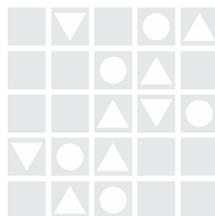


Matriz de calidad de la disposición de residuos de cantera en Huichapan Hidalgo México

RESUMEN: La industria de la cantera en la región de Huichapan Hidalgo México, ha generado como residuos: segmentos de piedra y lodos, tras los procesos de corte y laminado de la materia prima; el manejo inadecuado y la mala disposición que se ha brindado a estos residuos, ha provocado en la actualidad contaminación paisajística. Para disponer de éstos, se busca que derivado de análisis químicos y granulométricos en los polvos, en conjunto con aplicaciones emprendidas en los ámbitos nacional e internacional a situaciones similares, se determine la mayor relación entre las expectativas de los canteros y las características en los residuos que mejor las satisfagan, estableciendo así una alternativa productiva, eficiente y altamente rentable para la empresa y la sociedad. Para ello se planteó la elaboración de la matriz de la calidad de la disposición de éstos residuos, en la cual se relacionaron los requerimientos de los canteros, con las aplicaciones encontradas, con forme al contenido químico, para satisfacerlos, determinando alternativas viables para disponer del desperdicio.

Palabras clave: contaminación paisajística, labrado de cantera, matriz de calidad, polvos, residuos.



Colaboración
Rebeca Guadalupe Ortiz Mena; Daniel Napoleón
Gómez Balbuena; José Antonio Rosales Álvarez.
María Guadalupe González García, Instituto Tecnológico Superior de Huichapan

ABSTRACT: The quarry industry in the region of Hidalgo Mexico Huichapan, It has generated as waste: stone segments and sludge, after the cutting and laminating processes raw material; inadequate management and poor provision has been given to this waste, contamination has caused currently landscape. To have these, it is intended that derived from chemical and granulometric analysis in powders, together with applications undertaken at the national and international levels to similar situations, the highest ratio between the expectations of the stonemasons and characteristics determined in the waste that best meet, thus establishing a productive, efficient and highly profitable alternative for the company and society. For this matrix making quality of these waste disposal arises, in which the requirements of the beds are related, with the applications found with the chemical content form, para satisfacerlos, determining viable alternatives to dispose of waste.

Keywords: pollution landscape, carved quarry, quality matrix, powders, waste.

INTRODUCCIÓN

En la industria canterera de Huichapan Hidalgo México, dedicada a la extracción, acabado y comercialización de piedra cantera, se obtienen como residuos "lodos", tras los procesos de corte y detallado de la materia prima; la acumulación paulatina de estos lodos, ha provocado que las empresas reduzcan sus espacios productivos, al tener que destinar un espacio como almacén de residuos, y que al agotarse tal espacio, se vean en la necesidad de depositar los polvos en terrenos valdíos que podrían ser mejor aprovechados; también son vertidos al lado de carreteras, generando una imagen negativa de la región. En la actualidad se han emprendido algunas acciones sin tener resultados positivos, esta situación es consecuencia del desconocimiento que se tiene en torno a la composición química que tienen los residuos y por ende cual es la forma adecuada de aplicarse.

Fundamentos

Cantera. Bajo la denominación de piedra natural, se incluyen aquellos productos de naturaleza pétreo utilizados tradicionalmente por el hombre en la industria de la construcción.[11]

Residuos del proceso de transformación de la cantera: En México, la acción minera es una de las actividades económicas de mayor tradición, la cual se ha desarrollado por casi cinco siglos. Es importante mencionar que esta actividad se ha beneficiado con la evolución tecnológica. Sin embargo, esta actividad también conlleva un problema de actualidad, la acumulación paulatina de residuos o segmentos de piedra, derivados de la extracción, corte y labrado del material, y lodos, tras los procesos de corte y laminado de la cantera [9]. El manejo inadecuado y la disposición de estos residuos, ha generado problemas de tipo ambiental en todo el mundo. Entre los cuales se pueden mencionar la falla en estructuras de retención (diques) de los depósitos de los residuos (presas y/o embalses), ocasionando por su naturaleza (tamaño de partícula, plasticidad y contenido de agua) avalanchas que se desplazan a las partes más bajas de valles y algunas veces se depositan en los cauces de los ríos [5]

Clasificación de los polvos de piedra cantera como residuos: A partir de la publicación de la Ley General para la Prevención y Gestión Integral de los Residuos, los residuos de la construcción son considerados como residuos de manejo especial; textualmente su definición es: "Residuos de Manejo Especial: Son aquellos generados en los procesos productivos, que no reúnen las características para ser considerados como peligrosos o como residuos sólidos urbanos, o que son producidos por grandes generadores de residuos sólidos urbanos." [2]

Gestión ambiental de residuos de piedra cantera: Desde el punto de vista técnico, el aprovechamiento de estos residuos, es perfectamente viable, teniendo sus principales aplicaciones en la industria de los áridos para la construcción, sin olvidar la industria cerámica, y la de los productos prefabricados de cemento como los terrazos, tejas de hormigón, etc. [7]

Al respecto, el proceso vitro-cerámico se perfila como una alternativa real y útil para el reciclado de estos residuos. [1]

En el ámbito nacional destaca el trabajo realizado en la Universidad de Guanajuato quien realizó un estudio sobre la composición mineralógica de las rocas piroclásticas del Eje Volcánico Transmexicano y cómo afectan éstas a las propiedades físicas tales como dureza, color, cohesión y porosidad en las piedras de cantera. [10]

Piedras Campaspero S.A., realizó estudios de valorización de sus residuos, resultando en acciones para la venta de los subproductos que son considerados estériles inertes y han servido para restauración topográfica de la cantera. [8] La industria minera de metales, ha sido transformada

de manera considerable por dos desarrollos técnicos independientes: la proporción en aumento de elementos de desecho en los materiales con los que se alimentan las operaciones metalúrgicas ha transformado parcialmente la extracción de metales en una industria de reciclaje, y el empleo de microorganismos en la extracción de metales de rocas que albergan el mineral ha convertido la minería de metales en una industria apoyada biológicamente. [6]

Cuando existe la posibilidad de dar aprovechamiento industrial y por ende económico a un "residuo", se establece un modelo de investigación con la finalidad de encontrar las herramientas necesarias para la adecuación de los procesos que servirán para reincorporar los residuos como parte de la materia prima en la elaboración de un nuevo producto [12]

No obstante, combinar en forma sostenible el desarrollo industrial y la calidad ambiental, cumpliría sin duda alguna, el reto que enfrentan muchas empresas que en años recientes han hecho toda clase de esfuerzos e investigaciones por mantener este equilibrio [9]

Herramienta de calidad: Estratificación
Técnica utilizada para dividir un universo de datos en grupos homogéneos de datos recolectados acerca de algún problema o evento. Incluye la revisión de información del proceso, categorización en diferentes niveles y análisis para observar los diferentes procesos que interactúan [3]

Hipótesis
La implementación de la matriz de la calidad, genera información apropiada sobre la disposición de los residuos de explotación de piedra cantera.

Objetivo general
Desarrollar la matriz de la calidad a partir de las expectativas de los canteros en relación a las aplicaciones viables del residuo, generando la información necesaria para disponer de los residuos de explotación de piedra de cantera en Huichapan Hidalgo, México.

Particulares
Realizar la toma de muestras en los lotes de residuos de las empresas cantereras para su caracterización química y granulométrica.

Estratificar las aplicaciones del tipo de residuo en cuanto a sus características físico-químicas para encontrar la mayor relación entre estas y las expectativas de los canteros.

Definir las opciones sustentables que propicien de acuerdo a las propiedades de los residuos de explotación de piedra cantera, la mejor disposición de los mismos en Huichapan Hidalgo, México.

MATERIAL Y MÉTODOS

Área de estudio:

La industria de la cantera, se dedica a la extracción, procesamiento y comercialización de cantera y otras piedras naturales con el fin de elaborar productos de alta calidad, transformando la roca en productos que crean ambientes agradables para sus clientes, localizada en Huichapan Hidalgo, México, se encuentra asentada en la porción norte del eje neovolcánico, caracterizada por la presencia de numerosos conos proclásticos. [4]

La figura 1 indica la ubicación geográfica de la industria de la cantera en Huichapan Hgo. México.

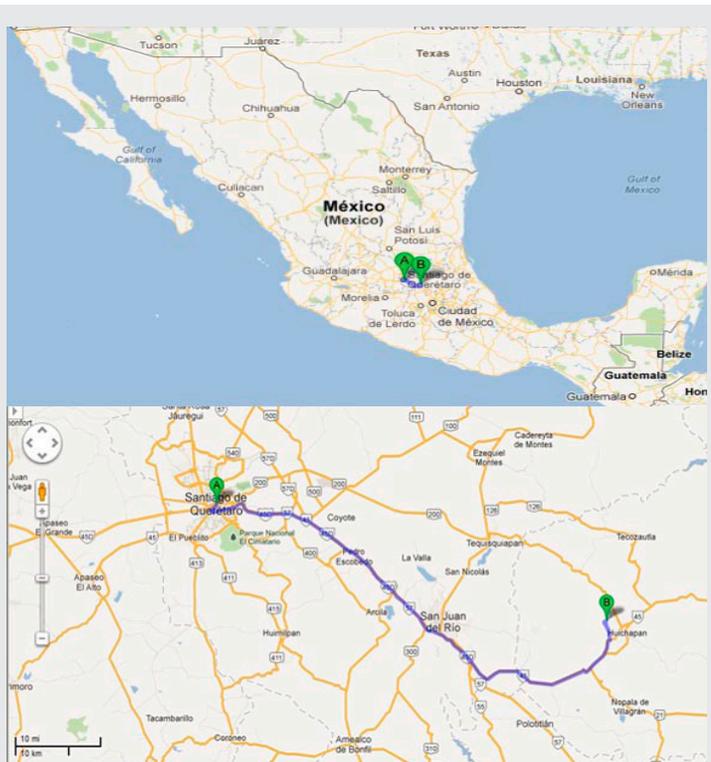


Figura 1 Ubicación geográfica Canteras Huichapan Hgo.

La figura 2, muestra la imagen del residuo al cual se pretende dar disposición Económico-Ambiental.



Figura 2 Residuos del trabajo de la cantera

Muestreo y preparación de muestras

Se realizó un muestreo aleatorio en el lote de depósito de los residuos conforme a lo establecido en la Norma oficial mexicana NOM-AA-104-1988.

Preparando 10 muestras, las cuales para su primer análisis fueron deshidratadas en mufla a 50 °C aproximadamente, morteradas y tamizadas en malla 1.20*10⁻⁸ m (120µ), especificaciones necesarias para introducir las muestras en el equipo de difracción de rayos X (DRX).

Análisis de composición elemental

La caracterización mineralógica para la determinación de especies minerales primarias (asociaciones minerales del yacimiento), se realizó por difracción de rayos-X (DRX), en el laboratorio de química del centro de Investigaciones multidisciplinario, campus Aeropuerto de la Universidad Autónoma de Querétaro.

Descripción del equipo:

Bruker D8-Advance con espejo Göebel (muestras no planas), con cámara de alta temperatura (hasta 1173°K), un generador de rayos-x KRISTALLOFLEX K 760-80F, (Potencia: 3000W, Tensión: 20-60KV y Corriente: 5-80mA) y un Seifert modelo JSO-DEBYEFLEX 2002 que está provisto de un cátodo de cobre y un filtro de níquel.

Análisis de concentración de los minerales

Los análisis químicos de sólidos (polvos), se realizaron en el Centro Nacional de Metrología (CENAM) en la Ciudad de Querétaro, Qro., México, el equipo utilizado fue un analizador de Fluorescencia de Rayos X,

Descripción del equipo:

Cuenta con cristales analizadores, trabaja con un tubo con ánodo de Rodio, dependiendo del elemento y su concentración es el cambio de potencia que se administra (KV-mA)

Análisis Granulométrico

El análisis de granulometría se realizó en el laboratorio de suelos de la facultad de Ingeniería de la Universidad autónoma de Querétaro.

Descripción de los materiales:

Juego de mallas, báscula de 2.5 Kg., regla de cuarto, cucharón de ½ Kg., brocha, charolas y cápsulas, horno, flaneras, vidrio de reloj, vaso de aluminio, varilla de punta de bala, cubeta, y pizeta.

Técnicas de calidad empleadas

Estratificación

Para localizar las mejores pistas para resolver el problema se dividió el universo de información recabada en esta investigación en grupos homogéneos, categorizando las diferentes aplicaciones del tipo de residuo, con lo que se encontraron semejanzas entre las características químicas y físicas de nuestros polvos con algunas aplicaciones que existen.

Despliegue de Función de la Calidad (QFD)

El objetivo de aplicar esta metodología fue construir un sistema detallado para transformar las necesidades y deseos del cliente (Canteros y medio ambiente) en requisitos de diseños del producto (Aplicaciones).

Considerando como voz del cliente a los canteros, el diseño de la casa de la calidad se basó en los requerimiento de éstos para la disposición de sus polvos, tras una reunión con los canteros en la región, se elaboró una lista de las principales características (CTQ) que desean de un posible producto a base de sus polvos, cada uno asignó un nivel de grado de importancia (DOI) (0,1,3,5) de menor a mayor, posteriormente como características de calidad (RC) se enlistaron las aplicaciones de los residuos presentes en esta investigación, y que se encuentran estratificadas, y se relacionaron con la siguiente numeración: 0,1,3,5, de menor a mayor relación entre la demanda del cliente y la aplicación del residuo, con esto fue posible descartar los usos que no corresponden a las características según el resultado del análisis de FRX de los polvos y la granulometría, y considerar cual característica es la de mayor importancia para la aplicación.

Para identificar cuál de las opciones mostradas en la estratificación realizada es la más viable a las condiciones de las empresas y el aspecto del residuo, se contó con la elaboración de la matriz de calidad calculando en ella la relación entre los requerimientos de los canteros y las posibles aplicaciones conforme al tipo de compuestos en los residuos, y con ello determinar la mayor relación.

Los cálculos en la Matriz de calidad ocuparon las siguientes ecuaciones:
Grado de importancia:

$$DOI = \sum_{i=1}^{14} CTQ \quad Ec(1)$$

Peso de la calidad:

$$DOI = \sum_{i=1}^{14} CTQ \quad Ec(2)$$

Peso de la Característica:

$$= \text{SUMAPRODUCTO}(\text{Matriz DOI}, \text{Matriz QW}) \quad Ec(3)$$

RESULTADOS Y CONCLUSIONES

La figura 3, muestra el análisis por DRX, los picos más altos corresponden al SiO₂:

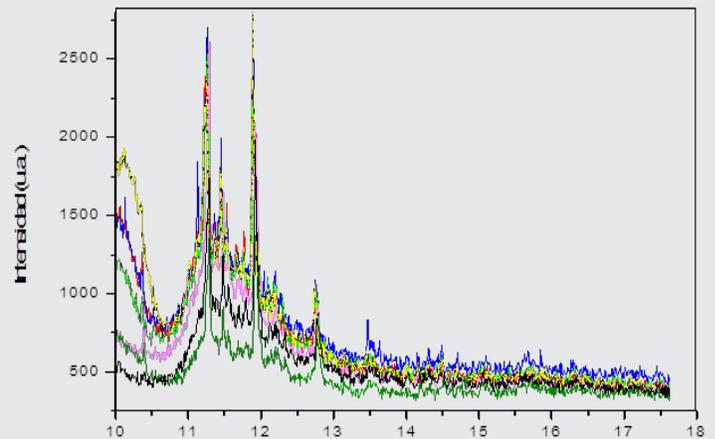


Figura 3 Análisis por DRX

Los resultados en composición en peso de las sustancias presentes en las muestras se presentan en la tabla 1.

Tabla 1 Análisis por DRX

Fracción masa % (w/w)	
Compuestos	Media de las muestras
SiO ₂	75.9579
Al ₂ O ₃	10.7956
K ₂ O	8.5099
CaO	2.4279
Na ₂ O	0.9631
TiO ₂	0.4791
SO ₃	0.323
MgO	0.1486

El análisis granulométrico y la determinación de los límites líquido y plástico realizados a las muestras, proporcionó el siguiente resultado:

Identificación de campo: material con baja tenacidad nula y dilatancia lenta, presenta muy baja resistencia en estado seco. No se percibe olor. El color del material se observa en tonos claros del café al blanco.

[9] Moreno, R. *Caracterización mineralógica y química de desechos minerales (jales) aplicada a la recuperación de valores económicos en Zimapán y Pachuca Edo. de Hidalgo*. México: Instituto Politécnico Nacional, 1998.

[10] Ortíz Mena, Rebeca Gpe. *Técnicas de calidad aplicadas en la disposición de los residuos del trabajo de la ignimbrita riolítica*. Querétaro: UAQ, 2012.

[11] Solís, A. *Explotación de Cantera de piedra caliza*. México, D.F.: Mc Graw Hill, 1995.

[12] Vadillo Fernandez, L, C López Jimeno, J González Cañibano, A González Santos, E Navarro Moreno, y A Vazquez García. «Manual de reutilización de residuos de la Industria Minera, Siderometalúrgica y Termoeléctrica.» *Ingeniería Geoambiental*. ITGME, 1995.



Tierra, Medio Ambiente y Energía

Ingeniantes

Instituto Tecnológico Superior de Misantla