

# Indicadores económicos para evaluar la sostenibilidad de la empresa extractiva Materiales de Construcción a través del Método Multicriterio

**Dailén González Martín**

[dgonzalezm@ismm.edu.cu](mailto:dgonzalezm@ismm.edu.cu)

**Julio Montero Matos**

[jmmatos@ismm.edu.cu](mailto:jmmatos@ismm.edu.cu)

Universidad de Moa

**Gioelkis Espinosa Batista**

[gespinosa@moanickel.com.cu](mailto:gespinosa@moanickel.com.cu)

Empresa Moa Nickel S.A. Cuba.

**Resumen:** Se evaluó el desempeño de las variables e indicadores económicos en la empresa extractiva Materiales de la Construcción. La investigación se desarrolló a través de 7 etapas metodológicas que posibilitaron evaluar los principales indicadores de la actividad económica de una cantera en específico, a través de la identificación, selección de las variables e indicadores económicos para la evaluación del desempeño de la Industria a través del método Delphi y para su evaluación general a través del método Multicriterio. Con los resultados arrojados se evidenció que la variable con más nivel de importancia por criterios de expertos, fue la de Voladura y Perforación alcanzando el mayor porcentaje de ponderación y puntaje por parte de los expertos. La evaluación de estas variables e indicadores permitió reconocer la existencia de índices de sostenibilidad en la empresa extractiva Materiales de la Construcción. La implementación de los métodos permitió validar la aplicabilidad, importancia y efectividad de la misma, así como para la toma de decisiones sobre las acciones para poder lograr un desarrollo sostenible en la industria de materiales de la construcción.

**Palabras clave:** variables económicas; método multicriterio; método Delphi; materiales de construcción.

## **Economic indicators to evaluate the sustainability of the extractive company Materials of Construction through the Multicriteria Method**

**Abstract:** The performance of the economic variables and indicators in the Construction Materials Extractive Company was evaluated. The research was developed through 7 methodological stages that made it possible to evaluate the main indicators of the economic activity of a specific quarry, through the identification, selection of variables and economic indicators for the evaluation of the performance of the Industry through the Delphi method and for its general evaluation through the Multicriteria method. With the results obtained, it was evidenced that the variable with the highest level of importance according to expert criteria was Blasting and Drilling, reaching the highest percentage of weighting and scoring by the experts. The evaluation of these variables and indicators made it possible to recognize the existence of sustainability indices in the extractive company Materials of Construction. The implementation of the methods allowed to validate the applicability, importance and effectiveness of it, as well as for decision-making on actions to achieve sustainable development in the Construction Materials Industry.

**Words key:** economic variables; multicriteria method; Delphi method; construction materials.

## Introducción

El concepto de desarrollo sostenible, término aplicado al desarrollo económico y social, tiene su origen en el Informe Brundtland de la ONU de 1987 y es aquel que permite hacer frente a las necesidades del presente sin poner en peligro la capacidad de las futuras generaciones para satisfacer sus propias necesidades (Salazar *et al.*, 2014).

Dentro de estas propuestas se formula el concepto de desarrollo sostenible en su propósito de asegurar a las futuras generaciones la misma capacidad de disponer y disfrutar de los recursos naturales que tiene la población humana actual, sin deteriorar la base físico-natural y social, considerada clave para el desarrollo. El concepto alcanzó una rápida popularidad después de ser adoptado como filosofía mundial de trabajo en la Primera Cumbre de la Tierra, celebrada en Río de Janeiro en 1992.

En Cuba, la Ley 81 de Medio Ambiente de 1997, en su Artículo 8, define el desarrollo sostenible como el proceso de elevación sostenida y equitativa de la calidad de vida de las personas, mediante el cual se procura el crecimiento económico y el mejoramiento social, en una combinación armónica con la protección del medio ambiente, de modo que se satisfagan las necesidades de las actuales generaciones, sin poner en riesgo las de las futuras generaciones (Gaceta Oficial de la República de Cuba, 1997).

Para el desarrollo de esta investigación se considera más adecuado utilizar el término desarrollo sostenible, teniendo en cuenta que este se refiere a la protección del medio ambiente en relación con la satisfacción de las necesidades económicas, sociales y culturales.

Desarrollar una minería sostenible que garantice las necesidades actuales de la sociedad, sin poner en riesgo las de las futuras generaciones y, al mismo tiempo, proteger el medio ambiente, constituye el gran desafío del sector minero y de los gobiernos (Montero & Otaño, 2012). Para ello, entre otras medidas, se necesita el uso de tecnologías de avanzada que afecten menos al medio ambiente y que garanticen la explotación racional de los recursos, la definición temprana del uso futuro de los suelos, la previsión del posible redimensionamiento de la actividad económica al cierre de las operaciones mineras, la adquisición de una adecuada cultura tecnológica, la aplicación de las legislaciones ambientales existentes, así como la implicación de los diferentes actores sociales en la toma de decisiones y en los procesos de capacitación relacionados con la explotación de los recursos.

Estas medidas sustentan el criterio de Richards (2002) quien expresa que la sostenibilidad de la industria minera descansa sobre bases económicas, ambientales y sociales. Cada uno de estos aspectos debe ser considerado por separado, aunque una solución sustentable requiera la integración de los tres aspectos. Con esta integración, se garantiza el perfeccionamiento de las potencialidades del contexto minero y la reducción de los perjuicios que provoca la explotación de sus recursos.

En cuanto al desarrollo de una minería sostenible, Cuba ha mostrado preocupación e interés en su puesta en práctica, aunque los resultados aún no son los esperados. Esencialmente, se ha profundizado en la dimensión ambiental que plantea el concepto. En relación con ello, se han dado pasos importantes hacia la protección ambiental a partir de la aprobación de leyes y tres decretos que regulan la política minera y el proceso de rehabilitación de los llamados pasivos ambientales (Montero, Restrepo & Otaño 2017).

Evidentemente resulta muy sencillo determinar cuándo una actividad no es sostenible, basta con saber cuáles son los impactos negativos que ocasionan sobre el medio ambiente, sin embargo, lo verdaderamente difícil es poder precisar cuándo se ha alcanzado la sustentabilidad. No cabe la menor duda de que esta es una tarea científica de gran envergadura y si la cuestión gira alrededor de los minerales, se puede plantear que esto es aún más complejo.

Esta investigación responde a las prioridades establecidas en la Estrategia Ambiental Nacional (CITMA, 2021) que establece como un problema del desarrollo sostenible del país y de la sociedad cubana, la conservación y utilización racional de los recursos naturales del país, donde la ciencia, la tecnología y la innovación deben desempeñar un papel significativo en su esclarecimiento, solución y aplicación.

La extracción de estos recursos se ha convertido en una importante actividad minera debido a los volúmenes que se extraen cada año en las canteras en explotación que se laborean atendiendo a las investigaciones elaboradas al efecto.

La demanda de materiales para la construcción ha tenido un fuerte incremento en los últimos años, debido a la expansión de actividades como la construcción para el turismo, obras sociales de todo tipo, la necesidad de la reconstrucción del fondo habitacional y la construcción de nuevas viviendas. Esta situación, al mismo tiempo

contribuye al aumento de los niveles de contaminación que genera la ejecución de explotaciones mineras.

En la empresa extractiva Materiales de la Construcción, aunque se han hecho diagnósticos tecnológicos basados en metodologías extranjeras, como la de Martínez (2009), los indicadores planteados no se ajustan a la realidad cubana y particularmente los indicadores económicos que se no considera en dicha metodología.

En la actualidad se realizan inversiones para incrementar el volumen y la calidad del material extraído en las canteras, sin embargo, en la mayoría de los casos no se alcanzan los resultados esperados.

El objetivo de este trabajo consiste en determinar el sistema de indicadores económicos para evaluar el desempeño de la empresas extractiva Materiales de la Construcción como uno de los sectores fundamentales de la economía cubana.

### **Materiales y métodos**

A partir del estudio anterior de la problemática relacionada con los indicadores económicos para la evaluación de canteras, considerando que las investigaciones analizan de forma integradora los aspectos sociales, ambientales, técnicos y de riesgos; no siendo así para los económicos y teniendo en cuenta las particularidades del Método Multicriterio, se determinaron los criterios a tener en cuenta para realizar la evaluación económica para la sostenibilidad de las canteras en Cuba. Esto permitió elaborar una metodología a través del método multicriterio para evaluar el desempeño de las canteras en Cuba.

La investigación se desarrolló a través de las siguientes etapas metodológicas:

- Identificación de los indicadores económicos (listado preliminar) para la evaluación del desempeño sostenible de canteras.
- Selección los indicadores económicos aplicables a las canteras de materiales de construcción a través de criterio complementarios (Método Delphi).
- Definir los criterios (Cj) que conforman el índice.
- Definir la importancia que tiene cada criterio en el índice (Método Multicriterio).
- Definir y ponderar cada una de las variables que integran cada criterio.
- Operacionalizar las variables a través de indicadores.

### Evaluación de las variables e indicadores a través del Método Multicriterio

Para la evaluación de variables e indicadores de la empresa extractiva de Materiales de la Construcción atendiendo sus objetivos. Se realiza un índice sumatorio ponderado que permite priorizar las variables utilizando un conjunto de criterios complementarios (Índice Multicriterio) (CEPAL, 2017).

Para calcular el valor del Índice Multicriterio (IM) se utiliza la fórmula:

$$IM = \sum_{j=1}^n \frac{C_j P_j}{r} * 100$$

Donde:

C<sub>j</sub>: puntaje del criterio j (variables)

P<sub>j</sub>: peso o importancia del criterio j (van de 0 a 1, tal que Σp<sub>j</sub> = 1)

R: rango de medición de los criterios (límite superior de la escala menos límite inferior)

Cada criterio (C<sub>j</sub>) incluido en el IM es un subíndice que agrupa variables e indicadores, (Figura 2).

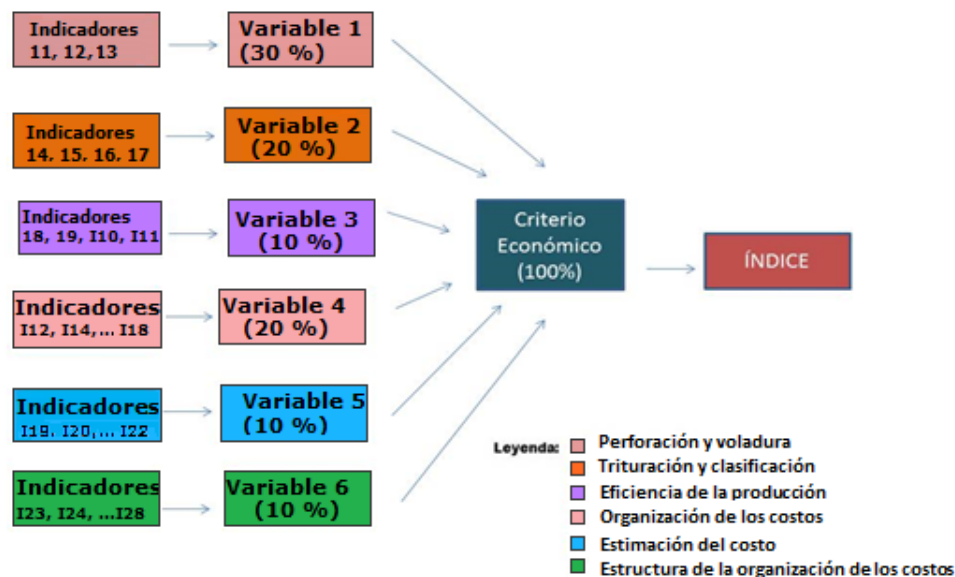


Figura 1. Relación preliminar de los indicadores económicos para la evaluación integral de canteras de materiales de construcción.

Para la evaluación de las variables económicas referidas en la gráfica se hace necesario, por cada una de ellas, darle un valor porcentual para demostrar cual es la que mayor prioridad alcanza a través del método multicriterial, según los criterios

emitidos por cada uno de los expertos. La variable 1 alcanzó mayor porcentaje e importancia para esta evaluación.

### **Criterios (cj) que conforman el índice**

Los criterios mínimos son:

Económico: costos totales, eficiencia, beneficios, costo de rehabilitación, costo de producción, costo de barrenación y voladura, costo de mano de obra.

Si utilizan sólo los criterios mínimos, el IM queda determinado por:

$$IM = \sum \frac{p_{v1} + p_{v2} + p_{v3} + p_{v4} + p_{v5} + p_{v6}}{r} * 100$$

Donde:

$E_p$  : puntaje del criterio económico

$p_{v1}, p_{v2}, p_{v3}, p_{v4}, p_{v5}$  y  $p_{v6}$  = peso de cada uno de los criterios ( con valores entre 0 y 1, tal que  $p_{v1} + p_{v2} + p_{v3} + p_{v4} + p_{v5} + p_{v6} = 1$ ).

R: rango de la escala de puntajes de los criterios.

Por tanto:

$$IM = \sum \frac{p_{v1} + p_{v2} + p_{v3} + p_{v4} + p_{v5} + p_{v6}}{r} * 100$$

$$IM = \sum \frac{0.30 + 0.20 + 0.10 + 0.20 + 0.10 + 0.10}{1} * 100$$

$$IM = \sum \frac{1}{1} * 100$$

$$IM = 100\%$$

### **Importancia que tiene cada criterio en el índice (Método Multicriterio)**

A partir de cada una de las opiniones de los expertos se construye la matriz de jerarquización de criterios.

Tabla 1. Matriz de jerarquización de criterios

(Variables)	Perforación y voladura	Trituración y clasificación	Eficiencia de la producción	Organización de los costos	Estimación de costo	Estructura y organización de los costos	Total	Peso
<b>Perforación y voladura</b>	-	10	10	10	10	5	45	0,30
<b>Trituración y clasificación</b>	0	-	5	6	7	8	26	0,20
<b>Eficiencia de la producción</b>	0	5	-	5	5	6	21	0,10
<b>Organización de los costos</b>	0	4	5	-	6	8	23	0,20
<b>Estimación del costo</b>	0	3	5	4	-	7	19	0,10
<b>Estructura y organización de los costos</b>	5	2	4	2	3	-	16	0,10
<b>Total</b>							150	1,00

Los pesos relativos (p) son la resultante de:

$$p = \text{Total} / \text{Total de criterios}$$

$$45/150 = 0,30$$

$$26/150 = 0,20$$

$$21/150 = 0,10$$

$$23/150 = 0,20$$

$$19/150 = 0,10$$

$$16/150 = 0,10$$

$$\text{Total de la Tabla} = n * [(x - 1) + (x - 2) + (x - 3) + \dots + (x - x)]$$

Donde:

n: es la cantidad de expertos y

x: cantidad de criterios

$$\text{Total de la Tabla} = [10 * (6-1) + (6-2) + (6-3) + (6-4) + (6-5)] = 150$$

La importancia de cada criterio en el índice se determinó a través de la matriz cuadrada con las variables indicadas en la Tabla 3. En esta se exponen los criterios de cada experto para conocer la importancia que cada uno de ellos le dan a cada uno de las variables del 1 al 10, representando esto el número de expertos, lo que indica el nivel de importancia que le otorgan los expertos a una variable con respecto a las otras. La variable Perforación y voladura fue la que mayor puntuación obtuvo por parte de los expertos.



### Definición y ponderación de cada una de las variables que integran cada criterio

Para definir las variables es preciso tener en cuenta como se identifican, definen y ponderan cada una de ellas, lo que aportan sentido analítico a cada criterio. Cada una de ellas aporta un aspecto relevante y complementario, con distinto peso específico. Teniendo en cuenta que cada criterio y IM, están compuestos por un índice ponderado de las variables que lo integran, esta se define por la fórmula:

$$C_j = \sum_{i=1}^{n_j} \frac{V_{ij} p_{ij}}{r_j} * 100$$

Donde:

C<sub>j</sub>: puntaje del criterio j (social, técnico, económico, institucional, etc.)

V<sub>ij</sub>: variable i del criterio j

P<sub>ij</sub>: peso o importancia de la variable i en el criterio j (entre 0 y 1;  $\sum p_i = 1$ )

R<sub>j</sub>: rango de medición de las variables que componen el criterio

### Caracterización de los indicadores económicos para la evaluación del desempeño de canteras de materiales de construcción

La caracterización de cada indicador se realizó tomando en cuenta los criterios recomendados por Martínez (2009).

Tabla 2. Indicadores económicos por variables

<b>Variables</b>	<b>Indicadores</b>
<b>Perforación y voladura</b>	Costo de barrenación y voladura Costo por m <sup>3</sup> Pérdidas
<b>Trituración y clasificación</b>	Consumo de combustible Consumo de electricidad Costo de mantenimiento de la planta Costo de mantenimiento de las máquinas
<b>Eficiencia de la producción</b>	Costo de producción Costo por peso de producción Costo por peso de producción mercantil Costo por peso de materiales
<b>Organización de los costos</b>	Costo de salario Gasto de salario Costos de otras fuerzas de trabajo Productividad del trabajo Promedio de trabajadores Número de trabajadores Fondo de salario

<b>Estimación del costo</b>	Rentabilidad Ventas netas Precio de ventas Producción anual
<b>Estructura y organización de los costos</b>	Consumo de agua Consumo de materia prima Consumo de explosivo Consumibles en la extracción Porcentaje de mano de obra <b>(Costos indirectos)</b> Costos financieros de créditos

1. Perforación y Voladura: la variable de Perforación y voladura es un documento que se presenta anualmente a la dirección de la empresa con la planificación de la misma. Tiene por objetivo justificar la cantidad de explosivo necesario para poder arrancar en cantera el volumen de árido previsto, un todo uno que posteriormente será transportado hacia las plantas de trituración y clasificación. Donde incluye:

- Volumen previsto de arranque
- Número de voladuras de arranque
- Estudio de vibraciones. Carga instantánea adoptada, y carga máxima corregida permitida
- Tipo de explosivos y accesorios
- Parámetros de la voladura tipo: esquema de perforación, geometría de la voladura, configuración de cargas y distribución de explosivos en barrenos
- Sistema de encendido, iniciación y cebado de cargas. Tiempos de retardo y secuencia de encendido. Consumo específico
- Presupuesto.

2. Trituración y clasificación: La variable de trituración y clasificación representa la última etapa del proceso de obtención del árido, en la que se reduce el tamaño del todo uno procedente de la cantera en sucesivas fases y se clasifica en función de su uso final.

Una planta de trituración, o cualquier máquina, no puede desarrollar su actividad durante 24 horas al día, 30 días al mes y 12 meses al año. Si se calcula la producción fijando estos parámetros resultaría un valor máximo que puede aportar una instalación, pero irreal e inalcanzable. Hay que considerar roturas, mantenimiento de instalaciones y equipos, imprevistos, etc. Razón por la que la producción máxima en cada cantera, se ha adaptado a unas circunstancias horarias de producción razonables.

Los horarios se ajustan en función del tipo de máquina y de la parte de la semana en la que se desarrollan los trabajos.

3. Eficiencia de la producción: en esta variable se trabaja para lograr que la empresa trabaje con la mayor eficiencia tecnológica y administrativa. Permite saber si se aprovecha al máximo los recursos disponibles para el fin comercial o si, por el contrario, está por debajo de las posibilidades.
4. Organización de los costos: esta variable se determina a partir del esfuerzo físico, el salario de los trabajadores que están directamente la producción.
5. Estimación del costo: en esta variable se trabaja para minimizar los gastos y para maximizar los ingresos en la empresa, o sea que le permita a la misma tener rentabilidad económica. El departamento técnico de la empresa tiene que disponer de las herramientas que le permitan conocer cómo se originan los gastos, para adoptar las medidas de control y optimización más adecuados y eficaces. No se trata de gastar poco, sino de conseguir una mejor relación entre el gasto y el ingreso, optimizando las inversiones y los sistemas productivos.
6. estructura y organización de los costos: En esta variable se incluyen todos los costos directos en indirectos a la producción.

Para el cálculo del peso ( $p_{ij}$ ) de cada variable en cada criterio se utiliza el mismo procedimiento que para la definición de la importancia de los criterios ( $p_j$ )

Para evaluar las variables con respecto a cada indicador económico, se elaboraron las tablas de matriz de jerarquización, donde se refleja la importancia de cada uno de los indicadores que aporta el criterio de cada experto, en el caso de la variable Perforación y voladura, el indicador con mayor grado de importancia según criterio fue el de consumo por metros cúbicos, donde este alcanzó el 40 % de importancia, con respecto a las otros dos indicadores en este caso perforación y voladura y pérdidas donde alcanzaron un 30% de importancia respectivamente (Tabla 3).

Tabla 3. Matriz de jerarquización de perforación y voladura

<b>Perforación y voladura</b>	Costo de barrenación y voladura	Costo de metros cúbicos	Pérdidas	Total	Peso
Costo de barrenación y voladura	-	5	5	10	0,30
Costo de metros cúbicos	5	-	6	11	0,40
Pérdidas	5	4	-	9	0,30
Total				30	1,00

La variable de trituración y clasificación, representa 4 indicadores económicos, donde la representatividad de 3 indicadores que, sometidos a criterios de los expertos, alcanzan el mayor nivel de importancia obteniendo un 28 % a nivel de criterios, siendo estas el consumo de combustibles, consumo de electricidad y consumo de mantenimiento de las maquinarias (Tabla 4).

Tabla 4. Matriz de jerarquización de trituración y clasificación

<b>Trituración y clasificación</b>	Consumo de combustible	Consumo de electricidad	Costo de mantenimiento de la planta	Costo de mantenimiento de las máquinas	Total	Peso
Consumo de combustible	-	6	7	2	15	0,28
Consumo de electricidad	4	-	6	8	17	0,28
Costo de mantenimiento de la planta	3	5	-	5	13	0,20
Costo de mantenimiento de las máquinas	8	2	5	-	15	0,28
Total					60	1,00

La variable de eficiencia de la producción, representa 4 indicadores económicos donde se trabaja para lograr que la Industria alcance una eficiencia tecnológica y administrativa mayor, donde se destaca con más alto nivel porcentual de importancia el Costo de la Producción, con un 40 % por encima de los costos por peso de producción mercantil, costo por peso de producción y el costo por peso de producción (Tabla 5).

Tabla 5. Matriz de jerarquización de Eficiencia de la Producción

<b>Eficiencia de la producción</b>	Costo de producción	Costo por peso de producción	Costo por peso de producción mercantil	Costo por peso de materiales	Total	Peso
Costo de producción	-	10	5	9	24	0,40
Costo por peso de producción	0	-	8	5	13	0,20
Costo por peso de producción mercantil	5	2	-	4	11	0,20
Costo por peso de materiales	1	5	6	-	12	0,20
Total					60	1,00

La variable Organización de los Costos representa un total de 7 indicadores donde se determina a partir del esfuerzo físico, el salario de los trabajadores que están directamente la producción, tomando mayor importancia los indicadores que representan el número de trabajadores, costo de salario y los gastos sujetos a este salario de los trabajadores que están directamente a la producción representando un 20 % cada uno (Tabla 6).

Tabla 6. Matriz de jerarquización de organización de los costos

<b>Organización de los costos</b>	Costo de salario	Gasto de salario	Costos de otras fuerzas de trabajo	Productividad del trabajo	Promedio de trabajadores	Número de trabajadores	Fondo de salario	Total	Peso
Costo de salario	-	9	10	10	4	10	10	53	0,20
Gasto de salario	1	-	6	8	6	8	9	38	0,20
Costos de otras Fuerzas de trabajo	0	4	-	5	5	5	6	25	0,10
Productividad del trabajo	0	2	5	-	6	5	9	27	0,10
Promedio de trabajadores	6	4	5	4	-	0	8	27	0,10
Número de trabajadores	0	2	5	5	10	-	10	37	0,20
Fondo de salario	0	1	4	1	2	0	-	8	0,10
Total								215	1,00

La variable Organización de los costos representa un total de 7 indicadores donde se determina a partir del esfuerzo físico, el salario de los trabajadores que están directamente la producción, tomando mayor importancia los indicadores que representan el número de trabajadores, costo de salario y los gastos sujetos a este salario de los trabajadores que están directamente a la producción representando un 20 % cada uno (Tabla 6).

La variable Estimación del costo representa un total de 4 indicadores. Los 3 indicadores que obtuvieron mayor nivel de importancia por parte de los criterios obtenidos por los expertos fueron la rentabilidad, las ventas netas y el precio de la venta efectuada con un porcentaje de 30% (Tabla 7).

Tabla 7. Matriz de jerarquización de Estimación del costo

<b>Estimación del costo</b>	Rentabilidad	Ventas netas	Precio de ventas	Plan anual	Total	Peso
Rentabilidad	-	6	5	5	20	0,30
Ventas netas	4	-	5	9	18	0,30
Precio de ventas	5	5	-	8	18	0,30
Plan anual	5	1	2	-	8	0,10
Total					64	1,00

La variable Estructura y organización de los costos, representa un total de 6 indicadores económicos donde los indicadores costo de la materia prima y los costos indirectos o sea los costos que van dirigidos a créditos financieros de la industria obtuvieron un nivel de importancia de 20 y 30 % respectivamente, en esta variable se priorizan todos los costos indirectos a la producción (Tabla 8).

Tabla 8. Matriz de jerarquización de estructura y organización de los costos

<b>Estructura y organización de los costos</b>	Consumo de agua	Consumo de materia prima	Consumo de explosivo	Consumibles en la extracción	Porcentaje de mano de obra	(Costos indirectos) Costos financieros de crédito	Total	Peso
Consumo de agua	-	5	5	8	0	0	18	0,10
Consumo de materia prima	5	-	5	8	7	0	25	0,20
Consumo de explosivo	5	5	-	5	5	2	22	0,10
Consumibles en la extracción	2	2	5	-	2	3	14	0,10
Porcentaje de mano de obra	10	3	5	8	-	6	32	0,20
(Costos indirectos) Costos financieros de crédito	10	10	8	7	4	-	39	0,30
<b>Total</b>							<b>150</b>	<b>1,00</b>

### **Operacionalización de las variables a través de indicadores**

Para la operacionalización de las variables es necesario que, antes de la formulación se especifiquen los instrumentos de medición, metas esperadas y estándares de comparación. En el caso de las variables simples, cuantificables con un solo indicador, se puede homogeneizar la escala en términos de proporciones.

Para las variables complejas que tienen más de un indicador se utiliza tipo Likert, en la que se agrupan un conjunto de ítems complementarios que tratan de cubrir todos los aspectos relevantes.

Los ítems deben ser relevantes, complementarios y tener una asociación positiva, siguiendo una misma tendencia. De lo contrario, se genera un resultado no confiable.

El puntaje de los proyectos en cada ítem, variable y criterio tiene como función diferenciarlos. Los aspectos que no discriminan pueden sacarse del análisis pues nada

aportan a la decisión final.

Para la puntuación de los ítems hay dos alternativas:

Dicotómica: Si el proyecto tiene una calificación positiva en un ítem se le asigna 1 punto y si es negativa "0". El resultado final es la suma total de indicadores.

$$V_{ij} = \sum_{k=1}^{n_{ij}} \frac{I_{ijk}}{n_{ij}} * 100$$

Donde:

$V_{ij}$ : Variable i del criterio j

$I_{ijk}$ : Indicador k de la variable i del criterio j

$n_{ij}$ : Número de indicadores que componen la variable i del criterio j

Esta forma es de fácil operacionalización, pero no refleja la especificidad de las diferencias marginales entre los variables. Por tanto se escoge para la realización de la operacionalización de las variables la alternativa dos:

Ordinal: cada ítem se evalúa en una escala de rango  $r_{ij}$ , con el esquema de categorización descrito. Esto permite ordenar a las variables por cada uno de los ítems.

El rango ( $r_{ij}$ ) es el mismo para todos los ítems de una misma variable (0 a 10; 1 a 3; 1 a 5; 1 a 7; etc.). El cálculo del puntaje de cada variable es similar al caso dicotómico, sólo se incorpora el rango ( $r_{ij}$ ) con que se califican los ítems, donde, los valores de los indicadores ( $I_{ijk}$ ) pueden asumir valores dentro del rango  $r_{ij}$ .

$$V_{ij} = \sum_{k=1}^{n_{ij}} \frac{I_{ijk}}{r_{ij} n_{ij}} * 100$$

Con los procedimientos y fórmulas indicados, el rango de puntaje del IM es 100 puntos, con valor mínimo 0 y máximo 100 (Tabla 9).

Tabla 9. Rango de puntaje del índice multicriterial

Indicadores	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	Total	Puntaje
1	28	27	27	28	26	28	28	28	28	28	276	6,79802956
2	27	23	23	27	27	27	25	26	26	26	257	6,33004926
3	10	22	22	26	23	26	26	25	24	25	229	5,64039409
4	25	25	25	25	22	25	24	24	25	23	243	5,98522167
5	24	26	26	23	20	24	23	23	22	24	235	5,78817734
6	26	24	24	24	11	23	22	20	23	22	219	5,39408867

7	23	5	5	22	10	22	21	21	21	20	170	4,18719212
8	22	28	28	21	9	21	20	22	20	21	212	5,22167488
9	21	20	20	20	8	20	19	17	18	19	182	4,48275862
10	20	21	21	19	21	19	17	19	17	18	192	4,72906404
11	19	17	17	18	19	18	18	18	19	17	180	4,43349754
12	17	6	6	17	18	17	16	14	15	16	142	3,49753695
13	15	2	2	15	17	16	15	16	13	14	125	3,07881773
14	14	15	15	16	15	15	13	15	14	15	147	3,62068966
15	12	12	12	14	16	14	14	10	10	9	123	3,02955665
16	6	1	1	13	14	13	12	7	8	8	83	2,04433498
17	5	8	8	9	13	12	11	12	11	13	102	2,51231527
18	4	18	18	8	28	11	10	27	27	27	178	4,38423645
19	3	16	16	7	25	10	9	13	12	12	123	3,02955665
20	2	3	3	6	24	9	7	9	3	4	70	1,72413793
21	1	4	4	5	1	8	8	5	5	6	47	1,15763547
22	8	19	19	4	2	7	6	4	6	7	82	2,01970443
23	9	14	14	3	3	6	5	3	7	11	75	1,84729064
24	7	13	13	10	4	5	4	2	16	2	76	1,87192118
25	11	11	11	1	5	4	3	1	9	1	57	1,40394089
26	13	7	7	2	6	3	2	6	4	5	55	1,3546798
27	16	9	9	11	7	2	1	8	2	3	68	1,67487685
28	18	10	10	12	12	1	27	11	1	10	112	2,75862069
Total	406	406	406	406	406	406	406	406	406	406	406	

En la Tabla 10 se otorga un puntaje por cada indicador económico, desde 1, valor mínimo hasta 28, valor máximo, donde cada uno de ellos toma el valor que le otorgue el experto.

Para conocer el aporte de estos puntajes al cálculo total de las variables, se multiplica cada uno por el peso ( $p_{ij}$ ) de cada variable en el criterio correspondiente y luego por la ponderación ( $p_j$ ) de éste en el IM, considerando los puntajes indicados y los que recibió el proyecto en los demás indicadores y variables (Tabla 10).

Tabla 10. Puntajes, peso y ponderación de cada una de las variables por indicado

<b>Variables</b>	<b>Indicadores económicos</b>	<b>Puntaje</b>	<b><math>p_{ij}</math></b>	<b><math>P_j</math></b>	<b>Total</b>
Perforación y Voladura	Costo de barrenación y voladura	6,79802956	0,30	0,30	61,20
	Costo por metros cúbicos	6,33004926	0,40	0,30	75,96
	Pérdidas	5,64039409	0,30	0,30	50,76
Trituración y clasificación	Consumo de combustible	5,98522167	0,28	0,20	33,50
	Consumo de electricidad	5,78817734	0,28	0,20	32,36
	Costo de mantenimiento de la planta	5,39408867	0,20	0,20	21,56
	Costo de mantenimiento de las máquinas	4,18719212	0,28	0,20	23,40
Eficiencia de la producción	Costo de producción	5,22167488	0,40	0,10	20,88
	Costo por peso de producción	4,48275862	0,20	0,10	8,96
	Costo por peso de producción mercantil	4,72906404	0,20	0,10	9,44
	Costo por peso de materiales	4,43349754	0,20	0,10	8,86



Organización de los costos	Costo de salario	3,49753695	0,20	0,20	15,76
	Gasto de salario	3,07881773	0,20	0,20	12,31
	Costos de otras fuerzas de trabajo	3,62068966	0,10	0,20	7,24
	Productividad del trabajo	3,02955665	0,10	0,20	6,058
	Promedio de trabajadores	2,04433498	0,10	0,20	4,08
	Número de trabajadores	2,51231527	0,20	0,20	10,04
	Fondo de salario	4,38423645	0,10	0,20	8,76
Estimación del costo	Rentabilidad	3,02955665	0,30	0,10	9,087
	Ventas netas	1,72413793	0,30	0,10	5,172
	Precio de ventas	1,15763547	0,30	0,10	3,471
	Producción anual	2,01970443	0,10	0,10	2,019
Estructura y organización de los costos	Consumo de agua	1,84729064	0,10	0,10	3,866
	Consumo de materia prima	1,87192118	0,20	0,10	3,74
	Consumo de explosivo	1,40394089	0,10	0,10	1,403
	Consumibles en la extracción	1,3546798	0,10	0,10	1,354
	Porcentaje de mano de obra	1,67487685	0,20	0,10	3,348
	(Costos indirectos) Costos financieros de créditos	2,75862069	0,30	0,10	7,734

Para la evaluación de los indicadores económicos se consideran las 28 variables resultantes a partir de las 47 que se presentaron a criterio de expertos (Tabla 11).

Tabla 11. Puntaje porcentual de cada uno de los indicadores con respecto a la variable

<b>Variables</b>	<b>Total de indicadores (1<sup>ra</sup> Ronda)</b>	<b>Total de indicadores (2<sup>da</sup> Ronda)</b>	<b>Porcentaje (%)</b>
<b>Perforación y Voladura</b>	7	3	42,86
<b>Trituración y clasificación</b>	5	4	80,00
<b>Eficiencia de la producción</b>	7	4	57,14
<b>Organización de los costos</b>	8	7	87,50
<b>Estimación del costo</b>	4	4	100,0
<b>Estructura y organización de los costos</b>	10	6	60,00

Perforación y Voladura: para esta variable con respecto a cada indicador de 7 propuestos solo fueron escogidos 3 lo que representa un 42 %.

Trituración y clasificación: De 5 indicadores quedaron 4 después de la tercera ronda lo que representa un 80 %.

Eficiencia de la producción: en esta variable de 7 indicadores económicos quedaron solo 4 sometidos a criterio de expertos lo que representa un 57 % del total de ellos.

Organización de los costos: para un total de 8 indicadores quedaron 7 lo que representa un 87,5 %.

Estimación del costo: para un total de 4 indicadores sometidos a criterio de expertos se mantuvieron los 4 indicadores representado 100% total.

Estructura y organización de los costos: en esta variable para un total de 10 indicadores quedaron solo 6 de ellos, representando un 60% del total.

## Conclusiones

La aplicación del método Delphi y el método multicriterio permitió jerarquizar la importancia de las variables y cada uno de los indicadores económicos.

Los indicadores que se proponen en la investigación permitieron reconocer la existencia de índices de sostenibilidad en la Empresa extractiva de Materiales de la Construcción, que permiten a la misma reconocer la actividad minera su impacto en la sostenibilidad.

A través de método Delphi y del Método Multicriterio, se determinaron 28 indicadores económicos para la evaluación de la sostenibilidad de la Empresa extractiva de materiales de la construcción.

## Referencias bibliográficas

CEPAL. 2017. Agenda 2030 y los objetivos de Desarrollo Sostenible. Disponible en:

<http://repositorio.cepal.org>.

CITMA. 2021. Estrategia Ambiental Nacional. Disponible en:

<https://www.citma.gob.cu/estrategia>.

GACETA OFICIAL DE LA REPÚBLICA DE CUBA. 1997. *Resolución conjunta No.7/97.Ministerio de Finanzas y Precios* <https://ufdc.ufl.edu/>.

MARTÍNEZ, A. 2009. Diagnóstico tecnológico del sector de los áridos y su aplicación a la región de Murcia. Tesis Doctoral. Universidad Politécnica de Cartagena, Colombia Disponible en: <http://hdl.handle.net/10317/1343>

MONTERO, J. & OTAÑO, J. 2012. Impacto socioeconómico y ambiental de la creación de un procedimiento para efectuar el cierre de canteras de materiales de construcción en Cuba. *Revista Caribeña de las Ciencias Sociales*: Disponible en:

<http://www.eumed.net/rev/rccs/noviembre/canteras-materiales-construccion-cuba.html>.

MONTERO, J., RESTREPO, O. J. & OTAÑO, J. 2017. Cierre sostenible de canteras de materiales para la construcción en Cuba. *Minería & Geología* 33(4): 441-455.

RICHARDS, J. 2002. Sustainable Development and the Mineral Industry. *Society of Economic Geologists Newslette* 48(1): 8-12.

SALAZAR, Y., MONTERO, J., MARRERO, M., FERNÁNDEZ, A. 2014. *El cierre sustentable de las minas: necesidad impostergable. [CD-ROM]*. Universidad de Matanzas 1-12.