



Vigilada Mineducación

MODELO DE GESTIÓN DE OPERACIONES PARA EL FORTALECIMIENTO DEL
ÁREA DE FORMALIZACIÓN MINERA: EL CASO DE ZIJIN CONTINENTAL GOLD

*Operations management model for the strengthening of the mining formalization
area: the case of Zijin Continental Gold*

MARÍA ALEJANDRA VILLEGAS GARCÍA¹

Trabajo de grado presentado como requisito parcial para optar al título de magíster
en Administración (MBA)

Director: Juan Esteban Escalante Gómez, Ph. D.

UNIVERSIDAD EAFIT
ESCUELA DE ADMINISTRACIÓN
MAESTRÍA EN ADMINISTRACIÓN (MBA)

MEDELLÍN

2023

¹ maleja.villegas22@gmail.com

CONTENIDO

RESUMEN.....	5
<i>ABSTRACT</i>	7
INTRODUCCIÓN.....	8
PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA.....	9
JUSTIFICACIÓN.....	11
OBJETIVOS.....	12
GENERAL.....	12
ESPECÍFICOS.....	12
MARCO CONCEPTUAL.....	13
ADMINISTRACIÓN DE OPERACIONES.....	13
PRODUCTIVIDAD.....	14
INDICADORES DE GESTIÓN.....	15
METODOLOGÍA.....	17
ENFOQUE.....	17
ALCANCE.....	18
DISEÑO.....	18
POBLACIÓN.....	19
INSTRUMENTO.....	19
PRESENTACIÓN Y ANÁLISIS DE LOS RESULTADOS.....	20
DIMENSIÓN 1. PLANEACIÓN.....	20
Aspecto 1.1. Cumplimiento en número de toneladas/mes.....	21
Aspecto 1.2. Cumplimiento mensual del tenor.....	22

Aspecto 1.3. Cumplimiento en número de onzas de oro/mes.....	23
Aspecto 1.4. Cumplimiento en número de metros/mes	25
Aspecto 1.5. Cumplimiento en número de metros perforados/mes	26
Aspecto 1.6. Índice mensual de reservas generadas	27
Dimensión 2. Producción	28
Aspecto 2.1. Rendimiento en toneladas-hombre/turno.....	28
Aspecto 2.2. Rendimiento en onzas-hombre/turno.....	29
Aspecto 2.3. Rendimiento en metros-hombre/turno	30
Aspecto 2.4. Porcentaje de tiempos perdidos.....	31
Aspecto 2.5. Número de metros perforados	32
Aspecto 2.6. Número de voladuras/turno	33
Dimensión 3. Seguridad.....	34
Aspecto 3.1. LTIFR.....	34
Aspecto 3.2. Número de días sin accidentes.....	35
Aspecto 3.3. Número de accidentes e incidentes.....	35
Aspecto 3.4. Número de enfermedades laborales.....	36
Dimensión 4. Financiera.....	36
Aspecto 4.1. Ebitda.....	37
Aspecto 4.2. Costo/tonelada.....	37
Aspecto 4.3. Costo/onza.....	37
Aspecto 4.4. Tenor de corte.....	38
CONCLUSIONES	39
REFERENCIAS	¡Error! Marcador no definido.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1. Conceptos claves para la revisión de literatura **¡Error! Marcador no definido.**

Figura 2. Componentes del diseño metodológico **¡Error! Marcador no definido.**

Figura 3. Dimensiones y aspectos del modelo de gestión de operaciones para empresas mineras formalizadas

LISTA DE TABLAS

Tabla 1. Análisis del resultado del indicador del aspecto 1.1.....	22
Tabla 2. Análisis del resultado del indicador del aspecto 1.2.....	23
Tabla 3. Análisis del resultado del indicador del aspecto 1.3.....	24
Tabla 4. Análisis del resultado del indicador del aspecto 1.4.....	25
Tabla 5. Análisis del resultado del indicador del aspecto 1.5.....	27
Tabla 6. Análisis del resultado del indicador del aspecto 1.6.....	28
Tabla 7. Análisis del resultado del indicador del aspecto 2.1.....	29
Tabla 8. Análisis del resultado del indicador del aspecto 2.2.....	30
Tabla 9. Análisis del resultado del indicador del aspecto 2.3.....	31
Tabla 10. Análisis del resultado del indicador del aspecto 2.4.....	32
Tabla 11. Análisis del resultado del indicador del aspecto 2.5.....	33
Tabla 12. Análisis del resultado del indicador del aspecto 2.6.....	34

RESUMEN

El presente trabajo de grado se enfocó al diseño y la implementación de un modelo de gestión de operaciones para las diferentes empresas formalizadas vinculadas con Zijin Continental Gold con el propósito de fortalecer su dinámica de producción y de competitividad a partir de la generación de un ciclo de mejoramiento continuo. Para tal fin, se planteó un estudio de enfoque cualitativo, alcance descriptivo y diseño no experimental. El modelo propuesto, derivado de una revisión sistemática de la literatura en buenas prácticas mineras, pretendió adecuarse a la naturaleza y la dinámica de las diferentes organizaciones. Además, se estructuró en torno a cuatro dimensiones estratégicas (planeamiento, producción, seguridad y finanzas) y a un conjunto de aspectos constitutivos (de potencial medición, control y mejora en el tiempo) directamente asociados con el cumplimiento de las metas de las empresas formalizadas.

Palabras clave: administración de operaciones, productividad, indicadores de gestión, minería, formalización minera.

ABSTRACT

This degree work focuses on the design and implementation of an operations management model for the different formalized companies linked to Zijin Continental Gold, seeking to strengthen their production dynamics and competitiveness, based on the generation of a continuous improvement cycle. For this purpose, a qualitative approach study, descriptive scope and non-experimental design is proposed. The proposed model, derived from a systematic review of the literature on good mining practices, is intended to be adapted to the nature and dynamics of the different organizations. Furthermore, it is structured around four (4) strategic dimensions (planning, production, safety, and finance) and a set of constituent aspects (of potential measurement, control, and improvement over time) directly linked to the fulfillment of the goals of formalized companies.

Keywords: *operations management, productivity, management indicators, mining, mining formalization.*

INTRODUCCIÓN

La evidencia demuestra que, en Colombia, las micro, las pequeñas y medianas las empresas tienen una tasa de supervivencia cercana al 43% (Asobancaria, 2018). En este escenario de permanencia se alude al potencial de generación de valor, al aprovechamiento de capacidades y a la creación de ventajas competitivas como determinantes de sostenibilidad y de éxito. Además, se destaca el papel de la función de operaciones y su impacto en la productividad y la eficiencia como componente crítico de cara a la supervivencia (Yu *et al.*, 2017).

La mencionada dinámica ha llevado a muchas organizaciones a estructurar, a partir de la implementación de herramientas de mejora continua, como la manufactura esbelta y la ágil, la metodología seis sigma o la gestión de la calidad total, modelos de negocio cuya ventaja competitiva se fundamenta en la gestión de operaciones (Franken *et al.*, 2021). En este grupo se subraya el caso de Toyota, que posiblemente es el más conocido debido a su éxito en el largo plazo, porque la firma, gracias a las metodologías denominadas Kaizen, ha logrado solucionar en forma estructurada las problemáticas a las que se enfrenta en el marco de los procesos de aprovisionamiento, de producción y de distribución (Suárez-Baraza *et al.*, 2021) y ha alcanzado niveles de desempeño operativo sobresalientes en términos de calidad, productividad, costos y plazos de entrega (Oropesa *et al.*, 2015).

El presente trabajo tuvo como objeto desarrollar un modelo de gestión de operaciones que permita el fortalecimiento del área de formalización minera en la empresa Zijin Continental Gold. Para tal fin, se desarrolla a continuación todo lo referente al planteamiento del problema, la justificación y los objetivos del estudio. En seguida se abordan el marco conceptual y la metodología empleada. Por último, se presentan los resultados alcanzados y las conclusiones derivadas del ejercicio investigativo.

PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

La producción de oro en Colombia ha aumentado de manera significativa en los últimos años. En 2021, por ejemplo, el país alcanzó una producción de 2.5 millones de onzas troy, lo que equivale a un incremento del 66.6% frente al año inmediatamente anterior (Colombia logró producción récord de oro en 2021; el carbón comenzó a repuntar, 2022). Esta dinámica de expansión trajo consigo un incremento en el número de empresas dedicadas a la explotación de dicho material, entre las que se encuentra Zijin Continental Gold, firma ubicada en el municipio de Buriticá, Colombia, y que se dedica a la extracción, el beneficio y la comercialización de oro, plata y zinc. La producción anual de la empresa en la actualidad es de alrededor de las doscientas cuarenta mil onzas, volumen derivado de las minas propias y de los aportes de los diferentes subcontratos y contratos de operación asociados con la compañía en la modalidad de formalización minera.

Los modelos de formalización minera tienen como objetivo que las comunidades mineras que vienen ejerciendo la actividad en pequeña escala trabajen bajo el amparo de un título y en condiciones de formalidad técnica, laboral, ambiental y empresarial y desempeñan un papel determinante en dicho sector económico, toda vez que, mediante figuras de operación, denominadas subcontratos y contratos de operación, se logra que pequeñas firmas locales presten servicios de extracción y de selección de minera a grandes empresas (EITI, 2027). En el caso específico de Zijin Continental Gold, se cuenta con contratos activos con nueve empresas formalizadas, lo que representa acuerdos cercanos a los seiscientos mil dólares mensuales y la creación de más de 200 empleos directos en la región. Sin embargo, y pese a su criticidad, se ha encontrado que la tecnificación de estas organizaciones es mínima y que sus resultados de productividad están ligados, fundamentalmente, con los rendimientos alcanzados en la operación.

Al tener presente dicha situación y si se considera que para 2022 se definieron metas de crecimiento de un incremento del 166% respecto a los valores objetivo de

producción establecidos el año anterior por parte de Zijin Continental Gold, es imperativo que las firmas artesanales alcancen niveles de productividad óptimos en sus procesos. Para tal fin, se planteó la formulación de un modelo de gestión integrado de operaciones que permita, además del control y de la estandarización de labores inherentes al alcance actual, la generación de un ciclo de mejoramiento continuo, del que se espera, en el mediano plazo, que se convierta en una ventaja competitiva para las mencionadas pequeñas y medianas empresas.

JUSTIFICACIÓN

En 2020 la minería en el país representó el 2% del PIB Nacional, el 27% de las exportaciones y el 20% de la inversión extranjera, lo que evidencia el notable crecimiento del sector minero en los últimos años (El potencial económico que tiene la minería colombiana en cifras, 2020). Estos indicadores, sumados a la dinámica mundial del precio del oro, resaltan las oportunidades y los beneficios para la nación derivados de la extracción y la comercialización del metal.

En este contexto favorable y en expansión, el control y la productividad de la función de operaciones de los diferentes contratos y subcontratos de formalización minera se convierte para la organización analizada en un determinante de creación de valor pues, ante las condiciones actuales de mercado, la eficiencia resulta imprescindible de cara al logro de las metas de producción. En este sentido, la empresa reconoció las limitaciones de viabilidad económica de los métodos de explotación actual y señaló sus múltiples oportunidades de mejora.

Por otra parte, debe tenerse en cuenta lo establecido en la legislación que regula la operación minera en el territorio colombiano, que determinó el papel de las grandes empresas en el crecimiento económico de las regiones a partir del acompañamiento de unidades productivas locales. Para tal fin, Zijin Continental Gold incluyó, en su estrategia de responsabilidad social y ambiental, un plan orientado a la creación de empresas competitivas y sostenibles, con lo que busca materializar sinergias positivas en sus áreas de influencia a la vez que pretende impactar en sentido favorable las condiciones reputacionales de la empresa porque, de acuerdo con las condiciones propias del sector, son una ventaja competitiva.

OBJETIVOS

GENERAL

Diseñar e implementar un modelo de gestión de operaciones para las diferentes empresas formalizadas vinculadas con Zijin Continental Gold, con lo que se pretende, a partir de la generación de un ciclo de mejoramiento continuo, fortalecer su dinámica de producción y de competitividad.

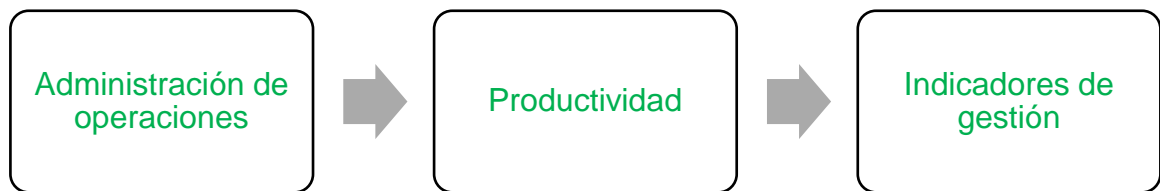
ESPECÍFICOS

- Mapear los diferentes procesos actuales de las empresas formalizadas asociadas con Zijin Continental Gold.
- Determinar e implementar indicadores de gestión que permitan el control y el seguimiento de los procesos desplegados.
- Definir los recursos necesarios para el diseño y la implementación de un modelo apropiado de gestión de operaciones.
- Proponer un modelo de gestión de operaciones que sea aplicable a las empresas formalizadas.

MARCO CONCEPTUAL

En este capítulo se presenta una revisión sistemática de la literatura alrededor del espectro de la función de operaciones (administración, desempeño y funcionalidad) con el propósito de identificar y definir los términos y las variables relevantes para el estudio. Los conceptos y el análisis se desplegaron de manera secuencial a partir de la siguiente estructura:

Figura 1. Conceptos claves para revisión de literatura



Fuente: elaboración propia

ADMINISTRACIÓN DE OPERACIONES

En la literatura analizada se identificaron múltiples aproximaciones al concepto de administración de operaciones. Para Chase *et al.* (2007), por ejemplo, se refiere al diseño, la operación y la mejora de los sistemas que crean y proporcionan los productos y los servicios primarios de una organización, mientras que Collier y Evans (2007) enfatizaron en el aseguramiento del portafolio de entregables (bienes o servicios) en un marco de conexión entre la oferta y la demanda. Heizer y Render (2009) y Schroeder *et al.* (2011) señalaron la relevancia de esta área funcional en términos de creación de valor, en forma de bienes o de servicios, en tanto que Arrieta Posada (2012) destacó su papel clave en el plano del mejoramiento continuo y la materialización de las metas definidas en el negocio.

Por su parte, Sprague (2007) y Voss (2007) asociaron la disciplina con tareas relacionadas con la observación y la estandarización de procesos y su documentación y su codificación, mientras que Lewis (2007) la concibió con foco en el análisis holístico y la mejora permanente. Krajewski *et al.* (2008), de su lado, aludieron al diseño, la dirección y el control sistemático de actividades y de procesos en todos los niveles, a la vez que destacaron su propósito en términos de transformación de entradas (insumos y materias primas) en salidas (bienes o servicios).

La administración de operaciones contempla metas de optimización. Por tal razón, y desde esta perspectiva, puede definirse como un sistema interactivo e interconectado susceptible de mejoras (Forrester, 1961) en el que se busca un desempeño global efectivo (Starr, 1963; Skinner, 2007). En este sentido se resalta su conexión, como eslabón, con los demás constitutivos del engranaje empresarial (finanzas y mercadeo) y su impacto en los resultados de las organizaciones (Skinner, 2007).

PRODUCTIVIDAD

La productividad puede definirse como la proporción de la efectividad relacionada con la eficiencia, si se tiene presente que la primera se refiere al cumplimiento de un objetivo y la segunda contempla los recursos empleados de cara a la creación de un entregable, es decir, de un producto o de un servicio útil (Toro Álvarez, 1992) (Toro Alvarez, 1992).

En el contexto de la conexión entre eficiencia, eficacia y efectividad, Taylor (1911) planteó que un sistema alcanza sus mayores niveles de productividad cuando obtiene mejores resultados a partir del mejor aprovechamiento de los recursos. Además, resaltó, en su método científico, tres principios como determinantes de un mejor desempeño: (a) el control de los insumos, (b) la gestión de las dinámicas de

flujo y (c) la armonización de las relaciones laborales. En forma complementaria, Weber (1940) propuso una definición enfocada al establecimiento de un sistema formal basado en niveles jerárquicos y en funciones determinadas con claridad y señaló la necesidad de una autoridad legítima y de un poder establecido que permita el cumplimiento de las normas y de los lineamientos estipulados.

Peters y Waterman (1960) aludieron a cuatro pilares fundamentales en el marco de la productividad: (a) la capacitación de los empleados, (b) la automatización de las tareas rutinarias, (c) la flexibilización de los sistemas y (d) la búsqueda de la seguridad en el trabajo. Ouchi (1986), por su parte, planteó que los incrementos de productividad se logran a través de un conjunto de valores humanizados que implican el involucramiento de los empleados en los distintos procesos organizacionales a partir de un vínculo de confianza, cercanía y comunicación. Además, resaltó la conexión entre los equipos humanos, la infraestructura física y la gerencia.

Feigenbaum (1991) sostuvo que la productividad está asociada con el concepto de calidad total, por lo que estableció una relación entre el desempeño, la eliminación de problemas y de sus causas, la asignación apropiada del trabajo a las personas y la estructuración gráfica de los procesos. Por su parte, Chase *et al.* (2004), definieron el concepto desde una perspectiva de mayor alcance y señalaron que la productividad constituye una medida corriente de qué tan bien está utilizando sus recursos (o factores de producción) un país, una industria o una unidad empresarial. Como complemento, Heizer y Render (2009) se refirieron a la productividad como la relación que existe entre las salidas (bienes y servicios) y una o más entradas (recursos como mano de obra y capital).

INDICADORES DE GESTIÓN

Las mediciones derivadas de los indicadores de gestión permiten un conocimiento mucho más profundo de los procesos organizacionales (Rincón, 1998), toda vez que sus características específicas y observables arrojan datos de potencial utilidad de cara a la planeación, la dirección, la coordinación y el control de los recursos asociados (Hernández Sampieri, 2000). Velásquez Contreras (2003) afirmó, incluso, que los indicadores de gestión ejercen un impacto directo en los niveles de calidad del portafolio de la firma si se tiene en cuenta su papel en el marco del mejoramiento continuo.

Uribe Macías y Reinoso Lastra (2014) sostuvieron que los indicadores de gestión facilitan la toma de decisiones acertadas y en tiempo real, por lo que son determinantes de desempeño en distintos planos. Además, recalcaron la importancia creciente de esta herramienta, cuyo espectro incluye aspectos vinculados con la planificación y la formulación de las políticas organizacionales de mediano y largo plazo, por lo que deben alinearse con los objetivos, los programas y las metas definidas para la empresa.

Cabe destacar también, desde una perspectiva de optimización, el rol de los indicadores de gestión como herramienta clave para detectar el uso ineficiente de recursos, así como las oportunidades que ello representa en cuanto al reajuste y de reasignación de prioridades y de despliegue en términos de sistemas de incentivos al desempeño (Armijo, 2011).

METODOLOGÍA

En esta capítulo se presentan los elementos asociados con la metodología: el enfoque elegido, el alcance definido, el diseño seleccionado, la población objetivo de estudio y el instrumento utilizado.

Figura 2. Componentes del diseño metodológico



Fuente: elaboración propia

ENFOQUE

El presente trabajo de grado tuvo un enfoque cualitativo, centrado en el diseño y la implementación de un modelo de gestión de operaciones para las empresas mineras formalizadas vinculadas con Zijin Continental Gold con miras a fortalecer su dinámica de producción y de competitividad.

Dicho tipo de enfoque se caracteriza por una dinámica bidireccional en la que no se sigue una secuencia estándar ni se recurre a la medición numérica, toda vez que no se pretende la generalización probabilística de los resultados a poblaciones ni la obtención necesaria de muestras representativas (Hernández Sampieri *et al.*, 2014).

En los mencionados estudios los datos se recolectan a partir de la observación no estructurada, las entrevistas abiertas, la revisión de documentos, la discusión en

grupo, la evaluación de experiencias personales y la interacción con grupos o con comunidades (Corbetta, 2003).

ALCANCE

El trabajo tuvo un alcance descriptivo, dado que se propuso el diseño y la implementación de un modelo de gestión de operaciones para las empresas mineras formalizadas vinculadas a Zijin Continental Gold con miras a fortalecer su dinámica de producción y de competitividad.

Los estudios descriptivos se asocian con el diagnóstico puesto que su objeto es el reconocimiento en profundidad del fenómeno objeto de análisis con base en la enumeración detallada de sus características (Hurtado de Barrera, 2000) y para tal propósito se apoyan en técnicas que permitan narrar, reseñar o identificar hechos, situaciones o rasgos, como lo son las encuestas, las entrevistas, la observación y la revisión documental, sin ahondar en las explicaciones ni en las razones subyacentes al porqué de los hechos (Bernal Torres, 2006).

DISEÑO

El diseño fue no experimental, centrado en el desarrollo de una propuesta que permita la materialización de un modelo de gestión de operaciones para las empresas mineras formalizadas vinculadas a Zijin Continental Gold con miras a fortalecer su dinámica de producción y de competitividad.

En dicho tipo de diseño las variables de estudio se observan y se monitorean en su entorno normal y sin que exista manipulación por parte del investigador (Kerlinger, 1975). Además, no permiten la construcción de situaciones o de entornos

intencionales dado que los fenómenos ya ocurrieron (Hernández Sampieri *et al.*, 2014).

POBLACIÓN

Por población se entiende el conjunto definido, limitado y disponible de casos que cumplen determinados criterios (Hernández Sampieri *et al.*, 2014). Se trata de un grupo, finito o infinito, en el que los elementos comparten características comunes y para el que pueden hacerse extensivas las conclusiones obtenidas de un estudio (Arias, 2006). Para este caso específico la población está conformada por el universo de pequeñas y medianas empresas que tienen un convenio activo con el área de formalización minera de Zijin Continental Gold.

INSTRUMENTO

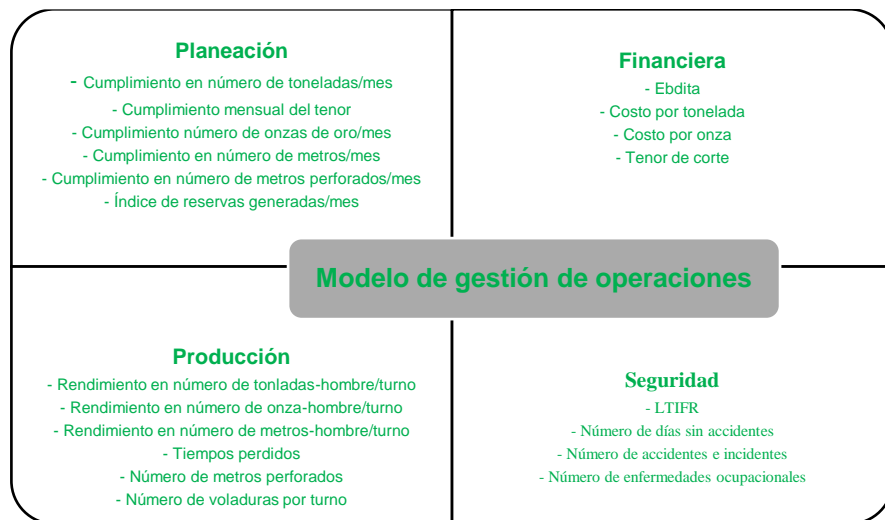
Los instrumentos de investigación son los recursos, los dispositivos o los formatos que se emplean con la finalidad de obtener, registrar o almacenar datos referentes al fenómeno o a las variables de estudio (Arias, 2006).

A la luz del propósito del proyecto de grado, para la recolección de la información se acudió a fuentes secundarias, tales como libros, bases de datos y artículos, lo que permitió la revisión sistemática de la literatura, orientada a mapear las prácticas de mayor impacto en el desempeño operacional de las organizaciones mineras.

PRESENTACIÓN Y ANÁLISIS DE LOS RESULTADOS

En este capítulo se presentan los resultados derivados de la revisión de la literatura llevada a cabo, estructurada en torno a las mejores prácticas existentes en el sector minero. A continuación se expone el panorama general del modelo formulado y se explican su estructura, su composición y su dinámica de análisis. Como se observa en la Figura 3, el modelo contempló cuatro dimensiones: planeación, producción, financiera y seguridad, y un conjunto de aspectos constitutivos de cada dimensión.

Figura 3. Dimensiones y aspectos del modelo de gestión de operaciones para empresas mineras formalizadas



Fuente: elaboración propia

DIMENSIÓN 1. PLANEACIÓN

Esta dimensión comprende los indicadores de cumplimiento, en cuanto a control y a análisis, de las metas operativas para las empresas mineras formalizadas. Para

efectos de actualización, monitoreo y análisis se trabajó con una frecuencia mensual y se consideraron los siguientes aspectos:

Aspecto 1.1. Cumplimiento en número de toneladas/mes:

Este aspecto se enfoca a la medición del grado de cumplimiento en términos de número de toneladas extraídas al mes en sus dos componentes: las de mineral y las de estéril. El resultado de este indicador se expresa en porcentaje y representa la variación de los resultados actuales versus los volúmenes planeados en relación con la producción medida en número de toneladas.

Para el cálculo se necesita contar con el plan mensual de producción y con los datos reales obtenidos al final del período, valor que debe contrastarse con levantamientos topográficos que tienen mayor trazabilidad respecto a la producción real. A continuación se presenta el cálculo matemático correspondiente.

Porcentaje de cumplimiento en número de toneladas de mineral/es

$$= \frac{\text{número real de toneladas/mes}}{\text{número planeado de toneladas de mineral/mes}} \times 100$$

Porcentaje de cumplimiento en número de toneladas de estéril/mes

$$= \frac{\text{número real de toneladas/mes}}{\text{número planeado de toneladas de estéril/mes}} \times 100$$

Para efectos de monitoreo y de seguimiento de los resultados se utilizó la siguiente métrica, que puede variar según las metas estratégicas de cada firma.

Tabla 1. Análisis del resultado del indicador en el aspecto 1.1.

Análisis del resultado del indicador	
Exitoso	Superior al 100%
Bueno	Entre el 90% y el 100%
Malo	Superior al 90%

Fuente: elaboración propia

Aspecto 1.2. Cumplimiento mensual del tenor:

Este aspecto busca medir el cumplimiento respecto al tenor de oro (concentración de oro en gramos por tonelada de mineral) obtenido en cada mes y tiene dos componentes: cumplimiento del tenor de oro del material entregado y cumplimiento del tenor de oro de cada frente de operación. El resultado de este indicador se expresa en porcentaje y representa la variación de los resultados reales versus el valor planeado (en relación con las concentraciones de oro del material extraído).

Para el cálculo de este aspecto es necesario disponer del plan mensual de producción, en el que se especifican los tenores de la entrega de material y el tenor de cada uno de los frentes de operación, y de los datos reales del tenor del período. Los últimos datos se obtienen mediante muestreos geológicos de la siguiente manera: es muestreo de pila para el material entregado y es de canal para cada frente.

A continuación se presenta el cálculo respectivo:

Porcentaje de cumplimiento mensual del tenor de oro en la entrega de mineral

$$= \frac{\text{tenor ponderado mensual del mineral entregado}}{\text{tenor ponderado planeado mensual del mineral entregado}} \times 100$$

Porcentaje de cumplimiento mensual del tenor de oro en el frente

$$= \frac{\text{tenor ponderado mensual del frente}}{\text{tenor ponderado planeado mensual del frente}} \times 100$$

Para efectos del monitoreo y el seguimiento de los resultados se usó la siguiente métrica, que puede variar según las metas estratégicas de cada firma.

Tabla 2. Análisis del resultado del indicador en el aspecto 1.2.

Análisis del resultado del indicador	
Exitoso	100%
	Entre el 90% y el
Bueno	100%
Malo	Inferior al 90%

Fuente: elaboración propia

Aspecto 1.3. Cumplimiento en número de onzas de oro/mes:

En este aspecto se mide el cumplimiento respecto al número de onzas de oro entregadas en el mes. Para su cálculo debe contarse con los datos de (i) número

de toneladas secas de mineral entregado y (ii) tenor de oro del material entregado. La fórmula empleada es la siguiente:

Número de onzas de oro = (número de toneladas secas de mineral entregadas x tenor de oro del material entregado) / 31.10348). Además, debe disponerse del plan mensual de producción, en el que se especifica el número planeado de onzas de oro, y del dato real del número de onzas de oro entregadas durante el período, de acuerdo con la fórmula siguiente:

Porcentaje de cumplimiento en el número de onzas de oro entregadas

$$= \frac{\text{número de onzas de oro entregadas/mes}}{\text{número de onzas de oro planeadas/mes}} \times 100$$

De cara al análisis y al monitoreo del indicador, se utilizaron los siguientes rangos. Es necesario tener en cuenta que puede haber diferencias entre empresas según sus metas estratégicas particulares.

Tabla 3. Análisis del resultado del indicador en el aspecto 1.3.

Análisis del resultado del indicador	
Exitoso	100%
	Entre el 90% y el
Bueno	100%
Malo	Inferior al 90%

Fuente: elaboración propia

Aspecto 1.4. Cumplimiento en número de metros/mes:

En este aspecto se mide el cumplimiento en términos del número de metros avanzados durante el mes con sus dos componentes: número de metros en mineral y número de metros en estéril. El resultado de este indicador se expresa en porcentaje y representa la variación de los valores reales (actuales) respecto a la cifra planeada de número de metros de desarrollo. Para su cálculo debe disponerse del plan mensual de desarrollo y del valor real final en el final del mes. El último valor puede a su vez cotejarse con levantamientos topográficos que tengan mayor trazabilidad respecto a los datos de desarrollo real. A continuación se presenta la fórmula del indicador para cada una de sus dos componentes:

Porcentaje de cumplimiento en número de metros de mineral/mes

$$= \frac{\text{número real de metros de mineral/mes}}{\text{número planeado de metros de mineral/mes}} \times 100$$

Porcentaje de cumplimiento en número de metros de estéril/mes

$$= \frac{\text{número real de metros de estéril/mes}}{\text{número planeado de metros de estéril/mes}} \times 100$$

Para efectos del monitoreo y del seguimiento de los resultados se empleó la siguiente métrica, que puede variar según las metas estratégicas de cada firma.

Tabla 4. Análisis del resultado del indicador en el aspecto 1.4.

Análisis del resultado del indicador

Exitoso	100%
Bueno	Entre el 90% y el 100%
Malo	Inferior al 90%

Fuente: elaboración propia

Aspecto 1.5. Cumplimiento en número de metros perforados/mes:

Este aspecto mide el cumplimiento respecto al número de metros de perforación en el mes. Para obtenerlo se necesita conocer tanto el plan mensual de perforación como el número de metros perforados durante el período (mes). Se empleó la siguiente fórmula:

Porcentaje de cumplimiento en el número de metros perforados/mes

$$= \frac{\text{número real de metros perforados/mes}}{\text{número planeado de metros perforados/mes}} \times 100$$

De cara al análisis y al monitoreo del indicador se usaron los siguientes rangos; debe tenerse en cuenta que puede haber diferencias entre empresas según sus metas estratégicas particulares.

Tabla 5. Análisis del resultado del indicador aspecto en el 1.5.

Análisis del resultado del indicador	
Exitoso	100%
Bueno	Entre el 90% y el 100%
Malo	Inferior al 90%

Fuente: elaboración propia

Aspecto 1.6. Índice de reservas generadas mes:

Este aspecto buscó medir el comportamiento de la empresa respecto a las reservas generadas a partir de la medición del número de toneladas de mineral obtenidas por cada tonelada explotada. Se trata de un elemento clave para la continuidad de la producción en el tiempo y que requiere, para su cálculo, conocer el número de metros reales desarrollados en mineral y el número de toneladas reales de mineral extraídas.

Índice de reservas generadas

$$= \frac{\text{número de toneladas de mineral generadas/mes}}{\text{número de toneladas de mineral generadas/mes}}$$

Para efectos del monitoreo y del seguimiento de los resultados se utilizó la siguiente métrica, que puede variar según las metas estratégicas de cada firma.

Tabla 6. Análisis del resultado del indicador en el aspecto 1.6.

Análisis del resultado del indicador	
Exitoso	100%
Bueno	Entre el 90% y el 100%
Malo	Inferior al 90%

Fuente: elaboración propia

Dimensión 2. Producción

Esta dimensión comprende los indicadores de efectividad de la operación toda vez que la medición, el control y el análisis de estos aspectos permiten evaluar el desempeño de las áreas productivas de las empresas mineras formalizadas. Para efectos de actualización, monitoreo y análisis se acudió a una frecuencia cíclica, según corresponda, en la que se consideraron sus distintos aspectos:

Aspecto 2.1. Rendimiento en número de tonelada hombre/turno:

Con él se mide la cantidad de toneladas generadas en el turno por cada hombre vinculado con la operación y permite determinar el grado de eficiencia del equipo humano para efectos de planeación de capacidad de la firma.

toneladas-hombre

Rendimiento en número de toneladas – hombre/turno

$$= \frac{\text{número de toneladas de mineral entregadas/mes}}{\text{número de hombres por turno} \times \text{número de turnos/mes}}$$

De cara al análisis y al monitoreo del indicador se emplearon los siguientes rangos. Se debe tener en cuenta que puede haber diferencias entre empresas de acuerdo con sus metas estratégicas particulares.

Tabla 7. Análisis del resultado del indicador en el aspecto 2.1.

Análisis del resultado del indicador	
Exitoso	Superior al 100% del rendimiento planeado
Bueno	Entre el 90% y el 100% del rendimiento planeado
Malo	Inferior al 90% del rendimiento planeado

Fuente: elaboración propia

Aspecto 2.2. Rendimiento en número de onzas-hombre/turno:

Mide el número de onzas en el turno por cada hombre vinculado con la operación. Este indicador permite evaluar el grado de eficiencia de la fuerza laboral. Además, brinda elementos de utilidad de cara a la planeación de la capacidad de la firma.

Rendimiento en número de onzas oro – hombre/turno

$$= \frac{\text{Número de onzas de oro entregadas/mes}}{\text{número de hombres en el turno} \times \text{número de turnos/mes}}$$

Para efectos del monitoreo y del seguimiento de los resultados se empleó la siguiente métrica, que puede variar según las metas estratégicas de cada firma.

Tabla 8. Análisis del resultado del indicador en el aspecto 2.2.

Análisis del resultado de indicador	
Exitoso	Superior al 100% del rendimiento planeado
Bueno	Entre el 90% y el 100% del rendimiento planeado
Malo	Inferior al 90% del rendimiento planeado

Fuente: elaboración propia

Aspecto 2.3. Rendimiento en número de metros-hombre/turno:

Este aspecto mide el número de metros generados en el turno por cada hombre de la operación, lo que brinda información de utilidad respecto al grado de eficiencia del equipo humano. La fórmula es la siguiente:

$$\begin{aligned}
 & \text{Rendimiento en número de metros – hombre/turno} \\
 & = \frac{\text{número de metros desarrollados/mes}}{\text{Número de hombres por turno} \times \text{número de turnos/mes}}
 \end{aligned}$$

Respecto al monitoreo y al seguimiento de los resultados se plantea un criterio por rangos, tal y como se muestra a continuación:

Tabla 9. Análisis del resultado del indicador en el aspecto 2.3.

Análisis de resultado de indicador	
Exitoso	Superior al 100% del rendimiento planeado
Bueno	Entre el 90% y el 100% del rendimiento planeado
Malo	Inferior al 90% del rendimiento planeado

Fuente: elaboración propia

Aspecto 2.4. Porcentaje de tiempos perdidos:

Mide el porcentaje de los tiempos perdidos en la operación y sus razones subyacentes. Este indicador permite identificar las falencias que retrasan el ciclo minero e impactan los rendimientos de producción. Además, brinda elementos para el análisis de las causas.

Porcentaje de tiempos perdidos/mes

$$= \frac{\text{número de horas operativas perdidas/mes}}{\text{número de horas operativas planeadas/mes}} \times 100$$

De cara al análisis y al monitoreo del indicador se acudió a los siguientes rangos. Es preciso tener en cuenta que puede haber diferencias entre empresas según sus metas estratégicas particulares.

Tabla 10. Análisis del resultado del indicador en el aspecto 2.4.

Análisis de resultado de indicador	
Exitoso	Inferior al 5%
Bueno	Entre el 5% y el 10%
Malo	Superior al 10%

Fuente: elaboración propia

Aspecto 2.5. Número de metros perforados:

Mide el número de m metros perforados en el mes y determina el grado de avance, efectividad y utilización de la infraestructura disponible (máquinas de perforado y aceros de perforación). Su cálculo implica conocer el número de barrenos (hoyos) perforados y la longitud de perforación.

Número de metros perforados

$$= \text{número de barrenos perforados} \times \text{longitud de perforación}$$

Para el monitoreo y el seguimiento de los resultados se utilizó la siguiente métrica, que puede variar de conformidad con los objetivos estratégicos de cada firma.

Tabla 11. *Análisis del resultado de indicador aspecto 2.5.*

Análisis de resultado de indicador	
Exitoso	Inferior al número de metros perforados planeados
Bueno	Entre el 90% y el 100% del número de metros perforados planeados
Malo	Inferior al 90% del número de metros perforados planeados

Fuente: elaboración propia

Aspecto 2.6. Número de voladuras por turno:

Mide el número de voladuras efectuadas en el turno por medio de la siguiente fórmula:

$$\text{Número de voladuras por turno} = \text{número de voladuras efectivas por turno}$$

De cara al análisis y al monitoreo del indicador se emplearon los siguientes rangos. Se necesita tener en cuenta que puede haber diferencias entre empresas según sus metas estratégicas particulares.

Tabla 12. Análisis del resultado del indicador en el aspecto 2.6.

Análisis del resultado del indicador	
Exitoso	Superior al número de voladuras planeadas
Bueno	Entre el 90% y el 100% del número de voladuras planeadas
Malo	Inferior al 90% del número de voladuras planeadas

Fuente: elaboración propia

Dimensión 3. Seguridad:

La medición, el control y el análisis de los indicadores de seguridad y salud en el trabajo permiten evaluar el comportamiento y el impacto del sistema de gestión en dicho factor (SSST) sobre los niveles de producción de las empresas mineras formalizadas. Para efectos de la actualización y el monitoreo de sus indicadores se sugiere una frecuencia cíclica, según corresponda, mediante la consideración de sus distintos aspectos constitutivos.

Aspecto 3.1. LTIFR:

La forma abreviada LTIFR proviene de las iniciales de la expresión en inglés *lost time injury frequency rate*, que en español equivale a tasa de frecuencia de lesiones que implican tiempo perdido.

Este indicador mide el tiempo perdido derivado de accidentes, incidentes o enfermedades laborales. A continuación se presenta la fórmula correspondiente:

$$LTIFR = \frac{\text{número de horas perdidas por accidentalidad en el período} \times 1.000.000}{\text{número de horas trabajadas en el período}}$$

Es importante destacar que las dinámicas de evaluación del indicador varían según las metas definidas en cada empresa.

Aspecto 3.2. Número de días sin accidentes:

Mide la cantidad de días sin accidentes, que son sucesos que ponen en riesgo el capital humano, los activos de la firma o el medio ambiente. La fórmula es la siguiente:

$$\text{Número de días sin accidentes} = \text{número de días sin accidentes}$$

El seguimiento, la gestión y la clasificación de este indicador varía de acuerdo con las metas estratégicas definidas por cada organización.

Aspecto 3.3. Número de accidentes e incidentes:

Mide la cantidad de accidentes, de acuerdo con la definición expuesta en el aspecto 3.2, y de incidentes, que son los cuasiaccidentes, ocurridos en un determinado período. Para su cálculo se emplearon las siguientes métricas:

Número de accidentes = número de accidentes en el período

Número de incidentes = número de incidentes en el período

Cabe precisar que las condiciones de evaluación del indicador varían de conformidad con las metas definidas por cada empresa.

Aspecto 3.4. Número de enfermedades laborales:

Cuantifica el número de enfermedades laborales presentadas en el período específico.

Número de enfermedades laborales

= número de enfermedades laborales en el período

El seguimiento, la gestión y clasificación de este indicador varía de acuerdo con las metas estratégicas definidas por cada organización.

Dimensión 4. Financiera:

Esta dimensión involucra los principales indicadores financieros asociados con la operación. Para efectos de la actualización, el monitoreo y el análisis se propuso una frecuencia cíclica, según corresponda, mediante la consideración de sus distintos aspectos constitutivos:

Aspecto 4.1 Ebitda:

Permite determinar la utilidad proveniente del núcleo del negocio. Es el beneficio antes de intereses, impuestos, depreciaciones y amortizaciones

Ebitda= utilidad operativa + depreciaciones + amortizaciones

El seguimiento, la gestión y la clasificación de este indicador varía de acuerdo con las metas estratégicas definidas por cada organización.

Aspecto 4.2 Costo por tonelada:

Permite determinar el costo de cada tonelada de mineral extraída. Para ello se consideran todos los egresos asociados con la operación y el volumen generado en el período específico.

$$\text{Costo por tonelada} = \frac{\text{costos operativos}}{\text{número de toneladas de mineral entregadas}}$$

La clasificación del resultado del indicador varía según las metas estratégicas definidas por cada empresa.

Aspecto 4.3 Costo por onza:

Es el costo de cada onza de oro extraída. Para su obtención se requiere la cuantificación de todos los egresos asociados con la operación y el volumen, en número de onzas de oro entregadas obtenido en un período específico.

$$\text{Costo por onza de oro} = \frac{\text{costos operativos}}{\text{número de onzas de oro entregadas}}$$

El seguimiento, la gestión y la clasificación de este indicador varía de acuerdo con las metas estratégicas definidas por cada organización.

Aspecto 4.4 Tenor de corte:

Este indicador determina el tenor mínimo aceptable para lograr que la operación sea rentable para la organización. Se calcula con base en el punto de equilibrio, que es el tenor mínimo necesario para que la firma cubra todos los costos y los gastos asociados con el negocio.

La clasificación del resultado del indicador varía según las metas de cada empresa.

CONCLUSIONES

Una vez finalizado el trabajo de grado se concluyó lo siguiente:

Los lineamientos y la estructura de los procesos en las firmas analizadas presentan oportunidades de mejora significativas toda vez que, hasta la fecha, no existen procedimientos ni estándares operativos para la ejecución del ciclo minero (ventilación, perforación y voladura, acarreo y sostenimiento).

Para analizar las compañías mineras formalizadas asociadas con Zijin Continental Gold se implementó un modelo, desarrollado a partir de la revisión de la literatura acerca de las buenas prácticas mineras, que contempló cuatro dimensiones estratégicas formuladas a partir de la identificación de los macroprocesos más determinantes: planeamiento, producción, seguridad y finanzas. En ellas se incluyeron en total 21 aspectos, referentes a las características vinculadas de manera directa con el cumplimiento de las metas de las empresas mineras formalizadas, con el propósito de medir y de controlar, por medio de los indicadores propuestos, las variables de mayor relevancia de cara al cumplimiento de las metas definidas.

La construcción de un modelo de evaluación de desempeño requiere: (a) personas que se encarguen de la recolección, la digitalización, el control y el análisis de los diferentes resultados obtenidos en el trabajo de campo, (b) sistemas de información que permitan gestionar los datos recabados para la construcción de los indicadores y (c) estándares y metas de acuerdo con los objetivos de cada compañías.

REFERENCIAS

Arias, F. G. (2006). *El proyecto de investigación. Introducción a la metodología científica* (5ª ed.). Episteme.

- Armijo, M. (2011, junio). Planificación estratégica e indicadores de desempeño. Comisión Económica para América Latina y el Caribe (Cepal). https://repositorio.cepal.org/bitstream/handle/11362/5509/S2011156_es.pdf?sequence=1&isAllowed=
- Arrieta Posada, J. G. (2012). La administración de operaciones y su papel central dentro de toda organización. *Revista Universidad EAFIT*, 38(127), 18-27. <https://publicaciones.eafit.edu.co/index.php/revista-universidad-eafit/article/view/928>
- Asociación Bancaria y de Entidades Financieras de Colombia (Asobancaria) (2018, 16 de julio). Supervivencia de las mipyme: un problema por resolver. *Semana Económica*, 1145. <https://www.asobancaria.com/wp-content/uploads/1145.pdf>
- Bernal Torres, C. A. (2006). *Metodología de la investigación* (2ª ed.). Pearson Educación.
- Chase, R. B., Aquilano, N. J., y Jacobs, F. (2004). *Administración de la producción y operaciones para una ventaja competitiva* (5ª ed.). McGraw-Hill.
- Chase, R. B., Jacobs, F. R., y Aquilano, N. J. (2007). *Administración de operaciones: Producción y cadena de suministros* (8ª ed.). McGraw-Hill.
- Collier, D. A., y Evans, J. R. (2007). *Administración de operaciones*. Cengage Learning.
- Colombia logró producción récord de oro en 2021; el carbón comenzó a repuntar (2022, 4 de febrero). *Semana*. <https://www.semana.com/economia/macroeconomia/articulo/colombia-logro-produccion-record-de-oro-en-2021-el-carbon-comenzo-a-repuntar/202246/>
- Corbetta, P. (2003). *Metodología y técnicas de investigación social*. McGraw-Hill.

- El potencial económico que tiene la minería colombiana en cifras (2020, 1 de octubre). *El Tiempo*. <https://www.eltiempo.com/mas-contenido/las-cifras-mas-importantes-de-la-mineria-en-colombia-538715>
- Feigenbaum, A. V. (1991). *Administración de la calidad total*. Cecsá.
- Forrester, J. W. (1961). *Industrial dynamics*. The MIT Press.
- Franken, J. C. M., Van Dun, D. H., & Wilderom, C. P. M. (2021). Kaizen event process quality: towards a phase-based understanding of high-quality group problem-solving. *International Journal of Operations & Production Management*, 41(6), 962-990. <https://doi.org/10.1108/IJOPM-09-2020-0666>
- Heizer, J., y Render, B. (2009). *Principios de administración de operaciones* (7ª ed.). Pearson Education.
- Hernández Sampieri, R. (2000). *Metodología de la investigación*. McGraw-Hill Interamericana de España.
- Hernández Sampieri, R., Fernández Collado, C., y Baptista Lucio, P. (2014). *Metodología de la investigación* (6ª ed.). McGraw-Hill/Interamericana.
- Hurtado de Barrera, J. (2000). *Metodología de la investigación holística*. Instituto de Tecnología Caripito y Fundación Sypal.
- Iniciativa para la Transparencia de las Industrias Extractivas (EITI) (2017). *Formalización minera*. EITI. <https://www.eiticolombia.gov.co/es/informes-eiti/informe-2077/marco-institucional/formalizacion-minera/>
- Kerlinger, F. N. (1975). *Investigación del comportamiento: técnicas y metodología*. McGraw-Hill/Interamericana.
- Krajewski, L. J., Ritzman, L. P., y Malhorta, M. K. (2008). *Administración de operaciones: Procesos y cadena de valor* (8ª ed.). Pearson.

- Lewis, M. A. (2007). Charles Babbage: reclaiming an operations management pioneer. *Journal of Operations Management*, 25(2), 248-259. <https://doi.org/10.1016/j.jom.2006.08.001>
- Oropesa, M., García Alcaraz , J. L., y Maldonado Macías, A. A. (2015). Efectos del compromiso gerencial y la formación en los beneficios de la implementación del Kaizen, en su etapa de planeación. *CULCyT*, 12(57-2), 53-63. <https://erevistas.uacj.mx/ojs/index.php/culcyt/article/view/835/789>
- Ouchi, W. (1986). *Teoría Z. Cómo pueden las empresas hacer frente al desafío japonés*. Orbis.
- Peters, T. J., & Waterman, Jr., R. H. (1960). *In search of excellence: lessons from America's best-run companies*. Harper Business.
- Rincón, R. D. (1998). Los indicadores de gestión organizacional: una guía para su definición. *Revista Universidad EAFIT*, 34(11), 43-59. <https://publicaciones.eafit.edu.co/index.php/revista-universidad-eafit/article/view/1104>
- Schroeder, R. G., Goldstein, S. M., y Rungtusanatham, M. J. (2011). *Administración de operaciones: conceptos y casos contemporáneos* (5ª ed.). McGraw-Hill Education.
- Skinner, W. (2007). Manufacturing strategy: the story of its evolution. *Journal of Operations Management*, 25(2), 328-335. <https://doi.org/10.1016/j.jom.2006.10.008>
- Sprague, L. G. (2007). Evolution of the field of operations management. *Journal of Operations Management*, 25(2), 219-238. <https://doi.org/10.1016/j.jom.2007.01.001>
- Starr, M. K. (1963). *Product design and decision theory*. Prentice-Hall.

- Suárez-Barraza, M., Miguel-Dávila, J. Á., y Morales-Contreras, M. F. (2021). *Application of Kaizen-Kata methodology to improve operational problem processes. A case study in a service organization. International Journal of Quality and Service Sciences*, 13(1), 29-44. <https://doi.org/10.1108/IJQSS-07-2020-0113>
- Taylor, F. W. (1911). *The principles of scientific management*. Harper & Brothers.
- Toro Álvarez, F. (1992). *Desempeño y productividad*. Cincel.
- Uribe Macías, M., y Reinoso Lastra, J. F. (2014). *Sistema de indicadores de gestión*. Ediciones de la U.
- Velásquez Contreras, A. (2003). Modelo de gestión de operaciones para pymes innovadoras. *Revista de la Escuela de Administración de Negocios*, 47, 67-87.
<https://journal.universidadean.edu.co/index.php/Revista/article/view/234/227>
- Voss, C. A. (2007). Learning from the first operations management textbooks. *Journal of Operations Management*, 25(2). 239-247.
<https://doi.org/10.1016/j.jom.2006.05.013>
- Weber, M. (1940). *Teoría burocrática de la administración*. ...
- Yu, W., Ramakrishnan, R., Xingyu, W., & Jiehui, Y. (2017). Operations capability, productivity and business performance: the moderating effect of environmental dynamism. *Industrial Management & Data Systems*, 118(1), 126-143.
<https://doi.org/10.1108/IMDS-02-2017-0064>