rafael Pérez Ríos | _____ |

A T E N T A M E N T E

MIEMBROS DEL JURADO

RESUMEN

Los riesgos ocupacionales y ambientales generados por las actividades de pequeñas mineras en el estado de Sonora, requiere que este sector realice cambios graduales en sus empresas que los ayuden a transitar a patrones más sustentables de operación. Este trabajo muestra los resultados obtenidos con la implementación y operación de un Programa de Producción Sustentable en una pequeña mina llamada Virgen del Carmen, ubicada en el municipio de Divisaderos, Sonora, México y cuyo objetivo fue Prevenir y/o reducir los riesgos ocupacionales y ambientales generados por sus actividades. Los resultados obtenidos, demuestran como el sector minero puede avanzar a transitar hacia estilos de producción más sustentables mediante el establecimiento de objetivos y metas que vayan dirigidos a integrar en sus operaciones técnicas de producción más limpia y prevención de la contaminación que contribuyan a mejorar la calidad de vida de sus trabajadores, de la comunidad y sobre todo del medio ambiente.

Palabras clave: Minería, sustentable, riesgo ambiental, riesgo ocupacional, programa de producción sustentable.

ABSTRACT

The occupational and environmental risk are generated by small mining activities in the state of Sonora. It is necessary that this sector make gradual changes in their businesses to help them transition to more sustainable patterns of operation. This paper shows the results obtained with the implementation and operation of a Sustainable Production Program in a small mine called Virgen del Carmen, located in the town of Divisaderos, Sonora, Mexico. The aim was to prevent and/or reduce occupational and environmental hazards generated by its activities. The results obtained demonstrate how mining can progress to more sustainable production styles. This is establishing goals and objectives and integrating in their technical operations cleaner production and pollution prevention to help improve the quality of life of its employees, the community and especially the environment.

Key words: Mining, sustainable, environmental risk, occupational risk, sustainable production program.

AGRADECIMIENTOS

Agradecimiento a CONACYT por la beca otorgada para estudiar la maestría en sustentabilidad, así como al Posgrado en Sustentabilidad de la Universidad de Sonora.

Quiero hacer un agradecimiento muy especial a mi bebé Fernandito por portarse tan bien y dejarme trabajar, así como a Fernando papá por tenerme paciencia y apoyarme cuando lo necesitaba; también a toda mi familia (mi mamá mi hermano, ma coyo, mis tías y primos) por estar al pendiente y entender cuando andaba cansada por tanto trabajo.

Muy especialmente quiero agradecer a mi tutora la Dra. Andrea Zavala por todo su tiempo, apoyo, disposición, orientación, paciencia y todo lo demás para que se completara este proyecto y terminar mi tesis de maestría; así como a la Dra. Juana Alvarado Ibarra por su gran apoyo en la realización del mismo. También a todos los maestros del posgrado por su orientación y apoyo.

Por último, agradezco a los directivos y trabajadores de la Mina Virgen del Carmen por haber permitido que realizara mi proyecto, así como mi estancia de investigación.

INDICE DE CONTENIDO

| <u>Descripción</u> | <u>Página</u> |
|---|---------------|
| 1 INTRODUCCION..... | 1 |
| 2. OBJETIVO ESTRÁTEGICO | 2 |
| 3. OBJETIVOS ESPECÍFICOS | 2 |
| 4 ANÁLISIS LITERARIO..... | 3 |
| 4.1 La industria minera..... | 3 |
| 4.2 La minería en México | 4 |
| 4.3 El sector minero en Sonora | 6 |
| 4.4 Riesgos ambientales generados por la minería..... | 9 |
| 4.5 Riesgos a la salud generados por el sector minero..... | 11 |
| 4.6 Sustentabilidad en el sector minero | 12 |
| 4.7 Casos de estudio..... | 14 |
| 5 METODOLOGIA | 16 |
| 5.1 Tipo de Estudio..... | 16 |
| 5.2 Diseño Metodológico | 16 |
| 5.2.1 Consentimiento de la alta dirección. | 17 |
| 5.2.2 Planificación..... | 17 |
| 5.2.3 Implementación y Monitoreo. | 17 |
| 5.2.4 Evaluación..... | 17 |
| 5.2.5 Adaptaciones y mejoras..... | 17 |
| 5.3 Alcance | 17 |
| 5.4 Hipótesis y/o Preguntas de Investigación | 17 |
| 5.5 Objeto de estudio. | 17 |
| 5.6 Selección del objeto de estudio | 18 |
| 5.7 Instrumentos. | 18 |
| 5.7.1 Caracterización del proceso de producción de extracción de oro y plata en una mina a cielo abierto. | 18 |
| 5.7.2 Formatos de recolección de datos derivados de la etapa de planificación. | 18 |
| 5.7.3 Métodos de evaluación de los riesgos ocupacionales identificados durante la caracterización de la mina..... | 18 |

| | |
|---|----|
| 5.7.4 Métodos de evaluación de los riesgos ambientales identificados durante la caracterización de la mina..... | 18 |
| 6 RESULTADOS..... | 19 |
| 6.1 Mina Virgen del Carmen | 19 |
| 6.2 Resultados del diseño e implementación del Programa de Producción Sustentable | 19 |
| 6.2.1 Etapa 1: Consentimiento de la alta dirección | 19 |
| 6.2.2 Etapa 2: Planificación..... | 20 |
| 6.2.2.1 Formación del equipo de trabajo | 21 |
| 6.2.2.2 Diagnóstico | 21 |
| 6.2.2.3 Establecimiento de objetivos y metas..... | 43 |
| 6.2.2.4 Opciones de sustentabilidad..... | 44 |
| 6.2.2.5 Plan de Servicios Sustentables..... | 61 |
| 6.2.3 Etapa 3: Implementación y monitoreo | 63 |
| 6.2.4 Etapa 4 Evaluación..... | 67 |
| 6.2.5 Etapa 5 Adaptaciones y mejoras..... | 68 |
| 7 DISCUSIÓN..... | 70 |
| 8 CONCLUSIONES..... | 72 |
| 9 RECOMENDACIONES..... | 74 |
| 10 REFERENCIAS | 75 |

ÍNDICE DE TABLAS

| <u>Tabla</u> | <u>Descripción</u> | <u>Página</u> |
|--------------|---|---------------|
| Tabla 1. | Ubicación de México a nivel mundial en cuanto a producción de minerales metálicos | 5 |
| Tabla 2. | Ubicación de México a nivel mundial en cuanto a producción de minerales no metálicos | 6 |
| Tabla 3. | Participación de Sonora a nivel nacional en cuanto a producción de minerales metálicos | 7 |
| Tabla 4. | Participación de Sonora a nivel nacional en cuanto a producción de minerales no metálicos | 7 |
| Tabla 5. | Inventario de productos químicos..... | 24 |
| Tabla 6. | Diagrama de flujo para el proceso de extracción de oro y plata..... | 27 |

| | |
|---|----|
| Tabla 7. Resumen del diagrama de flujo del proceso de extracción de la mina | 28 |
| Tabla 8. Resumen de los riesgos ocupacionales identificados en el proceso | 28 |
| Tabla 9. Riesgos ocupacionales identificados en el proceso de la mina..... | 29 |
| Tabla 10. Resumen de los riesgos ambientales identificados en el proceso..... | 30 |
| Tabla 11. Riesgos ambientales identificados en el proceso de la mina..... | 30 |
| Tabla 12. Daños potenciales por el uso de NaCN | 32 |
| Tabla 13. Daños potenciales por el uso de Zinc..... | 32 |
| Tabla 14. Daños potenciales por el uso de hidróxido de calcio | 33 |
| Tabla 15. De daños potenciales por el uso de dióxido de silicio..... | 33 |
| Tabla 16. Temperaturas y precipitación en milímetros del mes junio | 34 |
| Tabla 17. Temperaturas y precipitación en milímetros del mes de julio | 35 |
| Tabla 18. Temperaturas y precipitación en milímetros del mes de agosto..... | 36 |
| Tabla 19. Evaluación de riesgos ergonómicos | 37 |
| Tabla 20. Resultados de la aplicación de encuestas para riesgo psicosocial | 37 |
| Tabla 21. Descripción de riesgos por caídas, cortaduras y raspones..... | 38 |
| Tabla 22. Resumen de la evaluación de los riesgos ocupacionales..... | 38 |
| Tabla 23. Cantidad de químicos utilizados diariamente..... | 38 |
| Tabla 24. Daños a la biodiversidad..... | 39 |
| Tabla 25. Evaluación externa | 40 |
| Tabla 26. Priorización de los riesgos ocupacionales | 41 |
| Tabla 27. Resultados obtenidos para riesgos ocupacionales por nivel de significancia..... | 42 |
| Tabla 28. Priorización de los riesgos ambientales | 42 |
| Tabla 29. Resultados obtenidos para la priorización de los riesgos ambientales..... | 43 |
| Tabla 30. Resultados del diagrama de Ishikawa para riesgo químico..... | 46 |
| Tabla 31. Resultados del diagrama de Ishikawa para riesgo físico..... | 47 |
| Tabla 32. Resultados del diagrama de Ishikawa para riesgo ergonómico..... | 48 |
| Tabla 33. Resultados del diagrama de Ishikawa para riesgo psicosocial | 49 |
| Tabla 34. Resultados del diagrama de Ishikawa para otros riesgos | 50 |
| Tabla 35. Resultados del diagrama de Ishikawa para riesgo de contaminación de agua.. | 51 |
| Tabla 36. Resultados obtenidos del diagrama de Ishikawa para riesgo de contaminación del suelo..... | 53 |
| Tabla 37. Resultados del diagrama de Ishikawa para riesgo de contaminación de aire | 54 |
| Tabla 38. Resultados del diagrama de Ishikawa para riesgo de daños a la biodiversidad. | 55 |
| Tabla 39. Alternativas, descripción de las alternativas, costo, así como los beneficios de implementarlas | 61 |
| Tabla 40. Organización de actividades del programa de servicios sustentables | 64 |
| Tabla 41. Gráfica de Gantt para la implementación del plan de capacitación..... | 64 |
| Tabla 42. Gráfico de Gantt de implementación de la alternativa de transporte de sustancias químicas | 65 |
| Tabla 43. Gráfico de Gantt de implementación de la alternativa de hojas de seguridad.... | 65 |
| Tabla 44. Alternativa de área de trabajo limpia y segura | 66 |
| Tabla 45. Plan de implementación de equipo de protección personal..... | 66 |

| | |
|---|----|
| Tabla 46. Plan de implementación de la pileta de emergencia..... | 66 |
| Tabla 47. Plan de implementación de sistema de riego por goteo..... | 67 |
| Tabla 48. Porcentaje de avance de las implementaciones..... | 67 |
| Tabla 49. Observaciones de las implementaciones en la mina..... | 69 |

INDICE DE FIGURAS

| <u>Figura</u> | <u>Descripción</u> | <u>Página</u> |
|---------------|--|---------------|
| Figura 1. | Personal ocupado en la industria minera en Sonora..... | 8 |
| Figura 2. | Prácticas que debe incluir la minería sustentable..... | 12 |
| Figura 3. | Programa de Servicios Sustentables..... | 16 |
| Figura 4. | Equipo de trabajo..... | 21 |
| Figura 5. | Falta de orden en el área de trabajo..... | 22 |
| Figura 6. | Almacén de materiales..... | 23 |
| Figura 7. | Estado de los contenedores de los materiales..... | 24 |
| Figura 8. | Diagrama de bloques del proceso de producción de la minal..... | 25 |
| Figura 9. | Diagrama de Ishikawa del riesgo químico..... | 45 |
| Figura 10. | Diagrama de Ishikawa del riesgo por radiación solar..... | 46 |
| Figura 11. | Diagrama de Ishikawa del riesgo ergonómico..... | 47 |
| Figura 12. | Resultados del diagrama de Ishikawa del riesgo psicosocial..... | 48 |
| Figura 13. | Diagrama de Ishikawa de otros riesgos..... | 49 |
| Figura 14. | Diagrama de Ishikawa del riesgo por contaminación de agua..... | 50 |
| Figura 15. | Diagrama de Ishikawa del riesgo de contaminación del suelo..... | 52 |
| Figura 16. | Diagrama de Ishikawa del riesgo de contaminación de aire..... | 53 |
| Figura 17. | Diagrama de Ishikawa del riesgo de daños a la biodiversidad..... | 55 |

INDICE DE ANEXOS

| <u>Anexo</u> | <u>Descripción</u> | <u>Página</u> |
|--------------|----------------------------------|---------------|
| Anexo 1. | Descripción del método OWAS..... | 80 |

1 INTRODUCCION

El presente documento detalla el proceso de investigación realizado en la Mina Virgen del Carmen, ubicada en el municipio de Divisaderos, Sonora, México, para lo cual se proporciona información sobre los riesgos ocupacionales y ambientales generados por las actividades del sector minera además de abordar el problema a través de la aplicación y operación de un Programa de Producción Sustentable (PPS), que motive e impulse al sector de la minería sonorense a operar con estándares más sustentables.

Además de esta introducción, se presenta el objetivo estratégico, así como los objetivos específicos planteados para llevar a cabo el trabajo de investigación.

En la parte correspondiente al "Análisis Literario", se presenta una síntesis del estado del arte sobre los temas más relevantes asociados con los riesgos ocupacionales y ambientales generados en el sector minero; empezando con una descripción de la industria minera, la minería en México, el sector minero en Sonora. También incluye, el tema sobre riesgos ambientales y a la salud, generados por este sector. Asimismo, se incluye el tema sustentabilidad en el sector minero y por último, se muestran casos de estudio, donde se han implementado técnicas de producción más limpia en la industria minera.

La sección, "Metodología", describe el tipo de estudio, diseño metodológico, hipótesis y/o preguntas de investigación, objeto de estudio, selección del objeto de estudio, así como una descripción de los instrumentos de recolección de datos utilizados en la investigación.

La sección "Resultados", muestra los resultados obtenidos, en cada uno de las fases que conforman el programa de producción sustentable durante su implementación y operación en la Virgen del Carmen.

Por último, se discute y concluye sobre los resultados obtenidos con la implementación del programa. Además de algunas recomendaciones derivadas de la investigación.

2. OBJETIVO ESTRATÉGICO

Prevenir y/o reducir los riesgos ocupacionales y ambientales generados por la industria minera a través de un programa de producción más limpia para una mina a cielo abierto en el estado de Sonora.

3. OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Realizar un análisis literario sobre riesgos a la salud y al medio ambiente generados por la industria minera, legislación ambiental minera y otros tópicos relacionados.
- Diagnosticar los riesgos a la salud y al ambiente generados en una mina a cielo abierto ubicada en el estado de Sonora.
- Diseñar un programa de producción sustentable.
- Validar el programa de producción sustentable.

4 ANÁLISIS LITERARIO

4.1 La industria minera

Minería es la actividad productiva que involucra el proceso de extracción, explotación o beneficio de los minerales que se encuentren depositados en el suelo y en el subsuelo; esta actividad se divide en minería metálica y la no metálica (INEGI, 2009). La minería metálica se refiere a aquella que consta de metales que tienen brillo propio y son buenos conductores de calor y electricidad como el cobre, mientras que la minería no metálica consiste en aquellos metales que no tienen brillo propio ni conducen electricidad como la wollastonita (INEGI, 2010), pero que finalmente ambos tipos son aprovechadas por la industria manufacturera (Junta de Castilla y León, 2007).

Los principales tipos de explotación de la minería son a tajo abierto o subterránea, la minería a tajo abierto se refiere a cuando el mineral se extiende en el suelo, por lo que se requiere de una remoción de capas de excedente y del mineral y, la minería subterránea que es cuando se retira una cantidad mínima de sobrecapa o excedente y el acceso al mineral es a través de túneles (Alianza Mundial del Derecho Ambiental, 2010).

Los minerales se encuentran en yacimientos, los cuales son sitios que de forma natural presentan altas concentraciones de alguna sustancia determinada y cuando su concentración es factible y rentable se procede a su explotación (Lavandaio, 2008). La actividad minera se conforma de las etapas de exploración, que permite conocer el valor del yacimiento mineral a través de análisis exploratorios, en caso de encontrarse un yacimiento rentable para explotación se procede a la fase de desarrollo, que incluye la construcción de caminos y de áreas de trabajo, después se procede a la etapa de explotación que básicamente se refiere a la extracción y concentración de los minerales, para finalmente, en la etapa de abandono retornar al sitio de trabajo las condiciones ecológicas iniciales (Alianza Mundial del Derecho Ambiental, 2010).

La minería representa una importante actividad económica a nivel mundial, ya que provee de materiales que son utilizados en la vida diaria y por grandes industrias como la cerámica, cosmética, detergentes, medicinas, electrónicos, vidrio, metal, pintura, papel y plástico (Azapagic, 2004); asimismo, provee de materia prima a otra importante industria, la de la

construcción, por ejemplo cables, estructuras metálicas, tubería, losetas, pisos, ladrillos, entre otros materiales (INEGI, 2009).

La importancia de los minerales dentro de la economía se considera desde épocas históricas, por ejemplo el oro, la plata y las gemas se utilizaron como bienes de cambio y señal de poder, en cuanto al hierro, cobre, carbón y otros metales fueron importantes para el desarrollo industrial (Moreno y Rodríguez, 2008), con lo cual concuerdan Lavandaio (2008) y Oyarzún (2009), quienes también aseveran que el desarrollo de la sociedad se basa en el uso que se les da a los minerales extraídos por la actividad minera.

A partir del año 2003 la demanda de minerales aumentó notoriamente significando una importante recuperación al ritmo de crecimiento de la economía mundial y a consecuencia de esto un aumento en el precio de los minerales (Sánchez y Lardé, 2006), a lo que la Cámara Minera de México indica que en el año 2012 la inversión en exploración minera creció en un 18% a nivel mundial (alrededor de 21,500 millones de dólares), siendo América Latina quien se encuentra a la cabeza en cuanto a inversiones para exploración minera (CAMIMEX, 2013)

A nivel mundial la minería contribuye de forma importante a la economía nacional y local, paga excelentes niveles de remuneraciones y promueve el desarrollo productivo local (Oyarzún, 2009), además de los beneficios que se aportan a las comunidades al proporcionar empleo, el sector minero también contribuye haciendo uso de los servicios locales e invirtiendo en los proyectos de desarrollo regional (Dorian y Humphreys, 1994 en Hilson y Murck, 2000), asimismo también financia grandes obras de infraestructura comunitarias como la construcción de carreteras, hospitales, escuelas, ferrocarriles o viviendas (Hilson y Murck, 2000).

4.2 La minería en México

En México, la industria minera como tal empieza propiamente en tiempos de la conquista, con la explotación de minerales, además inicia la búsqueda y descubrimiento de yacimientos minerales que dieron fama mundial a la nueva colonia española (Zavala, 2010). Sin embargo, su apogeo fue a finales del siglo XIX y principios del siglo XX, lo que también permitió descubrir la riqueza del país en cuanto a minerales (Muro, s/f).

México cuenta con una amplia riqueza de minerales en todo el territorio nacional, tanto en minerales metálicos como en no metálicos, en el país se encuentran yacimientos de clase

mundial como son las salinas de Guerrero Negro, las más grandes del planeta; el yeso de la Isla San Marcos y de la costa oriental de la península de Baja California, con reservas de 70 años; Las Cuevas, la mina más grande de fluorita en el mundo; Fresnillo, el yacimiento de plata más rico y más grande que haya descubierto la humanidad; Molango, el depósito más importante de manganeso en Norte América; las minas de carbón de la Cuenca de Río Escondido, entre otras (Musik, 2004).

Si bien es cierto que México cuenta con varias actividades económicas, entre las que destacan la minería, pesca, construcción, industria manufacturera, comercio, agricultura, ganadería y turismo (Flores y Bungue, s/f), también es cierto que la industria minera puede considerarse una de las más importantes, al ubicarse México dentro de los primeros lugares a nivel mundial en la producción de minerales metálicos y no metálicos (INEGI, 2010). En las tablas 1 y 2 se muestra la ubicación de México a nivel mundial en cuanto a minerales metálicos y no metálicos respectivamente.

Tabla 1. Ubicación de México a nivel mundial en cuanto a producción de minerales metálicos

| Minerales metálicos | Lugar mundial |
|----------------------------|----------------------|
| Plata | 2 |
| Oro | 8 |
| Fierro | 13 |
| Plomo | 5 |
| Zinc | 6 |
| Manganeso | 8 |
| Cobre | 12 |
| Bismuto | 2 |
| Molibdeno | 6 |
| Cadmio | 6 |

(INEGI, 2010).

Tabla 2.Ubicación de México a nivel mundial en cuanto a producción de minerales no metálicos

| Minerales no metálicos | Lugar mundial |
|------------------------|---------------|
| Fluorita | 2 |
| Barita | 6 |
| Grafito | 6 |
| Yeso | 6 |
| Feldespato | 11 |
| Azufre | 13 |
| Diatomita | 5 |

(INEGI. 2010).

Además, en el 2011 la producción promedio de minerales en México fue de 21% de oro, 20% de plata, 14% de cobre, 8% de zinc, 5% de grava, 4% fierro y 24% de otros minerales, siendo los principales estados productores Sonora con un 23%, Zacatecas con 23%, Chihuahua 14%, Coahuila 11%, San Luis Potosí 6% y Durango 6% (PROMEXICO, 2011).

4.3 El sector minero en Sonora

En Sonora el inicio de la minería formal es a la par con la llegada de los españoles, cuando los jesuitas se asentaron en esta zona y se vieron favorecidos por la exploración y explotación de los metales preciosos (Secretaría de Economía, 2013), desde entonces la minería ha ido creciendo formando parte primordial de las actividades económicas que se realizan en este estado y, es debido a que Sonora ha sido afectada por eventos tectónicos más su ubicación privilegiada lo que le brinda características geológicas con las condiciones necesarias para dotarlo de ricos yacimientos minerales (Secretaría de Economía, 2011).

Durante los últimos años la actividad minera en Sonora ha incrementado su participación a nivel nacional, como por ejemplo en el 2010 se encontró en primer lugar por su producción de minerales metálicos como el cobre y el molibdeno y, en cuanto a minerales no metálicos como grafito y wollastonita, siendo Sonora el único productor de molibdeno, grafito amorfo y wollastonita (Secretaría de Economía, 2012). En las tablas 3 y 4 se muestra el porcentaje de participación a nivel nacional de Sonora en cuanto a la producción de minerales.

Tabla 3. Participación de Sonora a nivel nacional en cuanto a producción de minerales metálicos

| Participación de Sonora en la producción de minerales metálicos a nivel nacional | |
|---|------------------------|
| Mineral | Participación % |
| Oro | 28.4 |
| Plata | 7.4 |
| Aluminio | 100 |
| Cobre | 66.71 |
| Fierro | 8.24 |
| Molibdeno | 100 |
| Selenio | 100 |

(Secretaría de economía, 2011).

Tabla 4. Participación de Sonora a nivel nacional en cuanto a producción de minerales no metálicos

| Participación de Sonora en la producción de minerales no metálicos a nivel nacional | |
|--|------------------------|
| Mineral | Participación % |
| Agregados pétreos | 0.25 |
| Arcillas | 3 |
| Arena | 2.4 |
| Calcita | 0.27 |
| Caliza | 5.51 |
| Grafito | 100 |
| Grava | 3.45 |
| Perlita | 2.36 |
| Sal | 2.15 |
| Wollastonita | 100 |
| Yeso | 2.8 |

(Secretaría de economía, 2011).

Con los datos anteriores se observa el crecimiento de la actividad minera, resaltando que como parte del interés del gobierno de Sonora por impulsar esta actividad se entregaron 4,600 concesiones en el 2011 y se observa un incremento en el requerimiento de estas, mismas que son un acto del poder ejecutivo federal que faculta a las personas físicas mexicanas y a las sociedades mercantiles constituidas conforme a las leyes mexicanas, así

como a ejidos y comunidades agrarias, para realizar la exploración, explotación y aprovechamiento de los minerales contenidos dentro del lote que ampara (Secretaría de Economía, 2012).

Con el aumento en la demanda del sector minero, en Sonora se han obtenido grandes beneficios, como la generación de empleos, un ejemplo, de ello es el aumento de 10,900 a 15,300 empleos directos del 2006 al 2011, lo que constituye más del 2% de los empleos disponibles y con salarios más altos que cualquier otra industria del estado, además de la generación de empleos indirectos que son alrededor de 16,000 (Secretaría de Economía, 2011). En la siguiente gráfica se observa el personal ocupado en la industria minera en Sonora.



Figura 1. Personal ocupado en la industria minera en Sonora.

(Secretaría de economía, 2012).

La minería también proporciona para Sonora beneficios derivados del aumento en un 544% de la inversión para este sector en el periodo del 2006 al 2011, al mismo tiempo que genera riquezas representando el 8% del producto interno bruto y contribuyendo al desarrollo del estado al producir más de 66,186 millones de pesos en el año 2011 (Secretaría de Economía, 2012), siendo entonces el crecimiento de la minería parte primordial de la composición económica de Sonora (Sierra, Enríquez, y Almada, 1997).

4.4 Riesgos ambientales generados por la minería

De acuerdo con Moreno y Rodríguez, el sector minero aporta grandes beneficios a la economía (2008); sin embargo, también, aporta efectos adversos al medio ambiente, como emisiones de contaminantes al aire, gases de efecto invernadero, uso de la tierra, uso de productos tóxicos, generación de desechos sólidos, desechos líquidos, sobre explotación de recursos naturales (Azapagic, 2004), a lo que Mejía et al., (1999) agrega que también es causante de provocar contaminación del suelo, contaminación del agua y de generar jales mineros, cuyos principales elementos son el arsénico, el cadmio, el cobre, plomo, selenio y zinc, además del mercurio y el cianuro que se agregan durante la etapa de explotación (Ramos et al., 2004).

La emisión de contaminantes en la minería se presentan en cada una de las etapas que conforman el proceso, es decir, desde la etapa de exploración hasta la etapa de abandono (Lillo, s/f) y éstos pueden llegar al medio ambiente a través del agua, por algún sedimento o al aire, en forma de gas o en polvo (Peña et al., 2001). Asimismo la contaminación puede ser transportada por el medio suelo (De la O et al., 2013).

La contaminación del agua, también puede producirse cuando la roca que contiene los minerales sulfurosos se expone al agua y al oxígeno, lo que resulta en la producción de acidez y concentraciones elevadas de metales y sulfato en el agua, esto se presenta a causa de los vertederos de roca estéril, de jales, las reservas de mineral, el mineral gastado, así como las operaciones de lixiviación (Brown et al., 2002 en Rojas y Vandecasteele 2006; Vandecasteele s/f). Lo anterior trae como consecuencia serios problemas a los ecosistemas acuáticos terminando con la vida de la fauna y flora en este ecosistema; sin embargo, debido a que estos cuerpos de agua también funcionan como suministro para la flora y fauna terrestre, terminan causando efectos negativos en ellos (Rojas y Vandecasteele 2006).

Otro recurso afectado por las actividades mineras es el suelo, al generarse anomalías biogeoquímicas que afectan negativamente la biota y la calidad del suelo, lo cual afecta la diversidad y la actividad de los organismos del suelo, inhibiendo la descomposición de la materia orgánica (Wong, 2003 en Puga et al., 2006). Los suelos después de una explotación mineral presentan características como clase textural desequilibrada, baja presencia o ausencia de la estructura edáfica, propiedades químicas anómalas, disminución o desequilibrio en el contenido de nutrientes fundamentales, ruptura de los ciclos

biogeoquímicos, baja profundidad efectiva, dificultad de enraizamiento, baja retención de agua y presencia de compuestos tóxicos (García y Dorronsoro, 2002 en Puga et al., 2006), por lo que hay pérdida de vegetación y formación de sales eflorescentes (Meza et al., 2009; De la O et al., 2013).

Los contaminantes que se encuentran presentes en el suelo son esparcidos por el viento, lo que deriva en contaminación del aire (Meza et al., 2009), a lo cual, Gutiérrez y colaboradores agregan que este es uno de los principales problemas de los jales mineros (2007). La contaminación al aire, también sucede por la emanación de gases a causa del uso de la maquinaria o emisiones generadas por las voladuras o bien, por la combustión de calor (Lillo, s/f).

Cabe señalar que los medios agua, aire y suelo están directamente relacionados, ya que los contaminantes presentes en el suelo se pueden dispersar debido al viento y contaminar el aire o bien, pueden contaminar el agua tanto superficial como subterránea debido a las escorrentías o infiltraciones de los contaminantes lo que termina causando un efecto nocivo para los ecosistemas y por ende para los organismos vivos (Gutiérrez et al., 2007; Gómez et al., 2011; Navarro et al., 2008), a lo anterior, se suma un posible incremento en la toxicidad de estas sustancias por la posible interacción toxicológica entre estas (Mejía et al., 1999).

La contaminación por ruido es a causa del uso de maquinaria pesada de arranque, maquinaria de transporte, de molienda, entre otro tipo de maquinaria, además de la generación de ondas aéreas como consecuencia de las voladuras, estas ondas de presión se propagan por el aire atenuándose con la distancia, pero generando vibraciones (Lillo, s/f). No obstante, Gallardo et al., (2013) considera que a causa de las actividades mineras, las variables del medio ambiente más afectadas además de las ya mencionadas, son el paisaje, el medio socioeconómico, la hidrogeología, la geología y la geomorfología donde se establece la mina. El impacto ambiental que causa la minería también es de tipo visual al generar el tajo abierto o botadero de desmontes; causa la destrucción de ecosistemas y la presencia del potencial impacto químico de desechos mal contenidos o tratados (Richards, 2001).

4.5 Riesgos a la salud generados por el sector minero

La minería no está exenta de generar riesgos a la salud, sobre todo, porque es una actividad que implica actividades de alto riesgo (Oyarzún y Oyarzun, 2011), como derrumbes, incendios, explosiones, caídas, ruido, calor y humedad, presión debido a la profundidad, entre otras que derivan en riesgos físicos; los riesgos químicos presentes son la exposición a la sílice cristalina, al polvo de carbón, exposición a asbestos, así como exposiciones a metales pesados como plomo, cadmio, entre otros; los riesgos biológicos pueden ser malaria, dengue, leptospirosis, entre otras dependiendo de la ubicación de la mina; los riesgos ergonómicos más comunes son traumas por las condiciones de trabajo; y, los riesgos psicosociales son principalmente el abuso de drogas y alcohol (Donoghue, 2004).

La presencia de cadmio y zinc en cuerpos de agua han provocado serios problemas a la salud (Rojas y Vandecasteele 2006); a lo que Gómez et al (2004) agrega el cobre, fierro, magnesio, níquel, plomo y sulfatos como otros contaminantes generados por la actividad minera que del mismo modo ocasionan problemas de salud. Por lo general, estos metales pesados se acumulan en el suelo manteniendo niveles de concentraciones tóxicas, lo que representa un riesgo considerable en zonas de cultivo porque terminan acumulándose en los vegetales, que finalmente son consumidos por personas o por animales que se encuentran dentro de la cadena alimenticia de los seres humanos, trayendo como consecuencia efectos negativos en la salud pública por acumulación de metales (Puga et al., 2006; Gazdag y Sipter, 2008; Meza et al., 2012).

Marín (2012) considera a la minería como una de las actividades históricas más riesgosas que realiza el hombre, siendo las principales enfermedades la fibrosis pulmonar y enfisemas, eso sin contar problemas de alimentación aunado al estrés que causa trabajar en una mina. (Oyarzún y Oyarzun, 2011). Adicionalmente, es una actividad con un alto índice de accidentes y enfermedades, como lo muestra los 38,000 casos de accidentes y enfermedades, así como 340 muertes registradas durante la década del 2000 al 2010 en México, según datos de la Secretaria de Trabajo y Previsión Social (2011).

La dispersión de los contaminantes por el viento es un serio problema, ya que las partículas contenidas en los depósitos de minerales residuales pueden ser inhaladas o ingeridas por las personas, representando un peligro latente para las comunidades, tal es el caso de enfermedades cardiovasculares y cáncer (Meza et al., 2009). Un estudio realizado en el sitio minero Villa de la Paz, México, demostró que hay un aumento de daño en el ADN de niños expuestos a arsénico y plomo. (Yáñez et al., 2003). En San Luis Potosí, México, otro

estudio arrojó como resultados concentraciones altas de plomo y arsénico, significando un potencial riesgo para la salud pública (Carrizales, et al., 2005). Un estudio realizado en Torreón mostró que existe una problemática seria en la salud de los niños expuestos a altos niveles de arsénico presentes en agua, lo que afecta su función cognitiva (Rosado et al., 2007).

4.6 Sustentabilidad en el sector minero

Mientras en 1987 en el reporte Brundtland se dio a conocer el concepto de desarrollo sustentable como “el desarrollo que satisface las necesidades actuales sin comprometer la capacidad de las futuras generaciones para satisfacer las suyas” (Edwards, 2005), en el sector minero este término, de acuerdo con Von Below, se comenzó aproximadamente en los años noventa, al darle importancia al hecho de realizar una extracción adecuada de los minerales (1993), incluyendo innovación tecnológica y la rehabilitación de los sitios para disminuir los impactos ambientales (Laurence, 2011).

Tomando en cuenta que una operación sustentable es aquella que atiende los tres pilares de la sustentabilidad, el económico, el ambiental y el social (Reategui, 2003), el sector minero no es la excepción ya que de igual forma se debe cumplir con estos tres pilares, sin embargo, este tiene fallas en su operación debido a que debe incluir también la eficiencia en el proceso de extracción y debe de tener una mayor atención en la seguridad de los trabajadores debido al alto porcentaje de accidentes presentados (Laurence, 2011). A continuación se muestra una figura de que debe incluir las prácticas de la minería sustentable.



Figura 2. Prácticas que debe incluir la minería sustentable.

Fuente: Laurence (2011).

A pesar de los esfuerzos que se llevan a cabo, aún existe una limitada guía en cuanto a las operaciones del sector minero para poner en acción prácticas sustentables, además, la aplicación de estas prácticas puede tener ciertas complicaciones al aplicarse en el contexto de la minería, ya que, existen gran cantidad de marcos y conjuntos de indicadores que pueden ser interpretados de diferentes maneras (Laurence, 2011). También se requiere de un acuerdo entre el sector minero y el gobierno para implementar políticas que contribuyan a la sustentabilidad de la extracción de minerales (Hilson, 2000).

Para lograr una producción sustentable, el sector minero debe introducir herramientas que le permitan identificar los problemas para posteriormente realizar las prácticas pertinentes, una herramienta factible de implementar es el programa de servicios sustentables que relaciona los aspectos económicos, sociales y ambientales; este programa es una adaptación de las herramientas de producción más limpia y prevención de la contaminación, se basa en un ciclo de continuo mejoramiento que identifica las áreas de oportunidad y en base a esto se aportan ideas de mejora, su objetivo es prevenir y/o reducir desde el origen los riesgos o impactos severos en el proceso, operaciones o actividades en los trabajadores, ambiente y sociedad (Zavala, et al., 2011).

Además de utilizar el programa de servicios sustentables, Hilson y Muck (2000), elaboraron una lista con seis recomendaciones aplicables en cualquier mina, esto con el propósito de facilitar el proceso de producción sustentable en el sector minero, lo que incluye 1) Mejorar la planeación, 2) Mejorar el manejo ambiental, 3) Implementación de tecnología limpia, 4) incrementar la participación de los interesados, 5) Formación de asociaciones y 6) Mejorar el entrenamiento.

Los beneficios de una operación sustentable en el sector minero son: 1) Reducción de los costos laborales y de salud al proveer un área de trabajo con buenas condiciones de seguridad; 2) Ahorro de costos derivado de los métodos de producción más limpios y la innovación; 3) Un acceso más fácil a los prestamistas, compañías de seguros, préstamos preferenciales y las tasas de seguros; 4) Menores costos de cierre y post-cierre de la mina; 5) Influencia de mejores prácticas; 6) Mayor valor del fondo de comercio en el balance y 7) Ventajas del mercado creadas por una empresa socialmente responsable (Azapagic, 2004), también se presentan beneficios como la mejora de la reputación de la empresa, mejora la gestión de la responsabilidad social de la empresa y la relación con los grupos de interés (Acción RSE 2010).

4.7 Casos de estudio

El caso de Placer Dome, la segunda mina de oro más grande en Canadá que se ha comprometido a la mejora de su desarrollo ambiental y las relaciones socioeconómicas, por lo que se establecieron objetivos y estrategias para el desarrollo ambiental, evaluando regularmente las actividades que realizan, como por ejemplo en las cuestiones ambientales se trabajó en el manejo adecuado de jales mineros, en el aspecto social se trabajó en mejorar la calidad de vida de los trabajadores y de las comunidades aledañas, esto fue gracias a la política implementada que se enfocó principalmente en cinco áreas 1.- educar a los empleados, 2.- relaciones públicas, involucrando a las comunidades, 3.- cuestiones sociales, 4.- cuidado al medio ambiente y, 5.- desarrollo económico (Hilson, 2000).

El caso de la empresa Rio Algom conocido como uno de los distribuidores de acero inoxidable y aluminio más grandes en el norte de América y que también participa en la explotación de metales como cobre, molibdeno, uranio y zinc; esta empresa se compromete a hacer frente a los temas como interrelaciones socioeconómicas y cuestiones ambientales, por lo que se crea una política de seguridad e higiene ambiental, teniendo como meta cumplir con las leyes y regulaciones locales, esta política ha contribuido al desarrollo sustentable en cuanto al adecuado manejo ambiental y haciendo frente a las cuestiones socioeconómicas clave, también haciendo énfasis en temas como entrenamiento de los trabajadores, educación, prevención de la contaminación, entre otros (Hilson, 2000).

El caso de la minera industrias peñoles (Met Mex, Química del Rey, Minera Madero, Minera Tizapa), que por noveno año consecutivo ha obtenido la distinción de empresa socialmente responsable (Mundo minero, 2010). Industrias peñoles se dedica a la exploración, minado, refinación y comercialización de minerales metálicos no ferrosos y al sector químico industrial y servicios; es el mayor productor mundial de plata afinada, bismuto metálico y sulfato de sodio, emplea a 6,539 personas en sus más de 15 empresas operativas y ha presentado contribuciones tales como la comunicación e integración comunitaria, participación social, fomento a la salud, apoyo subsidiario en infraestructura, fortalecimiento de la calidad educativa, fomento a la cultura, fomento al deporte, entre otras (Peñoles, s/f).

El grupo minero Gold Corp México ha ganado la distinción de empresa socialmente responsable por quinto año consecutivo, esto debido a su conducta ética, administración ambiental y compromiso con la comunidad, también fue nombrado en el Índice Nasdaq de Sostenibilidad por sus prácticas sustentables, ha obtenido premios como de seguridad de casco plateado, en el 2010 fue nombrado como una de las diez mejores empresas para

laborar, así como reconocimientos por el cumplimiento con el código de cianuro; las actividades por las que es reconocida esta empresa incluye desde el interés por la cultura de los habitantes aledaños, brindar oportunidades de empleo y negocio, entre otras (Gold Corp, S/f).

Mexichen es una empresa comprometida con el desarrollo sustentable y la identificación de los principales impactos, riesgos y oportunidades para mejorar el desempeño y hacer de la sustentabilidad una estrategia de éxito, además el personal está comprometido con el respeto a los valores éticos, el autodesarrollo de las comunidades considerando el bienestar del medio ambiente, también contribuyen a mejorar el nivel de vida y confort de los usuarios (Mexichen, 2013).

5 METODOLOGIA

5.1 Tipo de Estudio

El presente estudio fue de un enfoque mixto debido a que la información obtenida fue de tipo cuantitativa y cualitativa. La información cuantitativa surgió al momento de realizar la caracterización del proceso constructivo de la mina y el estudio cualitativo a través de la observación.

5.2 Diseño Metodológico

La metodología utilizada fue un Programa de Producción Sustentable, basado en el programa de servicios sustentables (Zavala, et al., 2011), mostrado en la figura 3.

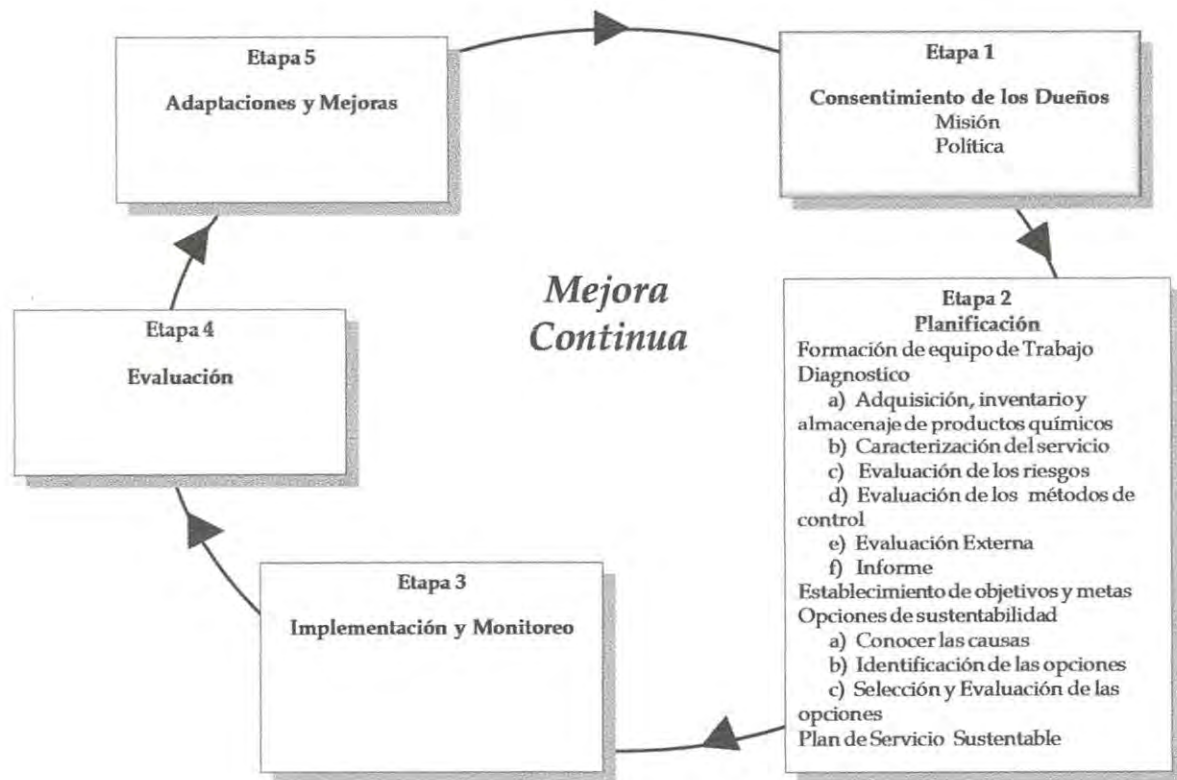


Figura 3. Programa de Servicios Sustentables.

Fuente: Zavala, et al., (2011).

Siguiendo cada una de las etapas que lo conforman y las cuales se describen a continuación:

5.2.1 Consentimiento de la alta dirección. El cual consistió en que la alta dirección del establecimiento otorgara por escrito el consentimiento para la implementación del programa. También, en esta etapa se definieron la misión y política de sustentabilidad del establecimiento.

5.2.2 Planificación. Esta etapa contempló desde la preparación de los equipos de trabajo, la elaboración de diagnóstico, el establecimiento de objetivos y metas, la propuesta de opciones de sustentabilidad hasta la elaboración de un plan de servicios sustentables.

5.2.3 Implementación y Monitoreo. Es aquí donde se procedió a implementar las opciones elegidas por el equipo de trabajo y monitorear su eficacia a través de los indicadores de sustentabilidad.

5.2.4 Evaluación. En esta etapa se evaluaron los indicadores de sustentabilidad y se determinó si los datos obtenidos concordaban con los objetivos y metas del programa.

5.2.5 Adaptaciones y mejoras. Se determinó que implementaciones funcionaron correctamente o bien, si fue necesaria alguna adaptación.

5.3 Alcance

El presente estudio fue llevado a cabo en el proceso de producción de la mina Virgen del Carmen ubicada en el municipio de Divisaderos, Sonora, durante el período comprendido del agosto del 2013 a Octubre del 2014.

5.4 Hipótesis y/o Preguntas de Investigación

La implementación de un programa de producción sustentable en una mina de cielo abierto en el estado de Sonora contribuirá a encaminar a ese sector a operar bajo un sistema de producción más sustentable que garantice una estabilidad económica a la vez que promueva la conservación del medio ambiente, salud y seguridad de sus trabajadores.

¿Es viable poner en operación un programa de producción sustentable que promueva el crecimiento económico del sector minero y que a la vez integre la salud y seguridad de los trabajadores, manteniendo la calidad ambiental del sitio de trabajo y, en conjunto, el del espacio de influencia que rodea la mina?

5.5 Objeto de estudio. El estudio se enfocó al proceso de producción de extracción de oro y plata a cielo abierto en la mina Virgen del Carmen.

5.6 Selección del objeto de estudio. Para el presente estudio la selección fue por conveniencia, debido al interés del dueño de la mina en colaborar proyectos que promuevan la sustentabilidad en el sector minero.

5.7 Instrumentos.

Para efectos de desarrollar la presente investigación se procedió a aplicar los instrumentos de recolección de datos a partir del avance de la implementación del programa de servicios sustentables. Sin embargo, en una primera etapa se procedió a utilizar como instrumentos:

5.7.1 Caracterización del proceso de producción de extracción de oro y plata en una mina a cielo abierto.

5.7.2 Formatos de recolección de datos derivados de la etapa de planificación.

5.7.3 Métodos de evaluación de los riesgos ocupacionales identificados durante la caracterización de la mina.

5.7.4 Métodos de evaluación de los riesgos ambientales identificados durante la caracterización de la mina.

6 RESULTADOS

6.1 Mina Virgen del Carmen

La presente investigación se llevó a cabo en la mina Virgen del Carmen, la cual es una mina a cielo abierto de extracción de oro y plata, ubicada en el municipio de Divisaderos, Sonora, México. Las instalaciones de la mina están distribuidas en un terreno de 6.57 hectáreas y cuenta con un recurso humano conformado por el presidente, 15 trabajadores de patio, una cocinera y dos personas en oficina. La mina tiene una antigüedad de 2 años.

6.2 Resultados del diseño e implementación del Programa de Producción Sustentable

6.2.1 Etapa 1: Consentimiento de la alta dirección

El consentimiento por parte de la alta dirección se obtuvo después de realizar varias reuniones y sesiones informativas para exponer los beneficios y la importancia de integrar el Programa de Producción Sustentable (PPS) al proceso productivo de la mina a fin de buscar mejoras a la salud, seguridad en sus trabajadores y al medio ambiente. Parte de la explicación, consistió en mostrarles que los beneficios de integrar estas prácticas son económicos, ambientales y sociales. Además, se les hizo énfasis en la parte de la mejora en el cumplimiento de la legislación aplicable a sus prácticas.

La autorización escrita formalizó el compromiso de la administración para implementar el PPS en sus procesos, por lo que continuando, con las actividades de implementación se resaltó la importancia de contar con una misión y política apegada a los principios de planeación estratégica y que éstas motiven a la administración y empleados a iniciar, realizar y continuar los cambios derivados de la implementación y operación del programa, además, plasma por escrito el compromiso de la alta dirección:

Misión

La mina Virgen del Carmen es una empresa dedicada a la exploración, explotación y beneficio de minerales preciosos que trabaja de forma ética ofreciendo un producto de calidad, pero que al mismo tiempo se dedica al cuidado de la integridad física de sus trabajadores y el cuidado del medio ambiente cumpliendo con la normatividad vigente.

Política de sustentabilidad

La mina Virgen del Carmen es una empresa comprometida con el cumplimiento de la normatividad vigente en cuanto a la protección de la salud pública, bienestar de sus trabajadores y el cuidado del medio ambiente.

En base a su misión, su preocupación por el medio ambiente y su responsabilidad social, la mina Virgen del Carmen adopta una política de sustentabilidad que promueve acciones sustentables entre sus trabajadores, así como poner en acción proyectos con el fin de prevenir y/o, reducir los riesgos ocupacionales, riesgos ambientales y a la salud pública dentro o fuera de sus instalaciones, logrando así la seguridad de sus trabajadores y un producto de alta calidad.

Para llevar a cabo el cumplimiento de esta política se establecen las siguientes directrices orientadas a:

- Integrar los programas de sustentabilidad en todas sus instalaciones.
- Identificar y evaluar los posibles impactos ambientales y ocupacionales derivados de los procesos de producción que se realizan en la mina e implementar las medidas necesarias para disminuirlos.
- Cumplir con la normatividad vigente, así como ponerse al día en las actualizaciones de la misma.
- Promover el uso correcto de sus recursos como energía y agua; además de promover el manejo adecuado de los residuos generados.
- Impartir capacitaciones constantes al personal.
- Implementar prácticas que contribuyan al desarrollo económico y al bienestar social de las comunidades (equidad y dignidad en el empleo; fomento a la cultura y educación local; participación responsable en los programas sociales implementados por los gobiernos y organizaciones).

La misión y política de sustentabilidad, fueron comunicadas a los empleados y se colocaron en un lugar visible en las instalaciones de la mina.

6.2.2 Etapa 2: Planificación

Durante la etapa de planificación se generó valiosa información sobre la caracterización del proceso, manejo de inventarios, identificación y evaluación de los riesgos ocupacionales, a

la salud y al medio ambiente, información que fue utilizada para establecer los objetivos y metas del Programa de Producción Sustentable.

6.2.2.1 Formación del equipo de trabajo

Como parte del apoyo de los la alta dirección se autorizó la formación de un equipo de trabajo, para lo cual, primeramente se procedió a informarles de la importancia de su formación, ya que es fundamental para el éxito del programa y permite que los trabajadores participen y colaboren en las actividades del programa. El equipo se conformó por el presidente de la mina, un trabajador y un asesor externo, este último quedó a cargo del responsable de la presente investigación. La figura 4 muestra como quedó conformado el equipo de trabajo.

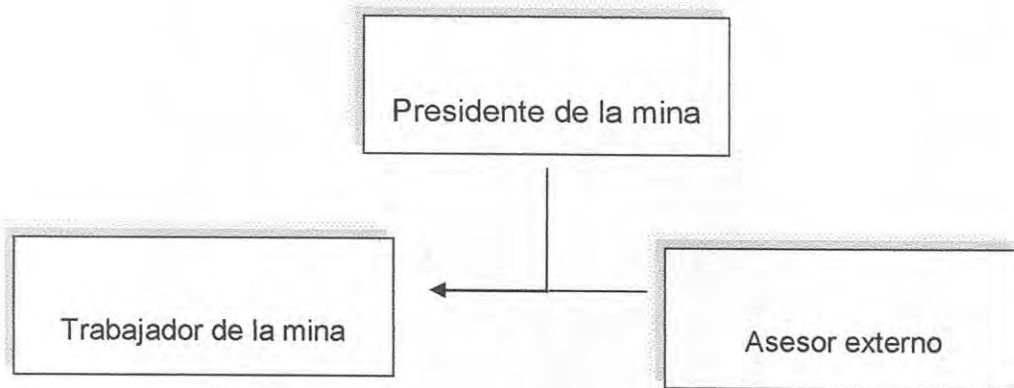


Figura 4. Equipo de trabajo.

Fuente: Elaboración propia.

Como parte de la capacitación al equipo de trabajo se realizaron pláticas donde se abordaron temas como: Desarrollo Sustentable, seguridad en áreas de trabajo, prevención de accidentes, ecología, etc. Además se les comunicó en que consistiría la implementación del Programa de Producción Sustentable, pero sobre todo les informó sobre las actividades a realizar por el asesor externo y las responsabilidades del equipo de trabajo.

6.2.2.2 Diagnóstico

La elaboración de un diagnóstico permitió identificar y evaluar los riesgos ocupacionales y ambientales a través de la caracterización formal del proceso; también permitió conocer que métodos de control se utilizan en el proceso de producción de la mina, así como identificar evaluaciones externas y realizar un informe, que ayudó a definir los objetivos y

metas a fin de garantizar que estos, fueran enfocados a prevenir y/o reducir los impactos ambientales y ocupacionales en las actividades de producción de oro y plata de la mina, basados en la características de la mina.

Adquisición, inventario y almacenaje de productos químicos. La mina cuenta con un inventario de los materiales y sustancias utilizada; sin embargo, en el área donde están almacenados se observó una falta de orden de materiales y equipos como tuberías, tarimas, equipo de protección personal, cerco, baldes, equipo de limpieza, entre otros, que se encuentran esparcidos en el área de trabajo, tal como se muestra figura 5.



Figura 5. Falta de orden en el área de trabajo.

Fuente: Elaboración propia

La Norma Oficial Mexicana NOM-010-STPS-1999: Condiciones de seguridad e higiene en los centros de trabajo donde se manejen, transporten, procesen o almacenen sustancias químicas capaces de generar contaminación en el medio ambiente laboral y la NOM-114-STPS-1994: Sistema para la Identificación y Comunicación de Riesgos por Sustancias Químicas en los Centros de Trabajo, establecen los lineamientos en cuestiones de manejo y almacenamiento de sustancias químicas. Además, en el caso de las minas, aplica la NOM-023-STPS-2012, referente Minas subterráneas y minas a cielo abierto - Condiciones de seguridad y salud en el trabajo.

En el recorrido realizado en la mina, para identificar el almacén de materiales se encontró que los materiales utilizados en el proceso no cuentan con un lugar de almacenaje adecuado, ya que los materiales como pinturas, solventes, gasolina y otros químicos utilizados en el proceso se encuentran mezclados e incluso se utilizan envases de botellas de soda, agua u otros productos para guardar los materiales (Figura 6).



Figura 6. Almacén de materiales.

Fuente: Elaboración propia

Además, algunos contenedores no están debidamente etiquetados y los que lo están en algunas ocasiones no se distingue la información porque tienen residuos de material derramado en el contenedor, o bien, ya es una información borrosa, como se puede observar en la figura 7.

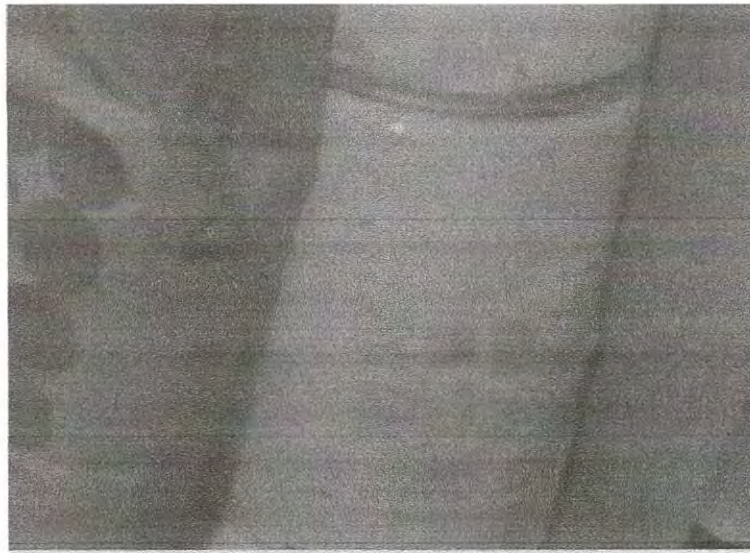


Figura 7. Estado de los contenedores de los materiales.

Fuente: Elaboración propia

La tabla 5, muestra el inventario de los materiales químicos encontrados, así como la información obtenida de las hojas de seguridad con respecto a salud, inflamabilidad, reactividad y el Equipo de Protección Personal que debe utilizarse para su manipulación.

Tabla 5. Inventario de productos químicos

| Sustancia química | Salud | Inflamabilidad | Reactividad | EPP |
|---------------------|-------|----------------|-------------|--|
| (NaCN) | 3 | 0 | 0 | Guantes, mascara, ropa de goma, delantales y botas |
| Zn | 1 | 0 | 0 | Guantes, gafas y máscaras de seguridad |
| Ca(OH) ₂ | 1 | 0 | 0 | Guantes, botas, bata de seguridad |
| SiO ₂ | 1 | 0 | 0 | Mascara y gafas de seguridad |

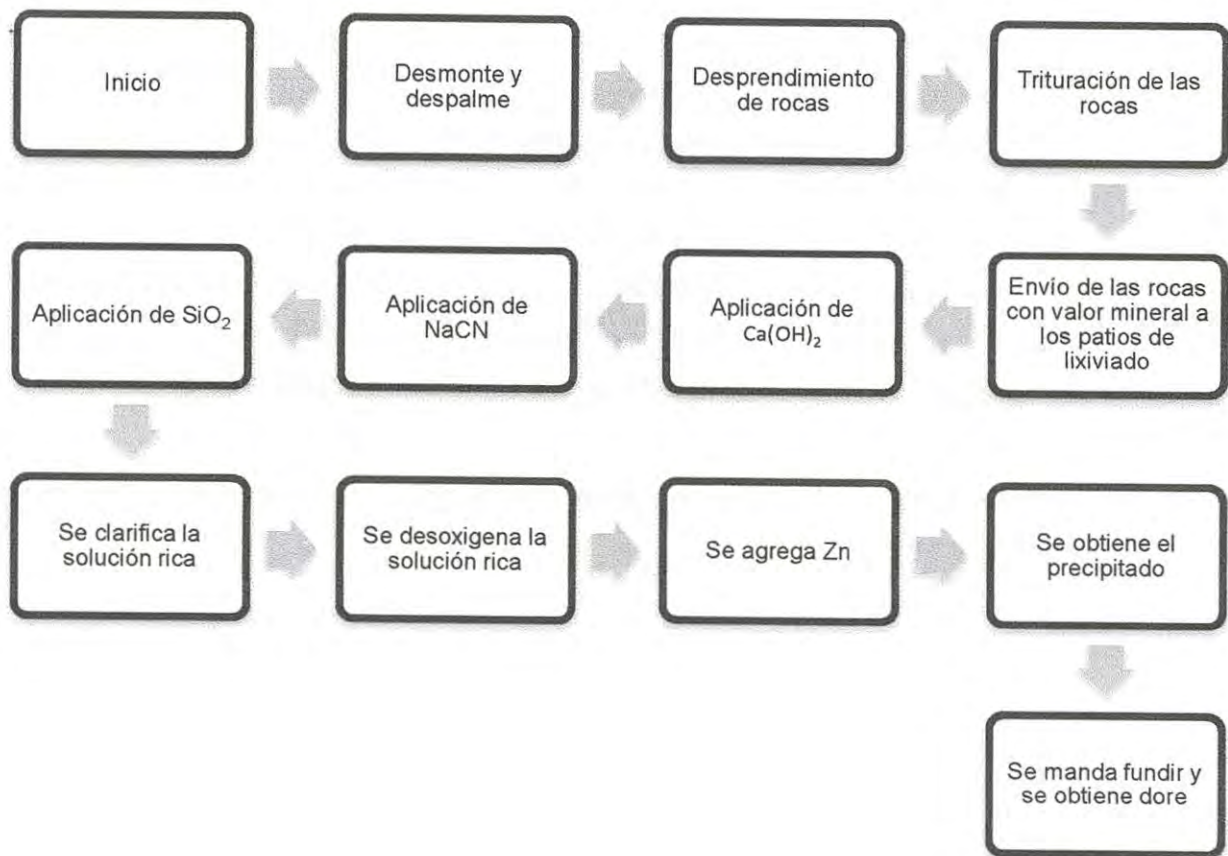
Fuente: Hojas de seguridad de los productos

Caracterización del servicio. El proceso de producción de oro y plata para la mina Virgen del Carmen incluye la etapa de carguío y acarreo y el proceso de Merrill Crowe. La mina no lleva a cabo la etapa de voladura, ya que por las características físicas de rocas del terreno,

no se requiere; el proceso de fundición del material extraído, tampoco se lleva in situ, sino que es transportado para que otra empresa realice el proceso.

A fin de representar las operaciones llevadas a cabo en el proceso de producción de la mina Virgen del Carmen, se formuló el siguiente diagrama de bloques que permite seguir de manera general la secuencia del proceso. La figura 8 muestra el diagrama de bloques del proceso de la mina Virgen del Carmen.

Figura 8. Diagrama de bloques del proceso de producción de la minal.



Fuente: Elaboración propia

El proceso inicia con el desmonte y despalle de la vegetación existente en el área de trabajo, seguidamente se procede a utilizar la maquinaria para el desprendimiento de las rocas, este material es enviado a la trituradora primaria y después es llevado a la trituradora secundaria.

Seguidamente se carga el camión de volteo con el material triturado y se le aplica Hidróxido de Calcio ($\text{Ca}(\text{OH})_2$), para posteriormente ser acarreado a los patios de lixiviado; la roca mineralizada se empuja para formar camas de 3 metros de alto, ahí se ripea con un tractor para ablandar la superficie de la roca triturada.

Después, se instalan las mangueras de riego para agregar agua mediante acarreo, se analiza el pH del agua, cuando el pH es adecuado se aplica el Cianuro de Sodio (NaCN) para comenzar el riego, se chequean las mangueras de riego para que no se bloquee o haya una fuga, el mineral rico baja por medio de tuberías y se rebombea a patios donde se percola por dos días y medio, se le agregan cinco kilos de Óxido de Silicio (SiO_2) en el agitador y después se manda al clarificador el cual debe estar perfectamente limpio, una vez clarificado se manda a la torre desoxigenadora mediante la bomba de vacío, se le aplica Zinc (Zn) y se obtiene el precipitado, para finalmente mandarse a fundir (dore)

A continuación se presenta la tabla 6 el diagrama de flujo que representa el proceso de extracción de oro y plata.

Tabla 6. Diagrama de flujo para el proceso de extracción de oro y plata

DIAGRAMA DE FLUJO DE PROCESO

Departamento PRODUCCIÓN

Proceso extracción de oro y plata.

Método Actual

Inicia en: Desprendimiento de rocas

Termina en Transporte a refinería

Fecha 18 DE AGOSTO 2014

Hoja 1 de 1

| DESCRIPCION | SIMBOLO | TIEMPO | DISTANCIA | OBS. |
|---|-----------|--------|-----------|------|
| Desprendimiento de rocas con maquinaria | ● → D □ ▽ | | | |
| Se envía a trituradora primaria mediante maquinaria | ○ → D □ ▽ | | | |
| Se envía a trituradora secundaria mediante maquinaria | ○ → D □ ▽ | | | |
| Se carga el camión de volteo con el material triturado. | ● → D □ ▽ | | | |
| Se le aplica Ca (OH) ₂ al material triturado. | ● → D □ ▽ | | | |
| Se acarrea al patio de lixiviación | ○ → D □ ▽ | | | |
| Se empuja para hacer las camas de 3 metros de alto con la roca mineralizada | ● → D □ ▽ | | | |
| Se ripea con un tractor para ablandar la superficie de la roca triturada | ● → D □ ▽ | | | |
| Se instala las mangueras de riego | ● → D □ ▽ | | | |
| El agua se analiza | ● → D □ ▽ | | | |
| Una vez obtenido el PH adecuado se agrega NaCN | ● → D □ ▽ | | | |
| Se comienza el riego | ● → D □ ▽ | | | |
| Se checan las mangueras de riego para que no se bloque o haya una fuga | ● → D □ ▽ | | | |
| Se aplica SiO ₂ en el revolver directamente | ● → D □ ▽ | | | |
| Se recolecta una muestra cada hora de solución (cabeza y cola) para obtener una muestra general | ● → D □ ▽ | | | |
| Se aplica Zn con dosificador | ● → D □ ▽ | | | |
| Después de procesar 16 horas, se abre el filtro y se obtiene el precipitado. | ● → D □ ▽ | | | |
| Se recolecta el concentrado en cubetas de plástico | ○ → D □ ▽ | | | |
| Se envía a refinadora | ○ → D □ ▽ | | | |

Fuente: Elaboración propia

Tabla 7. Resumen del diagrama de flujo del proceso de extracción de la mina

| ACTIVIDAD | NUMERO | TIEMPO | DISTANCIA |
|-----------|--------|--------|-----------|
| ○ | 14 | | |
| ⇒ | 4 | | |
| D | 0 | | |
| □ | 0 | | |
| ▽ | 1 | | |

Fuente: Elaboración propia

Identificación de riesgos ocupacionales y ambientales. La identificación de los riesgos ocupacionales y ambientales fue a través de conocer las condiciones físicas del lugar, de la forma en que se almacenan las sustancias, de la caracterización del servicio, así como las operaciones que llevan a cabo los trabajadores como parte del proceso de la mina.

Identificación de riesgos ocupacionales en el proceso. Los riesgos identificados en el área de trabajo son los que se muestran en la tabla 8.

Tabla 8. Resumen de los riesgos ocupacionales identificados en el proceso

| Riesgos ocupacionales | Descripción |
|-----------------------|----------------------------------|
| Químico | Exposición a sustancias químicas |
| Físico | Radiación solar Ruido |
| Ergonómico | Posiciones incómodas |
| Psicosocial | Estrés |
| Otros riesgos | Caidas, cortaduras y raspones |

Fuente: Elaboración propia.

Como lo muestra el resumen los riesgos ocupacionales que se identificaron durante el proceso de producción de la mina son los riesgos químicos debido a la exposición a las sustancias químicas como el cianuro, ya que se manipula en casi todas las etapas del proceso, riesgo físico por las altas radiación solar y por ruido, el riesgo ergonómico por las

posiciones incómodas y el tiempo que permanezcan en esas posiciones, así como los riesgos psicosociales debido al estrés por las jornadas tan largas de trabajo y a la distancia.

En la tabla que se presenta a continuación se observan los riesgos ocupacionales identificados en el proceso de extracción de oro y plata.

Tabla 9. Riesgos ocupacionales identificados en el proceso de la mina

| | Descripción | Descripción del riesgo | Riesgo ocupacional |
|----|--|--|---------------------------|
| 1 | Desprendimiento de rocas con maquinaria | Exposición a ruido Radiación solar Caídas, cortaduras y raspones | Físico Físico Otros |
| 2 | Se carga el camión de volteo con el material triturado. | Exposición a ruido Radiación solar Caídas, cortaduras y raspones | Físico Físico Otros |
| 3 | Se aplica $\text{Ca}(\text{OH})_2$ | Exposición a sustancias químicas | Químico |
| 4 | Se empuja para hacer las camas de 3 metros de alto con la roca mineralizada | Exposición a ruido Radiación solar Caídas, cortaduras y raspones | Físico Físico Otros |
| 5 | Se ripea con un tractor para ablandar la superficie de la roca triturada | Exposición a ruido Radiación solar Caídas, cortaduras y raspones | Físico Físico Otros |
| 6 | El agua se analiza | Exposición a sustancias químicas | Químico |
| 7 | Una vez obtenido el pH adecuado se agrega NaCN | Exposición a sustancias químicas Posiciones incómodas | Químico Ergonómico |
| 8 | Se comienza el riego | Exposición a sustancias químicas | Químico |
| 9 | Se checan las mangueras de riego para que no se bloquee o haya una fuga | Exposición a sustancias químicas Radiación solar | Químico Físico |
| 10 | Se aplica SiO_2 en el revolvedor directamente | Exposición a sustancias químicas | Químico |
| 11 | Se aplica Zn con dosificador | Exposición a sustancias químicas | Químico |
| 12 | Después de procesar 16 horas, se abre el filtro y se obtiene el precipitado. | Exposición a sustancias químicas | Químico |

Fuente: Elaboración propia

Identificación de riesgos ambientales en el proceso. Se identificaron riesgos ambientales de contaminación al aire, agua, suelo y pérdida de biodiversidad. En la tabla 10 se muestra un resumen de los impactos ambientales generados en el proceso de producción de la mina.

Tabla 10. Resumen de los riesgos ambientales identificados en el proceso

| Impacto | Descripción del riesgo |
|------------------------|---|
| Contaminación de agua | Agua con sustancias químicas |
| Contaminación de suelo | Residuos Derrame de químicos y combustibles |
| Contaminación de aire | Generación de polvos y vapores con restos de químicos |
| Biodiversidad | Afectaciones a la flora y fauna |

Fuente: Elaboración propia

En la tabla 11 se muestran los riesgos ambientales identificados para el proceso de producción de oro y plata.

Tabla 11. Riesgos ambientales identificados en el proceso de la mina

| | Descripción | Descripción del riesgo | Riesgo ambiental |
|---|---|--|-------------------------|
| 1 | Desprendimiento de rocas con maquinaria | Derrame de químicos y combustibles Afectaciones a la flora y fauna | Suelo Biodiversidad |
| 2 | Se carga el camión de volteo con el material triturado. | Derrame de químicos y combustibles | Suelo |
| 3 | Se aplica $\text{Ca}(\text{OH})_2$ | Derrame de químicos y combustibles Generación de polvos y vapores con restos químicos | Suelo Aire |
| 4 | Se empuja para hacer las camas de 3 metros de alto con la roca mineralizada | Derrame de químicos y combustibles | Suelo |
| 5 | Se ripea con un tractor para ablandar la superficie de la roca triturada | Derrame de químicos y combustibles | Suelo |

| | | | |
|----|--|---|--|
| 6 | El agua se analiza | Agua con sustancias químicas Derrame de químicos y combustibles Generación de polvos y vapores con restos químicos | Agua Suelo Aire |
| 7 | Una vez obtenido el pH adecuado se agrega NaCN | Agua con sustancias químicas Derrame de químicos y combustibles Generación de polvos y vapores con restos químicos Afectaciones a la flora y fauna | Agua Aire Suelo Biodiversidad |
| 8 | Se comienza el riego | Agua con sustancias químicas Derrame de químicos y combustibles Generación de polvos y vapores con restos químicos Afectaciones a la flora y fauna | Agua Aire Suelo Biodiversidad |
| 9 | Se checan las mangueras de riego para que no se bloquee o haya una fuga | Aguas con sustancias químicas Generación de polvos y vapores con restos químicos | Agua Suelo |
| 10 | Se aplica SiO ₂ en el revolvedor directamente | Derrame de químicos y combustibles Generación de polvos y vapores con restos químicos | Aire Suelo |
| 11 | Se aplica Zn con dosificador | Aguas con sustancias químicas Generación de polvos y vapores con restos químicos | Agua Suelo |
| 12 | Después de procesar 16 horas, se abre el filtro y se obtiene el precipitado. | Residuos | Suelo |

Fuente: Elaboración propia.

Resultados de la evaluación de los riesgos identificados. La evaluación de los riesgos ambientales y ocupacionales identificados se llevó a cabo a través de distintas metodologías descritas en este apartado.

Resultados de la evaluación de los riesgos ocupacionales. A continuación se muestran los resultados obtenidos en la evaluación de los riesgos ocupacionales.

Riesgo químico. Para evaluar los riesgos químicos, se utilizó la información contenida en las Hojas de Datos de Seguridad de las sustancias (HDS) que se manipulan en la mina para el proceso de extracción de oro y plata, en las tablas 12, 13, 14 y 15 se muestran los resultados sobre los daños potenciales a la salud por la utilización del cianuro de sodio, zinc, hidróxido de calcio y dióxido de silicio.

Tabla 12. Daños potenciales por el uso de NaCN

| | |
|---|-------------------------|
| Operación | Lixiviado |
| Químico | Cianuro de Sodio (NaCN) |
| Daño potencial a la salud | |
| <p>Inhalación, absorción, Ingestión, contacto. El polvo o neblina (solución) puede ser irritante a las vías respiratorias y garganta. El NaCN reacciona con la humedad liberando gas cianhídrico. El cianuro en forma de polvo o como gas cianhídrico, es rápidamente absorbido por los ojos y puede ser las vías de severas irritaciones e intoxicación. Debido al contenido de hidróxido de sodio puede causar daños a los tejidos, severos y dolorosos. Es un tóxico por absorción de la piel. El contacto prolongado o repetido puede causar escozor, caracterizado por erupciones musculares, papilares y vesiculares. A través de la piel se puede absorber cantidades fatales de cianuro de sodio. El cianuro inhibe la oxidación tisular provocando la muerte por asfixia química en minutos. No figura como cancerígeno.</p> | |

Fuente: Elaboración propia

Tabla 13. Daños potenciales por el uso de Zinc

| | |
|---|-------------|
| Operación | Precipitado |
| Químico | Zinc (Zn) |
| Daño potencial a la salud | |
| <p>La inhalación puede causar irritaciones del sistema superior respiratorio, los vapores pueden causar dolor de cabeza, fiebre, náuseas, vómito y dolor muscular. El contacto puede causar irritación y sequedad de la piel. Ingestión, puede causar gastritis y vómito. Baja toxicidad al ambiente en condiciones normales.</p> | |

Fuente: Elaboración propia

Tabla 14. Daños potenciales por el uso de hidróxido de calcio

| | |
|--|---|
| Operación | Lixiviado |
| Químico | Hidróxido de Calcio (Ca (OH) ₂) |
| Daño potencial a la salud | |
| La sustancia es muy corrosiva a los ojos, la piel y el tracto respiratorio. Corrosivo por ingestión (dolor abdominal, diarrea, vómito). La toxicidad acuática es función del efecto de la alcalinidad. | |

Fuente: Elaboración propia

Tabla 15. De daños potenciales por el uso de dióxido de silicio

| | |
|--|-----------------------------------|
| Operación | Lixiviado |
| Químico | SiO ₂ Oxido de Silicio |
| Daño potencial a la salud | |
| El producto no tiene efectos tóxicos conocidos. La inhalación de polvo puede causar irritación de las vías respiratorias. La ingestión de una cantidad grande puede causar vómitos. Puede aparecer irritación. | |

Fuente: Elaboración propia

Riesgos físicos. A continuación se presenta la evaluación del riesgo físico por radiación solar.

Riesgo físico por radiación solar. Para evaluar el riesgo de exposición a radiación solar, primeramente se tomó la temperatura en los meses de junio, julio y agosto. Para la toma de las temperaturas ambientes se utilizó un termómetro ambiental marca Honeywell, Modelo TM001: que cuenta con unidades de medición en grados Celsius (°C) y grados Fahrenheit (°F), teniendo una resolución de 0.1 °C y 0.1 °F, y un alcance de 100 °C y 120° F. Las temperaturas fueron tomadas en las instalaciones de la mina virgen del Carmen. Cabe señalar que las actividades que realizan los trabajadores son al aire libre y en ocasiones quedan expuestos al sol.

Las temperaturas registradas para el mes de junio se presentan en la tabla 16. La temperatura máxima a la que se expusieron los trabajadores durante el mes de junio fue de 31.6°C, así mismo la temperatura mínima fue de 25.8°C.

Tabla 16. Temperaturas y precipitación en milímetros del mes junio

| Fecha | Temperatura (°C) | Precipitación (mm) |
|--------------|-------------------------|---------------------------|
| 09/06/2014 | 29.4 | 0 |
| 10/06/2014 | 31 | 0 |
| 11/06/2014 | 31 | 0 |
| 12/06/2014 | 31.6 | 0 |
| 13/06/2014 | 30.3 | 3.6 |
| 14/06/2014 | 25.8 | 0.2 |
| 15/06/2014 | 29.2 | 0 |
| 16/06/2014 | 29.7 | 0 |
| 17/06/2014 | 27.9 | 0.4 |
| 18/06/2014 | 28.7 | 0 |
| 19/06/2014 | 28.1 | 0 |
| 20/06/2014 | 28.5 | 0 |
| 21/06/2014 | 28.3 | 0 |
| 22/06/2014 | 30.5 | 0 |
| 23/06/2014 | 30.6 | 0 |
| 24/06/2014 | 30.1 | 0 |
| 25/06/2014 | 29.3 | 0 |
| 26/06/2014 | 30.5 | 0 |
| 27/06/2014 | 29.4 | 0 |
| 28/06/2014 | 28.8 | 0 |
| 29/06/2014 | 29.9 | 0 |
| 30/06/2014 | 31.5 | 0 |

Fuente: Elaboración propia

En la tabla 17 que se presenta a continuación se pueden observar las temperaturas para el mes de julio del 2014. La temperatura máxima registrada para el mes de julio fue de 31.3°C y la temperatura mínima a la que se expusieron los trabajadores fue de 23.1°C.

Tabla 17. Temperaturas y precipitación en milímetros del mes de julio

| Fecha | Temperatura (°C) | Precipitación (mm) |
|------------|------------------|--------------------|
| 01/07/2014 | 31.3 | 0 |
| 02/07/2014 | 30.1 | 0 |
| 03/07/2014 | 25.5 | 3.4 |
| 04/07/2014 | 24.1 | 2.2 |
| 05/07/2014 | 24.1 | 0.6 |
| 06/07/2014 | 28 | 0 |
| 07/07/2014 | 23.3 | 15 |
| 08/07/2014 | 24.4 | 0 |
| 09/07/2014 | 23.5 | 4.8 |
| 10/07/2014 | 23.3 | 1.8 |
| 11/07/2014 | 24.6 | 4.8 |
| 12/07/2014 | 23.5 | 12.4 |
| 13/07/2014 | 23.1 | 6.8 |
| 14/07/2014 | 23.3 | 0.4 |
| 15/07/2014 | 25.7 | 0.8 |
| 16/07/2014 | 26 | 0 |
| 17/07/2014 | 25.6 | 0 |
| 18/07/2014 | 25.7 | 0.2 |
| 19/07/2014 | 26.4 | 0 |
| 20/07/2014 | 28.7 | 0 |
| 21/07/2014 | 25.6 | 1.8 |
| 22/07/2014 | 28.6 | 0 |
| 23/07/2014 | 28.3 | 3.6 |
| 24/07/2014 | 28.3 | 0 |
| 25/07/2014 | 28.3 | 0 |
| 26/07/2014 | 24.6 | 1.8 |
| 27/07/2014 | 26 | 4 |
| 28/07/2014 | 24.5 | 0 |
| 29/07/2014 | 25.1 | 1 |
| 30/07/2014 | 26.9 | 0 |
| 31/07/2014 | 26.7 | 0 |

Fuente: Elaboración propia

En la tabla 18 se pueden observar las temperaturas para el mes de agosto, donde la temperatura máxima a la que se expusieron los trabajadores fue de 27°C y la mínima fue de 21.9°C.

Tabla 18. Temperaturas y precipitación en milímetros del mes de agosto

| Fecha | Temperatura (°C) | Precipitación (mm) |
|------------|------------------|--------------------|
| 01/08/2014 | 24.4 | 2 |
| 02/08/2014 | 24.2 | 3 |
| 03/08/2014 | 25.3 | 0 |
| 04/08/2014 | 27 | 0 |
| 05/08/2014 | 26.6 | 0 |
| 06/08/2014 | 26.2 | 0.6 |
| 07/08/2014 | 22.1 | 3.8 |
| 08/08/2014 | 22.7 | 0.2 |
| 09/08/2014 | 23 | 1.8 |
| 10/08/2014 | 23.5 | 0 |
| 11/08/2014 | 26.1 | 0 |
| 12/08/2014 | 24.3 | 1.8 |
| 13/08/2014 | 24.2 | 6.8 |
| 14/08/2014 | 24.7 | 9.2 |
| 15/08/2014 | 23.9 | 0 |
| 16/08/2014 | 23.6 | 7.8 |
| 17/08/2014 | 25.5 | 0 |
| 18/08/2014 | 22.6 | 3.4 |
| 19/08/2014 | 22.5 | 3.4 |
| 20/08/2014 | 21.9 | 10.2 |
| 21/08/2014 | 23.6 | 0 |
| 22/08/2014 | 22.8 | 0.8 |
| 23/08/2014 | 23.6 | 0 |
| 24/08/2014 | 24 | 13.4 |
| 25/08/2014 | 22.3 | 21 |
| 26/08/2014 | 22.7 | 0.4 |
| 27/08/2014 | 24.3 | 0 |
| 28/08/2014 | 26.9 | 0 |
| 29/08/2014 | 26.7 | 0 |
| 30/08/2014 | 26.7 | 0 |
| 31/08/2014 | 26.9 | 0 |

Fuente: Elaboración propia

Además, se consideró los niveles de radiación solar a los que están expuestos en Sonora, encontrándose para los meses de junio, julio y agosto niveles que van desde 6 a 8.6 kWh/m² – Día. Estos niveles indican que se deben de adoptar medidas de protección como ropa de trabajo, crema de protección solar, sombrero, gafas, así como no salir en las horas centrales del día (econotecnia, 2015).

Riesgos ergonómicos. Para la evaluación de los riesgos ergonómicos, en ambas estaciones de trabajo, se utilizó el procedimiento conocido como método OWAS (Ovako Working Analysis System) y el cual se muestra en el anexo 1. En la tabla 19 se observan los datos obtenidos de esta evaluación.

Tabla 19. Evaluación de riesgos ergonómicos

| Número | Espalda | Brazo | Piernas | Carga | Frecuencia | % de frecuencia | Riesgo |
|--------|---------|-------|---------|-------|------------|-----------------|--------|
| 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 5 | 13.2 | 1 |
| 2 | 2 | 1 | 2 | 1 | 13 | 34.2 | 1 |
| 3 | 3 | 1 | 4 | 3 | 2 | 5.2 | 3 |
| 4 | 1 | 1 | 7 | 1 | 18 | 47.4 | 1 |

Fuente: Elaboración propia

En la tabla la columna referente a número, se refiere a las diferentes posturas detectadas en la estación, los valores de espalda, brazos, piernas y carga lo determina el método, la columna de frecuencia se refiere al número de veces que se detectó la postura durante el tiempo de evaluación (40-45 minutos), porcentaje de frecuencia y el de riesgo, lo determina la tabla del método.

Se encontró la postura de mayor riesgo (3), que corresponde a la espalda con giro, con los dos brazos abajo, en cuclillas con las dos piernas dobladas y cargando más de 20 kilos; sin embargo esta situación se presentó en dos ocasiones.

Riesgo psicosocial. Para evaluar el nivel del riesgo al que están expuestos los trabajadores, se aplicaron encuestas con el modelo Demanda-Control (DC) de Karasek, que es un cuestionario que evalúa el estrés laboral, en total se aplicaron 9 encuestas, teniendo como resultado la tabla 20.

Tabla 20. Resultados de la aplicación de encuestas para riesgo psicosocial

| Nivel de Estrés | Porcentaje |
|-----------------|------------|
| Muy bajo | 0% |
| Bajo | 45% |
| Alto | 33% |
| Muy alto | 22% |

Fuente: Elaboración propia.

Otros riesgos por caídas, cortaduras y raspones. Este riesgo fue evaluado según los accidentes e incidentes observados durante el periodo de estancia de investigación en la mina. En la tabla 21 se muestran los resultados obtenidos.

Tabla 21. Descripción de riesgos por caídas, cortaduras y raspones.

| Descripción | Se atendió con el médico | Se incapacitó |
|---|---------------------------------|----------------------|
| Se resbaló con la tierra, lo que provocó esguince del dedo anular | Si | Si |

Fuente: Elaboración propia.

Resultados de la evaluación de los riesgos ocupacionales. En la tabla 22 se muestra a manera de resumen la evaluación de los riesgos ocupacionales identificados en la mina Virgen del Carmen.

Tabla 22. Resumen de la evaluación de los riesgos ocupacionales.

| | |
|----------------------------------|---|
| Exposición a sustancias químicas | La información obtenida muestra potenciales daños a la salud |
| Radiación solar | Temperatura máxima 31.6°C y temperatura mínima de 21.9°C Niveles de 6 a 8.6 kWh/m ² – Día, promedio al año. |
| Posiciones incómodas | Una postura con riesgo 3 |
| Estrés | De las encuestas aplicadas para estrés laboral, se encontró que el 45% se encuentra en un estrés bajo, 33% en un estrés alto y 22% en un estrés muy alto. |
| Caídas, cortaduras y raspones | Se reportó un accidente en el periodo de observación |

Fuente: Elaboración propia.

Contaminación del medio ambiente. Para evaluar los riesgos de contaminación al medio ambiente, se utilizó la información contenida en las HDS de las sustancias que se manipulan en la mina para el proceso de extracción de oro y plata, ya que estas indican los daños al medio ambiente al entrar en contacto con el medio. Además se calcularon las cantidades de material utilizado, mismas que se muestran en la tabla 23.

Tabla 23. Cantidad de químicos utilizados diariamente.

| Químico | Cantidad diaria |
|---------------------|------------------------|
| NaCN | 150 kg |
| Zn | 20 kg |
| SiO ₂ | 36 kg |
| Ca(OH) ₂ | 300 kg |

Fuente: Elaboración propia.

Daños a la Biodiversidad. El daño a la biodiversidad fue evaluado según los incidentes con la fauna que presentaron durante el periodo de observación.

Tabla 24. Daños a la biodiversidad.

| Descripción | Qué se hizo |
|--|--|
| Dos incidentes con patos al área de piletas de lixiviación | Fueron ahuyentados por los trabajadores |
| Una tortuga se introdujo al área de pileta de lixiviación | Un trabajador con un traje impermeable se introdujo para sacar la tortuga. |

Fuente: Elaboración propia.

Resultados de la evaluación de los métodos de control. En este apartado se presenta la evaluación de controles de ingeniería, administrativos y la utilización de equipo de protección personal, obteniéndose los siguientes resultados.

Controles de ingeniería. En lo que respecta a la evaluación de controles de ingeniería, en base a la observación y cuestionamiento al responsable de la mina, se encontró que la mina no cuenta con controles de ingeniería, ya que no tiene ningún sistema de ventilación, ni tampoco un sistema cerrado para la manipulación de los materiales peligrosos.

Controles administrativos. En cuanto a controles administrativos, se pudo constatar que los trabajadores cuentan con un horario de trabajo de 8 horas al día, 6 días a la semana, los cuales se rotan dependiendo de los días de trabajo y descanso; también cuentan con un control a la hora de entrada y de salida; sin embargo, también pudo constatar que la mina no cuenta con un programa de riesgos escrito, ni hojas de seguridad disponibles. Asimismo, se detectó que las vías y rutas donde circulan los vehículos, no están señalizadas, tal y como lo establece la NOM-026-STPS-2008, referente a intersecciones, cambios de dirección y las pendientes pronunciadas.

Equipo de protección personal. Los trabajadores de la mina cuentan con equipo de protección personal disponible, consistente en casco, guantes, lentes, botas de seguridad, etc.; sin embargo, el trabajo realizado en la mina requiere de cubre bocas especiales para el manejo de sustancias químicas que no son con los que cuentan, de acuerdo a lo establecido en la Norma Oficial Mexicana, NOM-023-STPS-2012, Minas subterráneas y minas a cielo abierto - Condiciones de seguridad y salud en el trabajo.

Evaluación externa. Para este apartado, se realizó una revisión de los documentos que autorizan a la mina a operar en materia un programa de reubicación y manejo de especies de flora de importancia en la zona, programa de restauración y conservación de suelos, documento técnico unificado (Manifiesto de Impacto Ambiental), cambio de uso de suelo,

Responsable Técnico Forestal, de impacto ambiental, cambio de ubicación de patio y planeación de las etapas de la mina, todos ellos vigentes. La tabla 25, muestra el concentrado de los documentos con los que cuenta la mina, instancia que autoriza, así como la fecha de autorización.

Tabla 25. Evaluación externa

| Documento | Quien certifica | Fecha de autorización |
|---|-----------------|---|
| Programa de reubicación y manejo de especies de flora de importancia en la zona y programa de restauración y conservación de suelos | SEMARNAT | 30 de agosto 2012 |
| Documento técnico unificado MIA y CUS modalidad B particular | SEMARNAT | 11 años de vigencia a partir del 22 de junio 2012 |
| Responsable técnico forestal | SEMARNAT | 30 de agosto del 2012 |
| Cambio de ubicación de patio en MIA | SEMARNAT | 8 de noviembre 2012 |
| Planeación de las etapas de la mina | SEMARNAT | 2 de abril 2012 |

Fuente: Elaboración propia.

Informe La priorización de los elementos se hizo a través de los siguientes criterios:

- a) El riesgo a la salud del trabajador o al medio ambiente local, regional o global es de gran relevancia, en términos de magnitud, severidad del impacto, la duración y frecuencia del mismo o su probabilidad de ocurrencia.
- b) Está relacionado con cumplimiento de alguna regulación
- c) Puede ser controlado o tener influencia en su control por los miembros del equipo de sustentabilidad
- d) Relevancia para la empresa, por lo que en base a la experiencia y conocimiento del asesor externo, se ponderó cada riesgo ocupacional y ambiental desde una visión integral de los criterios antes mencionados. Si los riesgos son regulados se documentó con un "Si" y un "No" en caso contrario, para los demás se utilizó la escala numérica del 0 al 3, con los siguientes significados:

0 Nada 1 Poco 2 Regular 3 Demasiado

Cualquier riesgo ambiental u ocupacional que es regulado y que le sea asignado un valor positivo en el criterio b, automáticamente se consideró significativo y se le ponderó con el valor máximo de significancia (9). Si el riesgo ocupacional o ambiental no era regulado, se le asignó un valor por criterio restante a cada riesgo ambiental u ocupacional, sumando los tres valores para obtener el total. Los riesgos ocupacionales o ambientales con mayor puntuación, fueron los de mayor jerarquía. En el caso en que hubo empate, se priorizó el que tuvo mayor valor en los criterios; si el empate persistía, la mayor jerarquía se asignó al que tenía la mayor suma de los criterios de las tablas. En la tabla 26 la priorización de los riesgos ocupacionales en el proceso de extracción de oro y plata.

Tabla 26. Priorización de los riesgos ocupacionales

| Elemento a priorizar | Criterios de Evaluación | | | | Significancia |
|---|----------------------------|-------------------------------------|--------------------------------|----------------------------|---------------|
| | Tipo de Riesgo Ocupacional | Cumplimiento con alguna legislación | Influencia para ser controlado | Relevancia para la Empresa | |
| Exposición a ruido | Riesgo Físico | Si | 3 | 3 | 6 |
| Exposición a radiación solar | Riesgo Físico | No | 2 | 3 | 5 |
| Posiciones incómodas | Riesgo Físico | No | 3 | 2 | 5 |
| Exposición a sufrir cortaduras, golpes y quemaduras | Otros Riesgos | No | 3 | 2 | 5 |
| Exposición a polvo con restos de químicos | Riesgo Químico | Si | 2 | 2 | 9 |
| Exposición a emisiones de productos químicos | Riesgo Químico | Si | 2 | 2 | 9 |
| Estrés | Riesgo Psicosocial | No | 2 | 2 | 4 |

Fuente: Elaboración propia.

En la tabla 27, se observan los resultados obtenidos para los riesgos ocupacionales por nivel de significancia.

Tabla 27. Resultados obtenidos para riesgos ocupacionales por nivel de significancia

| Riesgo Ocupacional | Descripción | Nivel de Significancia |
|--------------------|---|------------------------|
| Químico | Exposición a emisiones de productos químicos | 9 |
| Químico | Exposición a polvo con restos de químicos | 9 |
| Físico | Exposición a radiación solar | 5 |
| Físico | Posiciones incómodas | 5 |
| Otros riesgos | Exposición a sufrir cortaduras, golpes y quemaduras | 5 |
| Psicosocial | Estrés | 4 |

Fuente: Elaboración propia.

En la tabla 28 se muestran la priorización de los riesgos ambientales en el proceso de extracción de oro y plata

Tabla 28. Priorización de los riesgos ambientales

| Elemento a priorizar | Criterios de Evaluación | | | | Significancia |
|---|-------------------------|-------------------------------------|--------------------------------|----------------------------|---------------|
| | Riesgo Ambiental | Cumplimiento con alguna Legislación | Influencia para ser controlado | Relevancia para la Empresa | |
| Agua con sustancias químicas | Contaminación agua | No | 3 | 3 | 9 |
| Derrame de químicos combustibles | Contaminación suelo | No | 3 | 2 | 5 |
| Generación de polvos y vapores con restos de químicos | Contaminación de aire | No | 2 | 2 | 4 |
| Afectaciones a la flora y fauna | Biodiversidad | No | 2 | 2 | 4 |

Fuente: Elaboración propia.

Asimismo, en la tabla 29, se muestran los riesgos ambientales ordenados por nivel de significancia.

Tabla 29. Resultados obtenidos para la priorización de los riesgos ambientales

| Riesgo Ambiental | Descripción | Nivel de Significancia |
|------------------|---|------------------------|
| Agua | Agua con sustancias químicas | 9 |
| Suelo | Derrame de químicos y combustibles | 5 |
| Aire | Generación de polvos y vapores con restos de químicos | 4 |
| Biodiversidad | Afectaciones a la flora y fauna | 4 |

Fuente: Elaboración propia.

6.2.2.3 Establecimiento de objetivos y metas. Para pasar a la siguiente etapa, correspondiente al establecimiento de objetivos y metas, el equipo de sustentabilidad decidió que en la primera iteración del programa, los objetivos y metas se enfocaran a prevenir, y/o reducir los riesgos ocupacionales y ambientales derivados del uso de sustancias químicas. Por otra parte, el manejo de éste tipo de sustancias, en los centros de trabajo, implican el cumplimiento de alguna normatividad derivada de la Ley Federal del Trabajo (LFT) en la parte ocupacional o de la Ley General Equilibrio Ecológico y Protección Ambiental (LGEEPA) en términos ambientales, por lo que los objetivos y metas, quedaron como sigue:

Objetivo 1. Incrementar la capacidad de los trabajadores en aspectos ocupacionales y ambientales.

Meta 1.1. Capacitar al 100% de los trabajadores sobre tópicos ocupacionales y ambientales relacionados con sus actividades.

Objetivo 2. Prevenir y/o reducir los riesgos ocupacionales y ambientales generados por el manejo de sustancias químicas.

Meta 2.1. Transportar el 100% de las sustancias químicas en formas menos riesgosas a la salud y al medio ambiente.

Meta 2.2. El 100% de las sustancias químicas de la mina deberán contar con hojas de seguridad.

Meta 2.3. Establecer un área exclusiva para el almacenamiento de sustancias peligrosas.

Meta 2.4. Contar con un área de trabajo limpia y segura

Meta 2.5. Utilizar tecnología y equipo de protección personal recomendado por NIOSH en el 100% de las operaciones que impliquen el uso de sustancias peligrosas

Meta 2.6 Diseñar e implementar un plan de contingencias.

Objetivo 3. Prevenir y/o reducir los riesgos ocupacionales y ambientales derivados de la disposición final de los materiales peligrosos.

Meta 3.1 Realizar un manejo adecuado del 100% de los residuos sólidos generados.

Meta 3.2 Contar con una pileta de emergencia

Meta 3.3 Cambiar el sistema de riego por aspersión a sistema de riego por goteo.

Objetivo 4. Prevenir y/o reducir los riesgos ocupacionales físicos

Meta 4.1 El 100% de los trabajadores deberán utilizar el equipo de protección personal recomendado por NIOSH.

6.2.2.4 Opciones de sustentabilidad. En esta fase del programa, se formularon los diagramas de causa-efecto para cada uno de los riesgos ocupacionales y ambientales identificados en el proceso, a fin de identificar aquellos elementos que podrían ser los causantes de los riesgos, obteniéndose los siguientes resultados:

a) **Causa de los riesgos ocupacionales**

Riesgo ocupacional químico. La figura 9 se muestra el diagrama causa-efecto del riesgo ocupacional químico, mismo que contiene seis espinas: tecnología, recurso humano, área de trabajo, administración, operaciones y materiales.



Figura 9. Diagrama de Ishikawa del riesgo químico.

Elaboración propia.

La primera espina se refiere a tecnología, en este caso, se requiere de una mayor protección al llevar a cabo esta actividad, ya que es de forma manual, por lo que se requiere de equipo de respiración. La espina correspondiente al recurso humano, señala la falta de capacitación y toma de conciencia sobre los efectos a la salud y al ambiente derivados de la manipulación y exposición a sustancias tóxicas como el cianuro, el zinc, entre otras que son nocivas para la salud. En cuanto al área de trabajo se observa una falta de orden y que no hay un área específica para el manejo de sustancias químicas.

La espina, referente a la administración encontró que a pesar de trabajar con productos químicos peligrosos, el establecimiento no cuenta con programas de riesgos escritos, el dueño o administrador carece de conocimiento sobre legislación ocupacional y ambiental aplicable al negocio.

En el caso de las operaciones se encontró que aunque se realizan actividades riesgosas, los trabajadores no siempre usan el equipo de protección personal. En la espina de materiales se encontró que se utilizan materiales tóxicos de los cuales no se cuenta con hojas de seguridad y en ocasiones estas sustancias no se encuentran debidamente etiquetadas o almacenadas. La tabla 30, muestra el concentrado de los resultados obtenidos en el diagrama de causa efecto para exposición a sustancias químicas.

Tabla 30. Resultados del diagrama de Ishikawa para riesgo químico

| RIESGO QUÍMICO | |
|-----------------|---|
| FACTOR | DESCRIPCION DEL FACTOR |
| Tecnología | No cuentan con equipo moderno |
| Recurso humano | No cuentan con capacitación sobre temas ambientales y ocupacionales |
| Área de trabajo | Desorden en el área de trabajo No hay un área específica para el manejo de sustancias. |
| Administración | No cuentan con plan de contingencias Se requiere de capacitación sobre legislación ambiental y ocupacional |
| Operaciones | Actividades riesgosas en el manejo de sustancias En ocasiones no usan el EPP |
| Materiales | Materiales tóxicos No cuentan con hojas de seguridad No hay un control correcto de almacenaje. |

Elaboración propia.

Riesgo físico por radiación solar. Para conocer las causas de los riesgos de exposición a temperaturas extremas se formuló el diagrama de la siguiente figura donde se identificó la espina sobre área de trabajo, concluyéndose que el problema radica en que el trabajo se realiza a la intemperie y no se cuenta con ventilación artificial para mitigar el calor ni paredes en el caso del frío. En la figura 10, se muestra el diagrama de Ishikawa para riesgo por radiación solar.

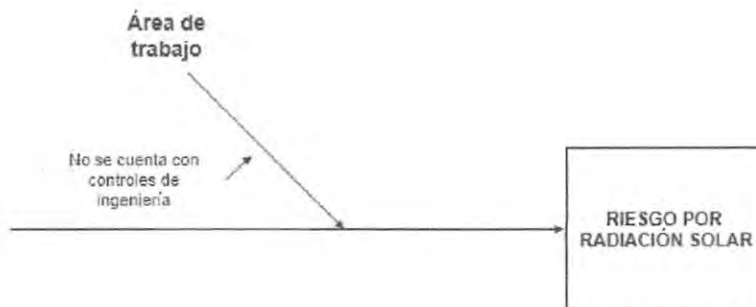


Figura 10. Diagrama de Ishikawa del riesgo por radiación solar.

Fuente: Elaboración propia.

A continuación se puede observar en la tabla 31 los resultados obtenidos para riesgo por radiación solar

Tabla 31. Resultados del diagrama de Ishikawa para riesgo físico.

| RIESGO FISICO POR RADIACIÓN SOLAR | |
|-----------------------------------|----------------------------------|
| FACTOR | DESCRIPCION DEL FACTOR |
| Área de trabajo | Falta de controles de ingeniería |

Fuente: Elaboración propia.

Riesgos ergonómicos. En la figura 11 se muestran las causas potenciales de los riesgos ergonómicos, en el cual la espina sobre tecnología identificó como causa del riesgo la utilización de herramientas en mal estado o improvisadas para realizar las operaciones. Por otro lado, durante las operaciones y actividades del proceso se requiere levantar equipos pesados, lo cual se efectúa sin equipo de protección personal. En el caso de recursos humanos hace falta capacitaciones sobre las consecuencias de trabajar en posiciones incómodas.

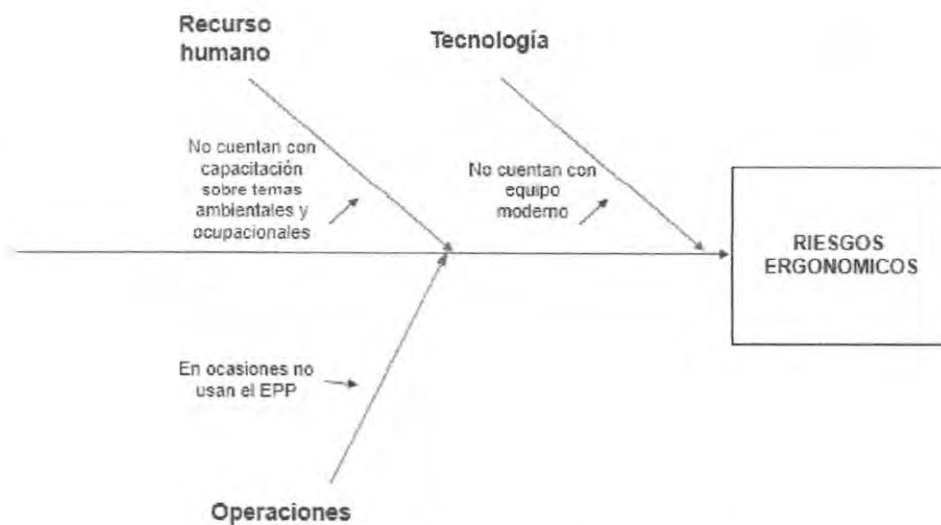


Figura 11. Diagrama de Ishikawa del riesgo ergonómico.

Fuente:

Elaboración propia.

En la tabla 32 pueden observarse los resultados obtenidos del diagrama de causa y efecto para los riesgos ergonómicos

Tabla 32. Resultados del diagrama de Ishikawa para riesgo ergonómico

| RIESGO ERGONOMICOS | |
|--------------------|---|
| FACTOR | DESCRIPCION DEL FACTOR |
| Tecnología | No cuentan con equipo moderno |
| Recurso humano | No cuentan con capacitación sobre temas ambientales y ocupacionales |
| Operaciones | En ocasiones no usan el EPP |

Fuente: Elaboración propia.

Riesgos psicosociales. En el diagrama de causa y efecto para riesgos psicosociales se encontró en la espina de área de trabajo que la mina se encuentra en un sitio lejano al de la residencia de los trabajadores y en la espina de administración es la saturación de los horarios de trabajo. En la figura 12 se muestra el diagrama causa efecto para riesgo psicosociales.

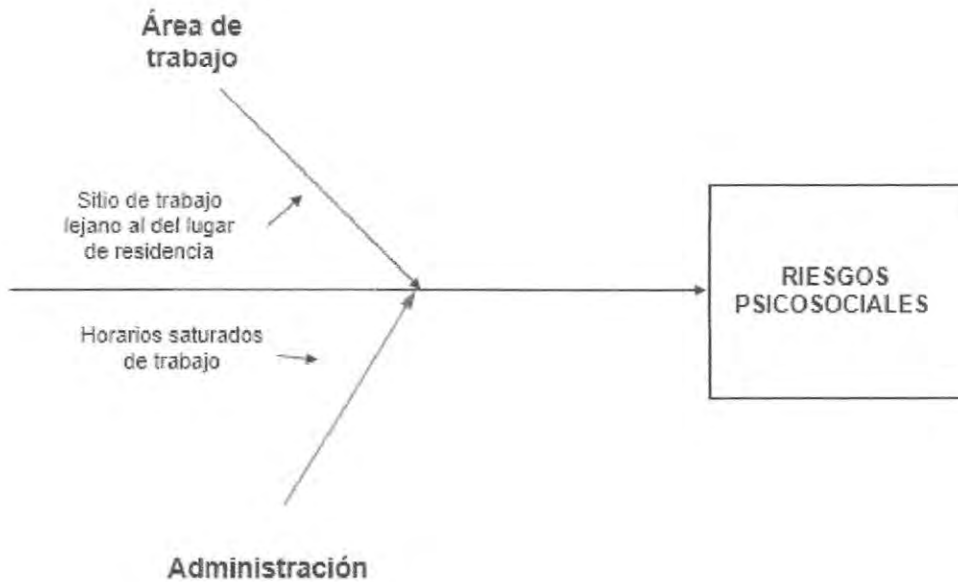


Figura 12. Resultados del diagrama de Ishikawa del riesgo psicosocial.

Fuente: Elaboración propia.

La tabla 33, muestra los resultados obtenidos del diagrama de causa y efecto para riesgos psicosociales.

Tabla 33. Resultados del diagrama de Ishikawa para riesgo psicosocial

| RIESGOS PSICOSOCIALES | |
|-----------------------|--|
| FACTOR | DESCRIPCION DEL FACTOR |
| Área de trabajo | Sitio de trabajo lejano al lugar de residencia de los trabajadores |
| Administración | Horarios saturados de trabajo |

Fuente: Elaboración propia

Otros riesgos por caídas y derrumbes. En la figura 13, se muestra el diagrama de causa efecto se muestra como el riesgo físico por caídas y derrumbes se relaciona con el área de trabajo, esto debido a que las actividades se realizan a la intemperie y en ocasiones se encuentran en lugares de difícil acceso con riesgo de derrumbe.



Figura 13. Diagrama de Ishikawa de otros riesgos.

Fuente: Elaboración propia.

R-T/50,032

En la tabla 34 se observan los resultados obtenidos para otros riesgos por caídas y derrumbes.

Tabla 34. Resultados del diagrama de Ishikawa para otros riesgos

| OTROS RIESGOS POR CAIDAS Y DERRUMBES | |
|--------------------------------------|--|
| FACTOR | DESCRIPCION DEL FACTOR |
| Área de trabajo | No cuentan con controles de ingeniería |

Fuente: Elaboración propia

b) Causa de los riesgos ambientales

Agua. En la figura 14, se muestra el diagrama causa efecto de las potenciales causas de contaminación al agua, el cual contiene cuatro espinas: área de trabajo, recurso humano, operaciones, administración y materiales.



Figura 14. Diagrama de Ishikawa del riesgo por contaminación de agua.

Fuente: Elaboración propia

En cuanto la espina de recurso humano, se requiere de capacitación al personal, donde se les informe del cuidado de este valioso recurso y de los posibles problemas que causa la contaminación del agua en caso de una inadecuada disposición de residuos con restos de químicos. Para el área de trabajo, se debe contar con sistemas de recolección de aguas residuales en caso de una posible fuga para evitar que estos contaminantes lleguen a los mantos acuíferos. En operaciones no existen métodos para el manejo de residuos líquidos

considerando que estos son potencialmente tóxicos. Además hace falta un plan por escrito de prevención de la contaminación del agua, así como que hacer en caso de contingencias.

En la tabla 35, que se presenta a continuación se muestran los resultados obtenidos del diagrama de Ishikawa para contaminación del agua.

Tabla 35. Resultados del diagrama de Ishikawa para riesgo de contaminación de agua

| CONTAMINACION DE AGUA | |
|------------------------------|--|
| FACTOR | DESCRIPCION DEL FACTOR |
| Área de Trabajo | No hay controles de ingeniería. |
| Recurso Humano | No cuentan con capacitación sobre temas ambientales y ocupacionales. |
| Administración | No se cuenta con plan de prevención de la contaminación del agua. Plan de Contingencias. |
| Operaciones | Métodos riesgosos en el manejo de sustancias. |
| Materiales | Materiales Tóxicos. No cuentan con hojas de seguridad. No hay un control correcto de almacenaje. |

Fuente: Elaboración propia

Suelo. En la figura 15, se muestra el diagrama de Ishikawa que presenta los posibles riesgos ambientales por contaminación de suelo, en donde se determinó que uno de los factores es el recurso humano, esto debido a la falta de capacitación de los temas ambientales y del cuidado del suelo, además de que en la espina de área de trabajo hacen falta controles de ingeniería que permitan una adecuada disposición de los residuos sólidos.



Figura 15. Diagrama de Ishikawa del riesgo de contaminación del suelo.

Fuente: Elaboración propia.

En la espina de administración se requiere de capacitación a los trabajadores sobre el manejo adecuado de residuos sólidos tanto peligrosos como no peligrosos, problemas derivados de una mala disposición de estos, legislación aplicable, así como un control de las cantidades que se generan. En la espina de operaciones se observó que el almacenaje inadecuado favorece a derrames.

En la tabla 36 se muestran los resultados obtenidos de la evaluación de los riesgos de contaminación al suelo.

Tabla 36. Resultados obtenidos del diagrama de Ishikawa para riesgo de contaminación del suelo.

| CONTAMINACION DEL SUELO | |
|-------------------------|--|
| FACTOR | DESCRIPCION DEL FACTOR |
| Área de trabajo | No hay controles de ingeniería. |
| Recursos Humanos | No cuentan con capacitación sobre temas ambientales y ocupacionales. |
| Administración | No se cuenta con plan de prevención de la contaminación del suelo. Plan de Contingencias. |
| Operaciones | Métodos riesgosos en el manejo de sustancias. |
| Materiales | Materiales Tóxicos. |

Fuente: Elaboración propia.

Aire. En la figura 16, se muestra el diagrama causa efecto de las espinas encontradas en cuanto a la contaminación del medio ambiente, en este caso del aire, en donde se encontraron cinco espinas que son: recurso humano, área de trabajo, operaciones, administración y materiales.



Figura 16. Diagrama de Ishikawa del riesgo de contaminación de aire.

Fuente: Elaboración propia.

En cuanto a recurso humano se detectó como causa el hecho de que el personal que labora en el establecimiento necesita capacitación sobre los temas ambientales y ocupacionales, sobre todo de las consecuencias a su salud y al medio ambiente derivados de sus actividades. En la espina de área de trabajo no se cuenta con controles de ingeniería para prevenir estas emisiones. La espina de materiales y la de operaciones se atribuye al hecho de manejar sustancias tóxicas para el medio ambiente. La espina de administración es debido a que no se cuenta con un programa de riesgos que contribuya a prevenir y/o reducir las emisiones al medio ambiente. En la tabla 37 se pueden observar los resultados obtenidos para contaminación de aire.

Tabla 37. Resultados del diagrama de Ishikawa para riesgo de contaminación de aire

| CONTAMINACION DEL AIRE | |
|------------------------|---|
| FACTOR | DESCRIPCION DEL FACTOR |
| Área de trabajo | No hay controles de ingeniería. |
| Recursos Humanos | No cuentan con capacitación sobre temas ambientales y ocupacionales. |
| Administración | No se cuenta con plan de prevención de la contaminación del aire. Plan de Contingencias. |
| Operaciones | Métodos riesgosos en el manejo de sustancias. |
| Materiales | Materiales Tóxicos. |

Fuente: Elaboración propia.

Biodiversidad. En la figura 17, se muestra el diagrama, donde las espinas identificadas en cuanto a daños a la biodiversidad. Para la espina de recurso humano se detectó la falta de capacitación mostrando la importancia del cuidado de la flora y la fauna, la espina de tecnología es por la falta de equipos que ahuyenten a la fauna presente en el sitio de trabajo. La espina de área de trabajo es porque no se cuenta con controles de ingeniería para el cuidado de la biodiversidad.

En cuanto a la espina de materiales por el uso de sustancias que les causan efectos adversos a la flora y a la fauna. Las operaciones por que se generan acciones que son posibles causantes de daños a la biodiversidad presente. La espina de administración porque no existe algún programa para el cuidado de la biodiversidad.



Figura 17. Diagrama de Ishikawa del riesgo de daños a la biodiversidad.

Fuente: Elaboración propia.

En la tabla 38 que se observa a continuación se presentan los resultados obtenidos del diagrama de Ishikawa para daños a la biodiversidad.

Tabla 38. Resultados del diagrama de Ishikawa para riesgo de daños a la biodiversidad.

| DAÑOS A LA BIODIVERSIDAD | |
|--------------------------|--|
| FACTOR | DESCRIPCION DEL FACTOR |
| Área de trabajo | No hay controles de ingeniería. |
| Recursos Humanos | No cuentan con capacitación sobre temas ambientales y ocupacionales. |
| Tecnología | Equipo para ahuyentar a la fauna presente. |
| Administración | Se requiere de programa de protección a la biodiversidad. Se requiere capacitación sobre legislación ambiental y ocupacional. |
| Operaciones | Actividades riesgosas para la biodiversidad. |
| Materiales | Materiales Tóxicos. |

Fuente: Elaboración propia

Identificación de las opciones. Para la propuesta de opciones de solución se eligieron las causas identificadas en los diagramas de Ishikawa que estuvieran relacionadas con los objetivos y metas del programa. Debido a que la causa atribuible al recurso humano se repetía en todos los riesgos, el equipo optó por proponer como alternativa un plan maestro de capacitación. Para el resto de las causas se propusieron alternativas por riesgo, como se muestra a continuación.

Riesgo ocupacional químico. De acuerdo a la tabla de identificación de los riesgos químicos (Tabla 30), se propusieron alternativas para los factores de tecnología, recurso humano, área de trabajo, administración, operaciones y materiales.

Tecnología.

Alternativa 1. Utilizar un sistema cerrado para la aplicación de químicos.

Alternativa 2. Utilizar equipo especial para el manejo de químicos.

Alternativa 3. Cambiar el sistema de riego.

Área de trabajo.

Alternativa 1. Aplicar la herramienta 5's

Administración

Alternativa 1. Elaborar un plan de contingencias.

Materiales.

Alternativa 1. Sustitución de productos.

Alternativa 2. Hojas de seguridad disponibles en la mina.

Alternativa 3. Tener un almacenamiento adecuado para las sustancias químicas.

Operaciones.

Alternativa 1. Uso de equipo de protección personal recomendado por la NIOSH y por la STPS.

Contaminación ambiental del agua. Se propusieron alternativas en cuanto la contaminación ambiental del agua para los factores de materiales, administración y tecnología, lo anterior en base a la tabla 35.

Tecnología.

Alternativa 1. Instalar una pileta de emergencia en caso de lluvias extremas.

Alternativa 2. Transportar en briquets el cianuro

Administración

Alternativa 1. Elaborar un plan de contingencias.

Materiales.

Alternativa 1. Sustitución de productos.

Alternativa 2. Hojas de seguridad disponibles en la mina.

Alternativa 3. Tener un almacenamiento adecuado para las sustancias químicas.

Riesgo ambiental por contaminación del aire. Se propuso soluciones para el factor de operaciones y tecnología, en base a la tabla 37 de contaminación del aire.

Tecnología.

Alternativa 1. Cambiar el sistema de riego a riesgo por goteo.

Operaciones.

Alternativa 1. Modificar la forma de agregar los químicos en el proceso de lixiviación.

Riesgo ambiental por contaminación del suelo. Para el riesgo ambiental de contaminación del suelo se propusieron medidas para los factores de operaciones y materiales (Tabla 36).

Materiales.

Alternativa 1. Separar los residuos peligrosos (todos aquellos que puedan tener restos de químicos)

Alternativa 2. Separar los residuos no peligrosos.

Administración.

Alternativa 1. Contratar los servicios de una empresa especializada en el manejo integral de residuos peligrosos.

Selección y evaluación de las Opciones. A continuación se presentan las opciones para cada una de las alternativas propuestas, relacionada con su respectiva meta.

Meta 1.1 Capacitar al 100% de los trabajadores sobre tópicos ocupacionales y ambientales relacionados con sus actividades.

(A1) Plan de capacitación sobre salud ocupacional y medio ambiente. El plan consta de charlas de 5 minutos al día y consiste en informar a los trabajadores sobre los riesgos a los que se encuentran expuestos y la forma de mitigarlos o bien evitarlos, además tópicos del medio ambiente y sus medidas de mitigación. El plan de capacitación no tiene costo, ya que el asesor externo será responsable de impartirlos.

Costo: \$0.00

Meta 2.1. Transportar el 100% de las sustancias químicas en formas menos riesgosas a la salud y al medio ambiente.

(A2). Transportar el cianuro de sodio (NaCN) en briquets. La empresa explosivos y equipos del noroeste S. A de C.V. transporta el cianuro en briquets, el cual no tiene costo extra, y reduce los problemas de contaminación en caso de derrame.

Costo: \$0.00

Meta 2.2. El 100% de las sustancias químicas de la mina deberán contar con hojas de seguridad.

(A3) Como lo establece la NOM-018-STPS-2000 todos los centros de trabajo deben tener las HDS de las sustancias químicas que manejen o produzcan. Estas serán solicitadas a los proveedores; de no ser posible, serán tomadas de fuentes electrónicas o impresas.

La información debe ser confiable a fin de que su uso normal reditúe en una atención adecuada para el cuidado de la vida y la salud humana o para controlar la emergencia. La HDS debe ser revisada y/o actualizada en un período no mayor de un año.

Costo: \$0.00

Meta 2.3. Establecer un área exclusiva para el almacenamiento de sustancias peligrosas.

(A4) Construir un almacén con las características adecuadas para el almacenaje de sustancias químicas. La LEY GENERAL PARA LA PREVENCIÓN Y GESTIÓN INTEGRAL DE LOS RESIDUOS (LGPGIR) indica que un almacén de sustancias químicas debe de tener como objetivo la prevención de la generación de lixiviados y su infiltración en los suelos, el arrastre por el agua de lluvia o por el viento de dichos residuos, incendios, explosiones y acumulación de vapores tóxicos, fugas o derrames.

Costo: Se incluye en el salario

Meta 2.4. Contar con un área de trabajo limpia y segura

(A5) Aplicar la herramienta 5's.

Para lograr y mantener un área de trabajo limpia, ordenada y segura se sugiere aplicar las conocidas 5 S: Clasificar (Seiro), Organizar (Seinton), Limpiar (Seiso), Estandarizar (Seiketsu) y Disciplina (Shitsuke). Es una técnica que se aplica en todo el mundo con excelentes resultados por su sencillez y efectividad.

Clasificación. El primer paso es eliminar todo aquello que se encuentre en las diferentes áreas de trabajo y ya no vaya a ser utilizado. La técnica es tan sencilla como identificar dos categorías -lo necesario y lo innecesario- y eliminar o erradicar esto último. Muchos de los residuos pueden ser reusados o reciclados a través de algún negocio dedicado a estas actividades, beneficiándose así la limpieza, recuperándose un espacio valioso y reduciéndose la contaminación, y todo ello puede incluso generar un ingreso económico.

Organizar. Una vez que se ha llevado a cabo la clasificación y todos los materiales innecesarios se han retirado del lugar de trabajo, los artículos que quedan en el lugar de trabajo, deben organizarse y ordenarse en el área de trabajo. Esto minimizará el tiempo de búsqueda y el esfuerzo. Para conseguir esto, debe designarse un lugar para cada cosa: herramientas, materiales, equipo, etc.

Limpieza. Para lograr un espacio de trabajo seguro es necesario limpiarlo y mantenerlo así, esto incluye el equipo y las herramientas. Una forma de llevar esto a cabo es invitando a los trabajadores de que al término de las labores del día, cada uno se haga responsable de mantener su área de trabajo limpia.

Estandarizar. El siguiente paso es mantener la limpieza del personal a través del uso de ropa de trabajo adecuada, elementos de protección, así como, conservar el entorno de trabajo saludable y limpio.

Disciplina. Las personas que se habitúan a clasificar, organizar, limpiar y estandarizar logran la autodisciplina. Las 5'S pueden considerarse como una filosofía, una forma de vida en nuestro trabajo diario.

Costo: Se determinó que es obligación de los trabajadores tener un área limpia y segura, por lo que se incluye en el salario.

Meta 2.5 Diseñar e implementar un plan de contingencias.

(A6) El objetivo del plan de contingencias es prevenir o minimizar los efectos locales de las emergencias de los trabajadores y, en lo posible, de las comunidades aledañas a través de la disposición y uso del personal, equipos e instalaciones.

La Secretaría del Trabajo y Previsión Social (STPS) de México, establece en la NOM.005-STPS-1998 que las empresas que manipulen sustancias químicas peligrosas deben de disponer de instalaciones, equipo o materiales para contener las sustancias químicas peligrosas.

Costo: \$4,500.00 (Cotizado por SOS Gestión Ambiental).

Meta 3.1 Realizar un manejo adecuado del 100% de los residuos sólidos generados.

(A7) Para esta meta se contrata el servicio de recolección con la empresa GEN (Manejo Integral de Residuos). Contrato: \$800.00 mensuales para la cantidad de menos de 100 kilos de residuos peligrosos al mes. En caso de aumentar la cantidad de residuos generados se hará el ajuste correspondiente en la facturación mensual.

Meta 3.2 Contar con una pileta de emergencia

(A8) Se deberá construir una pileta de emergencias en caso de lluvia torrencial o de algún derrame.

Costo: 280,000

Meta 3.3 Cambiar el sistema de riesgo de aspersión a sistema por goteo

(A9) El sistema de goteo significa un ahorro del recurso hídrico, además se evita la volatilización de las sustancias químicas que transporta el sistema de riego. El sistema de riego por cotizado por personal de la Mina.

Costo: 55,000.

En la tabla 39, se muestran las alternativas, descripción de las alternativas, costo, así como los beneficios de implementarlas.

Tabla 39. Alternativas, descripción de las alternativas, costo, así como los beneficios de implementarlas

| Alternativa | Descripción | Costo | Normatividad aplicable | Beneficios |
|-------------|---|--|------------------------|---------------------------------------|
| A1 | Plan de capacitación a trabajadores | 0.0 | NOM- 005- STPS-1998 | Desarrollo de capacidades |
| A2 | Transporte de sustancias químicas | 0.0 | NOM-003-SCT2-2000 | Reducción de contaminación |
| A3 | Hojas de seguridad de las sustancias químicas | 0.0 | NOM-018-STPS-2000 | Aumento de concientización |
| A4 | Almacenamiento de sustancias químicas | Se incluye en el salario | NOM-05-STPS-2014 | Prevención de derrames y/o accidentes |
| A5 | Área de trabajo limpia y segura | Se incluye en el salario | NOM- 002-STPS-2000 | Prevención de accidentes |
| A6 | Plan de contingencias | \$4,500.00 | NOM- 002-STPS-2000 | Prevención de accidentes |
| A7 | Manejo de residuos sólidos | \$800.00 mensuales para menos de 100 kilos | NOM-052-SEMARNAT-2005 | Reducción de la contaminación |
| A8 | Pileta de emergencia | 280,000 | NOM-023-STPS-2012 | Prevención de la contaminación |
| A9 | Sistema de riego por goteo | 55,000 | NOM-023-STPS-2012 | Prevención de la contaminación |

Fuente: Elaboración propia

6.2.2.5 Plan de Servicios Sustentables. Esta sección enlista los objetivos, metas y alternativas ya seleccionadas y que fueron implementadas en la mina con el propósito de facilitar el entendimiento, los datos se presentan en orden secuencial y evitando la repetición de los objetivos.

Objetivo 1. Incrementar la capacidad de los trabajadores en aspectos ocupacionales y ambientales.

Meta 1.1. Capacitar al 100% de los trabajadores sobre tópicos ocupacionales y ambientales relacionados con sus actividades.

Alternativa. Plan de capacitación.

Descripción. Solicitar por escrito ante una institución de educación superior la impartición de los cursos de capacitación de manera gratuita.

Objetivo 2. Prevenir y/o reducir los riesgos ocupacionales y ambientales generados por el manejo de sustancias químicas.

Meta 2.1. Transportar el 100% de las sustancias químicas en formas menos riesgosas a la salud y al medio ambiente.

Alternativa. Transportar en briquets el cianuro

Descripción. Se le solicita a la empresa proveedora el cambio del manejo del cianuro de sodio de líquido a sólido.

Meta 2.2. El 100% de las sustancias químicas de la mina deberán contar con hojas de seguridad

Alternativa Hojas de seguridad disponibles en la mina.

Descripción. Se le solicita a la empresa proveedora las hojas de seguridad.

Meta 2.3. Establecer un área exclusiva para el almacenamiento de sustancias peligrosas.

Alternativa. Tener un almacenamiento adecuado para las sustancias químicas.

Descripción. Contar con un almacén de sustancias químicas de acuerdo a la normatividad vigente.

Meta 2.4. Contar con un área de trabajo limpia y segura

Alternativa. Aplicar la herramienta 5's

Descripción. Se informará a los trabajadores de que se trata y como se van a programar estas actividades.

Meta 2.5 Diseñar e implementar un plan de contingencias.

Alternativa. Elaborar un plan de contingencias.

Descripción. Se elaborarán planes de contingencias a manera de que los trabajadores estén informados de cómo deben actuar en caso de contingencia.

Objetivo 3. Prevenir y/o reducir los riesgos ocupacionales y ambientales derivados de la disposición final de los materiales peligrosos.

Meta 3.1 Realizar un manejo adecuado del 100% de los residuos sólidos generados.

Alternativa. Separar los residuos peligrosos y no peligrosos.

Descripción. Se hará una separación de todos aquellos materiales que contengan restos de químicos, es decir, peligrosos de aquellos materiales que no sean peligrosos.

Meta 3.2 Contar con una pileta de emergencia

Alternativa. Instalar una pileta de emergencia en caso de lluvias extremas.

Descripción. Se construirá una pileta de emergencia que cumpla con la normatividad vigente y con las necesidades de la mina.

Meta 3.3 Cambiar el sistema de riego por aspersion a sistema de riego por goteo

Alternativa. Cambiar el sistema de riego.

Descripción. Cambiar el sistema de riego a riego por goteo lo cual permitirá ahorrar agua y reducir el riesgo de volatilización de químicos.

6.2.3 Etapa 3: Implementación y monitoreo

La implementación de la primera iteración dentro del ciclo de mejora continua arrojó diferentes resultados que nos permiten entender el proceso para avanzar la sustentabilidad en cada de ellas, pero lo más importante, es que los resultados permiten confirmar que el programa cumple para lo que fue diseñado y por lo mismo confirma su importancia para lograr prevenir, reducir y/o eliminar los riesgos ocupacionales y ambientales generados por las actividades de la mina Virgen del Carmen.

La implementación de las alternativas, implica inversión de tiempo y recursos económicos, por lo que utilizar un diagrama de Gantt permitió planificar las actividades necesarias para

aplicarlas. Por otra parte, el gráfico mostrado en la tabla 40, permitió visualizar el avance de la implementación y favoreció la comunicación entre el personal involucrado en las actividades, sobre las acciones y tiempos para realizarlas.

Tabla 40. Organización de actividades del programa de servicios sustentables

| Alternativa | Mayo 2014 | Junio 2014 | Julio 2014 | Agosto 2014 | Septiembre 2014 | Octubre 2014 |
|---|-----------|------------|------------|-------------|-----------------|--------------|
| Plan de capacitación | | | | | | |
| Transporte de sustancias químicas | | | | | | |
| Hojas de seguridad de las sustancias químicas | | | | | | |
| Área de trabajo limpia y segura | | | | | | |
| Plan de contingencias | | | | | | |
| Equipo de protección personal | | | | | | |
| Pileta de emergencia | | | | | | |
| Sistema de riego por goteo | | | | | | |

Fuente: Elaboración propia

A continuación se muestran los resultados obtenidos de la implementación de cada una de las alternativas en la mina.

Para el plan de capacitación se optó por programa con pláticas de seguridad de 5 minutos diarios a fin de no interferir en el horario de los trabajadores ni en el proceso de producción. Este programa se entregó a personal de la mina, de forma que un encargado este proporcionándolas por las mañanas antes de comenzar labores. Los temas abordados, así como la semana en que fueron impartidos, se muestran en la tabla 41.

Tabla 41. Gráfica de Gantt para la implementación del plan de capacitación.

| Plan de implementación | Mayo | Junio | Julio | Agosto | Septiembre | Octubre |
|--|------|-------|-------|--------|------------|---------|
| Alternativa | | | | | | |
| Plan de capacitación | | | | | | |
| Actividades | | | | | | |
| Peligros, riesgos, actos y condiciones inseguras | | | | | | |
| Incidentes y accidentes | | | | | | |
| Reglas de seguridad y cero tolerancia | | | | | | |
| Ecología | | | | | | |
| Reubicación de especies | | | | | | |
| Equipo de protección personal | | | | | | |
| Prevención de accidentes | | | | | | |
| Cianuro de sodio | | | | | | |

| | | | | | | |
|--|--|--|--|--|--|--|
| Manejo de materiales peligrosos | | | | | | |
| Procedimiento en caso de derrames químicos | | | | | | |

Fuente: Elaboración propia

En cuanto a la alternativa de transporte de sustancias químicas, se les solicitó a los proveedores que transportaran el cianuro de sodio en briquets, ya que esta forma es más segura en caso de derrame.

Tabla 42. Gráfico de Gantt de implementación de la alternativa de transporte de sustancias químicas

| Plan de implementación | Mayo | Junio | Julio | Agosto | Septiembre | Octubre |
|---|------|-------|-------|--------|------------|---------|
| Alternativa | | | | | | |
| Transporte de sustancias químicas | | | | | | |
| Actividades | | | | | | |
| Transporte en Briquets del cianuro de sodio | | | | | | |

Fuente: Elaboración propia

Para la alternativa de hojas de seguridad, se solicitó a los proveedores que la facilitaran a la mina a fin de ubicarlas en sitios de fácil acceso para los trabajadores. En este sentido se proporcionaron todas las hojas de seguridad correspondientes a cada una de los químicos utilizados. La tabla 43, muestra el plan de implementación de la alternativa

Tabla 43. Gráfico de Gantt de implementación de la alternativa de hojas de seguridad.

| Plan de implementación | Mayo | Junio | Julio | Agosto | Septiembre | Octubre |
|---|------|-------|-------|--------|------------|---------|
| Alternativa | | | | | | |
| Hojas de seguridad de las sustancias químicas | | | | | | |
| Actividades | | | | | | |
| Solicitar las hojas de seguridad | | | | | | |
| Colocar las hojas de seguridad | | | | | | |

Fuente: Elaboración propia

Para la alternativa de área de trabajo limpia y segura se acordó que los trabajadores iban a dejar limpia su área de trabajo, alternativa que fue monitoreada por cuatro semanas. La tabla 44, muestra el plan de implementación de la alternativa de área de trabajo limpia y segura.

Tabla 44. Alternativa de área de trabajo limpia y segura

| Plan de implementación | Mayo | Junio | Julio | Agosto | Septiembre | Octubre |
|--------------------------------------|------|-------|-------|--------|------------|---------|
| Alternativa | | | | | | |
| Área de trabajo limpia y segura | | | | | | |
| Actividades | | | | | | |
| Limpieza general | | | | | | |
| Mantener ordenada el área de almacén | | | | | | |
| Mantener limpio el área de patio | | | | | | |

Fuente: Elaboración propia

En cuanto a la alternativa de uso de equipo de protección personal, la tabla 45, muestra el plan de implementación.

Tabla 45. Plan de implementación de equipo de protección personal

| Plan de implementación | Mayo | Junio | Julio | Agosto | Septiembre | Octubre |
|--------------------------------------|------|-------|-------|--------|------------|---------|
| Alternativa | | | | | | |
| Uso de Equipo de Protección Personal | | | | | | |
| Actividades | | | | | | |
| Compra de equipo adecuado | | | | | | |
| Monitoreo de su uso | | | | | | |

Fuente: Elaboración propia

El plan de implementación de la pileta de emergencia, se muestra en la tabla 46, esta alternativa a pesar de haber requerido una mayor inversión económica, proporciona un beneficio ambiental enorme, ya que, en caso de un derrame, este sería dirigido hacia la pileta de emergencia y se evitaría una contingencia ambiental mayor.

Tabla 46. Plan de implementación de la pileta de emergencia.

| Plan de implementación | Mayo | Junio | Julio | Agosto | Septiembre | Octubre |
|--------------------------------|------|-------|-------|--------|------------|---------|
| Alternativa | | | | | | |
| Pileta de emergencia | | | | | | |
| Actividades | | | | | | |
| Construcción de la pileta | | | | | | |
| Uso de la pileta de emergencia | | | | | | |

Fuente: Elaboración propia

A pesar de haber seleccionado implementar el sistema de riego por goteo, éste tuvo que posponerse debido a que gran parte del recurso fue utilizado para construir la pileta de emergencia; sin embargo, se decidió mencionarla, ya que la administración de la mina, se encuentra gestionando recursos para realizar su instalación. Sin embargo, se muestra el plan de implementación que se formuló en la tabla 47

Tabla 47. Plan de implementación de sistema de riego por goteo

| Plan de implementación | Mayo | Junio | Julio | Agosto | Septiembre | Octubre |
|---|------|-------|-------|--------|------------|---------|
| Alternativa | | | | | | |
| Sistema de riego por goteo | | | | | | |
| Actividades | | | | | | |
| Colocación del sistema de riego por goteo | | | | | | |

Fuente: Elaboración propia

6.2.4 Etapa 4 Evaluación

En esta etapa se realizó una revisión de la información recolectada en la etapa anterior y, de igual manera, se realizó una comparación entre los resultados obtenidos y las metas y objetivos planteados. En la tabla 48 se muestran el porcentaje de implementación de las metas y objetivos elaborados para la mina.

Tabla 48. Porcentaje de avance de las implementaciones

| Objetivo | Meta | Porcentaje de implementación |
|--|--|---|
| Objetivo 1. Incrementar la capacidad de los trabajadores en aspectos ocupacionales y ambientales. | Meta 1.1. Capacitar al 100% de los trabajadores sobre tópicos ocupacionales y ambientales relacionados con sus actividades. | 100% |
| | Objetivo 2. Prevenir y/o reducir los riesgos ocupacionales y ambientales generados por el manejo de sustancias químicas. | Meta 2.1. Transportar el 100% de las sustancias químicas en formas menos riesgosas a la salud y al medio ambiente. Meta 2.2. El 100% de las sustancias químicas de la mina deberán contar con hojas de seguridad. Meta 2.3. Establecer un área exclusiva para el almacenamiento de sustancias peligrosas Meta 2.4. Contar con un área de trabajo limpia y segura Meta 2.5. Plan de contingencias |

| | | |
|---|---|------|
| Objetivo 3. Prevenir y/o reducir los riesgos ocupacionales y ambientales derivados de la disposición final de los materiales peligrosos. | Meta 3.1 Realizar un manejo adecuado del 100% de los residuos sólidos generados. | 50% |
| | Meta 3.2 Contar con una pileta de emergencia | 100% |
| | Meta 3.3 Cambiar el sistema de riego de aspersión a sistema de riego por goteo. | 0% |

Fuente: Elaboración propia

En esta etapa de evaluación, destacó la alternativa elegida de la construcción de la pileta de emergencia, ya que a pesar de que requirió de una mayor inversión económica, el equipo de sustentabilidad analizó que proporciona un beneficio ambiental enorme, ya que, en caso de un derrame, este sería dirigido hacia la pileta de emergencia y se evitará una contingencia ambiental mayor. La pileta tiene una capacidad de 3,000 m³. En la figura 16, puede apreciarse la pileta construida.



Figura 16. Pileta de emergencia de la mina Virgen del Carmen
Fuente: Elaboración propia

6.2.5 Etapa 5 Adaptaciones y mejoras

En la etapa correspondiente a adaptaciones y mejoras, se realizó una reunión con el equipo de trabajo para discutir los resultados obtenidos y decidir qué acciones había que tomar. En esta etapa, se decidió continuar monitoreando la implementación de las alternativas por

lo menos otros seis meses y volver a evaluarlas para realizar las adaptaciones o mejoras necesarias. En la tabla 49 se presentan las observaciones para cada una de las implementaciones.

Tabla 49. Observaciones de las implementaciones en la mina

| Objetivo | Meta | Observaciones |
|---|---|--|
| Objetivo 1. Incrementar la capacidad de los trabajadores en aspectos ocupacionales y ambientales. | Meta 1.1. Capacitar al 100% de los trabajadores sobre tópicos ocupacionales y ambientales relacionados con sus actividades. | Se implementó adecuadamente y se elaboró material para su implementación diaria. |
| Objetivo 2. Prevenir y/o reducir los riesgos ocupacionales y ambientales generados por el manejo de sustancias químicas. | <p>Meta 2.1. Transportar el 100% de las sustancias químicas en formas menos riesgosas a la salud y al medio ambiente.</p> <p>Meta 2.2. El 100% de las sustancias químicas de la mina deberán contar con hojas de seguridad.</p> <p>Meta 2.3. Establecer un área exclusiva para el almacenamiento de sustancias peligrosas</p> <p>Meta 2.4. Contar con un área de trabajo limpia y segura</p> <p>Meta 2.5 Diseñar e implementar un plan de contingencias.</p> | <p>Se cumplió completamente.</p> <p>Se cumplió completamente</p> <p>Se sigue gestionando recursos.</p> <p>No se implementó completamente.</p> <p>No se implementó completamente.</p> |
| Objetivo 3. Prevenir y/o reducir los riesgos ocupacionales y ambientales derivados de la disposición final de los materiales peligrosos. | <p>Meta 3.1 Realizar un manejo adecuado de 100% los residuos sólidos generados.</p> <p>Meta 3.2 Contar con una piqueta de emergencia</p> <p>Meta 3.3 Cambiar el sistema de riesgo de aspersión a sistema por goteo.</p> | <p>Segue faltando concientización</p> <p>Se sigue gestionando recursos.</p> |

Fuente: Elaboración propia

aunado a que los trabajadores laboran durante ocho horas al diarias, durante 7 días a la semana expuestos directamente a esa radiación (Econotecnia, 2015). En cuanto a los riesgos psicosociales se presentó que el 22% se encuentra en un nivel de estrés muy alto, sobre todo derivado de la distancia en donde se encuentra la mina y la lejanía de sus hogares; en este sentido, Donoghue, indica que el riesgo por estrés es debido principalmente al abuso de drogas y al alcohol (2004); sin embargo, en este estudio, no se detectó ese factor. En lo que respecta, a los riesgos ergonómicos, este mismo autor, afirma que se presentan debido a las condiciones de trabajo, en el caso de los resultados, los riesgos ergonómicos, se presentan al momento de agregar el Cianuro de Sodio, con una carga aproximada de 20 kilos.

Al evaluar los riesgos ambientales, se identificó que en el proceso de extracción de oro y plata se generan daños al medio ambiente (De la O et al., 2013), sobre todo, debido al tipo de materiales peligrosos que utilizan durante el proceso tienen el potencial de ocasionar daños, también el destino final de estas puede llegar al medio y ocasionar serios daños principalmente al medio acuático, sin embargo, también se encuentran en contacto con el aire y el suelo, causando daños en los organismos presentes, cabe mencionar que la presencia de químicos en las piletas de lixiviación es un potencial daño para la fauna del sitio, ya que se pueden introducir en el sitio de forma accidental.

De acuerdo con Richards, la implementación de medidas para reducir los problemas de contaminación y los problemas de salud ocupacional genera impactos positivos en cuanto a la producción de la minería mexicana, ya que mientras la industria sigue trabajando con sus programas de mejoras conduce su producción hacia una producción sustentable (2002), situación con la que los resultados obtenidos en este estudio, concuerda, ya que gracias a la implementación de las alternativas, como la pileta de lixiviación, se contribuyó a prevenir y/o reducir potencialmente el riesgo de derrame químico, lo cual, contribuye a reducir el riesgo al que expone el medio ambiente y los posibles riesgos que ocasionaría a la población al estar cerca de los cuerpos de agua.

8 CONCLUSIONES

Como parte de la revisión literaria de la actividad minera, se encontró que la minería proporciona las bases para el desarrollo de cualquier país al ser productor de las materias primas del sector industrial, por lo tanto la minería constituye un elemento base en la economía mundial. Específicamente para México contribuye de manera directa al ser un país destacado en extracción de minerales, es por esta razón que el aprovechamiento de los minerales debe ser atendido en cuanto a términos sustentables se refiere.

Cuando el sector minero realiza sus actividades de explotación de minerales, se genera un riesgo de contaminación de aire, suelo, agua y a la biodiversidad, esto debido principalmente a las sustancias que utilizan; Además se expone a los trabajadores a riesgos a la salud, ya que estos manipulan sustancias químicas y se encuentran también expuestos a otros riesgos como caídas, cortaduras y raspones, por lo que se incluye el tema de la sustentabilidad en el sector minero.

Si bien la sustentabilidad implica incluir los factores económicos, sociales y ambientales, es pertinente su utilización en el sector minero. En cuanto al termino ambiental al reducir los problemas de contaminación de agua, aire, suelo y afectaciones a la biodiversidad; en cuanto a términos económicos al proporcionar alternativas que prevengan o reduzcan la contaminación ambiental y al mismo tiempo reduzcan costos de operación; finalmente el factor social al mantener un ambiente seguro para los trabajadores y poder realizar sus operaciones sin afectar a las comunidades.

Considerando los aspectos de la sustentabilidad se aplica el Programa de Producción Sustentables, mismo que analiza todo el proceso y evalúa las alternativas de mejora, por lo que el programa se desarrolla atendiendo las necesidades de la producción de la mina.

Como parte de la evaluación de los riesgos a la salud y al ambiente, se identificaron que factores ocasionan estos riesgos, identificando entonces las áreas de oportunidad, es decir, conociendo la causa del riesgo se puede atender y buscar soluciones que prevengan y/o reduzcan los niveles de riesgos a los que se exponen debido a las actividades que realiza el sector minero.

Entonces, una vez identificadas las causas de riesgo, se diseñó el programa de producción sustentable, el cual fue implementado con éxito en un 60%, atendiendo las necesidades de prevenir y/o reducir las problemáticas de contaminación ambiental, salud pública y salud

ocupacional. Asimismo, se atienen normas como por ejemplo la NOM-023-STPS-2012, que se relaciona con las condiciones de seguridad y salud en el trabajo para minas subterráneas y a cielo abierto. Por lo que la implementación del programa de producción sustentable conlleva al sector minero a prácticas más sustentables.

Cabe señalar que el interés de inversionistas y personal de la mina constituye parte importante para la aplicación de este programa, además de la actualización de la normatividad ambiental y laboral, por lo que el sector minero se encuentra en camino a la sustentabilidad.

9 RECOMENDACIONES

Es recomendable el monitoreo de las alternativas implementadas, a fin de identificar si están funcionando correctamente o se requiere alguna modificación; asimismo estar al día en las tecnologías que contribuyan a tener un proceso de extracción del mineral de calidad, al mismo tiempo que cuide del medio ambiente.

Al realizar la evaluación de los riesgos a los que se encuentran expuestos los trabajadores, se encontró que existe un riesgo químico por las sustancias a las que están expuestas, así como un riesgo físico por el material particulado que puede entrar en las vías respiratorias, por lo que se recomienda un programa de monitoreo a la salud de los trabajadores.

Se recomienda continuar con los programas de capacitación a fin de mantener al día a los trabajadores sobre riesgos ambientales y ocupacionales, así como que hacer en situaciones de emergencia, uso de equipo de protección personal y nuevos métodos de extracción de minerales, de forma que sean más sustentables.

También, es recomendable el elaborar un estudio más minucioso de las relaciones entre todos los actores que intervienen en el sector minero, es decir, el gobierno, los inversionistas, asociaciones de mineros y metalurgistas a fin de buscar alternativas que favorezcan a la comunidad y al aprovechamiento sustentable de los recursos minerales.

10 REFERENCIAS

- Acción RSE. 2010. Mejores prácticas de los reportes de sustentabilidad en Chile. [En línea] disponible en: http://www.mapeo-rse.info/sites/default/files/Mejores_practicas_de_los_Reportes_de.pdf [Fecha de acceso: 9 de Enero 2014].
- Alianza Mundial del Derecho Ambiental. 2010. Guía para evaluar EIAs de proyectos mineros. [En línea]. Disponible en: <http://www.elaw.org/files/mining-eia-guidebook/Guia%20para%20Evaluar%20EIAs%20de%20Proyectos%20Mineros.pdf> [Fecha de acceso: 27 de Noviembre 2013].
- ATSDR. 2014. Agencia para Sustancias Tóxicas y el Registro de Enfermedades, Resúmenes de salud pública. [En línea]. Disponible en: http://www.atsdr.cdc.gov/es/phs/es_phs8.html [Fecha de acceso: 27 de Enero 2015].
- Azapagic, A. 2004. Developing a framework for sustainable development indicators for the mining and minerals industry. *Journal of Cleaner Production*. 12. Pp. 639–662.
- CAMIEX. 2013. Industria Minera, puntual de desarrollo y crecimiento. [En línea]. Disponible en: [http://www.ey.com/Publication/vwLUAssets/Industria_minera_puntual_de_desarrollo_y_crecimiento/\\$FILE/CAMIMEX_Mineria_Desarrollo_y_crecimiento_econ%C3%B3mico_21Mar2013.pdf](http://www.ey.com/Publication/vwLUAssets/Industria_minera_puntual_de_desarrollo_y_crecimiento/$FILE/CAMIMEX_Mineria_Desarrollo_y_crecimiento_econ%C3%B3mico_21Mar2013.pdf) [Fecha de acceso: 27 de Noviembre 2013].
- Carrizales, L., Razo, I., Téllez, J., Torres, R., Torres, A., Batres, L., Cubillas, A., Díaz, F. 2005. Exposure to arsenic and lead of children living near a copper-smelter in San Luis Potosi, Mexico; Importance of soil contamination for exposure of children. *Environmental research*. Vol. 101 (1). Pp. 1-10.
- De la O, M., Meza, D., Maier, R., Moreno, D., Gómez, A., Del Rio, R., Mendivil, H., y Montijo, A. 2013. Procesos erosivos en jales de la Presa I de Nacozari de García, Sonora y su efecto en la dispersión de contaminantes. *Boletín de la Sociedad Geológica Mexicana*. Vol. 65 (1). Pp. 27-38.
- Donoghue, A. 2004. Occupational health hazards in mining: an overview. *Occupational Medicine*. Vol. 54 (5). Pp. 283–289.
- Gallardo, D., Cabrera, I., Bruguera, N., y Madrazo, F. 2013. Evaluación de impactos ambientales provocados por la actividad minera en la localidad de Santa Lucía, Pinar del Río. *Revista Avances*. Vol. 15 (1). Pp. 94-108.
- Econotecnia. 2015. Paneles solares fotovoltaicos. [En línea] Disponible en: <http://econotecnia.com/radiacion-solar.html> [Fecha de acceso: 19 de Enero 2015].
- Edwards, A. 2005. *The sustainability Revolution: Portrait of a paradigm shift*. New Society Publishers. pp. 11-27.
- Flores, F. y Bungue, V. s/f. *Actividades económicas*. [En línea] Disponible en: <http://www2.inecc.gob.mx/publicaciones/libros/639/actividades.pdf> [Fecha de acceso: 29 de Noviembre 2013].
- de impactos ambientales provocados por la actividad minera en la localidad de Santa Lucía, Pinar del Río. *Revista Avances*. Vol. 15 (1). Pp. 94-108.

- Gazdag, E., y Sipter, E. 2008. Geochemical background in heavy metals and human health risk assessment at an ore mine site, Gyöngyösoroszi (north Hungary). *Carpth. J. of Earth and Environmental Sciences*. Vol. 3 (2). Pp. 83-92.
- Gold Corp. s/f. Minería responsable. [En línea] disponible en: <http://www.goldcorp.com/Spanish/minera-responsable/premios-y-reconocimientos/default.aspx> [Fecha de acceso: 9 de Enero 2014].
- Gómez, A., Valenzuela, J., Meza, D., Villanueva, M., Ramírez, J., Almendariz, J., y Pérez, E. 2011. Impact of mining activities on sediments in a semi-arid environment: San Pedro River, Sonora, Mexico. *Applied Geochemistry* 26. Pp. 2101–2112.
- Gutiérrez, M., Romero, F., González, G. 2007. Suelos y sedimentos afectados por la dispersión de jales inactivos de sulfuros metálicos en la zona minera de Santa Bárbara, Chihuahua, México. *Revista Mexicana de Ciencias Geológicas*. Vol 24 (2). Pp. 170-184.
- Hilson, G. 2000. Sustainable development policies in Canada's mining sector: an overview of government and industry efforts. *Environmental Science y Policy*. 3. Pp. 201–211.
- Hilson, G. y Murck, B. 2000. Sustainable development in the mining industry: clarifying the corporate perspective. *Resources Policy*. 26. Pp. 227–238.
- INEGI. 2009. La industria minera ampliada. [En línea] Disponible en: http://www.inegi.org.mx/est/contenidos/espanol/proyectos/censos/ce2009/pdf/Mono_Industria_Minera.pdf [Fecha de acceso: 27 de Noviembre 2013].
- INEGI. 2010. México en la producción mundial de minerales. [En línea] Disponible en: <http://www.cuentame.inegi.org.mx/economia/secundario/mineria/> [Fecha de acceso: 9 de junio 2013].
- Junta de Castilla y León. 2007. Los minerales industriales. [En línea] Disponible en: http://ocw.usal.es/cienciasexperimentales/rocasindustriales/contenidos/minerales_industriales_cyl.pdf [Fecha de acceso: 9 de Diciembre 2013].
- Laurence, D. 2011. Establishing a sustainable mining operation: an overview. *Journal of Cleaner Production*. 19. Pp. 278 – 284.
- Lavandaio, E. 2008. Conozcamos más sobre la minería. [En línea], Disponible en: <http://www.empremmin.org.ar/pdf/libromineriaeddy.pdf> [Fecha de acceso: 27 de Noviembre 2013].
- Lillo, s/f. Impactos de la minería en el medio natural. [En línea], Disponible en: <http://www.ucm.es/data/cont/media/www/pag15564/Impactos%20de%20la%20miner%C3%ADa%20-%20Javier%20Lillo.pdf> [fecha de acceso: 9 de Diciembre 2013].
- Marín, J. 2012. Inexistente la seguridad industrial minera en México. *Revista de los centros de estudios de la cámara de diputados*. [En línea], Disponible en: <http://comunicacionsocial.diputados.gob.mx/camara/2012/septiembre/pdf/Revista.pdf> [fecha de acceso: 12 de Diciembre 2013].

- Mejía J., Carrizales L., Rodríguez VM., Jiménez-Capdeville ME., y Díaz-Barriga F. 1999. Un método para la evaluación de riesgos para la salud en zonas mineras. Facultad de Medicina, Universidad Autónoma de San Luis Potosí.
- Mexichem. 2013. Desarrollo Sustentable. [En línea] disponible en: http://www.mexichem.com/desarrollo_sustentable.html [Fecha de acceso: 9 de Enero 2014].
- Meza, D., Maier, R., De la O, M., Gómez, A. Moreno, A., Rivera, J., Campillo, A., Grandlic, C., Anaya, R., y Palafox, J. 2009. The impact of unconfined mine tailings in residential areas from a mining town in a semi-arid environment: Nacozari, Sonora, Mexico. *Chemosphere* 77. Pp. 140–147.
- Meza, M., Jay, A., Santana, M., Klimecki, W., Aguilar, M., Del Río, R., De la O, M., Gómez, A. Mendivil, H., Valencia, M., y Meza-, D. 2012. Metals in residential soils and cumulative risk assessment in Yaqui and Mayo agricultural valleys, northern Mexico. *Science of the Total Environment* 433. Pp. 472–481.
- Moreno, S. y Rodríguez, J. 2008. Sustentabilidad y minería: Esto es posible. *Epistemos*. Pp. 76-81.
- Mundo minero. 2010. Diez y siete mineras cuentan con distintivo de Empresas Socialmente Responsables. [En línea] disponible en: <http://mundominero.mx/notacompleta.php?id=501> [fecha de acceso: 9 de Enero 2014].
- Muro, E. s/f. La minería mexicana, su evolución, retos y perspectivas. Instituto de investigaciones jurídicas UNAM. [En línea]. Disponible en: <http://www.juridicas.unam.mx/sisjur/dercompa/pdf/2-103s.pdf> [Fecha de acceso: 11 de junio 2013].
- Musik, G. 2004. El sector minero en México; Diagnóstico, prospectiva y estrategia. [En línea], Disponible en: http://cec.itam.mx/docs/Mineria_Mexico.pdf [Fecha de acceso: 29 de Noviembre 2013].
- Navarro, M., Pérez, C., Martínez, M., Vidal, J., Tovar, P., y Bech, J. 2008. Abandoned mine sites as a source of contamination by heavy metals: A case study in a semi-arid zone. *Journal of Geochemical Exploration* 96. Pp. 183–193.
- Oyarzún, J. 2009. Minería, desarrollo y ambiente: una perspectiva histórica. [En línea]. Disponible en: http://www.aulados.net/Ciencia_Sociedad/Mineria_Desarrollo_Ambiente/Mineria_Desarrollo_Ambiente.pdf [Fecha de acceso: 27 de Noviembre 2013].
- Oyarzún, J. y Oyarzun, R. 2011. Minería sostenible: Principios y prácticas. [En línea]. Disponible en: http://eprints.ucm.es/13264/1/Libro_Mineria_Sostenible.pdf [Fecha de acceso: 25 de Noviembre 2013].
- Peña, C., Carter, D., y Ayala, F. 2001. Toxicología ambiental, evaluación de riesgos y restauración ambiental. [En línea]. Disponible en: <http://superfund.pharmacy.arizona.edu/toxamb/> [Fecha de acceso: 25 de Noviembre 2013].
- Peñoles. S/f. Desarrollo de un Sistema de Gestión de RSE, Planeación, monitoreo y evaluación. [En línea] disponible en: <http://www.google.com.mx/url?sa=t&rct=j&q=&esrc=s&frm=1&source=web&cd=1&ved=0CEMQFjAA&>

url=http%3A%2F%2Fwww.fechac.org%2Fpdf%2Fse%2Fsistema_de_gestion_de_rse_penoles.pps&ei=jU7PUriLGSXyoATA04CwCg&usg=AFQjCNGd6lt6ID7GlX17k98TBoI9PgDZA&sig2=RLNJbNP7cyS XcJdZ3kIOXw&bvm=bv.59026428,d.cGU [Fecha de acceso: 9 de Enero 2014].

PROMEXICO. s/f. Minería. [En línea]. Disponible en: http://www.promexico.gob.mx/es_us/promexico/Mining [Fecha de acceso: 28 de Noviembre 2013].

Puga, S., Sosa, M., Lebgue, T., Quintana, C., y Campos, A. 2006. Contaminación por metales pesados en suelo provocada por la industria minera. *Ecología Aplicada*. 5(1,2). ISSN 1726-2216.

Ramos, Y., Prol, R., y Siebe, C. 2004. Características geológicas y mineralógicas e historia de extracción del distrito de Guanajuato, México. Posibles escenarios geoquímicos para los residuos mineros. *Revista Mexicana de Ciencias Geológicas*. Vol. 21 (2). Pp. 268-284.

Reategui R., 2003. Fundamentos del desarrollo sostenible. *Rev. Inst. investig. Fac. minas metal cienc. Geogr.* jul./dic. 2003. 12, pp. 67-80.

Richards, J. 2002. Sustainable Development and the Mineral Industry". Newsletter, Society of Economic Geologists. 48.

Rojas, J. y Vandecasteele, C. 2006. Influence of Mining Activities in the North of Potosi, Bolivia on the Water Quality of the Chayanta River, and its Consequences. *Environ Monit Assess*.

Sánchez, F. y Lardé J. 2006. Minería y competitividad internacional y en América Latina. [En línea]. Disponible en: <http://www.cepal.org/publicaciones/xml/9/25949/lc12532e.pdf> [Fecha de acceso: 27 de Noviembre 2013].

Rojas, J. y Vandecasteele, C. 2006. Influence of Mining Activities in the North of Potosi, Bolivia on the Water Quality of the Chayanta River, and its Consequences. *Environ Monit Assess*.

Rosado, J., Ronquillo, D., Kordas, K., Rojas, O., Alatorre, J., López, P., García, G., Caamaño, M., Cebrián, M., y Stoltzfus, R. 2007. Arsenic Exposure and Cognitive Performance in Mexican Schoolchildren. *Environmental Health Perspectives*. Vol. 15(9). Pp. 1371 - 1375.

STPS. 2011. Comparecencia del secretario del trabajo y previsión social, Javier Lozano Alarcón, ante la tercera comisión de la comisión permanente del congreso de la unión. [En línea]. Disponible en: http://www.stps.gob.mx/bp/secciones/sala_prensa/discursos/2011/mayo/dis_15.html [Fecha de acceso: 12 de Diciembre 2013].

Secretaría de economía. 2011. Panorama minero del Estado de Sonora. [En línea]. Disponible en: <http://www.sgm.gob.mx/pdfs/SONORA.pdf> [Fecha de acceso: 9 de junio 2013].

Secretaría de economía. 2012. La minería en Sonora 2006-2012 [En línea]. Disponible en: http://www.economia.gob.mx/files/transparencia/informe_APF/delegaciones/sonora.pdf. [Fecha de acceso: 9 de junio 2013].

- Secretaría de economía. 2013. [En línea] Disponible en: <http://www.1economiasonora.gob.mx/historia>. [Fecha de acceso: 9 de junio 2013].
- Sierra, A., Enríquez, B., y Almada, M. 1997. El desarrollo de la industria minera Sonorense; el retorno a la producción de metales preciosos. *Región y Sociedad*. Vol VIII. Pp. 39-75.
- Vandecasteele, C. s/f. Generation of Mine Water, Its Impact on the Aquatic Environment and Remediation. Department of Chemical Engineering.
- Vega, A. 1999. Minería y medio ambiente. Guía didáctica de educación ambiental. Pp. 1 – 43.
- Yáñez, L., García, E., Rojas, E., Carrizales, L., Mejía, J., Calderón, J., Razo, I., y Díaz, F. 2003. DNA damage in blood cells from children exposed to arsenic and lead in a mining area. *Environmental Research* 93. Pp. 231–240.
- Zavala, A. Moure-Eraso, R. Munguía, N. y Velázquez L., 2011. A Sustainable Services System in the Automotive Refinishing Industry, New Trends and Developments in Automotive Industry. [En línea], Disponible en: <http://www.intechopen.com/books/new-trends-and-developments-in-automotive-industry/a-sustainable-services-system-in-the-automotive-refinishing-industry> [fecha de acceso: 22 de mayo 2012].
- Zavala, A., Velázquez, L., Rascón, A., García, F. 2010. Educación para la Sustentabilidad en la ciudad minera de Nacozari de García, México. Congreso Iberoamericano de Ingeniería de Proyectos, Antofagasta, Chile.

ANEXOS





Anexo 1. Descripción del método OWAS

El método comienza con la recopilación, previa observación, de las diferentes posturas adoptadas por el trabajador durante la realización de la tarea. Cabe destacar que cuanto mayor sea el número de posturas observadas menor será el posible error introducido por el observador (se estima que con 100 observaciones se introduce un error del 10%, mientras que para 400 el posible error queda reducido aproximadamente a la mitad 5%).




El método asigna cuatro dígitos a cada postura observada en función de la posición de la espalda, los brazos, las piernas y de la carga soportada, configurando de este modo su código identificativo o "Código de postura". Para aquellas observaciones divididas en fases, el método añade un quinto dígito al "Código de postura", dicho dígito determina la fase en la que ha sido observada la postura codificada.

A continuación se detalla la forma de codificación y clasificación de las posturas propuestas por el método.

Posiciones de la espalda: Primer código del "código de postura". El primer miembro a codificar será la espalda. Para establecer el valor del dígito que lo representa se deberá determinar si la posición adoptada por la espalda es derecha, doblada, con giro o doblada con giro. El valor del primer dígito del "Código de postura" se obtendrá consultando la siguiente tabla.



| Posición de espalda | | Primer dígito del Código de postura. |
|--------------------------|---|--------------------------------------|
| Espalda derecha |  | 1 |
| Espalda doblada |  | 2 |
| Espalda con giro |  | 3 |
| Espalda doblada con giro |  | 4 |






Posiciones de los brazos: Segundo dígito del "Código de postura". Seguidamente, será analizada la posición de los brazos. El valor del segundo dígito del "Código de postura" será 1 si los dos brazos están bajos, 2 si uno está bajo y el otro elevado y, finalmente, 3 si los dos brazos están elevados, tal y como muestra la siguiente tabla de codificación.

| Posición de los brazos | Segundo dígito del Código de postura. |
|---|---|
| <p>Los dos brazos bajos</p> <p>Ambos brazos del trabajador están situados bajo el nivel de los hombros.</p> |  <p>1</p> |
| <p>Un brazo bajo y el otro elevado</p> <p>Un brazo del trabajador está situado bajo el nivel de los hombros y el otro otro, o parte del otro, está situado por encima del nivel de los hombros.</p> |  <p>2</p> |
| <p>Los dos brazos elevados</p> <p>Ambos brazos (o parte de los brazos) del trabajador están situados por encima del nivel de los hombros.</p> |  <p>3</p> |

Posiciones de las piernas: Tercer dígito del "Código de postura"

Con la codificación de la posición de las piernas, se completarán los tres primeros dígitos del "Código de postura" que identifican las partes del cuerpo analizadas por el método. La Tabla a continuación proporciona el valor del dígito asociado a las piernas, considerando como relevantes 7 posiciones diferentes.

| Posición de las piernas | Tercer dígito del Código de postura. |
|--|---|
| <p>Sentado</p> |  <p>1</p> |
| <p>De pie con las dos piernas rectas con el peso equilibrado entre ambas</p> |  <p>2</p> |

| | | |
|---|---|---|
| De pie con una pierna recta y la otra flexionada con el peso desequilibrado entre ambas |  | 3 |
| De pie o en cuclillas con las dos piernas flexionadas y el peso equilibrado entre ambas |  | 4 |
| Aunque el método no explicita a partir de qué ángulo se da esta circunstancia, puede considerarse que ocurre para ángulos muslo-pantorrilla inferiores o iguales a 150° (Mattila et al., 1999). Ángulos mayores serán considerados piernas rectas. | | |
| De pie o en cuclillas con las dos piernas flexionadas y el peso desequilibrado entre ambas |  | 5 |
| Puede considerarse que ocurre para ángulos muslo-pantorrilla inferiores o iguales a 150° (Mattila et al., 1999). Ángulos mayores serán considerados piernas rectas. | | |
| Arrodillado |  | 6 |
| El trabajador apoya una o las dos rodillas en el suelo. | | |
| Andando |  | 7 |

Cargas y fuerzas soportadas: Cuarto dígito del "Código de postura"

Finalmente, se deberá determinar a qué rango de cargas, de entre los tres propuestos por el método, pertenece la que el trabajador levanta cuando adopta la postura. La consulta de la Tabla siguiente permitirá al evaluador asignar el cuarto dígito del código en configuración, finalizando en este punto la codificación de la postura para estudios de una sola tarea (evaluación simple).

| Cargas y fuerzas soportadas | Cuarto dígito del Código de postura. |
|-----------------------------|--------------------------------------|
| Menos de 10 Kilogramos. | 1 |
| Entre 10 y 20 Kilogramos | 2 |
| Más de 20 kilogramos | 3 |

Codificación de fase: Quinto dígito del "Código de postura"

El quinto dígito del "Código de postura", identifica la fase en la que se ha observado la postura, por lo tanto, este valor sólo tendrá sentido para aquellas observaciones en la que el evaluador, normalmente por motivos de claridad y simplificación, decide dividir la tarea objeto de estudio en más de una fase, es decir, para evaluaciones de tipo "Multi-fase". El método original, no establece valores concretos para el dígito de la fase, así pues, será el criterio del evaluador el que determine dichos valores.

| Fase | Quinto dígito del Código de postura. | |
|--------------------------------------|--------------------------------------|-----------------------|
| | Codificación alfanumérica | Codificación numérica |
| Colocación de azulejos en horizontal | FAH | 1 |
| Colocación de azulejos en vertical | FAV | 2 |
| Colocación de baldosas en horizontal | FBH | 3 |

Una vez realizada la codificación de todas las posturas recopiladas se procederá a la fase de clasificación por riesgos:

Categorías de riesgo

El método clasifica los diferentes códigos en cuatro niveles o Categorías de riesgo. Cada Categoría de riesgo, a su vez, determina cuál es el posible efecto sobre el sistema músculo-esquelético del trabajador de cada postura recopilada, así como la acción correctiva a considerar en cada caso.

| Categoría de Riesgo | Efectos sobre el sistema músculo-esquelético | Acción correctiva |
|---------------------|---|---|
| 1 | Postura normal sin efectos dañinos en el sistema músculo-esquelético. | No requiere acción |
| 2 | Postura con posibilidad de causar daño al sistema músculo-esquelético. | Se requieren acciones correctivas en un futuro cercano. |
| 3 | Postura con efectos dañinos sobre el sistema músculo-esquelético. | Se requieren acciones correctivas lo antes posible. |
| 4 | La carga causada por esta postura tiene efectos sumamente dañinos sobre el sistema músculo-esquelético. | Se requiere tomar acciones correctivas inmediatamente. |

Nota: a cada categoría de riesgo se le ha asignado un código de color con el fin de facilitar su identificación en tablas.

Finalizada la fase de codificación de las posturas y conocidas las posibles categorías de riesgo propuestas por el método, se procederá a la asignación de la Categoría del riesgo correspondiente a cada "Código de postura". La tabla siguiente muestra la Categoría de riesgo para cada posible combinación de la posición de la espalda, de los brazos, de las piernas y de la carga levantada.

| Espalda | Brazos | Piernas | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
|---------|--------|---------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|
| | | 1 | | | 2 | | | 3 | | | 4 | | | 5 | | | 6 | | | 7 | | |
| | | Carga | Carga | Carga | Carga | Carga | Carga | Carga | Carga | Carga | Carga | Carga | Carga | Carga | Carga | Carga | Carga | Carga | Carga | Carga | Carga | Carga |
| 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 2 | 2 | 2 | 2 | 2 | 2 | 2 | 2 | 2 | 1 | 1 | 1 |
| 1 | 2 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 2 | 2 | 2 | 2 | 2 | 2 | 2 | 2 | 2 | 1 | 1 | 1 |
| 1 | 3 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 2 | 2 | 3 | 2 | 2 | 3 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 |
| 2 | 1 | 2 | 2 | 3 | 2 | 2 | 3 | 2 | 2 | 3 | 3 | 3 | 3 | 3 | 3 | 3 | 3 | 3 | 3 | 2 | 2 | 2 |
| 2 | 2 | 2 | 2 | 3 | 2 | 2 | 3 | 2 | 3 | 3 | 3 | 4 | 4 | 3 | 4 | 3 | 3 | 3 | 3 | 4 | 2 | 3 |
| 2 | 3 | 3 | 3 | 4 | 2 | 2 | 3 | 3 | 3 | 3 | 3 | 4 | 4 | 4 | 4 | 4 | 4 | 4 | 4 | 2 | 3 | 4 |
| 3 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 2 | 3 | 3 | 3 | 4 | 4 | 4 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 |
| 3 | 2 | 2 | 2 | 3 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 2 | 4 | 4 | 4 | 4 | 4 | 4 | 4 | 3 | 3 | 3 | 1 | 1 |
| 3 | 3 | 2 | 2 | 3 | 1 | 1 | 1 | 2 | 3 | 3 | 4 | 4 | 4 | 4 | 4 | 4 | 4 | 4 | 4 | 4 | 1 | 1 |
| 4 | 1 | 2 | 3 | 3 | 2 | 2 | 3 | 2 | 2 | 3 | 4 | 4 | 4 | 4 | 4 | 4 | 4 | 4 | 4 | 4 | 2 | 3 |
| 4 | 2 | 3 | 3 | 4 | 2 | 3 | 4 | 3 | 3 | 4 | 4 | 4 | 4 | 4 | 4 | 4 | 4 | 4 | 4 | 4 | 2 | 3 |
| 4 | 3 | 4 | 4 | 4 | 2 | 3 | 4 | 3 | 3 | 4 | 4 | 4 | 4 | 4 | 4 | 4 | 4 | 4 | 4 | 4 | 2 | 3 |

Una vez calculada la categoría del riesgo para cada postura es posible un primer análisis. El tratamiento estadístico de los resultados obtenidos hasta el momento permitirá la interpretación de los valores del riesgo. Sin embargo, el método no se limita a la clasificación de las posturas según el riesgo que representan sobre el sistema músculo-esquelético, también contempla el análisis de las frecuencias relativas de las diferentes posiciones de la espalda, brazos y piernas que han sido observadas y registradas en cada "Código de postura". Por tanto, se deberá calcular el número de veces que se repite cada posición de espalda, brazos y piernas en relación a las demás durante el tiempo total de la observación, es decir, su frecuencia relativa.

Una vez realizado dicho cálculo y como último paso de la aplicación del método, la consulta de la tabla siguiente determinará la Categoría de riesgo en la que se engloba cada posición.

| ESPALDA | |
|---------------------------------|-------------------------|
| Espalda derecha | 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 |
| Espalda doblada | 2 1 1 1 2 2 2 2 2 3 3 |
| Espalda con giro | 3 1 1 2 2 2 3 3 3 3 3 |
| Espalda doblada con giro | 4 1 2 2 3 3 3 3 4 4 4 |
| BRAZOS | |
| Los dos brazos bajos | 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 |
| Un brazo bajo y el otro elevado | 2 1 1 1 2 2 2 2 2 3 3 |
| Los dos brazos elevados | 3 1 1 2 2 2 2 2 2 3 3 3 |
| PIERNAS | |
| Sentado | 1 1 1 1 1 1 1 1 1 2 |
| De pie | 2 1 1 1 1 1 1 1 1 2 2 |
| Sobre pierna recta | 3 1 1 1 2 2 2 2 2 3 3 |
| Sobre rodillas flexionadas | 4 1 2 2 3 3 3 3 4 4 4 |
| Sobre rodilla flexionada | 5 1 2 2 3 3 3 3 4 4 4 |
| Arrodillado | 6 1 1 2 2 2 3 3 3 3 3 |
| Andando | 7 1 1 1 1 1 1 1 1 2 2 |
| | ≤ ≤ ≤ ≤ ≤ ≤ ≤ ≤ |
| FRECUENCIA RELATIVA (%) | 1 2 3 4 5 6 7 8 9 ≤100% |
| | 0 0 0 0 0 0 0 0 0 |
| | % % % % % % % % % |