

# **ANALISIS DE LOS MATERIALES UTILIZADOS PARA BASE HIDRUALICA, TREN MAYA, TRAMO 4, SEGMENTO 14, KM 225+000 – 227+000, FRENTE 2, AUTOPISTA MERIDA-CANCÚN, YUCATAN.**

Albano García Pacheco, Facultad de Ingeniería, Cu-Sur, Chilpancingo de los bravo Gro. México C.P 39000, [12391022@uagro.mx](mailto:12391022@uagro.mx)

Ing. Francisco Javier Vázquez Jiménez, Facultad de Ingeniería, Cu-Sur, Chilpancingo de los bravo Gro. México C.P 39000, [04118@uagro.mx](mailto:04118@uagro.mx)

## **RESUMEN**

La base hidráulica, es la estructura generalmente encargada de proporcionar apoyo a la capa de base asfáltica, carpeta asfáltica o concreto hidráulico según sea el fin de esta, la base hidráulica está constituida por materiales de la más alta calidad, rigurosamente seleccionada para proporcionar cierta rigidez que evita deformaciones y filtraciones de agua desde las capas inferiores a ella. en este trabajo de investigación, se realizará un análisis de pruebas de calidad de los materiales de acuerdo con la normativa correspondiente a control de calidad de los materiales, cumpliendo con la NIT-SICT, así como los cálculos y resultados correspondientes de cada prueba para la base hidráulica proveniente del banco Ideal, ubicada en autopista Mérida-Cancún, desviación izquierda km 226+000 lado izquierdo, banco principal suministrador de material para base hidráulica, subbase, para la obra del tren maya tramo 4, segmento 14, frente 2 autopista Mérida-Cancún, se concluye con los aspectos mas importantes que se presentan durante la construcción del tren maya, con respecto a la selección de materiales.

## **ABSTRACT**

The hydraulic base is the structure generally in charge of providing support to the asphalt base layer, asphalt layer or hydraulic concrete depending on its purpose, the hydraulic base is made up of the highest quality materials, rigorously selected to provide a certain rigidity. that prevents deformations and water leaks from the layers below it.

In this research work, an analysis of quality tests of the materials will be carried out hand in hand with the regulations corresponding to quality control of the materials, complying with the NIT-SICT, as well as the calculations and corresponding results of each test for the hydraulic base from the Ideal bank, located on the Mérida-Cancún highway, left deviation km 226+000 left side, main bank supplier of material for hydraulic base, subbase, for the work of the Mayan train section 4, segment 14, front 2 Merida-Cancun highway, it concludes with the most important aspects that arise during the construction of the mayan train, with respect to the selection of materials.

## **PALABRAS RESERVADAS**

Carpeta asfáltica, rodadura asfáltica, carpeta de concreto, control de calidad, banco de material, normativa, subbase, subrasante, pavimento, estructura, pruebas, calidad.

## **KEYWORDS**

Asphalt binder, asphalt rolling, concrete folder, quality control, material bench, regulations, subbase, subgrade, pavement, structure, tests, quality.

# INTRODUCCIÓN

En este trabajo, se realizará un análisis de pruebas de calidad de los materiales de la mano con la normativa correspondiente a control de calidad de los materiales, cumpliendo con la NIT-SICT, así como los cálculos y resultados correspondientes de cada prueba para la base hidráulica proveniente del banco Ideal, ubicada en autopista Mérida-Cancún, desviación izquierda km 226+000 lado izquierdo, banco principal suministrador de material para base hidráulica, subbase, para la obra del tren maya tramo 4, segmento 14, frente 2 autopista Mérida-Cancún.

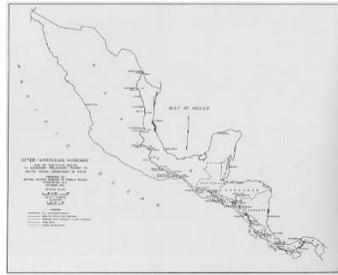
## PLANTEAMIENTO DE PROBLEMA

### Vía de comunicación terrestre

Las vías de comunicación terrestre se refiere en aquellas construcciones útiles en cuanto al funcionamiento y desarrollo de actividades para servicios de transporte móviles, en la que involucran infraestructuras tales como caminos, carreteras, túneles, autopistas y vías férreas, las cuales ofrecen al usuario el traslado a distintos sitios, ya sean de un estado a otro, dirigirse al centro de una ciudad para ir al trabajo o en ocasiones de emergencias que surgen dentro de las actividades que realice cada usuario, siendo así un servicio que permite llegar a un destino de manera más fácil, más rápida y eficaz .

Cabe resaltar que, dentro de cada infraestructura mencionada dentro de las vías de comunicación terrestres existe para su buen funcionamiento, restauraciones y conservaciones que nos llevan a ciertas modificaciones para garantizar el buen funcionamiento de ello.

Como dato curioso en México para la década de 1880 había 9000 kilómetros de carreteras resaltando las importantes como por ejemplo la vía México a Querétaro, haciendo énfasis en los tiempos del porfiriato cuando se le daba más prioridad a ciudades o localidades claves para la distribución e intercambio de comercio. p, figura 1.



*Imagen 1 Red de carreteras para la década de 1880.*

Con el inicio del proyecto del tren maya, también se inicia la modernización del tramo carretero Kantunil-Cancún, siendo así uno de los 7 tramos en apertura de vías de comunicación terrestre, el tramo carretero Kantunil-Cancún de 250 km pasara a 257 km aprox. debido a que se le otorgo como tramo 4 dentro del proyecto del tren maya, el cual anexa al poblado de Izamal dando como resultado a la nueva autopista de cuota Izamal-Cancún de 257 km Mérida-Cancún, figura 2 y 3.



*Imagen 2 Tramo carretero Kantunil-Cancún, de 250 km Mérida - Cancún*



*Imagen 3 red de proyecto del tren maya.*

El tramo correspondiente a la nomenclatura 4 del tren maya recorre la autopista de cuota Mérida-Cancún que tiene concesionada la empresa ICA, misma empresa que adjudica las obras del proyecto ferroviario, tanto la modernización de la autopista como la construcción de las vías férreas se harán simultáneamente, por un lado, en el carril del lado sur se colocarán las vías y en el otro lado se hace una ampliación con la que colocaran los 4 carriles para los automóviles.

Para garantizar la eficiencia, utilidad y seguridad del usuario, se debe cumplir rigurosamente cada norma y especificación de los procesos de construcción de la autopista. Las regulaciones son emitidas por diferentes Dependencias del Gobierno Federal y NMX para ejecutar la construcción de la autopista en este trabajo de investigación, se realizará un análisis de pruebas de calidad de los materiales del banco El Ideal, principal suministrador de base hidráulica de la autopista Mérida-Cancún, tramo 4, frente 2, segmento 14 km 225+000-227+000 proyecto Tren Maya, ubicado a orilla de la autopista Kantunil-Cancún, desviación izquierdo km 226+000 en el Estado de Yucatán, figura 4.



*Imagen 4 Ubicación del Banco El Ideal.*

Para poder darle una mayor aprovechamiento y eficiencia a cualquier vía de comunicación debe someterse a criterios de construcción rigurosos con la finalidad de brindar la seguridad de todos los usuarios que hagan de uso de ella, la normativa y reglamento empleada en la construcción de vialidades evita daños naturales o daños que son producto de una mala ejecución de obra deformaciones, grietas, baches, asentamientos, socavones, deslizamientos, factores de riesgo para los usuarios, estas mismas normas y reglamentos son supervisadas y evaluadas por personal capacitado quienes se encargan de que se hagan cumplir en la construcción de las distintas vialidades.

## MÉTODO.

Este trabajo presenta el análisis y resultados de las propiedades mecánicas de uno de los tres principales suministradores de agregados para terracerías dentro del proyecto del tren maya, tales como el banco Sisbichen, el banco X-Can y el banco El Ideal

La capa hidráulica implementada en el tramo 4, segmento 14, frente 2, km 225+000-227+000, consta de un ancho de 21.40 metros el cual cubre los dos carriles de la autopista correspondiente a Mérida – Cancún, con un espesor de 20 cm, el banco el ideal provee de los 2 km seleccionados en esta investigación la cantidad aproximada de 8560 metros cúbicos de base hidráulica por ende nos concentramos en el banco El ideal, se realizarán las siguientes pruebas de control de calidad:

- Peso volumétrico.
- Granulometría por mallas.
- Desgaste de los ángeles.
- Forma de la partícula (alargadas y lajeadas)
- Límites de consistencia.
- Equivalente de arena.
- Prueba AASHTO Estándar y Modificada.
- Valor Soporte de California (CBR) o Valor relativo de soporte estándar (VRS)

Estas pruebas de acuerdo a las normas que rigen dentro del proceso de construcción de la vialidad permiten evaluar las propiedades mecánicas de los materiales el cual nos hace de conocimiento de la calidad de los suelos, la humedad adecuada, el grado de compactación, así como su comportamiento a la hora de exponerse a cargas dinámicas, la capa a analizar demanda material de buena calidad ya que su función será resistencia estructural y resistencia a las presiones que se transmiten a las demás capas que conforman el cuerpo de la vialidad.

## NORMATIVA.

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.

### **N-CTR-CAR-1-01-008/00 Bancos.**

Los bancos de materiales extracciones de material a cielo abierto para la formación de cuerpos de terraplenes u otras capas requeridas; así como para la fabricación de mezclas asfálticas y de concretos hidráulicos.

### **N-CMT-4-02-002/20 Materiales para Bases Hidráulicas.**

Son materiales granulares, que se colocan normalmente como soporte para la subbase, carpeta y concreto hidráulico de acuerdo con la norma mencionada y la especificación del proyecto se deben cumplir los siguientes requisitos de calidad, tabla 1.

Tabla 1. Requisitos de calidad de materiales para capa base hidráulica	
Características	Valores
Grado de compactación (%)	100
Valor Soporte de California (CBR) o (VRS) min (%)	80
Equivalente de arena min (%)	30
Expansión (%)	-
Limite liquido máx. (%)	30
Índice plástico máx. (%)	10
Desgaste de los ángeles máx. (%)	40
Partículas alargadas máx. (%)	35
Partículas lajeadas máx. (%)	35

### Normas Complementarias.

- M·MMP·1·01 Muestreo de Materiales para Terracerías.
- N·CTR·CAR·1·04·002 Subbases y Bases
- N·CVS·CAR·4·02·004 Construcción de subbases o bases hidráulicas
- M·MMP·4·01·003 Granulometría
- M·MMP·4·01·010 Compactación AASHTO
- M·MMP·4·01·011 Grado de compactación
- 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.

## DESARROLLO

Esta investigación cuenta con tres capítulos en los cuales se describe el procedimiento que se siguió para poder analizar la capa de la base hidráulica incorporada en el proyecto del tren maya segmento 14, tramo 4, frente 2, km 225+000 – 227+000 autopista Mérida - Cancún, Yucatán, siguiendo los lineamientos de las normas vigentes dentro del proyecto implementado.

## TRABAJO DE CAMPO

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.

### 1.1 Muestreo en Banco

El muestreo de materiales tiene como finalidad obtener una representación del material con el fin de realizarse las pruebas correspondientes en laboratorio determinando así la calidad de la mezcla para el cual serán utilizado, figura 5 y 6.



*Imagen 5 Muestreo en banco*



*Imagen 6 toma de muestra mediante cuarteo*

## 1.2 Muestreo en Tramo

El muestreo de materiales en tramo como ya se ha dicho cuenta como una representación ya existente de material en la construcción de la terracería con el fin de realizarse las pruebas correspondientes en laboratorio determinando así la calidad de la mezcla, figura 7.



*Imagen 7 toma de muestra en tramo de capa existente.*

## PRUEBAS DE LABORATORIO

### 2.1 Cuarteo y Secado

El cuarteo y secado es un método que pretende reducir la muestra de agregados obtenidas en el campo al tamaño requerido para las pruebas, así mismo mantener la muestra libre de humedad, figura 8.



*Imagen 8 secado de materiales recolectados*

### 2.2 Prueba AASHTO Estandar y Modificada

La siguiente prueba permite determinar en la curva que determinará la compactación, el peso específico seco máximo ( $\gamma_d$ ) y el contenido de agua óptima ( $W_{\text{Óptimo}}$ ) de los materiales para terracerías, figura 9 y 10.



*Imagen 9 llenado de molde*



*Imagen 10 aplicación de compactación*

### 2.3 Valor Soporte de California (CBR) y Expansión

Esta prueba permite determinar la expansión, originada por saturación de los materiales para este caso como se trata de una base hidráulica nos basamos a los datos obtenidos por la prueba de VRS ya que las muestras obtenidas pueden variar según sus mezclas y tipo de material empleado a la mezcla, figura 11 y 12.



*Imagen 11 prueba de expansión*



*Imagen 12 determinación de CBR*

## 2.4 Peso Volumétrico

Una muestra volumétrica es en general una relación masa-volumen en condiciones naturales o artificiales, así como los coeficientes de variación volumétrica al pasar de un estado a otro, interviene en el grado de comparación (pavimentos), presiones verticales efectivas debidas al propio peso del suelo, figura 13.



*Imagen 13 llenado del recipiente*

## 2.5 Granulometría

Permite determinar cuantitativamente la distribución de tamaños (granulometría) de las partículas que integran los materiales empleados para terracerías, cribado por una serie de mallas con aberturas determinadas, figura 14 y 15.



*Imagen 14 cuarto de material para muestra representativa*



*Imagen 15 cribados de material por mallas correspondientes*

## 2.6 Limites de consistencia

Esta prueba permite conocer el comportamiento físico mecánicos como es el caso de la plasticidad y contracción del material 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 16.



*Imagen 16 determinación del límite líquido*

## 2.7 Equivalente de arena

Propósito de este método de prueba es indicar bajo condiciones estándar las proporciones de arcilla o finos plásticos y polvos de suelos granulares y agregados finos que pasa la malla número 4 presentes en los materiales pétreos empleados en mezclas asfálticas, figura 17 y 18.



*Imagen 17 eliminación de burbujas*



*Imagen 18 registro de lectura*

## 2.8 Desgaste de los ángulos

Esta prueba determina el desgaste por cargas abrasivas de una muestra de agregado grueso, determina si el agregado es aceptable según las normativas (SCT), figura 19 y 20.



*Imagen 19 añadiendo carga de bolas de acero*



*Imagen 20 registro de la abrasión obtenida*

## 2.9 Forma de la partícula (alargadas y lajeadas)

Este tipo de prueba cubre la determinación del tipo de partículas que contiene la muestra analizada del agregado grueso tomando en cuenta el porcentaje de formas de partículas alargadas y lajeadas presentes en los materiales pétreos empleados en las mezclas asfálticas, determina la forma de cada partícula, empleando calibraciones de espesor y de longitud, figura 21.



*Imagen 21 determinación de cada partícula*

## 2.10 Grado de compactación

La prueba de compactación de suelo en terracería se refiere a la relación porcentual de su masa volumétrica seca natural o compactada respecto a su masa volumétrica seca máxima determinada en el laboratorio mediante la prueba 2.4 peso volumétrico, este método es tener un dato certero de acuerdo a la eliminación de vacíos mediante medios mecánicos figura 22 y 23.



*Imagen 22 apertura de la capa mediante cala*



*Imagen 23 cubicación de vacíos mediante trompa de elefante*

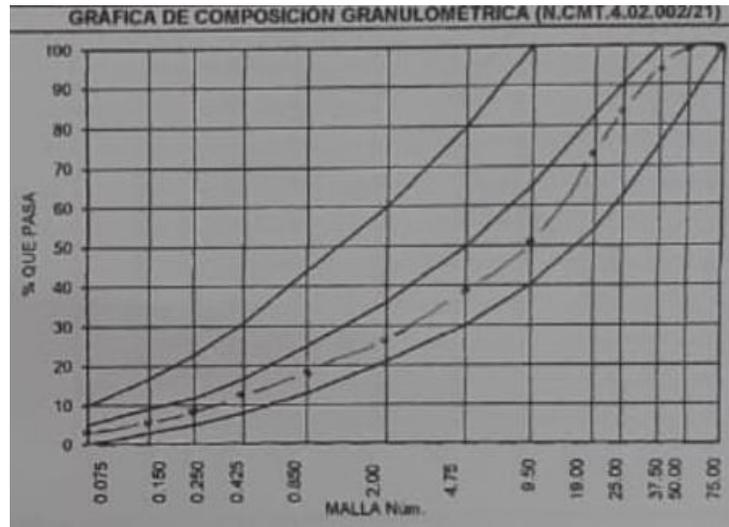
## RESULTADOS

De acuerdo a las especificaciones que solicitan las normas N-CMT-4-02-002/20 *Materiales para Bases Hidráulicas*, se realizaron las pruebas estipuladas para su aceptación, y así determinar si el material del banco analizado es apto para las funciones que se le otorgan para la construcción la autopista Mérida-Cancún.

Las muestras extraídas del banco El Ideal analizadas en laboratorio de acuerdo con sus resultados a lo establecido en la norma N-CMT-4-02-002/20 *Materiales para Bases Hidráulicas* indican que el banco cumple con los requisitos estipulados en la normativa correspondiente, Tabla 2, 3 y 4.

Resultados del agregado pétreo		N-CMT-4-02-002/20 Materiales para bases hidráulicas	Observaciones
Características	Banco		
Desgaste de los ángeles máx. (%)	32.33	40	Cumple
Partículas alargadas máx. (%)	22.68	35	Cumple
Partículas lajeadas máx. (%)	14.53	35	Cumple
Valor Soporte de California CBR estándar o VRS % mínimo	106.2	80	Cumple
Expansión % máxima	0.16	-	Cumple
Equivalente de arena % mínimo	36.00	30	Cumple
Límite líquido % máximo	18.34	30	Cumple
Índice plástico % máximo	5.41	10	Cumple
Grado de compactación % máximo	100	100	Cumple

Abertura (mm)	No. De malla	% retenido		
		% que pasa	$\Sigma L \leq 10^6$	$\Sigma L > 10^6$
75	3"	100.00	100	100
50	2"	100.00	85-100	85-100
37,5	1 1/2"	93	75-100	75-100
25	1"	82	62-100	62-90
19	3/4"	72	54-100	54-83
9,5	3/8"	51	40-100	40-65
4,75	4	39	30-80	30-50
2	10	26	21-60	21-36
0,85	20	18	13-44	13-25
0,425	40	11	8-31	8-17
0,25	60	8	5-23	5-12
0,15	100	6	3-17	3-9
<b>0.075</b>	200	4	0-10	0-5



*Imagen 24. Curva de composición granulométrica banco El Ideal.*

Tabla 4. Coeficientes y % de agregados	
% de cada fracción	
Banco El Ideal	
GRAVAS	61 %
FINOS	4 %
ARENAS	35 %
Clasificación	GP-GM= grava, arena y limo

## CONCLUSIONES

## DISCUSIÓN

Dado los estratos de roca caliza encontrados en la península están conformados por arrecifes coralinos, este presenta un problema, ya que este tipo de roca presenta muchas oquedades y tienden a disolverse con el agua convirtiéndola como una roca frágil para la infra estructura que albergara es por ello de lo riguroso de cumplir con los estándares propuestos por la normativa vigente en el proyecto del tren maya, los resultados del análisis del banco El Ideal arrojan que las propiedades pétreas que maneja en la mezcla para la base hidráulica son aptas para el uso de compactaciones en terracerías, de acuerdo con los parámetros de curvatura, uniformidad y % de agregados se trata de un suelo de grava, arena y limo.

## CONCLUSIONES

En la actualidad el proceso que conlleva a una obra vial para la satisfacción de un usuario debe estar sujeta a cada uno de los estándares que especifica las normativas vigentes, para crear confiabilidad garantizar la seguridad del usuario, así mismo prolongar la vida útil de la infraestructura, las vías de comunicación terrestre son esenciales ya que permite viajar de forma segura a cualquier punto de territorio, por ende cada capa que conforma el cuerpo de la infraestructura debe ser de la más alta calidad, esta investigación muestra la gran implementación de medidas de seguridad en cuestión del control de calidad de los materiales que son incorporados dentro del proyecto tren maya a beneficio de los usuarios que corresponde a vías férreas y autopistas que recorrerán la península, así mismo la búsqueda de nuevas alternativas de pavimentos rígidos para la construcción ayuda en gran medida contra la contaminación y deforestación. La autopista de Mérida -Cancún sigue la misma ruta que en la década de 1990 fue otorgada por la SCT a empresas de Yucatán, a raíz de la llegada del proyecto del tren maya se pretende seguir con la misma ruta para evitar deforestación, daños a la fauna, contaminación y reutilizar los agregados pétreos que anteriormente conformaban la carretera Kantunil-Cancún, cabe mencionar que, con material reciclado, las carreteras tienen una mejor capacidad, utilidad y eficiencia, un correcto tratamiento podría ayudar a ahorrar en cuestión de explotación de bancos.

Este trabajo de investigación pretende fomentar en hacer válidas las recomendaciones dadas por los reglamentos y normas constructivas, respetando el medio ambiente.

# RECONOCIMIENTOS

A la Facultad de Ingeniería de la Universidad Autónoma de Guerrero, por formarme en sus aulas y por todo el apoyo durante mi etapa de formación profesional.

A la empresa Ingeniería, Supervisión y Laboratorio de control de calidad (ISLACC) por brindarme las herramientas necesarias para esta investigación.

# REFERENCIAS

- CMIC. (18 de 10 de 2021). *CMIC*. Obtenido de <https://www.cmic.org/el-banco-de-materiales-de-sisnichen-yucatan-es-clave-para-el-tren-maya/>
- Financiero, E. (03 de 02 de 2021). *El Financiero*. Obtenido de <https://www.elfinanciero.com.mx/opinion/lourdes-mendoza/la-ruta-merida-cancun-y-anexas/>
- fonatur. (08 de 12 de 2020). *Fonatur*. Obtenido de <https://www.gob.mx/fonatur/prensa/fonatur-tren-maya-cumple-con-la-normatividad-y-obtiene-autorizacion-de-impacto-ambiental-para-la-fase-I-de-palenque-a-izamal>
- Infobae. (18 de 05 de 2020). *Infobae*. Obtenido de <https://www.infobae.com/america/mexico/2020/05/18/tren-maya-ica-gano-la-construccion-del-tramo-4-sin-licitacion/>
- Mexico, H. d. (08 de 09 de 2015). *Historias de carreteras en Mexico*. Obtenido de <http://carreterasinfraestructuraenmexico.blogspot.com/2015/09/historia-carreteras-en-mexico.html>
- Mexico, P. (19 de 10 de 2022). *Proyectos Mexico*. Obtenido de [https://www.proyectosmexico.gob.mx/proyecto\\_inversion/096-carretera-kantunil-cancun/](https://www.proyectosmexico.gob.mx/proyecto_inversion/096-carretera-kantunil-cancun/)
- Quadratin. (13 de 12 de 2022). *Quadratin quintana roo*. Obtenido de <https://quintanaroo.quadratin.com.mx/avanza-modernizacion-de-autopista-merida-cancun-por-tren-maya/>
- SCT. (03 de 12 de 2011). *M-MMP-1-02-03.pdf*. Obtenido de MMP. METODOS DE MUESTREO Y PRUEBAS DE MATERIALES : <https://normas.imt.mx/normativa/M-MMP-1-02-03.pdf>
- SCT. (14 de 07 de 2020). *N-CMT-4-002/20*. Obtenido de CMT. Características de los materiales : <https://normas.imt.mx/normativa/N-CMT-4-02-002-20.pdf>
- yucatan, d. d. (21 de 01 de 2023). *diario de yucatan* . Obtenido de <https://www.yucatan.com.mx/mexico/2020/6/19/estudio-revela-que-fragilidad-del-suelo-es-un-riesgo-para-el-tren-maya-193395.html>