

Análisis Estructural de la Minería de Hierro

Liliana Salomón, MSc¹; Alexis Ortiz, PhD¹; Mayra D'Armas, PhD²

¹Universidad Nacional Experimental de Guayana UNEG, Venezuela, lsalomon@uneg.edu.ve, aortiz@uneg.edu.ve

²Universidad Estatal de Milagro UNEMI, Ecuador; UNEXPO Venezuela, mdarmasr@unemi.edu.ec, mdarmas@unexpo.edu.ve

Resumen— Esta investigación de campo llevada a cabo en los diferentes yacimientos de mineral de hierro ubicados en el Estado Bolívar, Venezuela en el periodo julio - noviembre 2015, plantea cuatro ejes estratégicos para la gestión integrada del proceso minero, partiendo del diagnóstico de las operaciones mineras y la determinación de las variables clave que intervienen en el mismo. Para ello se realizó un análisis estructural, partiendo de la observación participativa y talleres de reflexión colectiva con Superintendentes de la Gerencia de Minería, de la empresa Ferrominera Orinoco. Como resultado, se determinaron cuarenta y ocho variables, en donde prevalecen como variables clave por su grado de motricidad, el sistema de toma de decisiones (2.66%), tipo de excavación (2.58%), relación mena/escombro (2.56%), presupuesto asignado (2.52%), y gestión del conocimiento (2.50%). El diagnóstico y las variables clave de la gestión minera, permitieron identificar los ejes estratégicos para la optimización del proceso de extracción de mineral, basados en propuestas de carácter estructural y sistémico. Dichos ejes son: Eje 1: Fomentar una conciencia laboral; Eje 2: Consolidar el sistema de toma de decisiones; Eje 3: Impulsar la innovación tecnológica; y Eje 4: Redimensionar la gestión logística. Estos ejes estratégicos, acompañados de acciones de soporte, proporcionan a la Gerencia de Minería los retos que deberán comenzar a ser abordados desde el presente, para el logro de una situación futura que permita el cumplimiento de las metas de producción, a la par de la sostenibilidad minera.

Palabras clave-- gestión minera, ejes estratégicos, variables clave, industria del hierro.

I. INTRODUCCIÓN

Venezuela, cuenta con reservas geológicas por el orden de los 14000 millones de toneladas métricas de mineral de hierro, de las cuales aproximadamente el 25% corresponden a reservas probadas. Con estas reservas probadas se puede suplir la demanda futura de materia prima para la industria ferro siderúrgica por más de un siglo, basándose en la demanda actual de mineral del país, que oscila alrededor de los 16 millones de toneladas métricas por año [1].

No obstante, el desarrollo sostenible de la explotación minera es la clave para satisfacer la demanda futura de mineral, por lo que su gestión eficiente pasa por el conocimiento de las principales variables y parámetros inmersos en el sistema de explotación de mineral, el cual involucra los procesos de exploración geológica, planificación de mina, mantenimiento de equipos mineros, perforación, voladura, extracción, carga y acarreo de mineral y trituración.

Es por ello que, partiendo de un enfoque sistémico, este artículo producto de una investigación de campo llevada a cabo en los diferentes yacimientos de hierro ubicados en el Estado Bolívar, Venezuela en el periodo julio - noviembre 2015, plantea cuatro ejes estratégicos para la gestión integrada del proceso minero, partiendo del diagnóstico de las

operaciones mineras y el análisis estructural, para la determinación de las variables clave.

II. SITUACIÓN ACTUAL DE LA INDUSTRIA DEL HIERRO EN VENEZUELA

La industria del mineral de hierro estuvo integrada originalmente por dos empresas vinculadas a dos grandes siderúrgicas norteamericanas, la Iron Mines Co. of Venezuela, subsidiaria de la *Bethlehem Steel Corp* y la Orinoco Mining Company subsidiaria de la *United States Steel Corp*.

La Iron Mines Co. of Venezuela explotó desde mayo de 1950 hasta 1974 el yacimiento el Pao. Logró producir 63 millones de toneladas. La Orinoco Mining Company explotó el yacimiento Cerro Bolívar. En su periodo de actividades 1954-1974 logró producir un total de 287.2 millones de toneladas métricas de mineral de hierro, de las cuales exportó 276.9 millones [2]. En 1975 se constituyó la empresa CVG Ferrominera Orinoco C.A., la cual tiene a su cargo la exclusividad de todas las actividades correspondientes a la explotación del mineral de hierro desde el 1° de enero de 1976.

Las operaciones mineras se ejecutan en el distrito ferrífero Piar y el transporte, procesamiento, almacenaje y despacho de mineral de hierro y sus derivados se realiza tanto en el distrito ferrífero Piar, como en Puerto Ordaz.

La capacidad de producción instalada de la empresa está en el orden de los 23 millones de toneladas al año y para ello cuenta con 6789 trabajadores activos [3].

El 84% en promedio de la producción corresponde a mineral fino, mineral grueso y concentrado; la producción de pellas alcanza 13% y en mínima proporción la producción de briquetas (3%). Asimismo se proyecta para el periodo 2015 – 2020 una participación en el mercado nacional de 64% y un 36% para el mercado internacional.

La Gerencia de Minería cuenta con 1091 trabajadores que representa el 16% de la fuerza laboral de Ferrominera.

En la actualidad se presentan limitaciones que impiden el cumplimiento de la meta de producción la cual está establecida en 16.6 millones de toneladas. En el año 2015 Ferrominera produjo 12 millones de toneladas. La capacidad instalada de producción es de 25 millones.

Dentro de los principales desafíos presentes en las operaciones de los yacimientos de hierro, se encuentran la determinación óptima del sistema de excavación y acarreo de mineral. Los aspectos dinámicos a considerar en la actualidad son las distancias entre las diferentes zonas de explotación, el avance de los diferentes frentes de minas, así como los criterios de extracción.

Digital Object Identifier (DOI): <http://dx.doi.org/10.18687/LACCEI2017.1.1.101>

ISBN: 978-0-9993443-0-9

ISSN: 2414-6390

III. METODOLOGÍA

El análisis estructural es una herramienta de estructuración de una reflexión colectiva, que permite describir un sistema con ayuda de una matriz que relaciona todos sus elementos constitutivos. El objetivo del método es determinar las principales variables influyentes y dependientes y por ello las variables esenciales a la evolución del sistema.

El análisis estructural se lleva a cabo por un grupo de trabajo compuesto por actores y expertos con experiencia demostrada, aunque puede incluir consejeros externos.

Las diferentes fases del método son los siguientes: listado de las variables, la descripción de relaciones entre variables y la identificación de variables clave [4].

A) Listado de las variables

La primera etapa consiste en enumerar el conjunto de variables que caracterizan el sistema estudiado y su entorno (tanto las variables internas como las externas). Para ello se utilizan los talleres de prospectiva u otros métodos, tales como entrevistas que se llevan a cabo con individuos que se considera son actores del sistema estudiado.

Como resultado, se obtiene una lista homogénea de variables internas y externas al sistema considerado. La explicación detallada de las variables es indispensable: facilita el seguimiento del análisis y la localización de relaciones entre estas variables y ello permite constituir la base de temas necesarios para la reflexión prospectiva.

Es necesario también establecer una definición precisa para cada una de las variables, de trazar sus evoluciones pasadas, de identificar los elementos que han dado origen a esta evolución, de caracterizar su situación actual y de descubrir las tendencias futuras.

B) Descripción de relaciones entre las variables

De acuerdo con la teoría de sistemas, una variable existe únicamente por su tejido relacional con las otras variables. El análisis estructural se ocupa de relacionar las variables en un tablero de doble entrada o matriz de relaciones directas.

Esta actividad se ejecuta con un grupo seleccionado, que ha participado previamente en la elaboración del listado de variables y en su definición, y que rellenan a lo largo de varias sesiones de trabajo la matriz del análisis estructural.

El relleno es cualitativo. Por cada pareja de variables, se plantean las cuestiones siguientes: ¿existe una relación de influencia directa entre la variable *i* y la variable *j*? Si la respuesta es negativa, se anota 0. En caso contrario, se pregunta si esta relación de influencia directa es, débil (1), mediana (2), fuerte (3) o potencial (4).

Esta técnica de interrogación hace posible no sólo evitar errores, sino también ordenar y clasificar ideas dando lugar a la creación de un lenguaje común en el seno del grupo; también permite redefinir las variables y en consecuencia afinar el análisis del sistema.

C) Identificación de las variables clave con el MICMAC

Esta fase consiste en la identificación de las variables clave, esenciales a la evolución del sistema, en primer lugar mediante una clasificación directa de fácil realización, y posteriormente por una clasificación indirecta llamada MICMAC (Matrices de Impactos Cruzados Multiplicación Aplicada para una Clasificación). Esta clasificación indirecta se obtiene después de la elevación en potencia de la matriz.

La comparación de la jerarquización de las variables en las diferentes clasificaciones (directa, indirecta y potencial) permite confirmar la importancia de ciertas variables, pero de igual manera permite desvelar ciertas variables que en razón de sus acciones indirectas juegan un papel principal (y que la clasificación directa no ponía de manifiesto).

En el análisis de la motricidad y dependencia directa de las variables del sistema, cada variable arroja un grado de dependencia y un grado de motricidad, y de ello resultan varios tipos de variables. Se desarrolla esta clasificación para poder identificar las variables que se consideran esenciales o claves en el sistema. En la Fig.1 se muestra el plano de influencias.

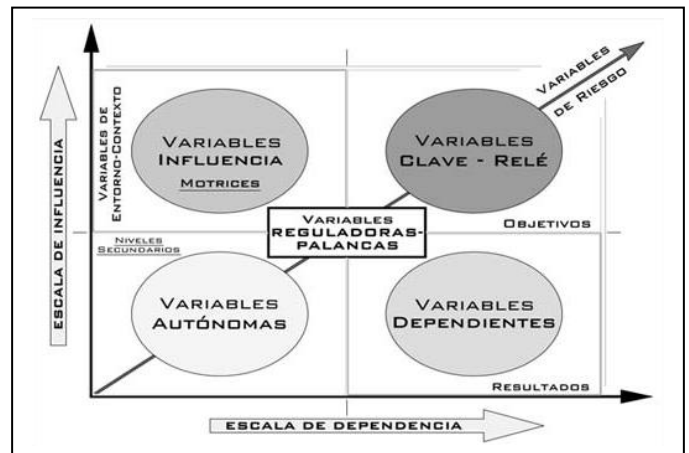


Fig. 1 Plano de influencias.

1. *Variables autónomas* (baja motricidad y dependencia: estas variables son poco influenciadas por las demás que conforman el sistema, y además ejercen poca influencia en las otras variables. Estas características hacen que sean identificadas como variables desechables.

2. *Variables dependientes y poco motrices*: estas variables están muy influidas por las demás que conforman el sistema, y además ejercen poca influencia en las otras variables. Por ende, son conocidas como variables resultantes.

3. *Variables muy motrices y poco dependientes* (variables influencia): estas variables ejercen fuerte influencia en las demás que conforman el sistema, y son poco influenciadas por dichas variables. Si estas variables, además, se dejan gobernar, será posible influirlas para modificar la realidad del sistema. Son reconocidas como variables independientes o

condicionantes; además se les denomina variables de la zona de poder.

4. *Variables muy motrices y muy dependientes* (variables clave-relé): estas variables ejercen fuerte influencia en las demás que conforman el sistema, y además son influenciadas por dichas variables. Son reconocidas como variables aleatorias o variables de la zona de conflicto. Están influidas por las variables condicionantes y ejercen influencia sobre las variables resultantes.

5. *Variables reguladoras*: son las situadas en la zona central del plano, se convierten en "llave de paso" para alcanzar el cumplimiento de las variables-clave y que estas vayan evolucionando tal y como conviene para la consecución de los objetivos del sistema [5].

IV. RESULTADOS

Para la determinación de las variables clave contenidas en el proceso de extracción de mineral de hierro en minas a cielo abierto, se partió del estudio del proceso *in situ* y la realización de entrevistas no estructuradas aplicadas a Superintendentes, Jefes de Áreas y personal adscrito a la Gerencia de Minería de Ferrominera Orinoco. El desarrollo de la investigación se enmarcó en un estudio de campo, en el periodo julio- noviembre de 2015.

El estudio abarcó el proceso de explotación de mineral, que comprende la extracción y el acarreo del mineral de hierro desde los frentes de producción, y desde las plantas de trituración hasta las estaciones de carga, para su posterior entrega a transporte ferroviario.

Las variables emergentes en el ámbito de operaciones, calidad, costos, seguridad, responsabilidad social y ambiental surgieron al integrar el aporte subjetivo proveniente de la experiencia de la alta y media gerencia y los elementos de la racionalidad objetiva dada por el análisis de la evolución en la planificación, producción y control de las actividades mineras en los yacimientos de mineral de hierro actualmente operativos.

Estas categorías permitieron delinear los ejes estratégicos (Fig. 2) para la optimización de sistemas de extracción y acarreo de mineral en minas de hierro.

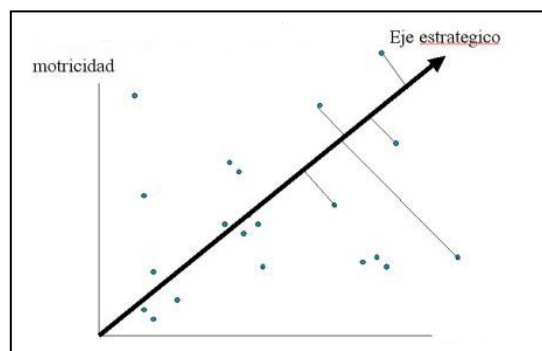


Fig. 2 Eje estratégico.

La primera etapa consistió en enumerar y codificar el conjunto de variables que caracterizan el proceso de extracción de mineral en los yacimientos operativos y su entorno (tanto las variables internas como las externas). En esta fase fue necesaria la interacción con los principales líderes del proceso minero, para captar las principales posiciones, expectativas, experiencias y planteamientos que condujo a la estructuración de cuarenta y ocho variables, las cuales se muestran en la Tabla I.

TABLA I
VARIABLES INTERNAS Y EXTERNAS

V1.Relación mena/escombros	V2.Plan de producción/ventas	V3.Especificaciones de calidad
V4.Reservas probadas	V5.Precio del mineral de hierro	V6.Disponibilidad de equipos mineros
V7.Filosofía de gestión	V8.Sentido de pertenencia	V9.Horas efectivas de trabajo
V10.Liderazgo / Autoridad	V11.Marco regulatorio minero	V12.Litología de yacimientos
V13.Suministro energía eléctrica	V14.Servicio combustible/aceite	V15.Capacidad de carga
V16.Capacidad de acarreo	V17.Sistemas de información y control	V18.Transporte del personal
V19.Seguridad en el trabajo	V20.Disponibilidad explosivos	V21.Condiciones ambientales
V22.Servicio de mina	V23.Ética en el trabajo	V24.Disponibilidad RRHH
V25.Configuración mina	V26.Vinculación comunidad	V27.Capacidad de Procesamiento
V28.Tipo de excavación	V29.Sistema toma de decisiones	V30.Alianzas estratégicas
V31.Cumplimiento funciones del cargo	V32.Presupuesto asignado	V33.Gestión de equipos/repuestos
V34.Topografía de yacimientos	V35.Métodos de trabajo	V36.Políticas gubernamentales
V37.Modelos de excavación	V38.Gestión del conocimiento	V39.Esquema de operación/turno
V40.Contrato colectivo	V41.Gestión de Contratista	V42.Disponibilidad de vagones
V43.Capacitación / entrenamiento	V44.Transferencia tecnológica	V45.Condiciones estaciones de carga
V46.Control de calidad	V47.Gestión de Reclutamiento	V48.Infraestructura

El análisis de las variables requirió de la participación de expertos en el área, lo que permitió determinar el grado de influencia, expresado de la siguiente manera: nula (0), débil (1), mediana (2), fuerte (3) y potencial (P). Este análisis estructural coloca en relieve las relaciones de las variables en un tablero de doble entrada o matriz de relaciones directas bajo una reflexión sistemática y exhaustiva, dando lugar a la creación de una reflexión colectiva y un lenguaje común en el seno del grupo, como un medio para el mejor entendimiento del sistema estudiado, más no como una verdad absoluta de la situación actual del mismo.

Analizando la matriz, se observó que la variable *sistema de toma de decisiones*, representó una motricidad de 138, la mayor puntuación en comparación con el resto de las variables (2.66%), seguidamente de *tipo de excavación* (2.58%),

relación mena/escombros (2.56%), presupuesto asignado (2.52%), y gestión del conocimiento (2.50%). La de menor motricidad, es decir la menos influyente fue litología de yacimientos, ya que su motricidad es de sólo 59 y equivale al 1.14%.

Con respecto al grado de dependencia, dado por la suma de las columnas que representa las veces en que cada variable es influida por las restantes, es decir las veces en que cada una depende de las demás, se tiene que la variable sistema de toma de decisiones, tiene grado de dependencia de 137, la mayor puntuación en comparación con el resto de las variables y representa un (2.64%), seguida de las variables tipo de excavación (2.60%), relación mena/escombros (2.56%), presupuesto asignado (2.54%), y esquema de operación/turno (2.50%). Esto indica el grado de subordinación de estas variables con respecto a las otras. En la Fig 3. se muestra el plano de influencias del proceso de extracción de mineral en la empresa Ferrominera Orinoco.

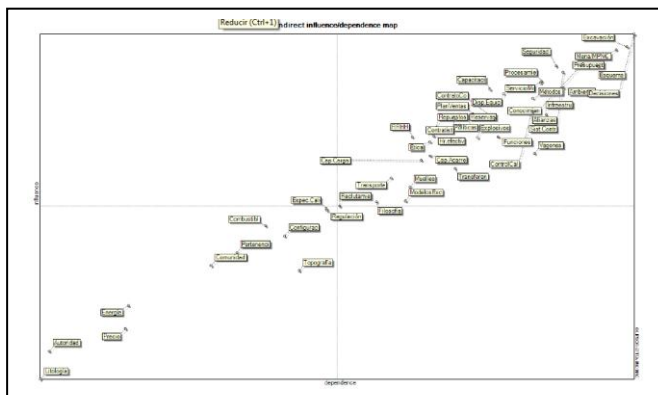


Fig. 3 Plano de influencias del proceso de extracción de mineral en la empresa Ferrominera Orinoco.

Entre las variables de mayor motricidad y dependencia se identifican tres posiciones, ocupando la primera posición la variable Sistema toma de decisiones. Indudablemente el establecimiento de un sistema de toma de decisiones efectivo en el ámbito de organizaciones complejas como la industria minera, lleva consigo una óptima gestión del conocimiento que permite la formación de equipos de alto desempeño, sistemas de alta sinergia y liderazgo transformacional, que a su vez impactan positivamente en acciones tan fundamentales como la planificación estratégica del desarrollo minero y la asignación y distribución óptima del presupuesto (en personal, equipos, infraestructura, insumos, entre otros).

En la segunda posición se tiene la importancia estratégica y operativa de la planificación de mina. Esto se refleja en el nivel de motricidad que tuvieron las variables tipo de excavación y relación mena/escombros, consideradas como variables fundamentales para el desarrollo óptimo de explotación de los yacimientos, teniendo en cuenta para el diseño del mismo criterios como calidad, cantidad, tamaño, forma y profundidad. Asimismo, se consideran parámetros

geométricos (morfología, límites de excavación), parámetros geotécnicos (ángulos máximos de estabilidad de taludes, bancos, bermas), parámetros operativos (área segura para operación de maquinarias, vías, rampas) y parámetros medioambientales (reducción de impactos negativos, escombreras, recuperación de terrenos) [6].

En la tercera posición, se ubica la planificación y control de la producción, en cuanto a la preponderancia de la variable esquema de operación/turno para el cumplimiento de las metas de producción. Esto dado a su alta relación de dependencia con otras variables del sistema minero como plan de producción/ventas, contrato colectivo, sistema de toma de decisiones, relación mena/escombros, especificaciones de calidad, disponibilidad de equipos, disponibilidad de vagones, capacidad de carga, capacidad de acarreo, capacidad de procesamiento, condiciones ambientales, entre otras.

Ahora bien, con la finalidad de centrar el análisis en las variables clave producto del resultado arrojado por el MICMAC, consideradas las de mayor motricidad y dependencia, condición que las posiciona no sólo como factores determinantes y altamente influyentes para el proceso de extracción de mineral, sino además susceptible para el análisis y establecimiento de estrategias y planes de acción que garanticen la sostenibilidad de estos procesos, se mencionan las variables siguientes: V1. Relación mena/escombros, V2. Plan de producción/ventas, V6. Disponibilidad de equipos mineros, V17. Sistemas de información y control, V19. Seguridad en el trabajo, V20. Disponibilidad explosivos /accesorios, V22. Servicio de mina, V27. Capacidad de procesamiento, V28. Tipo de excavación, V29. Sistema toma de decisiones, V30. Alianzas estratégicas, V31. Cumplimiento funciones del cargo, V32. Presupuesto asignado, V33. Gestión de equipos/repuestos, V35. Métodos de trabajo, V39. Esquema de operación/turno, V40. Contrato colectivo, V41. Gestión de contratista, V42. Disponibilidad de vagones, V43. Capacitación/entrenamiento, V46. Control de la calidad.

Estas variables clave, producto de la aplicación del programa MIC-MAC complementado al análisis estructural de la clasificación directa, representan los nudos críticos que en los actuales momentos la Gerencia de Minería debe evaluar para la comprensión de este sistema altamente complejo.

IV. DISCUSIÓN

Con base en el diagnóstico y las variables clave de la gestión minera descritos, se perfilaron las dimensiones emergentes e identificaron los ejes estratégicos para la evaluación del proceso de extracción de mineral. Estos ejes estratégicos, acompañados de acciones de soporte, proporcionan a la Gerencia de Minería los retos que deberán comenzar a ser abordados desde el presente, para el logro de una situación futura que permita el cumplimiento de las metas de producción, a la par de la sostenibilidad de la actividad minera.

Con el propósito de alcanzar los objetivos planteados para cada función operativa, se presentan los ejes estratégicos para la gestión del proceso de Extracción de Mineral, basados en propuestas de carácter estructural y sistémico, considerando la necesidad de abordar el ciclo de mejoramiento continuo. En la Fig. 4 se muestran los ejes estratégicos.



Fig. 4 Ejes estratégicos.

A. Eje 1. Fomentar una Conciencia Laboral

El logro del sentido de compromiso por parte del trabajador pasa por el cuidado y la atención de las necesidades del mismo. Se observa dentro de las variables emergentes asociadas a la carencia de una conciencia laboral y que indudablemente impactan en la productividad, la ética en el trabajo, cumplimiento de las funciones propias del cargo, horas efectivas de trabajo, sentido de pertenencia, disponibilidad de personal y el liderazgo y la autoridad.

En el mismo orden de ideas, también se presenta la necesidad del fomento de la cultura de trabajo, del reconocimiento y de la meritocracia. De allí que las acciones de soporte para este eje estratégico son:

- 1) Revisar las políticas relacionadas con Recursos Humanos, a fin de reforzarlas y/o rescatarlas en función de la necesidad de su cumplimiento.
- 2) Tener una clara definición de los espacios de autoridad, responsabilidad, meritocracia y transparencia.
- 3) Revisar con la participación de todos los actores (patrono, sindicato, trabajadores), las cláusulas contractuales que representan una desviación significativa con la realidad económica y social del país (salarios, beneficios, horas extras, entre otros).
- 4) Fomentar la polivalencia en el recurso humano, entendiéndose como la capacidad del trabajador para realizar varias actividades productivas, teniendo autonomía para la solución de problemas.

B. Eje 2. Consolidar el Sistema de Toma de Decisiones

La consolidación del proceso de toma de decisiones en la gestión minera supone transformar el proceso tradicional, meramente operativo y cortoplacista, por un proceso de toma de decisiones estratégico, con base a un análisis prospectivo de la industria, un clima laboral satisfactorio, indicadores eficientes y apoyo de sistemas de información gerencial. Esto

permitirá circunscribir este proceso a un sistema, es decir, plantearse una visión holística que propicie decisiones oportunas y acertadas en las áreas clave, como recursos humanos, mantenimiento de equipos mineros, modelos de excavación, alianzas con proveedores, infraestructura, servicios y desarrollos mineros, entre otros. Las acciones de soporte para este eje estratégico son:

- 1) Analizar y discutir el marco filosófico de la empresa en función del consenso y la adecuación a las nuevas realidades internas y externas de la industria minera.
- 2) Consolidar una cultura estratégica-prospectiva, en donde la productividad, calidad, seguridad, ambiente y la responsabilidad social se consideren como un asunto vital de toda las áreas, empezando por la gerencia alta y media.
- 3) Implantar un sistema de información gerencial de apoyo a la toma de decisiones, de acuerdo a las nuevas necesidades de información y comunicación de la gerencia.
- 4) Incorporar soluciones de infraestructura unificada para la comunicación digital que integren aplicaciones de voz, datos, video y movilidad en redes fijas, que ayuden a reducir los ciclos de decisión.
- 5) Utilizar un sistema de control en línea para acelerar y asegurar la capacidad de reacción del personal operativo.
- 6) Promover la conformación de equipos transdisciplinarios y permitir mayor participación de estos en la toma de decisiones.

C. Eje 3. Impulsar la Innovación Tecnológica

La innovación viene a representar el salvavidas de la industria minera en momentos donde existe la necesidad de afrontar la baja de precios de los minerales, con la consiguiente obligación de reducir los costos de producción, dando paso a mejores métodos de producción y a la mejora continua en toda la cadena productiva viéndola como un sistema.

Para que prospere la innovación se requiere contar con una cultura de innovación que permita disponer de toda la experiencia de la empresa, así como de agentes externos como proveedores y aliados estratégicos, comenzando la labor para explotar el conocimiento dejando atrás las improvisaciones, y dando paso a la asertividad y eficiencia del manejo de recursos [7].

Otros compromisos asociados a este eje tecnológico están incorporados a la creación de tecnologías más seguras y de mayor rendimiento, sobre todo en el diseño de equipos mineros, garantizando el avance en la capacidad de carga, capacidad de acarreo, capacidad de procesamiento, disponibilidad de vagones, servicios/ desarrollo de minas, garantía de repuestos y transferencia tecnológica.

Los vectores de este eje son:

- 1) Establecer mecanismos de reconocimiento para motivar al personal a transferir el conocimiento. En función de este logro, se deben retomar los programas de incentivos a Proyectos de Mejora en las distintas áreas.

2) Mejorar la plataforma tecnológica de la empresa, particularmente en los yacimientos, donde existe problemas con relación a la actualización de equipos de computación, red de internet/intranet, servicio de telemática y telecomunicaciones.

3) Promover la conformación de redes de investigación y desarrollo, vinculando a la Universidad y Centros de Investigación asociados a la industria Ferro Siderúrgica.

4) Establecer mecanismos idóneos para lograr una efectiva transferencia tecnológica y relación con proveedores de servicios técnicos especializados.

5) Impulsar los programas de acción social y asistencia técnica a las comunidades adyacentes.

D. Eje 4. Redimensionar la Gestión Logística

La gestión logística se presenta como la garante de proveer a las operaciones previstas en el plan de minas, de insumos, repuestos, equipos y servicios necesarios para su óptimo desarrollo. Esto en el marco de sus funciones de aprovisionamiento, compras, procesos de transporte/distribución, almacenamiento, gestión de inventarios, trazabilidad y seguimiento del mineral a través de la cadena productiva, que requiere la consideración de la satisfacción de clientes tanto internos como externos.

Además de las relaciones o encadenamientos productivos con empresas de suministros, exploración, explotación, beneficio, comercialización y cliente final (siderúrgicas en el caso del mineral de hierro).

El redimensionamiento de la gestión logística parte entonces de una visión sistémica, dado que representa una dimensión compleja y multifactorial, abarcando planes de producción/ventas, especificaciones de calidad, marco regulatorio asociado a contrataciones, consideraciones ambientales, sistemas de información y control, manejo de explosivos, vinculación con la comunidad, alianzas estratégicas, gestión de equipos/repuestos, gestión del conocimiento, gestión de contratistas y transferencia tecnológica, entre otros.

Otro aspecto importante asociado a la optimización de la gestión logística a lo largo de la integración de la cadena de suministro, es la incorporación de las tecnologías de información y comunicación, las cuáles han influido positivamente en su funcionamiento, debido a que esta opera en un ambiente globalizado y altamente cambiante, donde la información oportuna y de calidad se convierte en el mejor aliado [8].

Los vectores del eje de redimensionamiento de la logística son:

1) Crear una red dinámica de conocimiento necesaria para poder plantear la gestión del conocimiento y las TIC's en el marco de la cadena de suministro.

2) Formular políticas de inventarios óptimas frente a determinadas situaciones restrictivas, como disponibilidad

financiera, limitaciones en la capacidad de almacenamiento y oportunidades de economía de escala.

3) Establecer mecanismos de control necesario, orientados a garantizar que las fases de selección del contratista, así como la de ejecución de las obras se realicen fundamentadas en el Decreto con Rango, Valor y Fuerza de Ley de Contrataciones Públicas y bajo principios de transparencia, economía, honestidad, eficiencia, inclusión y competencia.

4) Aplicar técnicas de optimización en la estimación y control de la flota de carga y acarreo de materiales, utilizando herramientas de análisis de datos y mejoramiento de la logística asociada a cumplir el plan de producción.

V. PARÁMETROS SUBYACENTES EN EL PROCESO DE MINERÍA

De acuerdo a las cuarenta y ocho variables definidas en el análisis estructural planteado, las variables clave y las interrelaciones suscitadas entre ellas, se presentan a continuación los parámetros subyacentes al proceso minero que se lleva a cabo en Ferrominera Orinoco.

Estos parámetros dan cuenta de la importancia en el cumplimiento del ciclo de mejora continua (planificar-hacer-verificar y actuar) adoptado en el Sistema de Gestión de la Calidad de Ferrominera Orinoco bajo la norma ISO-9001.

Además se enmarcan en el Sistema de Gestión Minera Sostenible (Norma UNE 22480:2008) e Indicadores de Gestión Minera Sostenible (Norma UNE 22470:2008). Esta norma tiene por objeto establecer los indicadores de tipo social, económico y ambiental para la evaluación de la implantación de un sistema de gestión minera sostenible. El Sistema de Gestión Minera Sostenible se aplica a las actividades de exploración, investigación, extracción propiamente dicha, preparación y beneficio de minerales, aprovechamientos de los residuos originados en las actividades mineras y las actividades derivadas de la minería (rehabilitación, recuperación, acondicionamiento y mantenimiento de las infraestructuras, depósitos o terrenos).

Dentro de los criterios para evaluar la gestión minera sostenible se tienen:

Criterio 1. Seguridad de suministro para la satisfacción de la demanda del producto en un entorno próximo, medio o lejano.

Criterio 2. Utilización eficiente de los recursos naturales.

Criterio 3. Aplicación de medidas para promover y mejorar la seguridad y salud de los trabajadores.

Criterio 4. Contribución al desarrollo económico de la comunidad de trabajadores.

Criterio 5. Contribución al desarrollo social de la comunidad.

Criterio 6. Rehabilitación del espacio natural afectado.

Criterio 7. Aplicación de las mejores técnicas disponibles en la prevención y control integrados de la contaminación así como en la gestión de residuos.

En la Fig. 5 se muestran los parámetros de gestión del proceso minero.

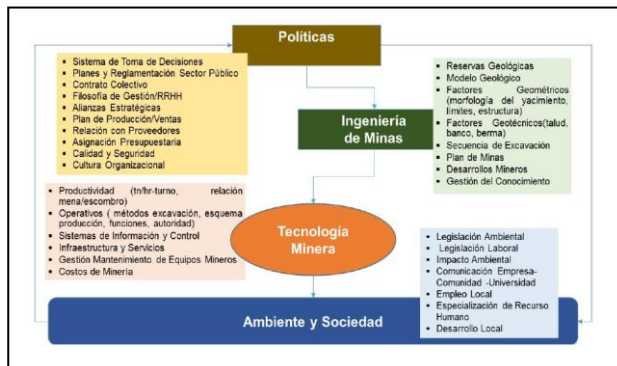


Fig. 5 Parámetros de gestión del proceso minero.

VI. CONCLUSIONES

De acuerdo al análisis estructural realizado a las operaciones de extracción de mineral en los principales yacimientos de Ferrominera Orinoco, se encontraron cuarenta y ocho variables, en donde prevalecen como variables clave por su grado de motricidad, el *sistema de toma de decisiones* (2.66%), seguida de las variables *tipo de excavación* (2.58%), *relación mena/escombro* (2.56%), *presupuesto asignado* (2.52%), y *gestión del conocimiento* (2.50%). Además por el grado de dependencia, se tiene el *esquema de operación/turno* (2.50%).

Estas variables de mayor motricidad y dependencia confirman tres posiciones, siendo la primera (1) la necesidad de una *administración sistémica*, soportada en un sistema de toma de decisiones con la capacidad de aprendizaje y adaptación de manera expedita y efectiva en situaciones que cambian con rapidez. Como posición (2) se tiene la importancia estratégica y operativa de la planificación de minas. Esto se refleja en el nivel de motricidad que tuvieron las variables *tipo de excavación* y *relación mena/escombro*, consideradas como variables fundamentales para el desarrollo óptimo de explotación de los yacimientos. En la (3) posición, se ubica la planificación y control de la producción, en cuanto a la preponderancia de la variable *esquema de operación/turno* para el cumplimiento de las metas de producción.

La identificación de los ejes estratégicos para la evaluación del proceso de extracción de mineral, basado en una propuesta de carácter estructural y sistémica, proporcionan a la empresa Ferrominera Orinoco, los retos que deberán comenzar a ser abordados desde el presente, para el logro de una situación futura que permita el cumplimiento de las metas de producción, a la par de la sostenibilidad de la actividad minera.

En cuanto a los parámetros establecidos, *Las políticas* vienen siendo las guías de actuación en todos los ámbitos de la organización, alineadas con los Planes de Desarrollo Económico y Social de la Nación, que incluyen por supuesto los Planes de Desarrollo del Sector Minero. Asimismo las políticas dan pleno cumplimiento a la Legislación Nacional e

Internacional vigente aplicable al Ámbito Minero y la condición de Sector Público Estratégico.

La *Ingeniería de Minas* como parámetro fundamental, es el cerebro de la gestión minera, en donde se gesta el modelo de explotación del yacimiento, plasmado en un proceso riguroso de planificación, sintetizado en un plan de minas, que orienta todas las acciones necesarias en el ámbito operativo para el óptimo desarrollo del yacimiento.

La *Tecnología Minera* a su vez, viene siendo el corazón de la gestión minera y se sustenta en el tema de la innovación en tecnologías sustentable. Dentro de los parámetros a considerar se encuentran parámetros de productividad; operatividad; información y control; infraestructura; servicios; mantenimiento de equipos mineros; y parámetros de control de costos de minería.

Finalmente, *Ambiente y Sociedad* es un compromiso incoercible de la industria minera, el cual da sentido a toda actividad humana, sustentada en parámetros no sólo técnicos – económicos, sino en parámetros ambientales y sociales para su sostenibilidad. Dentro de estos parámetros se deben considerar los relacionados al cumplimiento de la legislación ambiental y laboral tanto nacional como internacional; el cumplimiento de los estudios de impacto ambiental y la implantación de acciones de autorregulación; y por último, la comunicación empresa-comunidad - universidad que atienda de manera oportuna los requerimientos y necesidades de las comunidades afectadas por la actividad minera, fomentando la educación, la cultura, el deporte, el desarrollo local y el bienestar colectivo.

REFERENCIAS

- [1] Plan de Minas Quinquenal, período: 2014 -2018. Gerencia de Minería, Superintendencia de Ingeniería de Mina, Jefatura de Área de Planificación de Mina. Recuperado de: www.ferrominera.com.
- [2] Ministerio de Energía y Minas. Boletín de Geología, publicación especial N° 8, 1981, p. 82. Minerales de Venezuela. Caracas.
- [3] Manual del Sistema de Gestión Código 901 -FMO. Vigencia 06/12/2012. Recuperado de: www.ferrominera.com
- [4] M. Godet, *Prospectiva Estratégica: problemas y métodos*. (2da ed.). Paris: Laboratoire d'Investigation Prospective et Stratégique CNAM - Prospektiker —Instituto Europeo de Prospección y Estrategia— Cuaderno n° 20, 2007.
- [5] A. Guzmán, M. Malaver y H. Rivera, *Análisis estructural. Técnica de la prospectiva*, Documentos de Investigación, Facultad de Administración, No 24, ISSN: 0124-8219, pp. 21-22, Diciembre 2005.
- [6] J. Cisneros, *Diseño de Explotación a Cielo Abierto*. Ecuador: Asociación de Ingenieros de Minas del Ecuador (AIME), 2003. Recuperado de: <http://www.aimecuador.org>
- [7] J. Quintero y L. López, *Estrategia de Innovación Tecnológica en las Organizaciones*. Revecitec Urbe, 3 (1), julio-diciembre, 2012. Recuperado de: <http://publicaciones.urbe.edu/index.php/revecitec/article/viewArticle/1514/3421>.
- [8] A. Correa y R. Gómez, *Cadena de Suministro en el Sector Minero como Estrategia para su Productividad*. Medellín: Boletín de Ciencias de la Tierra, número 25, pp. 93-102, 2009.