

CONTROL DE CALIDAD DE LOS BANCOS DE MATERIALES XCAN Y SISBICHEN UTILIZADOS EN EL TRAMO 4 “IZAMAL – CANCÚN” PARA LA CONSTRUCCIÓN DE TREN MAYA.

Divina Esmeralda Sánchez Castillo, Facultad de Ingeniería, Universidad Autónoma de Guerrero, Chilpancingo, Guerrero, México 11258138@uagro.mx

Víctor Hugo Muñoz García, Facultad de Ingeniería, Universidad Autónoma de Guerrero, Chilpancingo, Guerrero, México 13518@uagro.mx

Ramiro Ruiz Silva, Facultad de Ingeniería, Universidad Autónoma de Guerrero, Chilpancingo, Guerrero, México 15370@uagro.mx

Daniel Delgado De La Torre, Facultad de Ingeniería, Universidad Autónoma de Guerrero, Chilpancingo, Guerrero, México 13702@uagro.mx

RESUMEN

Al paso de tiempo la infraestructura ha tomado un papel importante en la vida del ser humano, pues sabemos que las vías de comunicación son esenciales para el desarrollo de casi todo el mundo, es así como la población se mueve de un lugar a otro, en transporte ya sea aéreo, terrestre o marítimo. Para salvaguardar la vida de los que hacemos uso de estos se debe cumplir con ciertas normas establecidas, para ejecutar las obras como carreteras y puertos, por lo que, en este trabajo de investigación, se realizara un análisis de pruebas de calidad de los materiales de dos bancos los cuales abastecen los materiales pétreos para la obra del tren maya en el tramo 4.

En este artículo se presenta el procedimiento y los resultados de acuerdo con la normativa correspondiente en la ejecución del control de calidad de los bancos X-can y Sisbichen, por lo que se hace una comparativa de los resultados con la norma de base hidráulica siendo la más completa en las características solicitadas por la Secretaría de Comunicaciones y Transportes (SCT).

ABSTRACT

Over time, the infrastructure has taken an important role in the life of the human being, because we know that communication routes are essential for the development of almost the entire world, this is how the population moves from one place to another, in transportation by air, land or sea. In order to save the lives of those of us who make use of these, certain established standards must be complied with, to execute works such as highways and ports, therefore, in this research work, an analysis of quality tests of the construction materials is carried out. two banks which supply the stone materials for the work of the Mayan train in section 4.

This article presents the procedure and the results in accordance with the corresponding regulations in the execution of the quality control of the X-can and Sisbichen banks, for which a comparison of the results is made with the hydraulic-based standard, being the more complete in the characteristics requested by the Secretary of Communications and Transportation (SCT).

PALABRAS RESERVADAS

Infraestructura, bancos, materiales, normativa, pruebas, calidad, compactación, vías de comunicación, banco de materiales, control de calidad muestreo.

KEYWORDS

Infrastructure, banks, materials, regulations, tests, quality, compaction, communication routes, materials bank, quality control sampling.

INTRODUCCIÓN

Planteamiento del problema

Vía de comunicación

Las vías de comunicación son obras de infraestructura construidas con la intención de comunicar al ser humano, con el paso de los años estas vías se han convertido en punto clave para el desarrollo e infraestructura de cualquier país. La construcción de las vías de comunicación terrestres ayuda a que las personas disminuyan su tiempo de llegada de un lado a otro y mejora la fluencia constante de transporte. Sin embargo, las vías de comunicación no solo se limitan a caminos, carreteras, túneles o autopistas, sino que también las vías férreas.

La red ferroviaria en México inicia en 1837, en el mandato del presidente Anastasio Bustamante donde se establece una vía férrea desde el puerto de Veracruz hasta la capital. El primer tramo ferroviario construido en México fue de 11 km de longitud, se inauguró en 1850 y comunicó el puerto de Veracruz con el Molino, en las cercanías del Río San Juan. Actualmente se tiene 17 mil 360 km de vía principal y secundaria concesionada, así como 4474 km de vía auxiliar y 1555 km de vías particulares, figura 1.



Figura 1 Sistema ferroviario de México.

De acuerdo con la antropóloga e historiadora Raquel Barceló, los primeros intentos de construir un ferrocarril en la península datan de 1857, aunque fue hasta 1875 que se comenzó a construir la línea. La edificación de la vía de Mérida a puerto de Progreso se inauguró el 15 de septiembre de 1881. En años posteriores se entregaron otras concesiones para construir líneas que conectarán la capital yucateca con Peto, Valladolid, Campeche, Izamal y Muna. (Barceló, 2011).

Para garantizar la seguridad del usuario y de la vía, se debe cumplir cada norma y especificación de los procesos de construcción de las vías férreas. Estas reguladas por la SCT para ejecutar la construcción de vías en este trabajo de investigación se realizará un análisis de pruebas de calidad de los materiales de los bancos X-can y Sisbichen, estos materiales pétreos suministran la obra para la construcción del Tren Maya del tramo 4 en los Estados de Yucatán y Quintana Roo ubicados a orilla de la autopista Kantunil-Cancún en el Estado de Yucatán, figura 2 y 3.



Figura 2. Ubicación de banco X-can



Figura 3. Ubicación de banco Sisbichen

Mantener en buen estado cualquier vía de comunicación implica construir de manera correcta y segura, pues la presencia de grietas, baches, asentamientos, socavones, así como otro tipo de deformaciones que son causadas por diferentes factores ya sean fenómenos naturales o inadecuada construcción, estos factores incrementan el riesgo de sufrir accidentes a los usuarios. Como ya se mencionó existen normas y reglamentos que indican como se llevará a cabo la construcción de cada vialidad sin dejar de lado que debe ser supervisada y evaluada por personal capacitado.

MÉTODO

La ruta del Tren Maya recorre cinco estados del sureste de México y se divide en 7 tramos en donde se ubican 21 estaciones y 14 paraderos, se estima que recorrerá una distancia de 1,500 km aproximadamente. El tramo 4 tiene una distancia de 257 km y se extiende por el territorio de Yucatán hasta Quintana Roo, este consta de 5 estaciones la primera estación se ubicará en Izamal, continuando a Chichén Itzá, pasando por Valladolid a Nuevo X-cán y finalmente a Cancún. Este recorrido será en doble vía y totalmente electrificado, figura 4 y 5.



Figura 4. Ruta Tren Maya



Figura 5. Tramo 4 Izamal-Cancún

Este artículo presenta el análisis y resultados de las propiedades índice y mecánicas de los bancos de materiales que se utilizarán en la construcción de terracerías del tramo 4 Izamal-Cancún. Para lo cual se realizarán las siguientes pruebas de control de calidad:

- Peso volumétrico.
- Granulometría por mallas.
- Límites de consistencia.
- Equivalente de arena.
- Prueba AASHTO Estándar y Modificada. □ Valor Soporte de California (CBR).

Estas refieren un proceso de pruebas, mediante mediciones, muestreo y cálculos de laboratorio, que permiten evaluar las propiedades índice y mecánicas de los materiales de acuerdo con las normas que rigen a cada una para conocer la calidad de los suelos, la humedad óptima, el grado de compactación, así como su comportamiento al ejercer sobre él cargas dinámicas, la importancia de estas pruebas es que nos ayudan en el diseño de los espesores de las diversas capas que definen la estructura de la obra vial, como el cuerpo del terraplén, subyacente, subrasante, subbase y base.

1 . NORMATIVIDAD

Aunque que existen diferentes documentaciones técnicas especializadas para hacer cualquier tipo de construcción en cualquier zona del país, se tienen diversas restricciones que se aplican en todas las legislaciones estatales, las cuales se deben de cumplir con lo establecido en el control de calidad, garantizando así una construcción confiable y segura.

1.1 N·CTR·CAR·1·01·008/00 Bancos

Los bancos de materiales son las excavaciones a cielo abierto destinadas a extraer material para la formación de cuerpos de terraplenes; ampliaciones de las coronas, bermas o tendido de los taludes de terraplenes existentes; capas subyacentes o subrasantes; terraplenes reforzados; rellenos de excavaciones para estructuras o cuñas de terraplenes contiguas a estructuras; capas de pavimento; protección de obras y trabajos de restauración ecológica, así como para la fabricación de mezclas asfálticas y de concretos hidráulicos.

1.2 N·CMT·1·01/16, Materiales para Terraplén

Los terraplenes son estructuras que se construyen con materiales producto de cortes o procedentes de bancos, con el fin de obtener el nivel de subrasante que indique el proyecto o la Secretaría, ampliar la corona, cimentar estructuras, formar bermas, bordos, tender taludes y deben cumplir con las siguientes especificaciones, tabla 1 y 2.

Tabla 1. Requisitos de calidad de materiales para terraplén.	
Característica	Valor

Limite Liquido (LL), % máximo	50
Valor Soporte de California (CBR) %, mínimo	5
Expansión (%) máxima	5
Grados de Compactación %	90±2

1.3 N·CMT·1·02/02, Materiales para Subyacente.

Los materiales para la capa subyacente son suelos y fragmentos de roca, producto de los cortes o de la extracción en bancos, que se utilizan para formar dicha capa inmediatamente encima del cuerpo de un terraplén y deben cumplir con las siguientes especificaciones, tabla 3.

Tabla 3. Requisitos de calidad de materiales para capa subyacente	
Característica	Valor
Tamaño máximo y granulometría	Que sea compactable [1]
Limite Liquido % máximo	50
Valor Soporte de California (CBR) [2] % min.	10
Expansión; %, máxima	3
Grado de compactación [3] %	95±2
[1] De acuerdo con o indicado en el Manual M MMP 1 02, Clasificación de Fragmentos de Roca y Suelos. [2] En especímenes compactados dinámicamente al porcentaje de compactación indicado con un contenido de agua igual al del material en el banco a 1.5 m de profundidad. [3] Respecto a la masa volumétrica seca máxima obtenida mediante la prueba AASHTO Estándar del material compactado con el contenido de agua óptimo de la prueba, salvo que el proyecto o la Secretaría indiquen otra cosa.	

1.4 N·CMT·1·03/21, Materiales para Subrasante.

Son los suelos naturales, seleccionados o cribados, capa inmediatamente encima de la cama de los cortes, de la capa subyacente o del cuerpo de un terraplén cuando ésta última no se construya, para servir de desplante a un pavimento y debe cumplir con los requisitos según lo especifica la norma, tabla 4.

Tabla 4. Requisitos de calidad de materiales para capa subrasante	
Característica	Valor
Tamaño máximo y granulometría	76
Limite Liquido % máximo	40
Índice plástico máximo	12
Valor Soporte de California (CBR) [2] % min.	20
Expansión; %, máxima	2
Grado de compactación %	100±2
[1] En especímenes compactados dinámicamente al porcentaje de compactación indicado en esta Tabla, con un contenido de agua igual al del material en el banco a 1,5 m de profundidad. [2] Respecto a la masa volumétrica seca máxima obtenida mediante la prueba AASHTO Estándar, del material compactado con el contenido de agua óptimo de la prueba, salvo que el proyecto o la Secretaría indiquen otra cosa.	

1.5 N·CMT·4·02·001/11 Materiales para Subbases

Son materiales granulares, que se colocan normalmente sobre la subbase, para formar una capa de apoyo para la base de pavimentos asfálticos, y debe cumplir con los siguientes requisitos de calidad según su norma, tabla 5

Tabla 5. Requisitos de calidad de materiales para capa subbase	
Características	Valores
Grado de compactación (%)	100
Valor Soporte de California (CBR) min (%)	50
Equivalente de arena min (%)	30
Expansión (%)	-
Limite liquido máx. (%)	30
Índice plástico máx. (%)	10

1.6 N·CMT·4·02·002/20 Materiales para Bases Hidráulicas.

Son materiales granulares, que se colocan normalmente sobre la subbase o la subrasante y de acuerdo con la norma mencionada y la especificación del proyecto se deben cumplir los siguientes requisitos de calidad, tabla 6.

Tabla 6. Requisitos de calidad de materiales para capa base hidráulica	
Características	Valores
Grado de compactación (%)	100
Valor Soporte de California (CBR) min (%)	80
Equivalente de arena min (%)	30
Expansión (%)	-
Limite liquido máx. (%)	30
Índice plástico máx. (%)	10

1.6 Normas complementarias

N·CTR·CAR·1·01·001 Desmonte.

N·CTR·CAR·1·01·002 Despalme.

N·CTR·CAR·1·01·004 Escalones de Liga.

N·CTR·CAR·1·01·013 Acarreos.

M·MMP·1·01 Muestreo de Materiales para Terracerías.

M·MMP·1·08 3 Masas Volumétricas y Coeficientes de Variación Volumétrica.

M·MMP·1·06/03 Granulometría de Materiales Compactables para Terracerías.

M·MMP·1·02 Clasificación de Fragmentos de Roca y Suelos.

M·MMP·1·04 Contenido de Agua.

M·MMP·4·01·011 Grado de Compactación.

N·LEG·3 Ejecución de Obras.

2. PRUEBAS DE LABORATORIO

Para conocer las características de los materiales de los bancos, es necesario realizar un muestreo de tipo alterado y posteriormente llevarlos al laboratorio para su análisis correspondiente. El muestreo de materiales consiste en obtener una porción representativa del material con el que se pretende construir una terracería o bien del material que ya forma parte de esta.

En este trabajo de investigación se presentan muestras representativas, estas se obtienen de las paredes de un corte, realizando un Pozo a Cielo Abierto (PCA), de un frente natural abierto de un banco de los taludes de un almacenamiento de materiales o de capas de terracerías construidas.

2.1 Muestreo en bancos.

En el muestreo de materiales se lleva un procedimiento según la norma lo indica consiste en obtener una porción representativa del material con el que se pretende construir una terracería o bien del material que ya forma parte de esta posteriormente se lleva al laboratorio para su análisis, figura 6 y 7.



Figura 6. Muestreo en banco



Figura 7. Cuarteo de muestra

2.2 Prueba AASHTO Estándar y Modificada

Las pruebas AASHTO Estándar y Modificada permiten determinar en la curva de compactación, el peso específico seco máximo ($\gamma_{d_{max}}$) y el contenido de agua óptima (W_{optimo}) de los materiales para terracerías, figura 7.



Figura 7 Elaboración del espécimen ensaye y determinación del peso

2.3 Valor Soporte de California (CBR) y expansión.

Esta prueba permite determinar la expansión (Exp) originada por saturación de los materiales para terraplén, subyacente y subrasante, así como el Valor Soporte de California (CBR) en especímenes compactados dinámicamente, figura 8.



Figura

8. Prueba de expansión

2.4 Peso volumétrico.

Permite determinar las masas volumétricas de los materiales para terracerías, es decir, las relaciones masa-volumen en diferentes estados o condiciones de acomodo, ya sean naturales o artificiales, así como los coeficientes de variación volumétrica al pasar de un estado a otro, figura 9.



Figura 9. Cuarteo y llenado del recipiente.

2.5 Granulometría.

Esta prueba permite determinar la composición por tamaños (granulometría) de las partículas que integran los materiales empleados para terracerías, cribado por una serie de mallas con aberturas determinadas, figura 10.



Figura 10. Cribado de material por medio de mallas.

2.6 Limites de consistencia

Permiten conocer las características de plasticidad de la porción de los materiales para terracerías que pasan la malla N°40 (0,425 mm), cuyos resultados se utilizan principalmente para la identificación y clasificación de los suelos, figura 11.



Figura 11. Determinación del límite líquido por medio de la Copa de Casagrande.

2.7 Equivalente de arena

Esta prueba permite determinar el contenido y actividad de los materiales finos o arcillosos presentes en los materiales pétreos empleados en mezclas asfálticas. La prueba consiste en agitar un cilindro que contiene una muestra del material pétreo que pasa la malla N°4, mezclada comuna solución que permite separar la arena de la arcilla, figura 12.



Figura 12. Eliminación de las burbujas de aire atrapado y registro de lectura

3. RESULTADOS

Los resultados de las pruebas de laboratorio se realizaron con las especificaciones que solicitan las normas N·CMT·1·01/16, Materiales para Terraplén, N·CMT·1·02/02, Materiales para Subyacente. N·CMT·1·03/21, Materiales para Subrasante. N·CMT·4·02·001/11 Materiales para Subbases, N·CMT·4·02·002/20 Materiales para Bases Hidráulicas para determinar que capa es la que cumple con las características solicitadas, y así determinar si el material de cada banco aprovechable para su uso en las terracerías de las vías férreas.

Las muestras extraídas de los bancos X-can y Sisbichen que se analizaron en laboratorio de acuerdo con sus resultados se realizó una comparativa con lo establecido en la norma N-CMT-4-02-002/20 Materiales para Bases Hidráulicas ya que considera las especificaciones e índices más altos.

1.4 Banco X-can

En el banco x- can se tiene un mayor agregado de gravas por lo que esto significa que al tener más agregado grueso, este material cumple para la capa de base hidráulica, esto de acuerdo con la norma N-CMT-4-02-002/20 Materiales para bases hidráulicas, y analizando los resultados obtenidos en el laboratorio se tiene lo siguiente, tabla 10, 11 y 12, figura 14'

Tabla 10. Características de los agregados del banco X-can			
Resultados del agregado pétreo		N-CMT-4-02-002/20 Materiales para bases hidráulicas	Observaciones
Características	Banco		
Valor Soporte de California CBR estándar % mínimo	86.32	80	Cumple
Expansión % máxima	0.11		Cumple
Equivalente de arena % mínimo	33.93	30	Cumple
Limite liquido % máximo	21.45	30	Cumple
Índice plástico % máximo	6.21	10	Cumple
Grado de compactación % máximo	76.77	100	No cumple

Tabla 11. Composición granulométrica del Banco X-Can

Abertura (mm)	No. De malla	% retenido		
		% que pasa	$\Sigma L \leq 10$	$\Sigma L > 10$
75	3"	100.00	100	100
50	2"	100.00	85-100	85-100
37,5	1 1/2"	95.38	75-100	75-100
25	1"	86.55	62-100	62-90
19	3/4"	77.82	54-100	54-83
9,5	3/8"	61.16	40-100	40-65
4,75	4	47.02	30-80	30-50
2	10	39.61	21-60	21-36
0,85	20	30.91	13-44	13-25
0,425	40	24.66	8-31	8-17
0,25	60	21.04	5-23	5-12
0,15	100	18.86	3-17	3-9
0.075	200	15.77	0-10	0-5

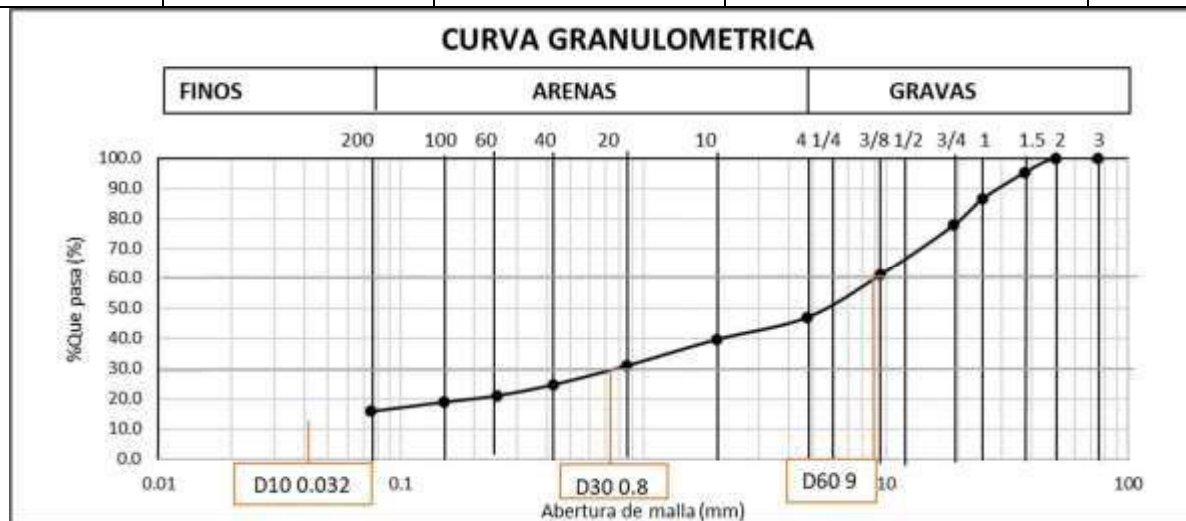


Figura 14. Curva de composición granulométrica banco X-can.

Tabla 12. Coeficientes y % de agregados

% de cada fracción Banco X-can	Diámetros correspondientes al % que pasa en peso	Coeficiente de Curvatura (Cc)
Gravas = 52.98 %	D60 = 9 mm	Cc = 2.22
Finos = 15.77 %	D30 = 0.8 mm	Coeficiente de Uniformidad (Cu)
Arenas = 31.26 %	D10 = 0.032	Cu = 281.25
Clasificación SUCS	GC= Grava arcillosa	

En el análisis granulométrico se obtienen resultados que proporcionan los porcentajes en peso de los diversos tamaños de las partículas que contiene el material y para una mayor definición de la granulometría se utiliza el coeficiente de uniformidad este comprende de la relación entre el diámetro correspondiente al 60% del peso del material y el diámetro por el que pasa el 10% de la muestra determinando así si este suelo es, uniforme, poco uniforme o gradado. Mientras que el coeficiente de curvatura indica del

equilibrio relativo existente entre los intervalos de los tamaños de las partículas del suelo y el grado de la curvatura de la granulometría.

1.1 Banco Sisbichen

El banco sisbichen cumple con la mayoría de las características a excepción de CBR y grado de Compactación.

Sin embargo, si bien no cumple con el 100% con las características para su uso en la capa base hidráulica, no se rechaza por completo ya que los materiales pétreos se pueden estabilizar utilizando material de otros bancos y poder cumplir con sus características. Además de que el banco cumple con las especificaciones para las capas subbase, subrasante, subyacente y terraplén, los resultados del banco en estudio, tabla 7, 8 y 9, figura 13.

Tabla 7. Características de los agregados banco Sisbichen

Resultados del agregado pétreo		N-CMT-4-02-002/20 Materiales para bases hidráulicas	Observaciones
Características	Banco		
Valor Soporte de California CBR estándar % mínimo	76.16	80	No cumple
Expansión % máxima	0.23	.	Cumple
Equivalente de arena % mínimo	34.59	30	Cumple
Limite liquido % máximo	20.30	30	Cumple
Índice plástico % máximo	4.49	10	Cumple
Grado de compactación % máximo	75.53	100	No cumple

Tabla 8. Composición granulométrica del banco Sisbichen

Abertura Mm	No. De malla	% retenido		
		% que pasa	$\Sigma L \leq 10$	$\Sigma L > 10$
75	3"	100	100	100
50	2"	100	85-100	85-100
37.5	1 1/2"	100	75-100	75-100
25	1"	88.27	62-100	62-90
19	3/4"	74.75	54-100	54-83

9.5	3/8"	57.06	40-100	40-65
4.75	4	40.5	30-80	30-50
2	10	29.1	21-60	21-36
0.85	20	21.78	13-44	13-25
0.425	40	17.99	8-31	8-17
0.25	60	15.98	5-23	5-12
0.15	100	14.71	3-17	3-9
0.075	200	12.88	0-10	0-5

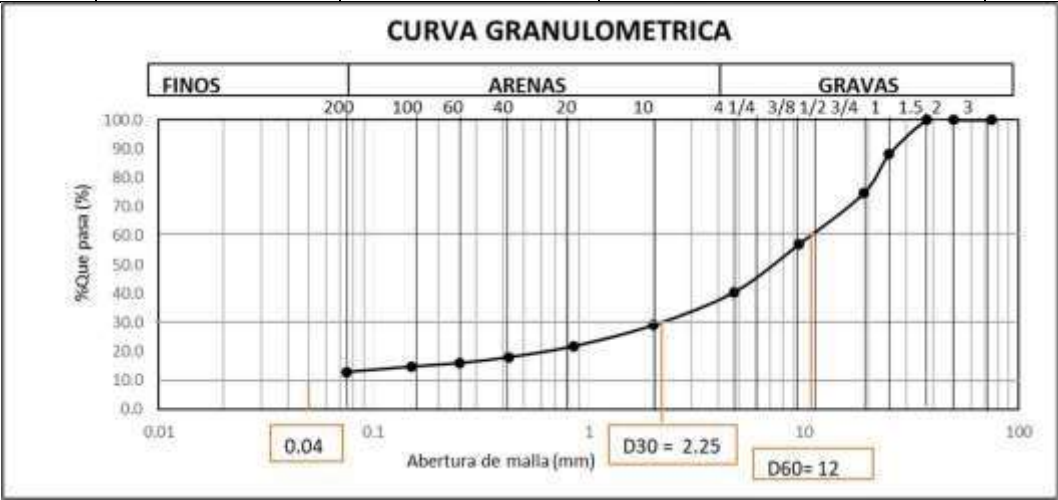


Figura 13. Curva de composición granulométrica banco Sisbichen.

Tabla 9. Coeficientes y % de agregados		
% de cada fracción Banco Sisbichen	Diámetros correspondientes al %que pasa en peso	Coefficiente de Curvatura (Cc)
Gravas = 59.50%	D60 = 12 mm	Cc = 10.55
Finos = 12.88%	D30 = 2.25 mm	Coefficiente de Uniformidad (Cu)
Arenas = 27.62%	D10 = 0.04 mm	Cu =300
Clasificación SUCS	GC= Grava arcillosa	

DISCUSIÓN

Los resultados del análisis de cada banco tienen sus propiedades pétreas aptas para el uso de compactaciones en terracerías cada uno tiene diferentes características, los resultados obtenidos son casi similares ya que ambos presentan mayor cantidad de grava y de acuerdo con los coeficientes de curvatura, uniformidad y porcentaje de agregados se trata de un suelo de grava arcillosa.

Por otro lado, el material del banco X-can es aprovechable para las cinco capas que conforman las terracerías, en vista de que los resultados cumplen con las características que solicita la norma correspondiente a cada una.

El Banco Sisbichen no cumple con las características para capa de base hidráulica en acuerdo con las especificaciones solicitadas en la normatividad y que el proyecto solicita, sin embargo, el material es aprovechable en las capas de terraplén, subyacente, subrasante y subbase según cada una de sus normas.

CONCLUSIONES

A partir de los resultados obtenidos se puede concluir que la calidad de los materiales mejora significativamente el rendimiento de las vialidades pues al ser analizado por un laboratorio de control de calidad se descartan futuros problemas con su funcionamiento y a su vez es posible modificar ciertos materiales para que alcance su característica óptima y así garantizar un correcto funcionamiento de esta.

Todos los materiales pétreos presentan ciertas características en cada banco, es importante especificar que las características de los materiales y condiciones del suelo no siempre son las mismas es por eso que durante la construcción de una vialidad se debe mantener en observación, debido a esto es que ingenieros o personal capacitado debe realizar pruebas de calidad constante para poder dictar las recomendaciones, tratamientos y diseños incluso rechazo durante la construcción y así asegurar la calidad de los materiales usados en las vialidades que se están construyendo asegurando una buena compactación y un servicio seguro así como su larga vida útil.

En otras palabras, cuando el material no cumple con algunas características estas se pueden estabilizar mediante la combinación con otros materiales de otros bancos como por ejemplo el Límite Líquido el cual se puede estabilizar con cal pues estas le ayudan a mejorar sus niveles de líquidos y plasticidad.

RECONOCIMIENTOS

Agradezco a la Universidad Autónoma de Guerrero y a la Facultad de Ingeniería por la formación profesional que me permitió desarrollar en sus instalaciones expreso mi más sincero agradecimiento a cada uno de los profesores de la Facultad de Ingeniería ya que con su conocimiento y enseñanza, su dedicación para mi aprendizaje pude culminar satisfactoriamente la carrera de Ingeniero Constructor.

Referencias

Brown, D. R. (02 de JULIO de 2015). inahchihuahua.gob.mx. Obtenido de inahchihuahua.gob.mx:
<http://www.inahchihuahua.gob.mx/articulos.pl?id=68>

fonatur. (08 de 12 de 2020). Fonatur. Obtenido de <https://www.gob.mx/fonatur/prensa/fonatur-tren-mayacumplecon-la-normatividad-y-obtiene-autorizacion-de-impacto-ambiental-para-la-fase-1-de-palenquea-izamal>

FONATUR. (08 de FEBRERO de 2022). <https://www.gob.mx/trenmaya>. Obtenido de <https://www.gob.mx/trenmaya>

FONATUR, S. (2021). CONFORMACION DE TERRACIERAS LADA AUTOPISTA Y LADO TREN, TRAMO 4 TREN MAYA. -TMPO-4-GEO-BOL-GEN-_000048_B_TERR TRAMO 4 SCT FONATUR. CDMX: SECRETARIA DE COMUNICACION Y TRANSPORTES.

SANZ, J. (01 de JUNIO de 2016). historiasdelahistoria.com. Obtenido de [historiasdelahistoria.com](https://historiasdelahistoria.com/2016/06/01/transporte-terrestre-los-barcos):
<https://historiasdelahistoria.com/2016/06/01/transporte-terrestre-los-barcos>

TRANSPORTE, N. P. (12 de DICIEMBRE de 2022). <https://normas.imt.mx/>. Obtenido de <https://normas.imt.mx/>: <https://normas.imt.mx/>

Barceló, R. (2011). Los ferrocarriles en Yucatán y el henequén en el siglo XIX. *Mirada Ferroviaria*, 15, 5–16.