

DOI: [https://doi.org/10.37811/cl\\_rcm.v6i6.4107](https://doi.org/10.37811/cl_rcm.v6i6.4107)

## Análisis del comportamiento del suelo, implementando cemento alternativo base pumicita en la estabilización de un material tipo base

**Pablo Julián López González**

[jlopezg@itsm.edu.mx](mailto:jlopezg@itsm.edu.mx)

<https://orcid.org/0000-0002-6281-6756>

Departamento de Ingeniería civil,  
Instituto Tecnológico Superior de Misantla  
Misantla, México

**Oscar Moreno Vázquez**

[omorenov@itsm.edu.mx](mailto:omorenov@itsm.edu.mx)

<https://orcid.org/0000-0001-6267-9504>

Departamento de Ingeniería civil,  
Instituto Tecnológico Superior de Misantla  
Misantla, México

**Daira Jaen de los Santos**

[162t0512@itsm.edu.mx](mailto:162t0512@itsm.edu.mx)

<https://orcid.org/0000-0002-8052-5194>

Estudiante de ingeniería civil,  
Instituto Tecnológico Superior de Misantla  
Misantla, México

**Manuel Alejandro Ovando**

[182t0573@itsm.edu.mx](mailto:182t0573@itsm.edu.mx)

<https://orcid.org/0000-0002-4716-2037>

Estudiante de ingeniería civil,  
Instituto Tecnológico Superior de Misantla  
Misantla, México

**Lizbeth García Arcos**

[182t0590@itsm.edu.mx](mailto:182t0590@itsm.edu.mx)

<https://orcid.org/0000-0002-9062-5148>

Estudiante de ingeniería civil,  
Instituto Tecnológico Superior de Misantla  
Misantla, México

**Johana Zujeyth Escobar Galván**

[212t0459@itsm.edu.mx](mailto:212t0459@itsm.edu.mx)

<https://orcid.org/0000-0002-8574-2163>

Estudiante de ingeniería en gestión empresarial,  
Instituto Tecnológico Superior de Misantla  
Misantla, México

Correspondencia: [jlopezg@itsm.edu.mx](mailto:jlopezg@itsm.edu.mx)

Artículo recibido 27 noviembre 2022 Aceptado para publicación: 27 diciembre 2022

Conflictos de Interés: Ninguna que declarar

Todo el contenido de **Ciencia Latina Revista Científica Multidisciplinar**, publicados en este sitio están disponibles bajo

Licencia [Creative Commons](https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/) 

Cómo citar: López González, P. J., Moreno Vázquez, O., de los Santos, D. J., Ovando, M. A., García Arcos, L., & Escobar Galván, J. Z. (2022). Análisis del comportamiento del suelo, implementando cemento alternativo base pumicita en la estabilización de un material tipo base. *Ciencia Latina Revista Científica Multidisciplinar*, 6(6), 9899-9911. [https://doi.org/10.37811/cl\\_rcm.v6i6.4107](https://doi.org/10.37811/cl_rcm.v6i6.4107)

## RESUMEN

El presente trabajo muestra el comportamiento de una capa base en su estabilización implementando un cemento base pumicita, con el objetivo de analizar las modificaciones en las propiedades físicas, a través de ensayos de límites de consistencia utilizando cementos alternativos, en un material de base, evaluar el comportamiento de la compactación, con la utilización de un cemento alternativo, realizar el tratamiento del material alternativo sustituto al cemento, mediante molienda y tamizado, así como obtener el porcentaje exacto de utilización de cemento alternativo al aplicarlo en la estabilización del material de base. Para esto, se realizaron varias mezclas de material cementante base pumicita y cemento portland compuesto con diferentes porcentajes de adiciones, las cuales fueron de 4%, 6%, y 8% respectivamente, y en base a las pruebas realizadas, elegir la que de mejor manera se comporte. Con la finalidad de reducir la implementación de cemento Portland compuesto, reduciendo así la contaminación que trae consigo su fabricación. Siendo la mezcla que conlleva a una mejor reacción suelo-cemento la de adición del 6%, 50% cemento portland compuesto, 50% material cementante base pumicita, presentando mejor comportamiento en el material tipo base, de esta manera se logra sustituir parcialmente el uso de cemento portland compuesto.

**Palabras clave:** base; cemento; pumicita; estabilización; sustituir.

## Soil behavior analysis, implementing alternative pumicite-based cement in the stabilization of a base-type material

### ABSTRACT

The present work shows the behavior of a base layer in its stabilization by implementing a pumicite-based cement, with the objective of analyzing the modifications in the physical properties, through tests of consistency limits using alternative cements, in a base material, evaluating the behavior of compaction, with the use of an alternative cement, perform the treatment of the alternative material substitute for cement, by grinding and sifting, as well as obtaining the exact percentage of use of alternative cement when applying it to the stabilization of the base material. For this, several mixtures of pumicite-based cementing material and composite portland cement were made with different percentages of additions, which were 4%, 6%, and 8% respectively, and based on the tests carried out, choose the one that best way it behaves. In order to reduce the implementation of composite Portland cement, thus reducing the pollution that its manufacture brings with it. The mixture that led to a better soil-cement reaction was the addition of 6%, 50% composite portland cement, 50% pumicite-based cementing material, presenting better behavior in the base-type material, thus partially replacing the use of composite portland cement.

*Keywords:* Base; cement; pumicite; stabilization; replace.

## INTRODUCCIÓN

Se define al suelo, en la ingeniería, como un sustrato sólido terroso de partículas minerales no consolidado, el cual está formado por múltiples fases; sólida, líquida y gaseosa, sobre el cual se realizan diversas obras de ingeniería, a su vez se considera el material más antiguo, complejo y utilizado por los ingenieros, para lo cual se necesita tener en el mismo, estabilidad, resistencia, y durabilidad. (Rivera, 2020)

Es por ello que, para realizar una obra, como lo es una carretera, es necesario tener un suelo lo suficientemente estable para poder soportar las cargas de la misma, así como las diferentes cargas que tendrá en su vida útil. (Sandoval Chiroque, 2022) En ocasiones el suelo no presenta la suficiente resistencia y estabilización por sí solo para poder lograrlo, es entonces cuando se es necesario implementar métodos de estabilización, ya sea mecánica, física o química, con el único fin de lograr una mayor durabilidad. Tal es el caso del suelo de la ciudad de Misantla, Ver, donde se presenta un suelo tipo arcilloso, lo cual presenta un problema para la construcción de estructuras de pavimentos, esto ya que no presenta las propiedades requeridas que brinden el soporte adecuado.

De acuerdo a esto, se han implementado a lo largo del tiempo, diferentes tipos de materiales para estabilizar, entre los cuales el más usado y más común es el cemento portland compuesto, (Salinas Suárez, 2019), siendo este un material altamente demandado, lo cual a su vez genera gran contaminación en su proceso de fabricación, es por ello que el principal objetivo de esta investigación es evaluar el comportamiento de las propiedades físicas, mecánicas y químicas de un material tipo base, al implementar un cemento alternativo para su estabilización, para de esta forma reducir el uso de cemento portland compuesto, total o parcialmente. . (Valencia Otiniano, 2020)

De igual forma se busca realizar el tratamiento del material alternativo sustituto al cemento, mediante molienda y tamizado, analizar las modificaciones en las propiedades físicas, a través de ensayos de límites de consistencia utilizando cementos alternativos, en un material de base, evaluar el comportamiento de la compactación de un material para base, con la utilización de un cemento alternativo, así como obtener el porcentaje exacto de utilización de cemento alternativo al aplicarlo en la estabilización del material de base.

Para con esto, poner en funcionamiento un cementante en un material para base de la ciudad de Misantla, y obtener un resultado oportuno en sus propiedades físicas y

mecánicas, de esta manera incrementará favorablemente su resistencia y estabilización. Para ello se analizarán mezclas de suelo natural, cemento portland compuesto, cemento portland compuesto/material cementante alternativo base pumicita; y material cementante base pumicita, todo esto con diferentes porcentajes de adiciones, las cuales van del 4% al 8% respectivamente.

### **METODOLOGÍA**

El sitio donde se extrajo el material para base para su evaluación fue en la ciudad de Misantla, Ver.

La primera prueba realizada fue la de muestreo, las muestras fueron obtenidas de un banco de materiales, obteniendo solo una proporción representativa del material que se utilizaría posteriormente para la realización de diferentes pruebas.

**Figura 1. Muestreo de material.**



La prueba de secado se realizó con el fin de la facilitación de la disgregación y manejo de la muestra, esto cuando su contenido de agua provoca que el material no se pueda disgregar fácil y adecuadamente. Disgregado; esta se realizó con el fin de separar las diferentes partículas por las que está compuesta la muestra del suelo, y esta se efectuó sin triturar las partículas duras que el material contenía y el cuarteo se realizó con el fin de obtener de una muestra, porciones representativas de tamaño para realizar otras pruebas que sean necesarias.

Posteriormente se realizó el contenido de humedad del material, con la cual se pudo obtener el contenido de agua de los materiales, esto con la finalidad de tener conocimiento de su consistencia y el comportamiento de la misma.

**Figura 2. Contenido de humedad**



Posteriormente se realizaron los pesos volumétricos del material, por su parte del peso volumétrico seco, con esta se logró determinar la masa volumétrica seca del material en estado suelto, basada en la relación de la masa de sólidos del material y el volumen total, después de que la masa ha sido corregida considerando el contenido de agua. Por otro lado, se obtuvo el peso volumétrico seco varillado.

A su vez también se realizó la granulometría del material, con esta prueba se logró obtener la composición por tamaños de las partículas que integran el material empleado en las capas de pavimentos, a través de su paso por ciertas mallas con aberturas determinadas, las cuales fueron 3/8", No.4, No.8, No.16, No. 30, No. 50, No. 100, No. 200 y charola.

**Figura 3. Granulometría**



Para la elaboración del cemento alternativo; la pumicita fue comprada, esta paso por un proceso de molienda el cual consistió primero en molerla con ayuda de un mazo, para posteriormente triturlarla más finamente a través de un molino de mano, la cual fue triturlada en diferentes ocasiones para lograr la reducción de su tamaño original.

Posteriormente esta fue sometida a tamizado, con el fin de separar el material que pasara la malla No. 200 y el que no, el material retenido en dicha malla, fue pasado nuevamente por el molino de mano, hasta que todo logrará pasar la malla antes mencionada.

**Figura 4. Tamizado de material**



Después de tener la pumicita triturada, esta fue añadida a los diferentes materiales utilizados para la elaboración del cemento alternativo, los cuales fueron Sulfato de Calcio, Cemento Portland, y yeso. Los materiales fueron agregados en diferentes proporciones, de acuerdo a estudios antes realizados, y estos fueron mezclados de manera homogénea. Los porcentajes utilizados para las 9 pruebas de compactación se eligieron basados en estudios anteriores que se han realizado, con base al material cementante, las cuales indican que los porcentajes más óptimos van del 2% al 10% de material cementante con base a su peso.

**Tabla 1. Porcentaje de adiciones de cemento**

Sistema	Nomenclatura	% Adición	% Cem. Portland	% Pumicita	Relación CPC-CSS
1	CPC-04	4	100	0	100:0
2	CPC-06	6			
3	CPC-08	8			
4	CPC.CSS-04	4	50	50	50:50
5	CPC.CSS-06	6			
6	CPC.CSS-08	8			
7	CSS-04	4	0	100	0:100
8	CSS-06	6			
9	CSS-08	8			

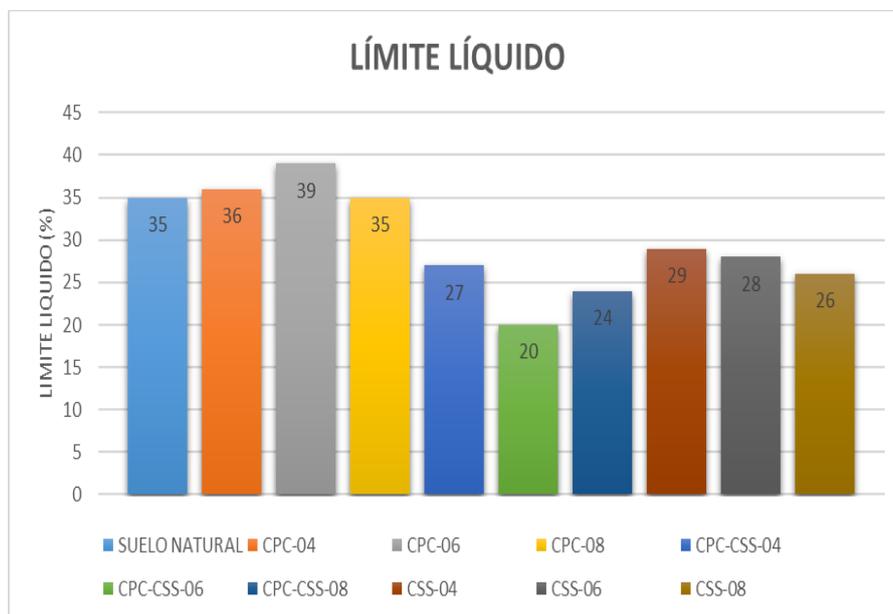
Finalmente se realizaron pruebas de límites de consistencia y compactaciones, con las cuales se logra conocer las características de la plasticidad del material a utilizar, y los resultados obtenidos son utilizados principalmente para la clasificación del suelo; y la

prueba de compactación AASHTO modificada con el propósito de poder obtener la curva de compactación del material para base, para a partir de esta, tener su masa volumétrica seca máxima, así como el contenido de agua adecuado. Lo cual se realizó agregando diferentes contenidos de agua al material compactado aplicando el mismo esfuerzo de compactación al material, para así poder graficar los resultados obtenidos, teniendo como resultado la curva de compactación.

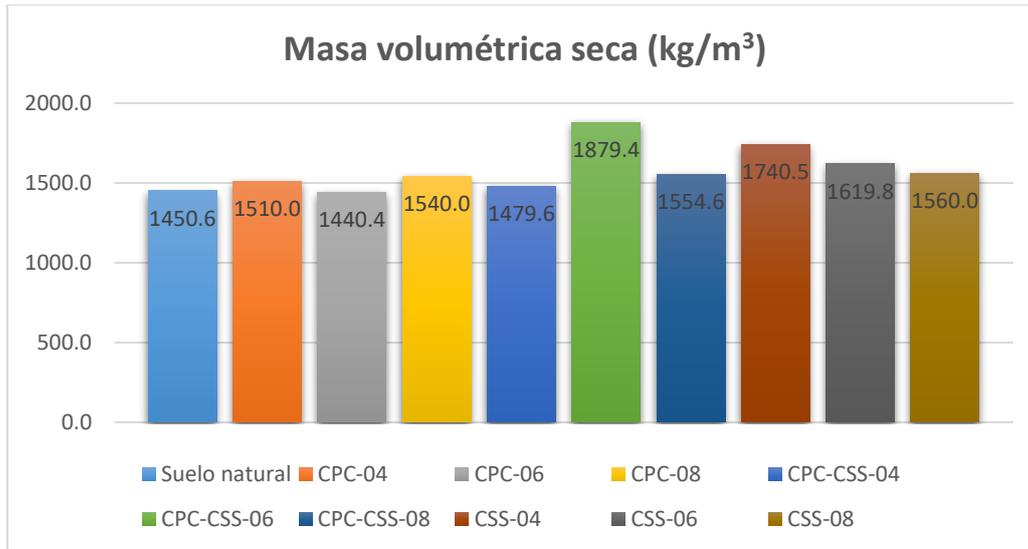
## RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Se observó que el límite líquido del suelo natural fue de 35%, destacando en esta experimentación que el menor límite líquido que se obtuvo fue el de la mezcla CPC-CSS-06 con un valor de 20%, de igual forma se notó que solo dos límites líquidos con adiciones se comportaron de forma similar a la del suelo natural (CPC-04 Y CPC-08), mientras que en la mayoría de los casos se logró disminuir el porcentaje de este, esto por la adición de cemento que se realizó.

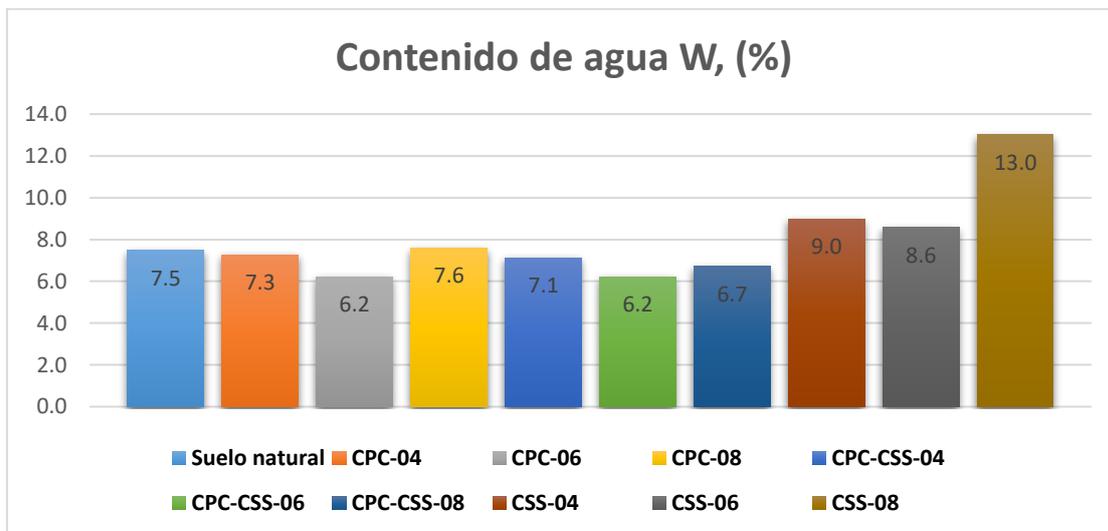
Por su parte debido a la pequeña cantidad de finos que contiene el material, así como la consistencia arenosa de la misma, no fue posible realizar los especímenes cilíndricos para la determinación del límite plástico (NP).



La masa volumétrica seca máxima óptima y de mejor comportamiento que se obtuvo luego de las diferentes adiciones que se hicieron con material cementante base pumicita y cemento portland compuesto, fue la de la mezcla CPC-CSS-06, con un valor de 1879.4kg/m<sup>3</sup>.



En contenidos de humedad respecto a su peso volumétrico seco máximo, en suelo natural se obtuvo el 7.5%, mientras que el menor porcentaje que se alcanzó fue el de 6.2% en mezcla CPC-04, y CPC-CSS-06, esto con la finalidad de tener la menor cantidad de vacíos con respecto a cantidad de agua en el material.



## CONCLUSIONES

Las conclusiones se eligieron de acuerdo a las mezclas realizadas con cemento portland compuesto y material cementante base pumicita, como sustituto total o parcial del cemento portland compuesto en la estabilización de material tipo base.

Las mezclas se llevaron a cabo en proporciones CPC-04, CPC-06, CPC-08, CPC-CSS-04, CPC-CSS-06, CPC-CSS-08, CSS-04, CSS-06 y CSS-08 sustituyendo parcialmente el 50% de la utilización de cemento portland compuesto y totalmente el 100% respectivamente.

De acuerdo a las pruebas realizadas, el material cumple con la calidad requerida en la norma N-CMT-4-02-002/11

La granulometría correspondiente de la calidad arrojo que le falta % de material fino, a lo cual será necesario agregar de los mismos para estar dentro de los parámetros requeridos.

El límite líquido disminuyó al agregarle cemento portland compuesto y material cementante base pumicita, comportándose de mejor manera en la mezcla de solamente material cementante base pumicita, siendo el menor límite líquido la mezcla de 50% material cementante y 50% cemento portland compuesto con un 6% de adición.

Los pesos volumétricos secos máximos, aumentaron considerablemente al agregar cemento, al igual que las pruebas de límites, la mezcla de 50% CPC y 50% CSS en adición de 6% fue la que se obtuvo con un mayor valor.

Las humedades óptimas en pesos volumétricos secos máximos variaron notoriamente, siendo la de menor porcentaje la mezcla 50% CPC y 50% CSS en adición de 6%.

Concluyéndose así que la mezcla que mejor se comportó, así como la que cumple con los parámetros requeridos en la calidad de bases es la mezcla CPC-CSS-06. Tomando en cuenta que no se realizaron pruebas de CBR para calidad de la misma.

#### **LISTA DE REFERENCIAS**

- A. M. Neville, J. B. (1998 (Reimp. 2010)). Tecnología del Concreto. (R. G. Pineda Sánchez, Trad.) México: Trillas. Recuperado el 10 de Mayo de 2019
- Alfonso Rico Rodriguez, H. d. (2013). La ingeniería de suelos en las vías terrestres 1: Carreteras, Ferrocarriles y Autopistas (Vol. 1). México: Limusa. Recuperado el 20 de Mayo de 2019
- Alfonso Rico Rofriguez, H. D. (2006). Ingeniería de suelos en las vías terrestres 2: Carreteras, ferrocarriles y aeropistas (Vol. 2). México: Limusa. Recuperado el 9 de Mayo de 2019
- America, W. (2022). Wirtgen Group. Obtenido de <https://www.wirtgen-group.com/es-us/aplicaciones/obras-de-movimiento-de-tierras/estabilizacion/>
- Barriga Serruto, F. E. (2021). Análisis comparativo de la estabilización de suelos arcillosos empleando cal y cemento, carretera vecinal Chonta carretera Interoceánica, Madre de Dios 2021. Universidad de Cesar Vallejo.
- Bustamante, F. O. (2004). Estructuración de Vías Terrestres (Segunda ed.). México: Compañía editorial continental. Recuperado el 15 de Mayo de 2019
- Calcinor. (2015).

- Calidra, G. (Agosto de 2021). LATAM CONSTRUCTION. Obtenido de <https://peruconstruye.net/2021/08/03/estabilical-mas-alla-del-uso-tradicional-de-la-cal-viva-y-sus-beneficios-en-el-sector-construccion/>
- CEMEX. (2019). Obtenido de [https://www.cemexelsalvador.com/web/cemex-mexico/concreto-full-view/-/asset\\_publisher/pP3JtaFF7ycd/content/cemento-cemex-maya?\\_com\\_liferay\\_asset\\_publisher\\_web\\_portlet\\_AssetPublisherPortlet\\_INSTANCE\\_pP3JtaFF7ycd\\_redirect=https%3A%2F%2Fwww.cemexelsalvador.c](https://www.cemexelsalvador.com/web/cemex-mexico/concreto-full-view/-/asset_publisher/pP3JtaFF7ycd/content/cemento-cemex-maya?_com_liferay_asset_publisher_web_portlet_AssetPublisherPortlet_INSTANCE_pP3JtaFF7ycd_redirect=https%3A%2F%2Fwww.cemexelsalvador.c)
- Cornejo, V. A. (Agosto de 2013). Catálogo de secciones estructurales para pavimentos de la Republica Mexicana. Obtenido de Secretaría de Comunicaciones y Transportes: [http://www.amaac.org.mx/archivos/eventos/8cma\\_2013/estructuracion/estructuracion03.pdf](http://www.amaac.org.mx/archivos/eventos/8cma_2013/estructuracion/estructuracion03.pdf)
- Das, B. M. (2012). Fundamentos de ingeniería de cimentaciones (Septima ed.). (J. L. Cárdenas, Trad.) México, D.F.: Cengage Learning. Recuperado el 3 de Junio de 2019
- Das, B. M. (2015). Fundamentos de Ingeniería Geotécnica (4ta ed.). (J. León Cárdenas, Trad.) México, DF: CENGAGE Learning. Recuperado el 12 de Mayo de 2019
- Decología.info. (2020). Obtenido de Mejoradores De Suelo: Definición, Tipos, Usos, Beneficios Y Más: <https://decologia.info/medio-ambiente/mejoradores-de-suelo/>
- EcuRed. (2017). Obtenido de [https://www.ecured.cu/Cemento\\_Portland](https://www.ecured.cu/Cemento_Portland)
- Eulalio Juárez Badillo, A. R. (2006). Mecánica de Suelos I: Fundamentos de la mecánica de Suelos. México: Limusa. Recuperado el 29 de Abril de 2019
- Eulalio Juárez Badillo, A. R. (2016). Mecánica de Suelos, Tomo II: Teoría y aplicaciones de la mecánica de suelos (704 ed.). México: Limusa. Recuperado el 1 de Mayo de 2019
- Fernández, C. F. (17 de Abril de 2020). Libros web, monografías, trabajos de investigación, conferencias, atlas, etc, sobre la Edafología y los suelos. Obtenido de Libros web, monografías, trabajos de investigación, conferencias, atlas, etc, sobre la Edafología y los suelos: <http://www.edafologia.net/introeda/tema04/estr.htm>
- Ferrezima. (2022). Ferrezima. Obtenido de <https://www.ferrezima.com/>
- García, J. I. (2002). Materiales Alternativos al cemento Pórtland. Avance y Perspectiva, 1-2.

- Grupo Argos. (2019). Obtenido de 360 en concreto.
- Guardia Benancio, J. O. (2021). Estabilización de suelos, empleando la técnica suelo cemento, en la trocha carrozable, tramo Honkopampa – Pashpa, San Miguel de Aco – Carhuaz, 2021. Universidad CV.
- Horcalsa. (2020). Horcalsa. Obtenido de <https://www.horcalsa.com/blog/estabilizacion-de-suelos-arcillosos-con-cal-horcalsa/>
- INEGI. (2009). Prontuario de información geográfica municipal de los Estados Unidos Mexicanos. Misantla, Veracruz de Ignacio de la Llave, Clave geoestadística 30109. Veracruz de Ignacio de la Llave.
- INEGI. (2017). INEGI. Obtenido de INEGI: <http://ceieg.veracruz.gob.mx/wp-content/uploads/sites/21/2016/05/Misantla.pdf>
- Ingeniería de Pavimentos. (2017). Obtenido de Concepto de pavimentos: <https://www.definicion.xyz/2017/06/pavimentos.html>
- Ingeniero de caminos. (2018). Obtenido de Granulometría de suelos: <https://ingeniero-de-caminos.com/granulometria/>
- Lavalle, E. d. (2013). Suelo - Cemento. Sus usos, propiedades y aplicaciones. Instituto Mexicano del Cemento y del Concreto, A.C., 19-24.
- Maps. (2022). Google maps. Obtenido de <https://www.google.com/maps/place/Misantla,+Ver./@19.9337876,-96.8352939,888m/data=!3m1!1e3!4m5!3m4!1s0x85db13e08ac0759f:0x9753ca d97396e2d0!8m2!3d19.933042!4d-96.8513362?hl=es-419>
- Mescua, L. T. (2016). Carreteras. Obtenido de Afirmado de carreteras: <https://sites.google.com/site/luzclaritasky/afirmado-de-base-de-una-carretera>
- Metodos de fabricación del cemento. (s.f.). Obtenido de 2012: <https://www.arqhys.com/casas/metodos-fabricacion-cemento.html>
- Piqueras, V. Y. (2020). Universidad Politecnica de Valencia. Obtenido de <https://victoryepes.blogs.upv.es/2014/01/23/la-estabilizacion-de-suelos/>
- Proccsa. (28 de Mayo de 2015). Obtenido de Ingeniería Civil, Vías terrestres.
- Quiminet. (11 de Enero de 2013). Las características de la pumicita la hacen una roca con diversas aplicaciones. Obtenido de Quiminet: <https://www.quiminet.com/articulos/las-caracteristicas-de-la-pumicita-la-hacen-una-roca-con-diversas-aplicaciones-3404672.htm>

- Rivera, J. F. (2020). Estabilización química de suelos - Materiales convencionales y activados alcalinamente. *Revistas Sena*, 1-6.
- Salinas Suárez, J. E. (2019). Estudio comparativo de estabilización de suelos de subrasante suelos expansivos, utilizando cal, sal y geoceldas, para implementación en una nueva vía en la comuna Bajadita de Colonche de la parroquia Colonche. Universidad Estatal Península de Santa Elena.
- Sandoval Chiroque, J. G. (2022). Estabilización de suelo con cemento portland con adición de aceite sulfonado en vías no pavimentadas en zonas rurales - Piura. Universidad Cesar Vallejo, 1-9.
- SILVA, O. J. (2019). Grupo Argos. Obtenido de 360 en concreto: <https://www.360enconcreto.com/blog/detalle/cemento/cemento-para-estabilizacion-de-suelos>
- Telemellin. (2016). Globedia. Obtenido de <http://co.globedia.com/suelo-cemento-vias-rurales-municipio-rionegro>
- Tipos de cemento. (2012). Obtenido de <https://www.arqhys.com/arquitectura/cemento-tipos.html>
- Valencia Otiniano, S. L. (2020). Estabilización de suelo con cemento en la ruta LI-877 Comunidad Campesina La Victoria - Distrito de Tayabamba - Provincia De Pataz - Región La Libertad, 2020. Universidad Cesar Vallejo.
- Villalaz, C. C. (2005). Vías de comunicación: Caminos, Ferrocarriles, Aeropuertos, Puentes y Puertos (3ra ed.). México: Limusa. Recuperado el 20 de Mayo de 2019
- Villalaz, C. C. (2017). Vías de Comunicación: Caminos, ferrocarriles, Aeropuertos, Puentes y Puertos (4a ed.). México: Limusa. Recuperado el 23 de Mayo de 2019
- Volar, E. d. (21 de Marzo de 2012). Asociación Pasión por volar. Obtenido de Pavimentación de las pistas aéreas: <http://www.pasionporvolar.com/pavimentacion-de-las-pistas-aereas/>