

# PRODUCTIVIDAD DEL PROCESO MINERO, MÁS ALLÁ DE LA PRODUCCIÓN

Salomón López Liliana, MSc ; Ortiz Useche Alexis, PhD; Cordero Ferrer Víctor, Ing.  
lilianasalomon14@gmail.com; aortiz@uneg.edu.ve; victorc@ferrominera.com  
UNEXPO- UNEG - CSV FERROMINERA ORINOCO

Recibido (28/05/18), aceptado (10/07/18)

**Resumen:** Los resultados y análisis presentados en este artículo, producto de una investigación de campo llevada a cabo en las diferentes minas de hierro ubicadas en el Estado Bolívar, plantea un análisis integral del proceso de extracción de mineral orientado a la determinación de los factores claves que impactan en la productividad de la industria, más allá de la Producción. Distintos indicadores de productividad son tomados en consideración basados en criterios de sostenibilidad en minería, grado de complejidad asociado a las economías de escala y aplicación de tecnología verde. Para ello, se determinaron las variables y parámetros involucrados en el sistema minero, partiendo principalmente de la aplicación de un Análisis Estructural como herramienta de estructuración de una reflexión colectiva, llevada a cabo en la Gerencia de Minería de Ferrominera Orinoco – Ciudad Piar. Para esta reflexión se contó con la participación del Gerente de Minería, los Superintendentes de Ingeniería de Minas, Producción, Planificación y Control, Servicios y Desarrollo de Minas. Además del Jefe del Área de Planificación de Minas. De la investigación realizada se distingue como eje transversal para la productividad en minas a cielo abierto la Tecnología de Minas, analizándose las investigaciones realizadas en el ámbito de las tendencias tecnológicas y sostenibilidad de la industria minera no sólo del Brasil, sino a nivel mundial, planteando los aspectos relevantes y las áreas prioritarias en la búsqueda de mejorar la gestión de los procesos estratégicos y operativos mineros. Se establecieron los indicadores operativos de acuerdo a las múltiples variables y complejidad del sistema. Posteriormente se identificaron los factores clave de acuerdo a cuatro funciones fundamentales de la industria extractiva: objetivos y metas; gestión de RRHH; gestión de equipos mineros; y gestión de costos. Todo esto conllevó al establecimiento de los componentes de un modelo de productividad para la minería de hierro, teniendo como premisa (1) el cumplimiento del modelo de excavación; (2) el uso eficiente de los recursos; y (3) mejora de la calidad de vida.

**Palabras Claves:** Extracción de mineral, factores clave, productividad, tecnología de minas.

## PRODUCTIVITY OF THE MINING PROCESS, BEYOND PRODUCTION

**Abstract:** The results and analysis presented in this article, product of a field investigation carried out in the different iron mines located in the Estado Bolívar, presents an integral analysis of the mineral extraction process oriented to the determination of the key factors that impact in the productivity of the industry, beyond the Production. Different indicators of productivity are taken into account based on criteria of sustainability in mining, degree of complexity associated with economies of scale and application of green technology. For this, the variables and parameters involved in the mining system were determined, starting mainly from the application of a Structural Analysis as a structuring tool of a collective reflection, carried out in the Mining Management of Ferrominera Orinoco - Ciudad Piar. For this reflection, the participation of the Mining Manager, the Superintendents of Mining Engineering, Production, Planning and Control, Services and Mining Development was included. In addition to the Head of the Mine Planning Area. From the research carried out, the Mining Technology is distinguished as a transversal axis for productivity in open pit mines, analyzing the research carried out in the field of technological trends and sustainability of the mining industry, not only in Brazil, but at a global level, raising the relevant aspects and the priority areas in the search to improve the management of mining strategic and operational processes. Operational indicators were established according to the multiple variables and complexity of the system. Subsequently, the key factors were identified according to four fundamental functions of the extractive industry: objectives and goals; HR management; mining equipment management; and cost management. All this led to the establishment of the components of a productivity model for iron mining, having as premise (1) compliance with the excavation model; (2) the efficient use of resources; and (3) improvement of the quality of life.

**Keywords:** Mineral extraction, key factors, productivity, mining technology.

## I. INTRODUCCIÓN

La productividad en la industria extractiva se puede definir en términos generales, como la relación del producto expresado en unidades físicas (toneladas de material extraído) con respecto al insumo expresado en horas efectivas de trabajo. Sin embargo, el concepto de productividad está cada vez más vinculado con la sostenibilidad, gestión eficiente de todos los procesos y la satisfacción de los Stakeholder.

Para medir la productividad del proceso de extracción de mineral, considerado un proceso multifactorial, dado las complejas interrelaciones que se dan día a día entre el sistema de variables que lo componen, se debe partir de un control de gestión integrador, lo que significa la articulación y alineación de todas las áreas de la empresa en procura del logro de los objetivos de gestión, concebidos desde los objetivos estratégicos de la empresa y expresado a través de los planes de mina.

Este control de gestión integrador, debe contar con un sistema de toma de decisiones basado en información oportuna y efectiva que permita conocer la productividad que arroja la configuración actual del proceso de extracción; identificar las variables clave (convencionales y no convencionales); determinar los parámetros operativos; y determinar los efectos en la productividad que pueda ocasionar los factores del proceso considerados críticos.

En este sentido, los resultados presentados en esta investigación, llevada a cabo en las minas de hierro del estado Bolívar – Venezuela, dan cuenta de los principales factores que impactan en la productividad del proceso de extracción de mineral en minerías a cielo abierto, haciendo énfasis en factores más allá de la producción, por lo que se estructura en cuatro apartados: (1) Metodología asumida; (2) Proceso de Extracción en Minería a Cielo Abierto; (3) Indicadores de Gestión por Área Operativa ; (4) Productividad en Minas a Cielo Abierto; y (5) Componentes del Modelo de Productividad más allá de la Producción.

## II. DESARROLLO

### 1. Metodología de Investigación

La metodología de trabajo constó de cuatro (4) etapas. La primera etapa fue la revisión de investigaciones relacionadas con productividad en la minería y factores críticos del proceso de explotación minera; además de la revisión de los Planes Estratégicos y Operativos mineros.

La segunda etapa fue la discusión y análisis sobre las variables y parámetros involucrados, tomando en consideración el Análisis Estructural como herramienta

de estructuración de una reflexión colectiva, llevada a cabo en la Gerencia de Minas de Ferrominera Orinoco – Ciudad Piar. Para esta reflexión se contó con la participación del Gerente de Minería, los Superintendentes de Ingeniería de Minas, Producción, Planificación y Control, Servicios y Desarrollo de Minas. Además del Jefe del Área de Planificación de Minas.

Esta herramienta forma parte del Análisis Prospectivo y permitió describir el sistema con ayuda de una matriz que relacionó 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. Las diferentes fases del método son el listado de las variables, descripción de relaciones entre variables y la identificación de variables clave [9 y 23].

La tercera etapa de la investigación consistió en el muestreo de campo para la medición de las principales variables del proceso de extracción de mineral en las diferentes minas (San Isidro, Cerro Bolívar, Los Barrancos y Altamira). El diseño de la investigación es no experimental, dado que no hay manipulación intencional de las variables operacionales (tiempo de ciclo de acarreo, rendimiento de equipos, configuración de la mina), sino que se observa el proceso de extracción de mineral de hierro (objeto de estudio) tal como se da en la realidad. Por último, en la cuarta etapa se realizó un análisis de la información recabada y se contrastó con diferentes investigaciones en el ámbito de la productividad minera, como “Productividad en la minería: ahora viene la parte difícil. Una encuesta global; y Productivity in mining. A case for broad transformation [7 y 8].

### 2. Proceso de Extracción en Minería a Cielo Abierto

La OIT define la mina a cielo abierto a toda mina que no sea subterránea. Designa toda excavación en la tierra ejecutada para buscar o extraer cualquier tipo de mineral, y cualquier lugar donde se esté explotando un yacimiento. Todo edificio, construcción, escombrera, represa, maquinaria y aparatos situados en la mina o cerca de ésta y utilizados con cualquier fin necesario o accidental para la explotación y tratamiento posterior de los productos de la mina y los materiales de desecho que salgan de ésta se considerará que forman parte de dicha mina [21].

De esta definición se extrae una aproximación al alcance de la actividad en minas a cielo abierto, en dónde se plantea la extracción de mena, además del manejo del material estéril o materia prima no conforme que salga de esta explotación.

En un taller de reflexión colectiva realizado a los líderes del proceso minero adscritos a la Gerencia de Mi-

nería, Ferrominera Orinoco, se estableció como función objetivo del proceso de extracción de mineral, llevado a cabo en las minas del Cuadrilátero San Isidro, Cerro Bolívar y Altamira, la maximización de las toneladas de material extraído y procesado en la mina. Esto incluye el material todo en uno (TEU), finos, gruesos que salen de las Plantas de Trituración (PTLB I- PTLBII y PTCALT) y materia prima no conforme (MPNC – Bajo Tenor y Estéril).

Asimismo, se valoraron los factores que mayormente afectan la gestión minera, quedando en orden de importancia: (1) Marco Estratégico; (2) Gestión de Procesos; (3) Conciencia Laboral; (4) Seguridad y Salud en el Trabajo; (5) Infraestructura y Equipos; (6) Ambiente

y Sociedad; (7) Tecnologías de Información y Comunicación (TIC); (8) Conocimiento e Innovación; (9) Automatización y Robótica; y (10) Geostatística.

Investigaciones en el ámbito de las tendencias tecnológicas y sostenibilidad de la industria minera no sólo del Brasil, sino a nivel mundial [6, 7, 8, 15 y 17], plantean los aspectos relevantes y las áreas prioritarias en la búsqueda de mejorar la gestión de los procesos estratégicos y operativos mineros. Estas tendencias están relacionadas con funciones medulares. En el cuadro I, se detallan las tecnologías de mayor acogida en la industria minera para los últimos años, acompañada de la estrategia operativa. Particularmente se resaltan las tecnologías asumidas por RIO TINTO en su Programa (2008) “Mine of the Future” [28].

**Cuadro I**  
**Tecnologías Mineras por Área Medular**

<b>Función</b>	<b>Estrategia Operativa</b>	<b>Tecnología</b>
<b>Planeación de minas</b>	Exploración de nuevos yacimientos. Control geometalúrgico y geomecánico. Optimización modelo de excavación. Integración de Sistemas de minería.	Software integración de todas las áreas (SoluFlex ERP). Software integrado a AutoCAD, para exploración geológica o desarrollo minero (Promine 2010). Software generación planes mineros para minas a cielo abierto (DeepMine - BOAMine). Software Planificación minera (XPAC). Software para validar y transformar datos en modelos 3D dinámicos, precisos diseños mineros y planes de operaciones (Maptek Vulcan). Software para mapeo geológico de frentes, codificación de sondajes y modelos, interpolación e informes de reservas (Minesight Geology). Sistema de Control de Gestión MYSAP – IS MINING (SAP). <b>Centro de Operaciones.</b> Información en tiempo real Optimizar actividades de minería, mantenimiento y logística.
<b>Perforación</b>	Adopción de grandes diámetros de perforación, reduciendo la cantidad de perforación y el costo asociado.	<b>Sistema automatizado de perforación (ADS).</b> Perforadoras de mayor dimensión (diámetros > 250 mm).
<b>Voladura</b>	Mejor control energético. Optimización de Fragmentación. Conocimiento previo de granulometría de una pila de material volado.	Perfilometría 3D. Simulación de los frentes de voladura en función de la secuenciación. Simulación software JK 2DRing del JKMRC. Sistemas electrónicos de voladuras, sustituyendo los detonadores tradicionales pirotécnicos. Parámetros observables en grabación de la voladura con cámara de alta velocidad (MREL). Análisis de fragmentación - granulometría (Split Online – Split engineering). Fragmentación de rocas.
<b>Carga-Acarreo</b>	Optimización en el uso de equipos mineros/ Innovación Sistemática. Incremento de Producción /Disminución de Costos. Formación de equipos de trabajo especializado.	<b>Sistemas de transporte autónomo (AHS).</b> <b>Auto Haul®</b> Sistema de gestión de flotas DISPATCH®. Modelo por Simulación para escenario de operación pala/camión. Sistemas de automatización y robótica. Uso de equipos de carga y acarreo de mayor capacidad. Pallas hidráulicas CAT 6090 FS68,0 yd3. Pallas eléctricas P&H 400XPB. Camiones roqueros (>380tn CAT 797F). Cargadores frontales Letourneau L2350-53 yd3/ Komatsu PC 4000.
<b>Trituración</b>	Minimización de tiempos de inactividad de la planta por: Incremento de la capacidad de producción y reducción de los atascamientos de materiales de gran tamaño. Mejoramiento de vida útil de los componentes; procesamiento más confiable y de procedimientos de mantenimiento más fáciles de llevar a cabo.	Sala de control/tecnología de consolas (EOW-ABB). Nueva generación de upgrades para trituradoras; piezas para molinos de bolas a gran escala: Parrillas Poly-Met®, Megaliner®, Lifter®, Chutes y revestimientos; Polines ESI; Posicionador Digital Nels NDX y el controlador on/off AXIOM. METSO

Hoy por hoy, se introduce el término de tecnologías sustentable para la minería, aludiendo a la imperante necesidad de minimizar el impacto ambiental de esta actividad y lo concerniente a la calidad de vida del trabajador.

En este contexto, hay que distinguir las dos visiones fundamentales que por muchos años se han confrontado: la visión conservacionista que plantea que un medio ambiente sano y protegido es la herencia más valiosa para la supervivencia y felicidad de las generaciones futuras. Por lo tanto, es un deber ético preservarlo en las mejores condiciones como nicho vital para los que vienen, por encima de alternativas no necesarias, como la minería a cielo abierto [13]. Además, el hecho de que esta actividad es considerada de por sí no sostenible, por ser recursos que no pueden renovarse y por la cantidad de impactos físicos y sociales que genera [20].

El segundo punto de vista es la visión economicista, en cuanto a que la minería debe ser tenida como instrumento de desarrollo regional y fijación del hombre a la tierra, así como fuente generadora de riqueza y trabajo, reductora de las desigualdades sociales, siendo, para tanto, necesario demostrarse la reconocida importancia del sector minero como aprovisionador de la materia prima en el proceso productivo de género del consumo y servicio [17].

Existe una conciencia laboral que impulsa la gestión

minera a asumir un modelo de sector industrial económicamente viable, ambientalmente sensible y socialmente responsable, que produzca beneficios sostenibles y descentralizados [12]. La transición a una economía verde en el contexto del desarrollo sostenible, ya es una realidad y muchas de las iniciativas de políticas de gobiernos y programas del sector privado ya forman parte de esta. Está destinada a promover la industrialización basada en la eficiencia de recursos, asegurando un acceso fiable, local y asequible a la energía y la tecnología, así como mejorar la eficiencia en el uso de los recursos que podría mejorar la competitividad de la región [11].

Se trata de dar respuesta al reto del desarrollo sostenible, un concepto que hoy es objeto de debate en numerosos foros internacionales, que inspira políticas en países desarrollados o emergentes. El Crecimiento Verde se vincula a aquellas actividades económicas que contribuyen a preservar la calidad de nuestro entorno ambiental a través principalmente del uso eficiente de los recursos. Este uso eficiente se traduce, entre otros aspectos, en colaborar en la protección de la biodiversidad, la calidad del aire, el suelo y el agua y, por supuesto, en la reducción de las emisiones de gases de efecto invernadero vinculadas al cambio climático.[10 ] (ver figura 1).



**Figura 1. Aplicaciones de la Tecnología Verde**

Estos son muestras de esfuerzos crecientes hacia una minería más responsable, poniendo en práctica tecnologías más ecológicas, con la imperiosa necesidad de implementar programas de protección de la diversidad biológica en torno a los sitios mineros. Así como, la apuesta por energías renovables y la eficiencia energética, dado su alta demanda de energía para muchos de sus procesos.

### 3. Indicadores de Gestión por Área Operativa

De acuerdo a las variables que impactan el proceso de la minería a cielo abierto, se evidencia el carácter complejo de este sistema. Así lo plantean [27] cuando de acuerdo a una fase de interacción con los principales líderes de la industria minera del hierro para captar las principales posiciones, expectativas, experiencias y planteamientos, a través de la metodología Análisis Estructural, obtuvo cuarenta y ocho variables que brindan una panorámica sistémica de los factores de mayor impacto en la productividad en la mina.

El principal desafío que se enfrenta la industria es la maximización de las toneladas de material extraído y procesado en la mina, considerando restricciones de carácter técnico, económico, ambiental y social. La gran cantidad de variables involucradas, como las distancias entre las diferentes zonas de explotación, el avance de los diferentes frentes de minas, disponibilidad de equi-

pos, capacidad de carga/acarreo, capacidad de procesamiento, criterios de extracción, condiciones ambientales, compromiso e integración del recurso humano, son aspectos dinámicos y no constantes y sus interrelaciones generan un sistema complejo.

Este control de gestión debe ser integrador y holístico, lo que significa la articulación y alineación de todas las áreas de la empresa en procura del logro de los objetivos de gestión, considerados desde el Plan de Minas. Esta premisa es de suma importancia, considerando que el Plan de Minas configura todos los recursos necesarios para el cumplimiento del modelo óptimo de excavación, plan de producción y ventas y las políticas ambientales, de seguridad y responsabilidad social.

En este sentido, a continuación en el cuadro 2 se describen los principales objetivos operativos, variables e indicadores del Proceso de Extracción de Mineral por función operativa.

**Cuadro II**  
**Variables e Indicadores en Plan de Minas**

<b>Función/Objetivo</b>	<b>Variables</b>	<b>Indicadores</b>
<b>Producción</b> Efectuar los programas de excavación de mena y MPNC establecidos en los planes de mina.	Reservas probadas Relación Mena: MPNC. Aportes por mina. Ausentismo. Capacitación Técnica. Turnos/año. Turnos/tipo de operación. Esquema operativo por turno. Condiciones ambientales. Servicio de mina. Suministro energía eléctrica. Servicio combustible/aceite.	Cumplimiento Excavación de Mena (%). Cumplimiento Excavación de MPNC (%). Cumplimiento Esquema Operativo (turnos por tipo de operación)(%). Cumplimiento Programa Formación en materia de Operación de Equipos Mineros. Cumplimiento actividades de desarrollo minero (construcción de diques/ construcción de sistema de rampas, otros). Cumplimiento suministro diésel – lubricantes (lts). Cumplimiento suministro energía eléctrica (Kw/h). Consumo Diésel y Lubricantes (lts).
<b>Perforación</b> Ejecutar las perforaciones de las zonas programadas, siguiendo los planes de minas.	Perforación por mina. Disponibilidad de equipos de perforación.	Perforación Exploratoria(m). Perforación taladros $\varnothing$ 97/8 y 12 1/4(m) Cumplimiento Perforaciones en Zonas Programadas (%). Costo de Perforación (Bs.)
<b>Voladura</b> Programar y Ejecutar la voladura de acuerdo a la necesidad de excavación de las zonas seleccionadas.  Estimar la cantidad de explosivos, determinando primero las toneladas a volar por hueco, luego la carga estimada de acuerdo a los métodos empleados en las voladuras a cielo abierto.	Disponibilidad explosivos /accesorios.  Costos de Explosivos – accesorios.	Cumplimiento de las “Normas para la Emisión del Informe favorable para el uso de Sustancias Explosivas y sus Accesorios en la actividad minera (GO N° 39.576, 17/12/2010)(%). Disponibilidad de Reservas Voladas (kt Mena y MPNC). Cumplimiento de Especificaciones Técnicas de Voladuras (%). Consumo de explosivos – ANFO (kg/ton voladas). Consumo accesorios de voladura (unid.)

<p><b>Carga -Acarreo Trituración</b> Efectuar los programas de excavación, carga y acarreo de mineral in situ y apilado, establecidos en el Programa Semanal de Mina.</p>	<p>Capacidad de excavación. Capacidad de acarreo. Capacidad de Procesamiento. Alimentación Plantas de Procesamiento. Factor Carga Vagones (góndolas 89tn/tolvas 90tn).</p>	<p>Cumplimiento Plan de Excavación (carga) de Mineral por Mina (t). Cumplimiento Plan de Distribución (acarreo - destino) de Mineral por Mina (t). Cumplimiento Plan de Alimentación, Trituración y Carga (Plan tas de Trituración) de Mineral de Finos y Gruesos por Plantas (t). Disponibilidad de Vagones (tipo góndolas /tipo tolvas/Turno) (%). Cumplimiento Esquema Operativo N° Vagones/ Turno/ Promedio Despachados a PMH (Vagones/turno).</p>
<p><b>Mantenimiento</b> Programar y ejecutar el mantenimiento preventivo y predictivo, así como el seguimiento y control del mantenimiento preventivo. Incluye la ejecución del mantenimiento correctivo.</p>	<p>Capacidad de equipos mineros. Disponibilidad de repuestos e insumos. Capacitación del RRHH. Distribución de equipos mineros por mina. Servicios Contratados. MEGA (Komatsu) y VENEQUIP (Caterpillar).</p>	<p>Disponibilidad Física de Equipos de Excavación (Palas) (%). Uso de la Disponibilidad Física de Equipos de Excavación (Palas) (%). Disponibilidad Física de Equipos de Carga (Cargadores Frontales) (%). Uso Disponibilidad Física de Equipos de Carga (Cargadores Frontales) (%). Disponibilidad Física de Equipos de Acarreo (Camiones Roqueros) (%). Uso de la Disponibilidad Física de Equipos de Acarreo (Camiones Roqueros) (%). Disponibilidad Física de Equipos de Perforación (Perforadoras de gran diámetro) (%). Uso Disponibilidad Física de Equipos de Perforación (Perforadoras de gran diámetro) Operatividad de Equipos Mineros (accidentes vs operativos) (%).</p>
<p><b>Calidad</b> Determinar la calidad y espesor de un yacimiento, que consiste en la investigación del subsuelo, mediante muestras obtenidas a través de la perforación de sondeos geológicos. Asegurar la calidad en la cadena productiva, así como atender y satisfacer con eficacia y eficiencia los requerimientos acordados con los clientes.</p>	<p>Litología de yacimientos. Grado químico de la Mena (%Fe - % SiO<sub>2</sub> - % Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> - %PPC - %P- %Mn - %Fino - %Costra). Composición MPN C (laterita – no conforme-bajo tenor duro-bajo tenor friable). Especificaciones de Calidad.</p>	<p>Cumplimiento Registros y actualización Sondeos Geológicos en Software MineSight (%). Cumplimiento Registros y actualización Litológica en el Sistema MySAP-IS Mining (%). Disponibilidad de: Equipos de Medición y Ensayo (%). Cumplimiento toneladas de Mineral bajo Especificaciones de Calidad Vigente (%).</p>
<p><b>Seguridad y Salud en el Trabajo</b> Establecer las normas que permitan garantizar a los trabajadores, las condiciones de seguridad, salud y bienestar en un ambiente de trabajo propicio para el ejercicio pleno de sus facultades físicas y mentales. Ley Orgánica de Prevención, Condiciones y Medio Ambiente de Trabajo (LOPCYMAT -2005).</p>	<p>Políticas de Seguridad Laboral. Condiciones laborales/Ambientales.</p>	<p>Cumplimiento Programa Formación en materia de seguridad (%). Cumplimiento Prácticas de Trabajo Seguro (%). Cumplimiento Plan de dotación equipos de protección personal (EPP) (%). Índice de Frecuencia (IF) Neta de accidentes. Índice de Severidad (IS) Tasa de Riesgo (TR) / Índice de Accidentalidad (IA). Cumplimiento de Especificaciones de actividades y desarrollos mineros contenidos en Planes de Mina (colocación de torres de iluminación, otros) (%).</p>
<p><b>Ambiente</b> Ejecutar los proyectos de desarrollos mineros ambientales incluidos en los planes de minas y Legislación Ambiental.</p>	<p>Configuración de la Mina. Regulaciones Ambientales. Impactos Ambientales.</p>	<p>Cumplimiento de Especificaciones de actividades y desarrollos mineros contenidas en Planes de Mina (construcción diques/ muros de contención/mantenimiento y acondicionamiento de depósitos) (%). Cumplimiento de Plan de Minimización de riesgos ambientales (%). Cumplimiento de Plan de rehabilitación del espacio natural afectado. Cumplimiento de Plan de control integrado de gestión de residuos.</p>

#### 4. Productividad en Minas a Cielo Abierto

La productividad puede definirse como la relación entre los resultados y el tiempo que se emplea en conseguir estos resultados. El tiempo es a menudo un buen denominador, puesto que es una medida universal y está fuera del control humano. Cuanto menor tiempo lleve lograr el resultado deseado, más productivo es el sistema.

La OIT viene promoviendo desde hace muchos años (1995) un criterio progresista de la productividad. Este criterio se basa en la utilización eficaz y eficiente de todos los recursos: el capital, la tierra, los materiales, la energía, la información y el tiempo, además del trabajo.

Asimismo, incorpora en esta filosofía el criterio económico, aunado al social. Un elemento trascendental es la calidad en la mano de obra, su administración y sus condiciones de trabajo, y generalmente se ha admitido que la elevación de la productividad suele llevar aparejado el mejoramiento de la calidad de la vida de trabajo [21].

El Instituto de Minerales Sostenibles de la Universidad de Queensland Australia y EY, plantean que dentro de los factores claves que causan la reducción en la productividad de las empresas mineras se encuentran: la mano de obra, el capital, el material o recursos y la economía de escalas. La mano de obra en cuanto a la falta de experiencia, alta rotación de la fuerza laboral y un enfoque basado en el volumen en vez de la eficiencia; el capital se ve reflejado en el nivel de utilización de los equipos y la falta de innovación; los recursos se ven mermados por la depleción de las reservas y menores leyes del mineral; y por último el factor de economías de escalas que ha incrementado la complejidad de la industria, llevando muchas veces a la mentalidad de trabajos en silos, aumentando la brecha de comunicación e integralidad [7]

En este sentido, para analizar el desempeño del sistema minero se deben concretar los factores considerados críticos y que permanentemente se le debe hacer seguimiento para asegurar la productividad y competitividad. Estos factores son agrupados en cuatro áreas de gestión minera: Objetivos y metas; Gestión RRHH; Gestión de Equipos Mineros; Gestión de Costos.

##### 4.1. Objetivos y Metas

La productividad en la minería a cielo abierto, se expresa en el cumplimiento de los objetivos y metas de producción asociado a la excavación tanto de Mena como de Materia Prima No Conforme (Relación Mena/MPNC), y el envío a las subsiguientes Plantas de Trituración según distribución presentada en el Plan de Minas, dando fiel cumplimiento al modelo óptimo de ex-

cavación y los requerimientos del Plan de Producción. Esto, con la optimización de los recursos utilizados, el cumplimiento de los requerimientos de calidad, planes de seguridad, ambientales y responsabilidad social.

Los requerimientos de producción en mina están contemplados en el Plan de Producción Anual y su correspondiente Plan Operativo de Mina. Desde la Gerencia General de Comercialización y Ventas se emite la estimación anual de despachos y la distribución mensualizada de despachos para el año correspondiente, donde están definidos los tipos de productos (especificaciones de calidad) y las cantidades requeridas por los clientes, de acuerdo a los lineamientos generales para la formulación del Plan Estratégico, Plan Operativo Anual y Proyecto de Presupuesto de Ingresos y Gastos emitidos por la Gerencia General de Planificación Estratégica [2].

Una de las medidas de productividad en FMO es el cumplimiento de carga de vagones por turno de trabajo. Las premisas utilizadas para el cumplimiento de esta meta están asociadas a turnos de operaciones, esquema operativo semanal, paradas de mantenimiento de plantas, disponibilidad de plantas, disponibilidad de equipos de carga y acarreo y especificaciones de calidad. Sin embargo, la productividad es un tema de la gerencia general y por lo tanto requiere que esta gerencia guíe y dirija la transformación de principio a fin pasando por todas las etapas del proceso productivo, en una estrategia compartida.

Como primer paso hacia la transformación,[8] recomienda una actualización o revisión de la estrategia operacional para ayudar a cambiar el enfoque del negocio y comenzar a cambiar la cultura; se deben considerar nuevas formas de pensar para analizar y evaluar el nivel de mejoras que la industria necesita; una estrategia clara basada en un amplio conjunto de impulsores de valor; un modelo operativo alineado con la estrategia; integración y alineación a través de la cadena de valor a través del proceso; estandarización de los procedimientos de trabajo; y una planificación alineada, presupuestaria y medición del desempeño.

##### 4.2. Gestión de RRH

A la par del establecimiento claro y consensuado de los objetivos y metas de producción, alineada a una estrategia de negocio compartida, se encuentra la gestión eficiente del recurso humano como principal factor de productividad. Fomentar una conciencia laboral como primer eje estratégico de productividad, en donde variables emergentes como la ética, sentido de pertenencia, liderazgo, la cultura de trabajo, reconocimiento y autonomía, vienen a representar el principal desafío ante la

latente complejidad de la industria minera.

De allí que las acciones de soporte para este eje estratégico son: (1) revisión de las políticas relacionadas con RRHH, a fin de reforzarlas y/o rescatarlas en función de la necesidad de su cumplimiento; (2) clara definición de los espacios de autoridad, responsabilidad, meritocracia y transparencia; (3) revisión de las cláusulas contractuales que representan una desviación significativa con la realidad económica y social del país (salarios, beneficios, horas extras, entre otros), considerando a todos los actores (patrono, sindicato, trabajadores); y el (4) fomento de la polivalencia en el recurso humano, entendiéndose como la capacidad del trabajador para realizar varias actividades productivas, teniendo autonomía para la solución de problemas [26].

### 4.3. Gestión de Equipos Mineros

En el proceso de extracción de mineral, los equipos mineros como palas, cargadores frontales, camiones roqueros, entre otros, representan un factor fundamental, dado el método de explotación que se emplea (open pit) y el manejo de grandes volúmenes de material (mena/MPNC). Este volumen puede oscilar, como es el caso de MINNTAC U.S. STEEL a más de 80 millones de toneladas al año entre mineral y estéril [25].

En la actualidad, las principales minas a nivel mundial disponen de equipos de carga y acarreo de gran capacidad. Se habla de palas hidráulicas (CAT 6090 FS/68,0 yd<sup>3</sup>), palas eléctricas (P&H 400XPB), camiones roqueros (>380 tn CAT 797F), cargadores frontales (Letourneau L2350-53 yd<sup>3</sup>/ Komatsu PC 4000).

La determinación del tamaño de los equipos de carga y acarreo de mineral están condicionados por el volumen promedio total de material movido (Mena/MPNC). En este sentido, FMO tiene un pasivo de remoción de escombros o MPNC de más de 15 millones de toneladas, que deben ser extraídos en el corto y mediano plazo para garantizar el aprovechamiento de la mena de alto tenor y cumplir con el modelo óptimo de excavación [25].

Asimismo, la disponibilidad de los equipos mineros es garantía de cumplimiento de los objetivos operativos reflejados en los Planes de Minas [1].

Otro aspecto importante relacionado con los equipos mineros es la determinación de su rendimiento. Para el caso de la presente investigación, se estimaron como principales parámetros de acarreo los promedios de: tiempo de maniobra del camión en la excavadora; tiempo de carga de camiones por excavadora; tiempo de ida del camión; distancia recorrida; tiempo de descarga del camión; tiempo de retorno del camión; tiempo de espera del camión por excavadora; y número de

pases de la excavadora para el llenado del camión.

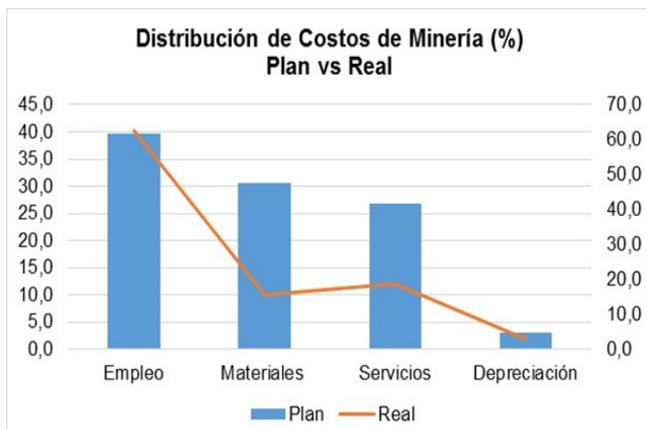
Esto permitió la estimación del tiempo promedio de ciclo de acarreo de mineral desde frentes de producción (minas San Isidro – Los Barrancos y Cerro Bolívar) hasta plantas, muelles y/o depósitos, para distintas combinaciones de excavadoras – camiones roqueros.

La estimación del tiempo promedio de ciclo de carga y acarreo de mineral para distintas combinaciones de excavadoras – camiones roqueros, considerando además las distancias entre las diferentes zonas de explotación, el tiempo efectivo de trabajo, así como los parámetros de rendimiento de palas y cargadores son aspectos dinámicos y no constantes. Por tanto, el sistema de producción en minas es considerado un proceso estocástico debido a que la operación del sistema varía a lo largo del tiempo de acuerdo a unas leyes no determinísticas, esto es, de carácter aleatorio; lo que tiene como efecto que las razones de costos y de productividad sean cambiantes.

### 4.4. Gestión de Costos

La gestión eficiente de los costos, conlleva a un análisis transversal de todas las actividades que agregan valor a la cadena productiva, así como el compromiso y colaboración de todos los responsables de las áreas funcionales involucradas. Una gestión de control de costos surge como factor fundamental para alcanzar una posición competitiva y como elemento primordial para garantizar la sostenibilidad y permanencia de la industria, sobre todo cuando el precio de los minerales es una variable que depende del mercado internacional.

En el análisis de costos de la Gerencia de Minería de Ferrominera Orinoco, se tiene una clasificación de acuerdo a (1) Costos de Empleo; (2) Costos de Materiales; (3) Costos de Servicios; y (4) Costos de Depreciación. En la figura 1, se muestra el comportamiento de los costos para el periodo de estudio.



**Figura 2. Distribución de Costos de la Gerencia de Minería [4]**

#### 4.4.1. Costos de Empleo

De acuerdo con el Informe de Costos de la Gerencia de Minería – Ciudad Piar (enero-diciembre 2014), los costos reales asociados a Empleo representaron el 62,6% del Costo Total, siendo los costos por concepto de Prestaciones Sociales (28,5%), Nómina Básica (15,8%), Vacaciones (13,8%) y Utilidades (12%) las de mayor incidencia.

Del total de costos de la Gerencia de Minería, el correspondiente a Empleo (62,6%) se ajusta a la política de Recursos Humanos de Ferrominera Orinoco como empresa perteneciente al Sector Público. Sin embargo, es importante considerar que de las ocho Superintendencias de la Gerencia de Minería, sólo dos de ellas Sptcia. Producción San Isidro/ Los Barrancos y Sptcia. Producción Altamira tienen como función la ejecución de las operaciones de perforación, voladura, excavación y acarreo de mineral, representando un 35% (382 trabajadores) de la fuerza laboral de la Gerencia de Minería (1091 trabajadores). Situación que muestra el desequilibrio en distribución de la fuerza laboral, dándole mayor peso a actividades de planificación, control de producción y mantenimiento.

#### 4.4.2. Costos de Materiales

De acuerdo con el Informe de Costos de la Gerencia de Minería – Ciudad Piar (enero-diciembre 2014), los costos reales asociados a Materiales representaron el 15,7% del Costo Total, siendo los Explosivos y Accesorios para Voladura (46,1%), Repuestos (41,5%) y Combustibles y Lubricantes (7,4%) los de mayor incidencia.

#### 4.4.3. Costos de Servicios

Los costos reales asociados a Servicios representaron el 18,6% del Costo Total, siendo los Servicios de Alquileres/ Arrendamiento (72,5%), Reparación

y Mantenimiento de Instalaciones (13,7%) y Servicio Técnico Profesional (11,4%) los de mayor incidencia.

Dentro de los Servicios de Alquileres/Arrendamiento se destaca el servicio de arrendamiento de equipos para producción, en donde se ubican las empresas contratadas encargadas de la excavación, carga y acarreo de mineral TEU y MPNC en las minas SI, CEBO y ALT.

Con relación a los Servicios de Reparación y Mantenimiento de Instalaciones se tienen las contrataciones para la reparación y/o fabricación de componentes para equipos mineros (CATERPILLAR –KOMATSU), reparación de ruedas motrices marca KOMATSU y ruedas gigantes de equipos mineros, mantenimiento y operación plantas diésel CATERPILLAR, acondicionamiento y mejoras de distintas áreas como talleres/plantas.

En cuanto a los principales Servicios Técnicos y Profesional se tiene el Servicio Contratado de la Planta de Trituración Altamira y Servicio Técnico para Voladura. Dentro de ellas se ubican los servicios exclusivos de excavación, carga y acarreo en mina Cerro Bolívar y San Isidro que representan el 23,87 % (4001 kt TEU) y 22,07 % (3700 kt TEU) respectivamente de la producción global según Plan de Minas 2015. Aunado a esto se encuentra la contratación exclusiva de Planta de Trituración en Mina Altamira y operaciones de excavación, carga y acarreo de mineral TEU, finos, gruesos y MPNC en combinación Ferrominera – Empresa Contratista. Este servicio representa el 65% de los servicios exclusivos contratados.

En el caso particular de las contrataciones de servicios, en donde se tienen, generalmente, tres grandes procesos: planificación del servicio, contratación del servicio, y la auditoría de la prestación del servicio, es fundamental que tanto el usuario, áreas operativas y el área de logística lleguen a un consenso en cuanto a la pertinencia y aprobación de los mismos.

A continuación (Figura 3), se detallan los factores que impactan la productividad en el contexto de una visión holística del negocio, en una estrategia definida y compartida por todos los trabajadores, bajo una cultura de apoyo y de innovación.

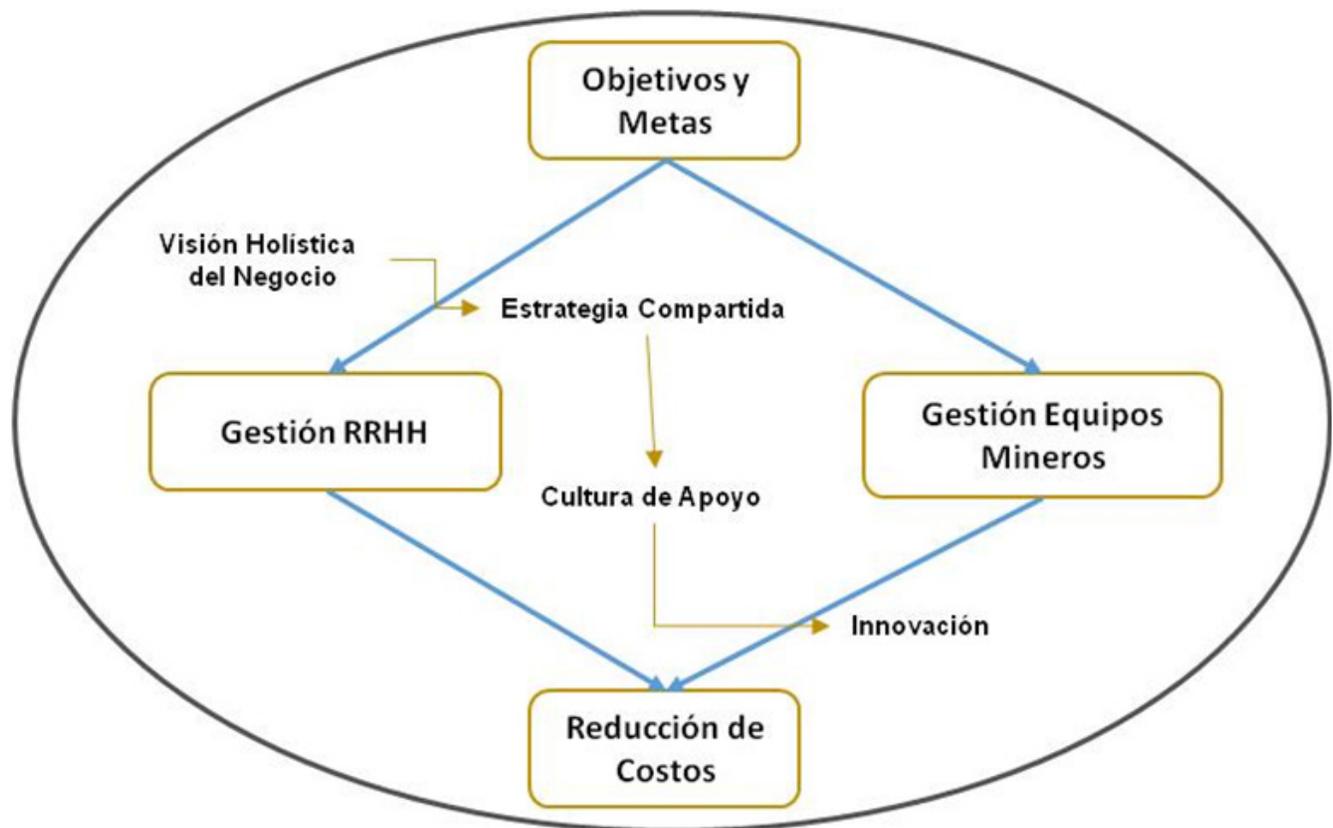


Figura 3. Factores de Productividad por Área de Gestión

### 5. Componentes del Modelo de Productividad más allá de la Producción

Se consideran tres componentes generales (Nivel 1) que representan las dimensiones del Proceso de Extracción de Mineral de Hierro. Estos representan las tres dimensiones del conjunto convencional de sostenibilidad (económica, social y ambiental), establecidas en el año 2005 por la Asociación Española de Normalización y Certificación (AENOR), específicamente en las Normas UNE 22470:2015 y UNE 22480:2015. Estas Normas, plantean un Sistema de Gestión que tiene dentro de sus objetivos la mejora continua y el seguimiento y control de indicadores de sostenibilidad para la medición del desempeño.

En este sentido, el (Nivel 2) del modelo representa los indicadores de gestión para el desarrollo sostenible de la minería de hierro, asumiendo el enfoque de sistema como premisa de la Norma, en cuanto a la necesidad de la industria minera del logro de una planificación normalizada de todas las actividades, integrando en todos sus ámbitos criterios ligados al desarrollo sostenible. Para ello, se tomó como referencia 48 variables y 4 parámetros que engloban el proceso de extracción de mineral de hierro, establecidos por [27].

Esta Norma establece siete criterios que permiten la evaluación de la gestión minera. En cuanto a los cri-

terios de la dimensión económica se encuentra la seguridad de suministros para la satisfacción de la demanda del producto en un entorno próximo, medio o lejano; y la utilización eficiente de los recursos naturales. Estos criterios tienen como objetivo principal la gestión económica de la empresa, la inversión y desarrollo en mejora de sus procesos, así como la disponibilidad, manejo y control de insumos necesarios para la operatividad del proceso, cobrando mayor peso la gestión de inventario de repuestos e insumos de equipos mineros.

Dentro de los criterios de la dimensión social se encuentran la contribución al desarrollo económico de la comunidad; contribución al desarrollo social de la comunidad; y aplicación de medidas para promover y mejorar la seguridad y salud de los trabajadores. Se enfoca en el recurso humano y busca la constante comunicación con las comunidades aledañas a las minas. Implica actividades que promueven la inclusión de la comunidad, inversiones en actividades de interés público, social o de interés, disponibles en el ámbito local. Asimismo, considera garantía de servicios y apoyo a la comunidad, integración de la comunidad a la empresa con empleos directos e indirectos; planes de formación; seguridad y salud de los trabajadores en cuanto al control de los índices de accidentes.

Los criterios de la dimensión medio ambiental son

la rehabilitación del espacio natural afectado; y aplicación de las mejores técnicas disponibles en la prevención y control integrados de la contaminación, así como en la gestión de residuos. Se establecen con la finalidad de preservar y cuidar el medio ambiente en cuanto a los desechos químicos, peligrosos y materias prima no conforme generada en el proceso de extracción de mineral de hierro, como es el caso de la laterita, considerada como el material estéril.

Este Nivel contiene 23 indicadores de sostenibilidad distribuidos en un 56% en la dimensión económica,

que a su vez cuenta con 13 sub indicadores directamente relacionados con el proceso; 24% en la dimensión social, compuesto a su vez por 5 sub indicadores; y 20% representan la dimensión medio ambiental, determinados por 5 sub indicadores ambientales.[16]

Por último, el Nivel 3 del Modelo abarca el impacto de la medición y control de estos indicadores en los factores de productividad planteados en el apartado anterior (Objetivos y metas – RRHH – Equipos Mineros – Costos). (Ver figura 4).

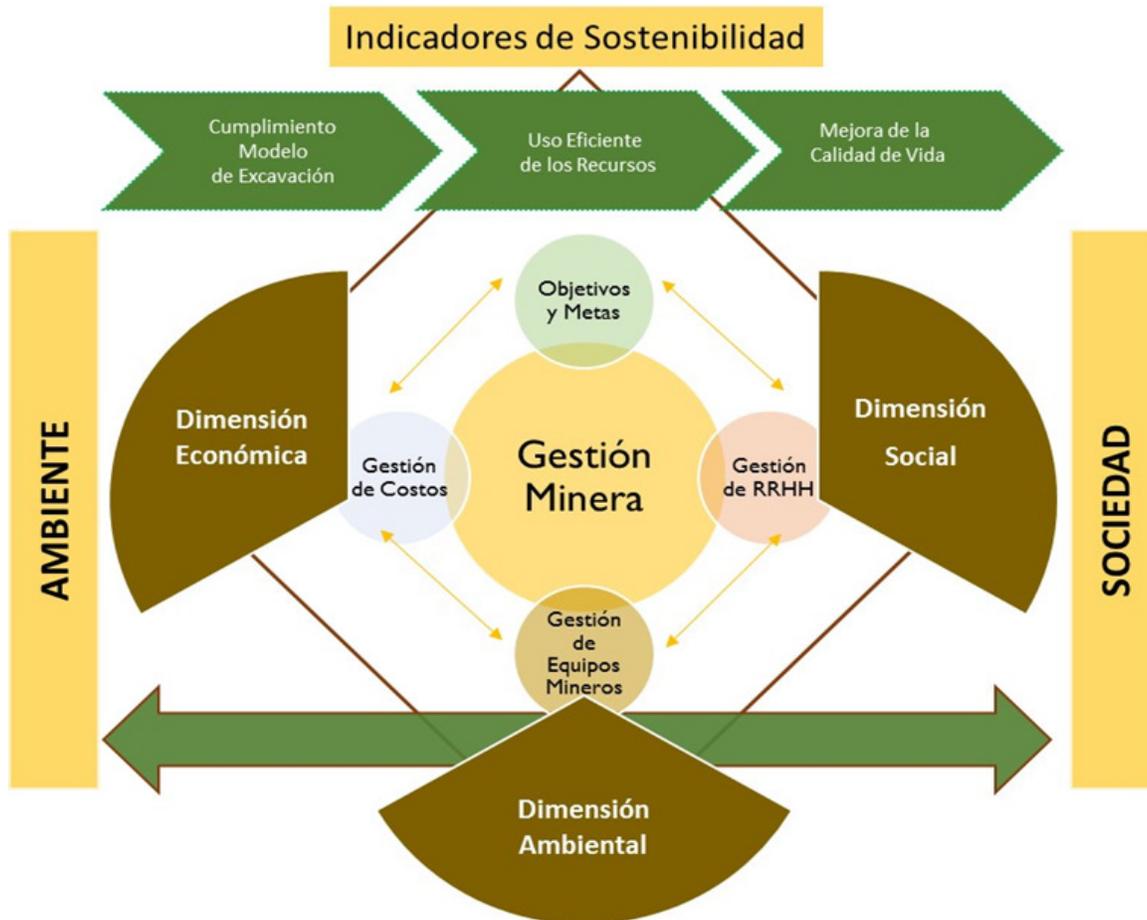


Figura 4. Componentes del Modelo de Productividad Minera

### III. CONCLUSIONES

Hoy por hoy, las tecnologías de mayor acogida en la industria minera están superando la frontera del ámbito operativo. Se habla de tecnologías verdes que contribuyen en la prevención y minimización del impacto negativo de la actividad minera en el medio ambiente. Entre ellas, se resaltan las tecnologías asumidas por empresas líderes como RIO TINTO en su Programa “Mine of the Future” y CODELCO en la adopción de la Biotecnología y descontaminación ambiental.

El carácter multidimensional de la medición de la productividad en la industria minera afronta el comple-

jo equilibrio entre ambiente y sociedad, y estos representan los grandes frentes estratégicos para el logro de los dos objetivos fundamentales, el desarrollo económico e industrial y la protección de la calidad de vida de esta generación y la futura. Por ello, el principal desafío que enfrenta la industria nacional de hierro es el de superar la visión cortoplacista en cuanto a basar su productividad a la meta diaria de carga de vagones. Esto pasando muchas veces por alto, aunque se tiene previsto en el Plan de Minas, la maximización de las toneladas de material extraído y procesado (Mena/MPNC), bajo premisas de calidad, seguridad, ambiente y condiciones

de trabajo.

En este sentido, el estudio permitió el establecimiento de indicadores de gestión para el desarrollo sostenible de la industria, englobando los siete criterios de la Normas UNE 22470:2015 y UNE 22480:2015, asumiendo el enfoque de sistema para el logro de una planificación normalizada de todas las actividades, integrando en todos sus ámbitos criterios no solo económicos, sino ambientales y sociales. La seguridad de suministros para la satisfacción de la demanda de mineral en todas sus presentaciones (TEU –finos – gruesos), bajo especificaciones de calidad; el cumplimiento del modelo óptimo de excavación; la utilización eficiente de los recursos; el desarrollo del recurso humano; la inclusión y servicio a la comunidad; la prevención y control integrados de la contaminación y la gestión de residuos; y la rehabilitación del espacio natural afectado, son considerados los de mayor prioridad.

Es imperativo la necesidad de una gestión que integre y comprometa todas las áreas en procura del logro de una visión compartida del negocio. De allí, que el fortalecimiento del recurso humano, su integración, comunicación, capacitación, sentido de pertenencia, empoderamiento y liderazgo, continuará siendo factor fundamental en la adopción de una cultura de innovación y transformación radical de la industria minera nacional. Esto conllevará indudablemente al fortalecimiento de la gestión de equipos con impacto positivo en los costos establecidos (empleo –materiales – servicios y depreciación).

#### IV. REFERENCIAS

[1]CVG FERROMINERA ORINOCO (2014). Plan de Minas Quinquenal período: 2014 -2018. Gerencia de Minería, Superintendencia de Ingeniería de Mina, Jefatura de Área de Planificación de Mina. Ciudad Piar.

[2]----- (2014). Plan de Minas Anual 2015. Gerencia de Minería, Superintendencia de Ingeniería de Mina, Jefatura de Área de Planificación de Mina.

[3]----- (2015). Proceso de Explotación de Mineral de Hierro. Jefatura de Área de Planificación de Mina. Ciudad Piar.

[4]----- (2015). Análisis de Costos/ mes (2014). Sptcia. Planificación y Control Producción FMO.

[5]----- (2015). Informe estadístico de Seguridad y Salud Ocupacional. Gerencia de Seguridad Industrial, Salud Ocupacional y Ambiente. Departamento de Planificación y Control de Gestión. Ciudad Piar.

[6]DELOITTE (2015). Los 10 principales desafíos que enfrentarán las compañías mineras el próximo año. DELOITTE Canadá 2015.

[7]EY (2014). Productividad en la minería: ahora viene la parte difícil. Una encuesta global. Recuperado de [https://www.ey.com/Publication/vwLUAssets/EY-Productivity-Paper-13Oct14-Espa%C3%B1ol/\\$FILE/EY-Productivity-Paper-13Oct14-Espa%C3%B1ol.pdf](https://www.ey.com/Publication/vwLUAssets/EY-Productivity-Paper-13Oct14-Espa%C3%B1ol/$FILE/EY-Productivity-Paper-13Oct14-Espa%C3%B1ol.pdf)

[8]EY (2017). Productivity in mining. A case for broad transformation. Recuperado de: [https://www.ey.com/Publication/vwLUAssets/EY-Productivity-in-mining/\\$FILE/EY-Productivity-in-mining.pdf](https://www.ey.com/Publication/vwLUAssets/EY-Productivity-in-mining/$FILE/EY-Productivity-in-mining.pdf)

[9]Godet, M. (2007). Prospectiva Estratégica: problemas y métodos. (2da ed.). Paris: Laboratoire d'Investigation

[10]Green Growth Best Practice (GGBP) initiative (2014). Green Growth in Practice: Lessons from Country Experiences, 2014. [https://sustainabledevelopment.un.org/content/documents/10973GGBP%20Presentation%20for%20UNDP%20-%20ME\\_01\\_07\\_14%20FNL.pdf](https://sustainabledevelopment.un.org/content/documents/10973GGBP%20Presentation%20for%20UNDP%20-%20ME_01_07_14%20FNL.pdf)

[11]Grupo Español Crecimiento Verde (2016). Crecimiento verde: España hoy y mañana. Recuperado de: [http://grupocrecimientoverde.org/wp-content/uploads/2016/06/GECV\\_-Espa%C3%B1a-hoy-y-ma%C3%B1ana\\_Informe.pdf](http://grupocrecimientoverde.org/wp-content/uploads/2016/06/GECV_-Espa%C3%B1a-hoy-y-ma%C3%B1ana_Informe.pdf)

[12]Hoskin, W. (2000). Cierre de minas: El enfoque del siglo XXI. Informativo mensual de la Sociedad Nacional de Minería, Petróleo y energía / Año X – No 4. Perú.

[13]Jiménez, J. (2003). Revista de expresión Cultural. Argumentos que hacen Inaceptable la Minería a Cielo Abierto. [Revista en línea.], 1 (1). Recuperado de: <http://www.elsalmon.co/2013/02/argumentos-que-hacen-inaceptable-la.html>.

[14]Jiménez P., I., y Molina E., J. (2006). Propuesta de Medición de la Productividad en Minería de Oro Vetiforme y Reconocimiento de Estándares Productivos Sostenibles. Boletín de Ciencias de la Tierra, 0(19), 73-86. Recuperado de <http://www.revistas.unal.edu.co/index.php/rbct/article/view/722/11305>

[15]Koppe J. (2007). A Lavra e Industria Mineral No Brasil – Estado Da Arte e Tendencias Tecnológicas. En: Tendencias Tecnológicas Brasil 2015, Centro de Tecnología Mineral CETEM/MCT, pp. 81 -102, Chaves F.; Muniz G.; Catilhos Z. y Da Luz A. Editores. Rio de Janeiro, Brasil. Recuperado de: [http://www.cprm.gov.br/publique/media/ten\\_tecno\\_brasil.pdf](http://www.cprm.gov.br/publique/media/ten_tecno_brasil.pdf)

[16]La Cruz, V. y Salomón, L. (2018). Sistema de Indicadores de Gestión Minera para la Explotación Sostenible de Hierro en el Estado Bolívar. [Trabajo de Grado]. Universidad Nacional Experimental de Guayana UNEG. Ciudad Guayana, Venezuela.

[17]Martínez J. (2002). Minería y Desarrollo Sostenido. Visión Brasil. (Villas Boas R. y Beinhoff C. Editores). En: Indicadores de Sostenibilidad para la Industria

Extractiva Mineral. Carajás Brasil: Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico, CNPq/CYTED. Autor 493 -515. Recuperado de: [http://www.cetem.gov.br/publicacao/livros/IndicadoresSostenibilidad\\_LivroCompleto.pdf](http://www.cetem.gov.br/publicacao/livros/IndicadoresSostenibilidad_LivroCompleto.pdf)

[18]Ministerio de Energía y Minas (2016). Prospectiva Estratégica Del Sector Minero. Directiva 001-2014-CEPLAN. Perú.

[19]Montero J. (2002). Indicadores de Sustentabilidad en la Minería. En: Indicadores de Sostenibilidad para la Industria Extractiva Mineral, Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico, CNPq/CYTED, pp. 31-46, Villas Boas R. y Beinhoff C. Editores. Carajás Brasil. Recuperado de: [http://www.cetem.gov.br/publicacao/livros/IndicadoresSostenibilidad\\_LivroCompleto.pdf](http://www.cetem.gov.br/publicacao/livros/IndicadoresSostenibilidad_LivroCompleto.pdf)

[20] Montero, J. (2001). Memorias del cuarto congreso de Minería y geología. Cuba.

[21]OIT. Convenio sobre seguridad y salud en las minas, 1995 (núm. 176). Adopción: Ginebra, 82ª reunión CIT (22 junio 1995). Recuperado de: [http://www.ilo.org/dyn/normlex/es/f?p=NORMLEXPUB:12100:0:::-NO::P12100\\_ILO\\_CODE:C176](http://www.ilo.org/dyn/normlex/es/f?p=NORMLEXPUB:12100:0:::-NO::P12100_ILO_CODE:C176)

[22]PNUMA (2012). Economía Verde en el contexto del desarrollo sostenible y erradicación de la pobreza: Una perspectiva desde América Latina y el Caribe. XVIII Reunión del Foro de Ministros de Medio Ambiente de América Latina y el Caribe. Quito, Ecuador 31 de enero al 3 de febrero de 2012. Recuperado de: <http://www.pnuma.org/forodeministros/18ecuador/>

Reunion%20Expertos/Informe%20Economia%20Verde/ESPANOL%20Economia%20Verde%2016%20DEC%202011.pdf

[23]Prospective et Stratégique CNAM - Prospektiker —Instituto Europeo de Prospectiva y Estrategia— Cuaderno n° 20, 2007.

[24]Prokopenko, Joseph (1989). La Gestión de la Productividad. Manual Práctico. Organización Internacional del Trabajo. Ginebra.

[25]Romero, M. (2004). Análisis de la productividad de empresas productoras de mineral de hierro: CVG Ferrominera Orinoco, C.A. vs Empresas Internacionales. [Trabajo de Grado]. Universidad Católica Andrés Bello UCAB. Ciudad Guayana, Venezuela.

[26]Salomón L., Ortiz A. y Cordero V. (2015). Enfoque Sistémico en el Análisis de Operaciones en Minería a Cielo Abierto. “Memorias de la XIV Jornadas de Investigación UNEXPO 2016”. ISBN: 978-980-6400-33-7.

[27]Salomón, L., Ortiz, A. D’Armas, M. (2017). Análisis Estructural de la Minería de Hierro. 15 th LACCEI International Multi-Conference for Engineering, Education, and Technology: "Global Partnerships for Development and Engineering Education", 19-21 July 2017, Boca Raton FL, United States. Recuperado de: [http://www.laccei.org/LACCEI2017-BocaRaton/full\\_papers/FP101.pdf](http://www.laccei.org/LACCEI2017-BocaRaton/full_papers/FP101.pdf)

[28]RIO TINTO (2018). Mine of the Future. Recuperado de: <https://www.riotinto.com/australia/pilbara/mine-of-the-future-9603.aspx>