## UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE CHIHUAHUA

## FACULTAD DE INGENIERÍA

SECRETARÍA DE INVESTIGACIÓN Y POSGRADO



MEJORAMIENTO DE ESTRATOS BLANDOS PARA DESPLANTE DE TERRAPLENES PARA LA CONSTRUCCIÓN DE UNA CARRETERA TIPO A4.

POR:

## MARCOS JIMÈNEZ CORDOVA

TESIS PRESENTADA COMO REQUISITO PARA OBTENER EL GRADO DE MAESTRO EN INGENIERIA



Mejoramiento de estratos blandos para desplante de terraplenes para la construcción de una carretera tipo A4. Tesis presentada por Marcos Jiménez Córdova como requisito parcial para obtener el grado de Maestro en Ingeniería, ha sido aprobada y aceptada por:

M.I. Javier González Cantú

Director de la Façultad de Ingeniería

Dr. Alejandro Villatobos Aragón Secretario de Inyestigación y Posgrado

M.C. Alejandro Calderon Landaverde

Coordinador(a) Académico

M.I. Rodrigo De la Garza Aguilar

Director(a) de Tesis

Fecha Mayo 2019

Comité:

M.I. José Antonio Portillo Oceguera

M.I. América Matínez Soto

M.I. Rodrigo De la Garza Aguilar

M.A. María de Lourdes Flores Portillo

© Derechos Reservados

Marcos Jiménez Córdova Paseo las palmas MZ 15 LT 6 Calle principal, Curahueso C.P. 86710 Villahermosa Tabasco

Mayo de 2019

## **Dedicatoria**

A mi familia por el apoyo incondicional, así como a mi equipo de trabajo que siempre estuvieron presente motivándome hasta lograr concluir esta etapa en mi formación académica y la dedicatoria especial para Dios mi Señor.



### **Agradecimientos**

#### A mi esposa

Por apoyarme siempre y a la enorme paciencia que me manifestó en todo momento por el sacrificio de no estar con ella y mis dos hijos, Jonathan y Citlaly

#### A mis hijos

Por representar el motor que impulsa mi vida hacia mejores fronteras.

#### A mi equipo de trabajo en especial a los ingenieros.

Ing. Mireya Aparicio Payró

Ing. Hugo Francisco Becerra Magdonel

Ing. Eliseo López de los Santos

Por su invaluable apoyo técnico y moral, en especial a la constante frase "Adelante Ingeniero ya falta poco".

### Al M.I. Rodrigo De la Garza Aguilar

Por ser un excelente catedrático y excelente persona y amigo, gracias por su inmenso e invaluable apoyo, por permitirme llegar hasta este honorable nivel académico.



## ÍNDICE

Agradecimientos	4
1. GENERALIDADES	8
1.1 Introducción	8
1.2 Objetivo del estudio	8
1.2.1 Objetivo específico	8
1.3 Características del proyecto	8
1.4 Condiciones locales	9
1.4.1. Geografia fisica	9
1.4.2. Geología regional	10
1.4.3. Clima	11
1.4.4. Hidrografia	12
1.4.5. Topografia	12
1.4.6. Regionalización sísmica	12
2. TRABAJOS DE CAMPO	15
2.1 Exploración y toma de muestras	15
2.2 Posición del nivel de aguas freáticas (N.A.F.)	15
3. TRABAJOS DE LABORATORIO	15
3.1 Pruebas índice	16
3.2 Clasificación de suelos	16
4. ESTRATIGRAFÍA Y PROPIEDADES	17
4.1. Sondeo de penetración estándar (SPT-1)	17
5. ANÁLISIS GEOTÉCNICO	21
5.1. Características del proyecto	21
5.2. Esfuerzos originados por el peso del terraplén	22
5.3. Capacidad de carga del terreno de cimentación	22
5.4. Análisis de asentamientos por consolidación primaria	26



6.ALTERNATIVAS SOLUCIÓN PARA EL SUBTRAMO 25+780 AL 25+920	28
6.1 Propuestas de mejoramiento de suelo (Alternativa No. 1)	28
6.1.1 Mejoramiento del material de relleno con suelo-cemento	28
6.1.2 Inyección de consolidación bajo las capas compresibles del subsuelo.	29
6.1.2.1 Tipos y propósitos de la inyección	29
6.1.2.2 Mejoramiento del terreno de cimentación bajo los terraplenes en el subtramo del km 25+780 al 25+920	30
6.1.2.3 Proyecto de inyección de consolidación	31
6.1.2.3.1 Objetivos y metas	31
6.1.2.3.1 Actividades del proceso de inyección	31
6.1.2.4 Determinación de las propiedades de compresibilidad de los suelos compresibles naturales	32
6.1.2.5. Selección de la lechada de inyección.	32
6.1.2.6. Propuesta de las propiedades de compresibilidad de los suelos arcillosos y limosos inyectados	33
6.1.2.7 Determinación de los porcentajes y volúmenes de inyección	33
6.1.2.8. Análisis del comportamiento futuro esperado	36
5.2 Refuerzo del terraplén mediante la colocación de geomalla y geotextil	37
6.2.1 Capacidad de carga con refuerzo	37
5.3 Construcción de un puente vehicular en el subtramo 25+780 al 25+920 (Alternativa No. 2)	38
5.3.1 Capacidad de carga en cimentaciones profundas	
6.3.1.1 Capacidad de carga a compresión	
6.3.1.1.2 Capacidad de carga por punta Cp	
6.3.1.1.3 Fricción superficial negativa Cf <sub>neg</sub>	
6.3.2 Asentamiento individual de pilas	
<del>_</del>	



7.	PROCEDIMIENTO CONSTRUCTIVO	47
7.1	Reforzamiento de los terraplenes de relleno con geomallas	47
7.2	Proceso constructivo de inyección.	50
	7.2.1 Perforación	51
	7.2.2 Elaboración de la lechada de inyección	51
	7.2.3 Inyección de las láminas radiales verticales	53
	7.2.4 Control de calidad	54
7.3	Pilas de cimentación.	54
8.	CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES	56
8.1	Conclusiones	56
8.2	Recomendaciones	59
9.0	REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS	61
A N	EXOS	65
A.	CROQUIS DE LOCALIZACIÓN DE LA ZONA DE ESTUDIO	66
B.	REGIONALIZACIÓN SÍSMICA DE LA REPÚBLICA MEXICANA	68
C.	CROQUIS DE LOCALIZACIÓN DEL SONDEO	70
D.	REPORTES DE LABORATORIO	72
E.	PERFIL ESTRATIGRÁFICO	105
F.	ÁLBUM FOTOGRÁFICO	109



#### 1. GENERALIDADES

#### 1.1 Introducción

La Secretaría de Comunicaciones y Transporte (S.C.T.); realiza la obra denominada: "Libramiento de Villahermosa (2da. etapa)" km 23+700.00 al km 30+600.00, el cual se ubicará en el ejido José María Pino Suárez, en el municipio de Centro, estado de Tabasco, para lo cual encomendó a la empresa la realización del Estudio de Mecánica de Suelos en el subtramo del kilómetro 25+780 al 25+920, mediante la ejecución de un sondeo a 21.00 m de profundidad.

#### 1.2 Objetivo del estudio

Determinar las propiedades físicas y mecánicas del subsuelo con la finalidad de obtener el modelo estratigráfico del sitio y obtener los parámetros para efectuar la revisión del estado límite de falla y de servicio para el desplante de las terracerías.

A continuación, se presenta *el informe* de los trabajos de exploración y muestreo de campo, ensayes de laboratorio, así como el análisis geotécnico realizado.

## 1.2.1 Objetivo específico

Después de la construcción de las terracerías en el subtramo del km 25+780.00 al 25+920.00 se presentó descenso de la cota máxima del terraplén de relleno (Subrasante compactada al 100 %). Por lo que durante los trabajos de terracerías que actualmente se construye presentó fallas longitudinales.

## 1.3 Características del proyecto

El proyecto consiste en la construcción de una carretera con sección tipo A4 y el entronque vial La Manga. La carretera cuenta con dos carriles de circulación de



10.50 m por sentido. La altura promedio de los terraplenes es de 4.00 m de altura. El entronque vial enlaza 5 ejes carreteros, cuyas secciones tipo son distintas, con anchos de corona que van de los 8.00 m a los 22.00 m, y alturas de terraplén entre 5.00 y 10.50, las cuales varían de acuerdo a la topografía del terreno.

#### 1.4 Condiciones locales

#### 1.4.1. Geografia fisica

El área en estudio se localiza al nororiente de la ciudad de Villahermosa, de la ranchería José María Pino Suárez, en el municipio de Centro, Estado de Tabasco (Anexo A), fig. 1.



Figura 1. Ubicación del sitio de estudio. Imagen satelital

La zona se ubica en la provincia de la Llanura Costera del Golfo Sur y en la subprovincia Llanuras y Pantanos Tabasqueños, por lo mismo y por estar situadas en plenas llanuras sobre una serie de lomeríos bajos, las topoformas que destacan son



las de escasa altitud (hasta 10 msnm), formadas por rocas sedimentarias (areniscas) y llanos constituidos de aluviones; los depósitos más antiguos son de la era Cenozoica del periodo Terciario Superior y Cuaternario aparecen en los bordes de contacto con la provincia Sierra de Chiapas y Guatemala.

### 1.4.2. Geología regional

En la región que comprende los estados de Chiapas, Tabasco y Veracruz aflora una amplia secuencia del Mesozoico y Cenozoico, constituida principalmente por rocas sedimentarias marinas que se encuentran plegadas y afalladas. Esta secuencia descansa sobre un basamento cristalino del Precámbrico y Paleozoico que aflora al suroeste de la misma región. En donde las rocas cristalinas de estas Eras forman un complejo batolítico y metamórfico que constituye el núcleo de la sierra de Soconusco. Gran parte de la sierra de Soconusco se encontraba formada por rocas Precámbricas ígneas y metamórficas; sin embargo, la mayor parte de las edades radiométricas obtenidas de muestras de rocas intrusivas revelan una edad Paleozoica para los principales eventos de intrusión ígnea. Se reportan edades de 242 ± 9 millones de años para una diorita (análisis de biotita por el método k/Ar) que forma parte del complejo batolítico de la sierra de Soconusco y que fue descubierta en la base de una sección localizada en el límite de los estados de Oaxaca y Chiapas.

Se reportan datos de diecisiete muestras de ocho áreas del complejo batolítico de Chiapas que fueran estudiadas por los métodos k – Ar y Rb – Sr. Después de analizar diez muestras del complejo, dichos autores reconocieron una isócrona con edad aparente de  $256 \pm 10$  millones de años, lo cual indica que estas rocas intrusivas se originaron de un mismo magma pérmico, isotópicamente homogéneo derivado tal vez del manto. Asimismo, se mencionan datos no publicados respecto a la parte este de la sierra madre del sur, de Chiapas, que indican actividad plutónica del Carbonífero en esta área; además, consideran que el emplazamiento del batolito de



Chiapas pudo haber estado asociado al cierre del océano Proto – Atlántico de finales del Paleozoico, en el tiempo de la llamada Orogenia Apalachiana. El emplazamiento batolítico debe haber ocurrido en la fase Apalachiana de deformación, y se considera que las rocas metamórficas, afectadas por esta intrusión deben haberse originado en la fase grenviliana del Precámbrico, de acuerdo con los datos radiométricos de muestra de un gneis en Chiapas, así como de las diferentes muestras del complejo basal de Oaxaca con el que han sido correlacionadas estas rocas. Durante el Terciario se inicia, en gran parte de Chiapas y Tabasco, la sedimentación terrígena marina, la cual es producto del levantamiento de la porción occidental de México y el plegamiento de la sierra madre oriental, en tanto que en la península de Yucatán continuaba el depósito de carbonatos en la emersión paulatina de su parte central.

En el subsuelo de la llanura costera del Golfo se desarrollaron dos cuencas Terciarias (Comalcalco y Macuspana) separadas por un alto, formado por el "Horst de Villahermosa", a resultas del fallamiento normal de la nariz del anticlinorio de Chiapas. Este anticlinorio está seccionado por falla normal de pie de la sierra, lo que ha ocasionado su hundimiento en la llanura costera del Golfo.

#### 1.4.3. Clima

La zona de interés se encuentra ubicada en la región geomórfica llamada planicie costera del sureste donde la suma total de las condiciones se traduce en un clima descrito por el sistema de clasificación climática de Köppen para la República Mexicana, modificada por E. García (1982) y tomando en cuenta los datos de la estación meteorológica, el clima predominante en el área del proyecto y regional se presenta por la fórmula Am, que se interpreta como un clima cálido húmedo con



abundantes lluvias en verano, con valor medio anual de la temperatura de 26.9 °C; el valor máximo de la temperatura se registra antes del solsticio de verano, el promedio de la precipitación anual es de 1 973.7 mm.

#### 1.4.4. Hidrografía

La zona se encuentra ubicada dentro de la región hidrológica (RH30) denominada Grijalva - Usumacinta, cuenca (D) Grijalva-Villahermosa, subcuenca (x) Río Samaria.

Una de las características naturales importantes del estado de Tabasco, es su abundante potencial hidráulico, expresado bajo tres sistemas hidrológicos: fluvial, lacustre y litoral.

La abundancia de escurrimiento superficial con distribución aparentemente desordenada, ha dado lugar a la formación de cuerpos de agua de variadas dimensiones, lo mismo que llanuras de inundación.

## 1.4.5. Topografía

La topografía del sitio en estudio es sensiblemente plana, con pendientes que varían de 0 a 2%.

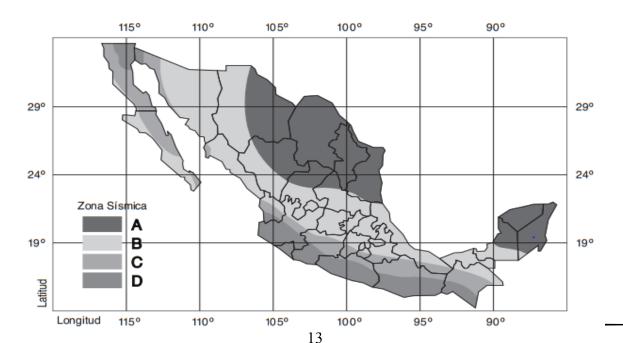
## 1.4.6. Regionalización sísmica

La República mexicana se encuentra divida en cuatro regiones sísmicas, esta zonificación se elaboró para servir de apoyo en el diseño sísmico de estructuras. Dicha clasificación se realizó en base a los registros históricos de la frecuencia de sismos y la intensidad de los mismos, los cuales datan de aproximadamente inicios de siglo. Es decir, estas regiones sísmicas reflejan que tan frecuentes son los

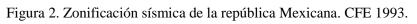


temblores y cuál es la aceleración máxima del suelo que se espera por la acción de las fuerzas sísmicas. Como se mencionó anteriormente, nuestro país se divide en cuatro zonas o regiones sísmicas las cuales son (figura 2):

- Zona A (Baja sismicidad): En esta zona no se han registrados ningún sismo de magnitud considerable en los últimos 80 años, ni se esperan aceleraciones del suelo mayores al 10 % de la aceleración de la gravedad.
- Zona B (Media intensidad): Esta zona es de moderada intensidad, pero las aceleraciones no alcanzan a rebasar el 70% de la aceleración de la gravedad.
- Zona C (Alta intensidad): En esta zona hay más actividad sísmica que en la zona B, aunque las aceleraciones del suelo tampoco sobrepasan el 70% de la aceleración de la gravedad.
- Zona D (Muy alta intensidad): Aquí es donde se han originado los grandes sísmicos históricos, y la ocurrencia de sismos es muy frecuente, además de que las aceleraciones del suelo sobrepasan el 70% de la aceleración de la gravedad.









#### 2. TRABAJOS DE CAMPO

#### 2.1 Exploración y toma de muestras

Con el fin de conocer las características de los materiales que conforman la estratigrafía del subsuelo se realizó un sondeo de exploración geotécnica mediante la prueba de penetración estándar (SPT), para extraer muestras alteradas de suelo (Anexos C, D y E). En la tabla 1 se indica la ubicación del sondeo referido a coordenadas UTM.

Tabla 1. Kilometraje, coordenada del sondeo y profundidad de exploración.

		Coordenada UTM Zona 15Q		
Sondeo	Km	X (m)	Y (m)	Profundidad (m)
SPT-1	25+830.00	513 694.000	1 994 821.000	21.00

#### 2.2 Posición del nivel de aguas freáticas (N.A.F.)

El nivel de aguas freáticas es medido con respecto al nivel de terreno natural, registrado en el mes de febrero de 2018, el cual se presenta en la tabla 2. Este nivel puede variar en las diferentes estaciones del año.

Tabla 2. Profundidad del Nivel de aguas freáticas (N.A.F.)

Sondeo	Profundidad del nivel freático o ubicación del espejo de agua (m)
SPT-1	2.00

#### 3. TRABAJOS DE LABORATORIO

Para determinar las propiedades índice y los parámetros mecánicos (resistencia al esfuerzo cortante y compresibilidad) de las muestras obtenidas en los trabajos de exploración, se llevaron a cabo las siguientes pruebas de laboratorio (Anexo D):



#### 3.1 Pruebas indice

- Contenido de humedad
- Peso volumétrico natural
- Límites de consistencia
- Análisis granulométrico
- Densidad de sólidos

#### 3.2 Clasificación de suelos

Los materiales fueron clasificados de acuerdo a los lineamientos del Sistema Unificado de Clasificación de Suelos (normas ASTM D1140-00, D 4318-05, D 4767-04, D2435-04).

Tabla 3. Normas utilizadas para la realización de los ensayes de laboratorio.

Ensaye	Norma aplicada		
Lusaye	NMX	ASTM	
Identificación de suelos visual y al tacto	NMX-C-416-ONNCCE-2003	D 2487-06	
·		D 2488-06	
Contenido de agua en materiales térreos	NMX-C-416-ONNCCE-2003	D 2216-05	
Límite líquido, plástico e índice de plasticidad	NMX-C-416-ONNCCE-2003	D 4318-05	
Análisis granulométrico por mallas	NMX-C-416-ONNCCE-2003	D 422-63(2007)	
Porcentaje de finos		D1140-00(2006)	
Determinación de la masa específica	NMX-C-416-ONNCCE-2003	D 854-06	



## 4. ESTRATIGRAFÍA Y PROPIEDADES

## 4.1. Sondeo de penetración estándar (SPT-1).

Tabla 4. Resumen de propiedades índice y parámetros del SPT-1.

Profundidad	0.00-3.00	3.00-6.00	6.00-7.20	7.20-8.40	8.40-10.20
Clasificación S.U.C.S.	SP-SM	SP-SM	SW-SM	СН	МН
Consistencia/Dr	COMPACTA	COMPACTA	SUELTA	MUY BLANDA	MEDIA
N	39	38	8	2	8
		Propiedades índic	e		
$\gamma_m$ , $t/m^3$	2.16	2.12	1.99	1.54	1.55
$\gamma_d$ , $t/m^3$	1.95	1.80	1.60	0.93	0.93
W, %	11.07	17.75	24.44	65.24	66.31
L.L., %	N.P.	N.P.	N.P.	53.23	54.49
L.P., %	N.P.	N.P.	N.P.	23.10	35.47
I.P., %	N.P.	N.P.	N.P.	30.13	19.02
C.L., %	N.P.	N.P.	N.P.	12.89	11.78
G, %	0.00	0.00	0,00	0.00	0.00
A, %	89.07	93.23	90,03	11.48	16.02
F, %	10.93	6.77	9.97	88.52	83.98
Ss	2.65	2.64	2.62	2.38	2.42
e, adimensional	0.36	0.47	0.64	1.56	1.60
n, %	26.68	31.81	38.99	60.92	61.49
Gw, %	80.67	100.00	100.00	99.81	100.00
Parámetros de compresibilidad					
Cc, cm <sup>2</sup> /kg	-	-	-	0.65	0.67
Cr, cm²/kg	-	-	-	0.22	0.22
Parámetros elásticos					
Es, kg/cm <sup>2</sup>	137.61	135.07	58.61	24.46	42.81
μ (adim.)	0.25	0.25	0.30	0.50	0.50



Tabla 5. Resumen de propiedades índice y parámetros del SPT-1.

Profundidad	10,20-13,20	13,20-15,60	15,60-17,40	17,40-19,80	19,80-21,00
Clasificación S.U.C.S.	Pt	CL	СН	МН	SM
Consistencia/Dr	MUY BLANDA	FIRME	FIRME	MUY FIRME	MEDIANAMENTE COMPACTA
N	P.P.H.	15	15	28	19
		Prop	iedades índice		
$\gamma_{\rm m}$ , t/m <sup>3</sup>	1.12	1.97	1.83	1.74	1.90
$\gamma_{d,} t/m^3$	0.33	1.50	1.45	1.30	1.46
W, %	241.74	31.99	26.60	33.99	30.10
L.L., %		48.10	51.08	53.92	N.P.
L.P., %		21.60	25.98	32.73	N.P.
I.P., %		26.50	25.10	21.19	N.P.
C.L., %		13.64	13.89	10.95	N.P.
G, %		0.00	0.00	0.00	0.00
A, %		35.55	36.02	44.88	68.46
F, %		64.45	63.98	55.12	31.54
Ss	1.55	2.87	2.35	2.32	2.60
e, adimensional	3.73	0.92	0.63	0.78	0.78
n, %	78.88	48.04	38.48	43.97	43.80
Gw, %	100.00	99.40	99.93	100.00	100.00
		Parámetros	s de compresibilida	ıd	
Cc, cm <sup>2</sup> /kg	2.42	0.31	0.15	0.14	-
Cr, cm²/kg	0.81	0.10	0.05	0.05	-
		Parán	netros elásticos		
Es, kg/cm <sup>2</sup>	21.41	64.22	64.22	103.98	86.65
μ (adim.)	0.50	0.50	0.50	0.50	0.35

\*Fin del sondeo SMT-1.



Los coeficientes Cc y Cr reportados en las tablas de propiedades índice se determinaron de correlaciones empíricas a partir de la relación de vacíos; excepto en muestras inalteradas obtenidas a partir de tubos de pared delgada "Shelby", donde dichos coeficientes se obtuvieron a partir de las gráficas de compresibilidad. Los parámetros elásticos del suelo (Es, µ) en las capas de suelo donde no se extrajo muestras inalteradas, los valores fueron obtenidos a partir de ecuaciones reportadas en la literatura técnica, en función de la compacidad y consistencia de los estratos evaluadas a partir del número de golpes de la prueba de penetración estándar (Ref. 1).



Tabla 6. S I M B O L O G I A				
Dr = Densidad Relativa				
N = Número de Golpes Promedio por Cada Estrato				
γ <sub>m</sub> = Peso Volumétrico Natural				
$\gamma_d$ = Peso Volumétrico Seco				
W = Contenido de Agua				
L.L. = Límite Líquido				
L.P. = Límite Plástico				
I.P. = Índice Plástico				
C.L. = Contracción Lineal				
G = Grava				
A = Arena				
$\mathbf{F} = \text{Finos}$				
Ss = Densidad de Sólidos				
qu = Resistencia a la compresión simple				
Cu= Cohesión del Suelo				
Ø= Ángulo de Fricción Interna				
<b>e</b> <sub>o</sub> = Relación de Vacíos Inicial				
Cc= Índice de Compresibilidad				
n = Porosidad del Suelo				
<b>Gw</b> = Grado de Saturación				
$\mathbf{E_s}=$ Módulo de Elasticidad del Suelo				
μ = Relación de Poisson				



## 5. ANÁLISIS GEOTÉCNICO

#### 5.1. Características del proyecto

Como se mencionó anteriormente, el proyecto consiste en la construcción de la segunda etapa del Libramiento de Villahermosa km 23+700.00 al km 30+600.00, para lo cual se pretende construir una carretera de 4 carriles con sección tipo A4 y un entronque vial. Este estudio considera la revisión de las terracerías del km 25+780.00 al 25+920.00

Durante la visita realizada se observaron fallas en el cuerpo del terraplén de forma longitudinal formando escalones de hasta 1,00 m de altura. Fotografías 1, 2 y 3.



Fotografía 1, 2 y 3. Fallas longitudinales en el subtramo 25+830.00 al 25+900.00 Libramiento VHSA.



Para este tramo se hará una revisión de dos aspectos fundamentales:

- a) La capacidad de carga del subsuelo para garantizar que los esfuerzos que transmite las estructuras no rebasen la capacidad de sustentación o de soporte del terreno de apoyo.
- b) Las deformaciones que producirán las sobrecargas, evaluadas en términos de hundimientos o asentamientos, deberán estar dentro de rangos tolerables para las propias estructuras.

Además, en este punto se describirán los criterios empleados en los análisis geotécnicos para determinar la capacidad de carga del suelo de soporte, así como los asentamientos, que permitirá conocer el comportamiento de la estructura.

#### 5.2. Esfuerzos originados por el peso del terraplén

Del km 25+780.00 al 25+920.00 se consideró que el terraplén tendrá un ancho de corona de 21.00 m y una altura promedio de 4.50 m de acuerdo al proyecto, sin embargo, durante el sondeo de penetración estándar se midió un espesor de 7.00 m aproximadamente, además para alcanzar nuevamente la cota de proyecto se deberá considerar material de relleno adicional, siendo en la zona de mayor descenso de 1.00 m. Por lo que se está considerando un relleno de 8.00 m de espesor aproximadamente.

Además, se consideró un peso volumétrico  $\gamma_m$ =1.87 t/m³, correspondiente al material con su humedad óptima para conformar el terraplén. Con estos datos se calcula un esfuerzo a nivel de desplante de 15.00 t/m².

## 5.3. Capacidad de carga del terreno de cimentación.



La capacidad de carga se determinó considerando el criterio para cimentaciones superficiales; el cual se considera que el cuerpo del terraplén se desplanta superficialmente sobre el terreno natural.

Con la finalidad de verificar el estado límite de falla del terreno superficial en el que se apoya el terraplén, se evaluó **la capacidad de carga admisible empleando la Teoría de Vesic para suelos cohesivos**, tomando en cuenta que el terreno de cimentación está constituido por arcillas y limos de alta plasticidad de consistencia muy blanda con materia orgánica de 3.00 m de espesor y subyaciendo a este se encontró un estrato puramente de materia orgánica Pt de 3.00 m de espesor de igual manera.

En el cálculo se empleó un factor de seguridad  $\mathbf{F}\mathbf{s} = \mathbf{3}$ , el cual se eligió tomando en cuenta la caracterización del subsuelo, la heterogeneidad de los materiales, la estratigrafía, la resistencia del terreno y la importancia de la obra. En el cálculo de la capacidad de carga admisible se utilizó la ecuación 1.

$$q_{admisible} = \frac{Cu N_c}{Fs} + \gamma'_m * D_f$$

Dónde:

q admisible = capacidad de carga admisible del terreno de cimentación

Cu = cohesión del suelo = 2.50 t/m<sup>2</sup> (Promedio de cohesiones obtenidas del número de golpes registrado en los estratos ubicados entre el nivel de terreno natural y una profundidad de 6.00 m, correspondientes a la zona crítica de falla).

Nc = Factor de capacidad de carga = 5.14

 $\gamma$ 'm Df = presión efectiva a nivel de desplante

De acuerdo al cálculo realizado se obtuvo el siguiente resultado:



Tabla 7. Capacidad de carga del terreno de cimentación.

Sondeo	$q_{adm} = (t/m^2)$	q <sub>adm</sub> (kPa)
SPT-1	3.50	34.33

Con los datos anteriores se obtuvo una capacidad de carga admisible del terreno superficial q <sub>adm</sub>= 3.50 t/m<sup>2</sup>, que es de magnitud mucho menor que los esfuerzos que transmite el terraplén al terreno de cimentación de 15.00 t/m<sup>2</sup>.

De acuerdo a los resultados de la exploración geotécnica, los estratos subyacentes al terraplén de relleno son suelos con alto contenido de materia orgánica que no representan ninguna resistencia al esfuerzo cortante, por lo que si consideramos que las fallas se presentaron cuando el terraplén de relleno tenía una altura de aproximadamente 2.00 m transmitiendo una sobrecarga de 3.70 t/m²; la turba tiene una resistencia última menor al esfuerzo transmitido por el terraplén antes de la falla; de tal forma que las fallas observadas en el terraplén son debidas a la falta de capacidad portante del suelo presentando bufamientos alrededor del terraplén (debido al material de relleno que se encuentra en la orilla del talud no es observable) y debidas a las deformaciones excesivas de los suelos blandos superficiales así como la materia orgánica (turba) que son suelos altamente compresibles. Lo anterior significa que el terreno natural por sí mismo no puede soportar los esfuerzos originados por la sobrecarga del terraplén. (Fotografía 4).





Fotografía 4. Mecanismo de bufamiento del terreno que pudiera propiciar falla por capacidad de carga en el subtramo 25+830.00 al 25+920.00

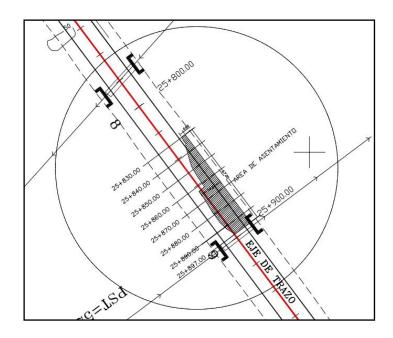




Figura 3. Área afectada por el mecanismo de falla en el subtramo 25+830.00 al 25+920.00

#### 5.4. Análisis de asentamientos por consolidación primaria.

Se evaluaron las deformaciones que sufrirá el terreno de cimentación por la sobrecarga que transmitirá el cuerpo de terraplén al subsuelo. Este análisis se realizó considerando la columna estratigráfica en la zona donde se realizó el sondeo y con apoyo del programa SAF-1 (Settlement Analysis Foundation, Ref. 2) y los datos de compresibilidad obtenidos de las pruebas de laboratorio realizadas a las muestras del sondeo (Anexo D). En los estratos de suelo fino donde no se recuperaron muestras inalteradas, dichos parámetros se determinaron a partir de correlaciones empíricas reportadas en la literatura técnica (Braja M. Das, 2006, Ref. 3), utilizando las propiedades índice obtenidas en los ensayos de laboratorio.

El análisis de asentamientos por consolidación primaria, se realizó aplicando la teoría de Terzaghi para suelos finos compresibles; el asentamiento se calculó con la expresión que se presenta a continuación:

$$\delta_{c} = \left(\frac{Cc}{1 + e_{o}}H\right) \log_{10}\left(\frac{\sigma'_{V} + \Delta\sigma}{\sigma'_{V}}\right)$$

Dónde:

 $\delta_c$  = Asentamiento por consolidación primaria, en cm.

 $\sigma'_{v}$  = Presión efectiva inicial al centro del estrato analizado, en kg/cm<sup>2</sup>.

 $\Delta \sigma$  = Presión efectiva considerando la sobrecarga al centro del estrato analizado, en kg/cm<sup>2</sup>.

Cc = Índice de compresibilidad, en cm<sup>2</sup>/kg.

H = Espesor del estrato analizado, en cm.

e<sub>o</sub> = Relación de vacíos inicial.



De acuerdo a los cálculos realizados se obtuvo el siguiente valor de asentamientos; en la tabla no. 8 se consignan los resultados obtenidos.

Tabla 8. Asentamientos por consolidación primaria

Presión de desplante (t/m²)	Punto de análisis	Asentamiento por consolidación primaria δ <sub>c</sub> (cm)
15.00	Centro	259.78
15.00	Hombro	246.98

Debido a que el terreno de soporte no tiene la capacidad de carga necesaria para resistir el peso de las terracerías; se presentan dos alternativas de solución para desplantar el terraplén de relleno.



# 6. ALTERNATIVAS SOLUCIÓN PARA EL SUBTRAMO 25+780 AL 25+920.00

En este estudio se presentan dos alternativas solución para el caso del subtramo comprendido entre el km 25+830.00 al 25+900.00 Las dos alternativas son solución son las siguientes:

- 1. **Mejoramiento de suelos**: el cual considera refuerzo del terraplén mediante geosintéticos, capa de suelo-cemento con un espesor de 50 cm e inyección de consolidación en los estratos compresibles para disminuir la magnitud de los asentamientos generados por la sobrecarga de las terracerías.
- 2. Construcción de un puente vehicular de 120.00 m de longitud y cuatro claros de 30.00 m cada uno.

## 6.1 Propuestas de mejoramiento de suelo (Alternativa No. 1).

#### 6.1.1 Mejoramiento del material de relleno con suelo-cemento.

Este mejoramiento se propone de un espesor de 50 cm a partir del nivel de desplante. Esta capa será de una mezcla de suelo-cemento al 6% en peso del material.

El suelo-cemento es la mezcla íntima y homogénea de suelo pulverizado con determinadas cantidades de cemento portland y agua, y que luego de compactado, se obtienen densidades altas; y curado, para que se produzca un endurecimiento más efectivo. Además, se obtiene un nuevo material resistente a los esfuerzos de compresión, prácticamente impermeable, termo aislante y estable en el tiempo.



## 6.1.2 Inyección de consolidación bajo las capas compresibles del subsuelo.

Cuando se tienen que desplantar estructuras en terrenos de cimentación de pobre calidad, constituidos por depósitos de suelos muy compresibles o en estado suelto, existen dos alternativas de solución: a) bajar las cargas a estratos más resistentes ubicados a mayor profundidad mediante cimentaciones profundas y/o b) mejorar el terreno de apoyo mediante alguna técnica o proceso constructivo.

#### 6.1.2.1 Tipos y propósitos de la inyección

Actualmente el proceso constructivo de inyección tiene múltiples aplicaciones y se puede utilizar para reducir la permeabilidad del terreno, aumentar su capacidad portante o resistencia y/o disminuir su deformación. En general los procedimientos de inyección se pueden clasificar desde el punto de vista geotécnico en alguno de los siguientes tipos, en función del fin que se persigue:

- Inyección de impermeabilización o sellado. Para reducir la permeabilidad y el flujo de agua en depósitos aluviales mediante pantallas de inyección, utilizadas comúnmente en cimentaciones de presas de tierra y enrocamiento.
- Inyección de contacto. Con el fin de llenar los huecos o vacíos existentes entre estructuras de contención y el terreno circundante, por ejemplo en túneles.
- Inyección de consolidación. Tiene por finalidad disminuir la compresibilidad o deformabilidad del terreno inyectado.
- Inyección de compactación. Para incrementar o restaurar la capacidad de carga de un suelo bajo una cimentación existente, inyectado a presión una mezcla de cemento



de alta consistencia para formar un bulbo que comprime y compacta el terreno (Keller, 2010).

# 6.1.2.2 Mejoramiento del terreno de cimentación bajo los terraplenes en el subtramo del km 25+780.00 al 25+920.00

La propuesta de mejoramiento de los estratos compresibles subyacentes al área de desplante de los terraplenes de acceso, tiene por finalidad disminuir y uniformizar los asentamientos futuros que se presentarán por la consolidación primaria en los suelos compresibles que incluyen arcillas, limos y turbas, y evitar que se incrementen aún más los asentamientos diferenciales provocados por la variación en las presiones y el espesor y características de los estratos que integran el subsuelo en el área de estudio.

Los análisis de capacidad de carga indican que el terreno de cimentación no puede soportar los esfuerzos que transmite los terraplenes, además las capas de material arcilloso, limoso y turbas experimentarán asentamientos por consolidación primaria del orden de 260 cm en las zonas de mayor presión; en la tabla 9 se consignan los valores de asentamientos teóricos calculados en diferentes puntos del área cargada por los terraplenes.

Tabla 9. Resumen de asentamientos teóricos al concluir la consolidación primaria

Presión de desplante (t/m²)	Punto de análisis consolidació	
15.00	Centro	273.74
15.00	Hombro	260.70



Debido a lo anterior se propone el mejoramiento de las capas de suelos finos compresibles mediante el proceso constructivo de inyección de consolidación utilizando lechadas a base de agua-cemento-bentonita utilizando la técnica Soletanche (tubería de manguitos). El procedimiento de inyección plantea la necesidad de mejorar las capas de material compresible ubicadas a profundidades entre 5.00 y 18.00 m.

#### 6.1.2.3 Proyecto de inyección de consolidación

#### 6.1.2.3.1 Objetivos y metas

Este proyecto tiene como objetivo la incrustación de láminas verticales radiales elaboradas a base de lechada (agua-cemento-bentonita). Las láminas radiales serán inyectadas a presión en las capas compresibles (arcillas, limos y turbas) ubicadas a diferentes profundidades, utilizando la técnica de Soletanche mediante tubería de manguitos (Pérez J., 2010), instaladas en las diferentes perforaciones realizadas para efectuar el proceso de inyección. El proceso constructivo de inyección tiene la meta de mejorar el comportamiento de los estratos finos compresibles reduciendo sus asentamientos futuros a valores aceptables, e incrementado sus características de rigidez.

#### 6.1.2.3.1 Actividades del proceso de invección

Para llevar a cabo el proceso de inyección de consolidación se requiere efectuar las siguientes actividades:

- Determinación de las propiedades de compresibilidad de los suelos arcillosos naturales.
- Selección de la lechada de inyección.



- Propuesta de las propiedades de compresibilidad de los suelos arcillosos inyectados.
- Determinación de los porcentajes y volúmenes de inyección.
- Proceso constructivo de inyección.

# 6.1.2.4 Determinación de las propiedades de compresibilidad de los suelos compresibles naturales

El primer paso para diseñar el proceso de inyección de consolidación consiste en la determinación de las propiedades de compresibilidad de los materiales finos naturales a tratar, incluyendo los siguientes parámetros (tabla 10):

Tabla 10. Parámetros de compresibilidad de los materiales finos en el subsuelo.

Profundidad (m)		Cc (cm²/kg)	e <sub>o</sub>	Mv (cm²/Kg)	ks (Kg/cm²)
7.20	8.40	0.53	1.56	0.21	4.83
8.40	10.20	0.55	1.60	0.21	4.72
10.20	13.20	2.42	3.73	0.51	1.96
13.20	15.60	0.21	0.92	0.11	9.16
15.60	17.40	0.21	0.63	0.13	7.74
17.40	18.00	0.14	0.78	0.08	12.71
18.00	19.80	0.14	0.78	0.08	12.71
19.80	21.00	INCOMPRESIBLE			

Nota: Cc= índice de compresibilidad; e = relación de vacíos;  $m_{vs}$  = coeficiente de variación volumétrica; Ks = rigidez del suelo

## 6.1.2.5. Selección de la lechada de inyección.

Para lograr el objetivo planteado de uniformizar asentamientos en toda el área de los terraplenes de acceso, se seleccionó una lechada de resistencia a la compresión simple qu = 20 kg/cm², cuya dosificación y propiedades se detallan en la siguiente tabla.

Tabla 11. Dosificación y características de la lechada de inyección.

Dosificación por m	de agua	Resistencia	Viscosidad	Peso	Rigidez



Agua (l)	Cemento (kg)	Arena (kg)	Bentonita (kg)	qu (kg/cm <sup>2</sup> )	(s)	vol. (t/m³)	(kg/cm <sup>2</sup> )
1000	550	0	70	20	38	1.42	360

# 6.1.2.6. Propuesta de las propiedades de compresibilidad de los suelos arcillosos y limosos inyectados.

Una vez seleccionado el mortero de inyección, el paso siguiente fue determinar el índice de compresibilidad Cc que deberá tener el suelo inyectado para aumentar su rigidez kp y por ende reducir su deformación.

Para mejorar el subsuelo donde se desplantará el terraplén, se seleccionó un índice de compresión Cc=0.037 cm²/kg correspondiente a una rigidez kp = 26.94 kg/cm², para los estratos arcillosos, limosos y turbas mejorados por el proceso constructivo de inyección, ubicados a profundidades entre 7.20 y 18.00 m y para mejorar el subsuelo donde se desplantó el terraplén del camino.

#### 6.1.2.7 Determinación de los porcentajes y volúmenes de inyección

Para calcular el porcentaje del mortero (R) para el mejoramiento del terreno de cimentación bajo los terraplenes de acceso y determinar el volumen de inyección expresado como porcentaje del volumen de los estratos de suelos a mejorar, se utilizó el Modelo de Rigidez Ponderada desarrollado por el Prof. Enrique Tamez (Santoyo E. y Ovando E., 2002), el cual se basa en las rigideces del material arcilloso natural (ks), del mismo material ya mejorado (kp) y del mortero seleccionado a inyectar (km), todos ellos relacionados entre sí mediante la siguiente fórmula:

$$Kp = Ks(1-R) + R(km)$$



La fórmula anterior cumple las dos condiciones de frontera fundamentales siguientes:

- a) Sí el porcentaje de inyección R = 0%, es decir que no se inyecta mortero, la rigidez del material tratado kp es igual a la rigidez del suelo natural ks.
- b) Sí el porcentaje de inyección R = 100%, es decir que el volumen de mortero sustituye completamente al suelo natural, entonces la rigidez del material tratado kp es igual a la rigidez del mortero km.

La rigidez natural del limo obtenida a partir de su módulo de compresibilidad volumétrica mv<sub>s</sub> se evaluó en Ks=5.68 kg/cm<sup>2</sup> para los depósitos compresibles; para uniformizar los asentamientos en toda el área se requiere que los suelos limosos, arcillosos y turba lleguen a una rigidez de Kp=26.94 kg/cm<sup>2</sup>; es decir de 4 a 5 veces mayor que su valor actual, inyectándola con porcentajes de lechada con una rigidez km=360 kg/cm<sup>2</sup>.

Para lograr el objetivo planteado de uniformizar asentamientos en toda el área de los terraplenes de acceso, se seleccionó un mortero de resistencia a la compresión simple qu = 20 kg/cm<sup>2</sup>, cuya dosificación y propiedades se consignaron detalladamente en la tabla 11.

A partir de los valores anteriores, y tomando como base la rigidez del mortero km = 360 kg/cm², se determinó el porcentaje de inyección "R" bajo toda el área del km 25+780.00 al 25+920.00, cuyo valor resultó de 6%, en las zonas de mayor presión y mayores asentamientos. Se determinó también el volumen de mortero de inyección para el mejoramiento del terreno (tabla 12). Cabe aclarar que este volumen de lechada puede variar dependiendo de los espesores reales de los estratos finos



compresibles que se registren en cada punto de perforación.



Tabla 12. Porcentaje y volumen de inyección

Km	Superficie (m²)	Profundidad inyección (m)	Espesor inyección (m)	Volumen suelo (m³)	% Inyección	Vol. inyec. (m³)
25+780.00 al 25+920.00	4 705.00	5.00 – 18.00	13.00	61 167.00	6.00	3 670.00
Total a inyectar =					3 670.00	

#### 6.1.2.8. Análisis del comportamiento futuro esperado.

Coma ya se ha mencionado en repetidas ocasiones, la meta es reducir y uniformizar los asentamientos "8" por consolidación primaria que se presentarán en los estratos compresibles localizados en el subsuelo de los terraplenes de relleno. Para el terraplén de relleno el asentamiento teórico por consolidación primaria en el centro será del orden de 273.74 cm; una vez efectuado el proceso constructivo de inyección se reducirá la deformación del subsuelo a un valor de 16.16 cm. Para el hombro, los asentamientos teóricos por consolidación primaría serán del orden de 260.70 cm, cuya magnitud se reducirá a 15.15 cm una vez efectuado el proceso de inyección.

Podemos concluir que el proceso de inyección propuesto reducirá los asentamientos futuros esperados por consolidación primaria de los estratos compresibles bajo los terraplenes de acceso a valores aceptables.

En la tabla 13, se muestra el análisis de asentamientos para un suelo mejorado con inyección de consolidación.

Tabla 13. Resumen de asentamientos de un suelo mejorado con inyección.

Presión de desplante (t/m²)	Punto de análisis	Asentamiento de un suelo mejorado con inyección δ <sub>sm</sub> (cm)
15.00	Centro	16.16
	Hombro	15.15



# 6.2 Refuerzo del terraplén mediante la colocación de geomalla y geotextil.

Debido a que los terraplenes de relleno del aproche tienen forma trapezoidal, se requiere que la transmisión de esfuerzos a la masa del suelo sea uniforme, por lo que para el desplante del terraplén se deberá conformar una plataforma de transferencia de carga a nivel de desplante.

La plataforma de transferencia de carga es aplicable para toda el área del terraplén de relleno y consiste en la colocación de geotextil no tejido y capas de geomalla con la finalidad de que el geotextil encapsule el relleno a colocar y la geomalla reduzca la transmisión de esfuerzos en la masa del suelo reduciendo y uniformizando los asentamientos debido al fenómeno de consolidación de los suelos generado por la sobrecarga del terraplén de relleno.

# 6.2.1 Capacidad de carga con refuerzo.

Para determinar la capacidad de carga con refuerzo se utiliza la siguiente expresión, teniendo en cuenta las siguientes consideraciones; el análisis considera el número y profundidad del refuerzo, el cual se mide con respecto al nivel de terreno natural.

$$Qr = (1 + \frac{T}{(\frac{q_{adm}}{N}) * (A1 * B - A2 * H)}) * q_{adm}$$

Dónde:

Qr = capacidad de carga con refuerzo

q <sub>adm</sub> = capacidad de carga admisible sin refuerzo

N = número de refuerzo

H = profundidad del refuerzo.



B = ancho del terraplén (1 m).

T = tensión del elemento.

A1, A2 = en función de H/B

Tabla 9. Capacidad de carga con refuerzo

$q_{adm}$ $(t/m^2)$	Número do	$\frac{Qr}{(t/m^2)}$	
(sin refuerzo)	Geotextil	Geomalla	(con refuerzo)
3.50	1.00	3.00	7000

# 6.3 Construcción de un puente vehicular en el subtramo 25+780 al 25+920 (Alternativa No. 2).

Como segunda alternativa solución se considera la construcción de un puente vehicular en el subtramo del km 25+780.00 al 25+900.00. La estructura se puede considerar de 120.00 m de longitud con cuatro claros de 30.00 m de longitud, con ancho de corona 21.00 m, cimentado a base de elementos de cimentación profunda. (pilas de cimentación). La finalidad de la estructura es librar el subtramo 25+830.00 al 25+900.00.

## 6.3.1 Capacidad de carga en cimentaciones profundas.

Para transmitir las cargas de la estructura al subsuelo, todos los apoyos deberán transmitir sus cargas mediante elementos de cimentación profunda (pilas de cimentación).

Para determinar la capacidad de carga individual por adherencia lateral y punta, se utilizó como criterio de diseño Normas Técnicas Complementarias del Distrito Federal (NTCDF), ref. 2.



## 6.3.1.1 Capacidad de carga a compresión

#### Criterio de Análisis

El mecanismo de transferencia de carga al suelo se ha considerado utilizando el criterio de la adherencia del suelo con el fuste de la pila y la resistencia a la penetración por punta en el estrato de apoyo; para esta revisión se consideró el número de golpes para hincar los 30 cm intermedios del penetrómetro utilizado durante la prueba de penetración estándar.

La capacidad de carga R de una pila se considerará igual a la suma de la capacidad de carga por adherencia lateral y de la capacidad de carga por punta, consideradas en forma separada y afectadas respectivamente por un factor de reducción.

De acuerdo a las siguientes expresiones:

$$R = C_f + C_p$$
 y  $R_{efec.} = R - W$ 

Dónde:

R = Capacidad de carga admisible, en t.

 $R_{efec.}$  = Capacidad de carga efectiva, en t.

C<sub>f</sub> = Capacidad de carga admisible por adherencia lateral, en t.

 $C_p$  = Capacidad de carga por punta, en t.

W = peso de la pila, en t.

# 6.3.1.1.1 Capacidad de carga por adherencia lateral Cf.

Se propone calcular la capacidad de carga admisible por adherencia lateral de una pila de fricción individual bajo esfuerzos de compresión en suelos cohesivos con la siguiente expresión:

$$C_f = A_L f F_R$$



#### Dónde:

C<sub>f</sub> - capacidad de carga admisible de una pila por adherencia lateral, en t.

A<sub>L</sub> - área lateral del fuste de la pila, en m<sup>2</sup>.

f – es la adherencia lateral media pila-suelo, en t/m²; y

F<sub>R</sub>- se tomará igual a 0.70, excepto para pilotes hincados en perforación previa.

En el cual: 
$$f = \alpha C_u + K \sigma'_v * tan (\delta)$$

Dónde:

 $\alpha$  = Factor de adherencia. Adimensional

Cu = Cohesión del estrato determinado de la prueba Tuu, o mediante correlación con el número de golpes N de la prueba SPT, t/m<sup>2</sup>.

K =Coeficiente de empuje de tierras en reposo. K = 1-sen  $\phi$ .

φ= Ángulo de fricción interna del suelo, °.

 $\sigma'_{v}$  = Esfuerzo efectivo en el estrato de análisis, t/m<sup>2</sup>.

 $\delta$  = Ángulo de fricción entre el suelo y la pila, en (°).

El método hace las siguientes consideraciones:

- Para suelos cohesivos blandos la adherencia pila suelo se considera igual a la cohesión media del suelo. No obstante, al no tener materiales cohesivos de consistencia blanda no se tomará en cuenta esta consideración por lo que se considerará como la cohesión afectada por un factor α=0.50 y para el caso de suelos friccionantes la adherencia será aportada por el esfuerzo efectivo.
- En caso de recurrir a perforación previa total, el factor de reducción F<sub>R</sub> se reducirá multiplicando el valor aplicable por la relación (1-0,4D<sub>perf</sub>/D<sub>pil</sub>) donde D<sub>perf</sub> y D<sub>pil</sub> son el diámetro de la perforación previa y el diámetro de la pila.

# 6.3.1.1.2 Capacidad de carga por punta Cp.



**Pilas.** Se considera que la pila quedará apoyada en un estrato resistente, con por lo menos 50 golpes para penetrar los 30 cm intermedios del penetrómetro de la prueba de penetración estándar y un espesor de dicho estrato de 5.00 m como mínimo.

La capacidad de carga admisible por punta de una pila Cp, se estimará tomando en cuenta que el estrato de apoyo es puramente cohesivo o puramente friccionante.

Para suelos cohesivos:

$$C_p = (C_u N_c F_R + \sigma'_v) A_p$$

Para suelos friccionantes:

$$C_p = (\sigma_v N_q F_R + \sigma'_v) A_p$$

Dónde:

 $C_p$  - es la capacidad de carga admisible por punta, en t.

 $C_u$  - es la cohesión aparente del suelo de apoyo, determinada de ensaye triaxial noconsolidado no drenado UU.

Nc, es el coeficiente de capacidad de carga definido en la tabla 29.

Tabla 10. Coeficiente Nc\*

φ	0°	5°	10°
Nc*	7	9	13

φ – Es el ángulo de fricción interna del suelo, (°).

Nq\*, es el coeficiente de capacidad de carga definido por:

Tabla 11. Valor de Nmáx y Nmín para el cálculo de Nq\*.

ф	20°	25°	30°	35°	40°
N máx	12.50	26.00	55.00	132.00	350.00
N mín	7.00	11.50	20.00	39.00	78.00



 $Nq* = Nmin + Le (Nmáx-Nmin)/ 4B tan (45°+<math>\varphi$ /2)

Cuando Le/B $\leq$  4 tan (45°+  $\varphi$ /2); o bien

Nq\* = Nmáx

Cuando Le/B> 4 tan  $(45^{\circ}+ \phi/2)$ ;

Le - es la longitud de la pila/pilote empotrada en el estrato resistente.

**B** - es el ancho o diámetro equivalente.

Φ - es el ángulo de fricción interna.

F<sub>R</sub>- factor de reducción, el cual se toma igual a 0.35.

 $\sigma'_{v}$ - esfuerzo vertical efectivo, en t/m<sup>2</sup>.

Ap - es el área transversal de la base de la pila, en m².

Además, el método hace la siguiente consideración:

Para el caso de pilas o pilotes de más de 50 cm de diámetro, la capacidad calculada deberá corregirse para tomar en cuenta el efecto de escala en la forma siguiente:

a) Para suelos friccionantes, multiplicar la capacidad de carga por el factor

$$F_{re} = \left(\frac{B + 0.5}{2B}\right)^n$$

Donde;

B, es el diámetro de la base de la pila (B > 0.50 m)

N, es un exponente igual a 0 para suelo suelto, 1 para suelo medianamente denso y 2 para suelo denso.

b) Para suelos cohesivos, multiplicar la capacidad de carga por el factor

$$F_{re} = \left(\frac{B+1}{2B+1}\right)$$



# 6.3.1.1.3 Fricción superficial negativa Cfneg.

Con un diseño convencional y el enfoque tradicional, una cimentación de pilas de fricción se diseñaría de tal manera que éstos soportasen la carga total de la estructura, ignorando un sobrepeso causado por la fricción negativa.

El movimiento relativo entre el pilote y el suelo produce esfuerzos cortantes a lo largo de la interfase pila-suelo, pila-estructura y suelo-suelo. Este movimiento puede ser inducido por una carga en la cabeza de la pila. Dicha carga lo puede presionar dentro de la masa de suelo, o de extraerlo de él, como se indica en la figura 4.

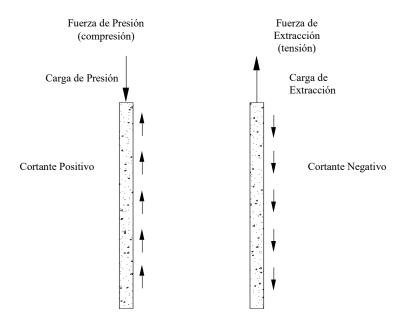


Figura 4. Esquema de Tensiones y Compresiones

Por definición, si el movimiento de la pila es de presión, el esfuerzo cortante inducido a la pila es la extracción del suelo, es decir la dirección del cortante es positiva. Si el movimiento de la pila es de extracción del suelo, la dirección del esfuerzo cortante es negativa.



Cuando un depósito de suelo está sujeto al abatimiento piezométrico debido a la extracción de agua, o soporta rellenos recientes y otras estructuras que sobrecargan a la superficie o se presenta reconsolidación de los estratos limosos o arcillosos alrededor de los pilotes o pilas, se generan fuerzas que tienden a aumentar la carga sobre los pilotes o pilas. A este fenómeno se le conoce como fricción negativa.

Zeevaert (Ref. 4) propone la siguiente expresión para determinar la capacidad de carga de pilas que estarán sujetas a cargas por fricción negativa:

$$R_{efec.} = R - Cf_{neg} - W$$

Para el subtramo del km 25+780 al km 25+920, se consideró que este fenómeno se hará presente, debido a las capas de suelos finos arcillosos, limos y turbas de consistencia blanda, encontrados durante la exploración geotécnica en campo.

Para calcular la fuerza de arrastre a la cual estarán sometidas las pilas de cimentación se aplicó la siguiente ecuación:

$$Cf_{neg} = FcCf$$

Dónde:

 $Cf_{neg}$  fuerza de arrastre, en t.

 $C_f$  fuerza lateral debido a interacción suelo-pila, considerando que es de la misma magnitud que la capacidad de carga por adherencia lateral, en t.

Fc factor de carga, adimensional. (Unitario).

La profundidad neutra puede darse como (Bowles, 1982):

$$L_{1} = \frac{(L - Hf)}{L_{1}} \left[ \frac{L - H_{f}}{2} + \frac{\gamma_{R} H_{f}}{\gamma_{m}} \right] - \frac{2\gamma_{R} H_{f}}{\gamma_{m}}$$



#### Dónde:

L<sub>1</sub> profundidad del eje neutro, en m.

H<sub>f</sub> Altura máxima del terraplén de relleno, en m.

 $L = H_f + D_f$ , altura del terraplén de relleno más profundidad de desplante de la pila, en m.

γ peso volumétrico de la capa de arcilla/limo, en t/m³.

 ${\color{blue} \gamma}_{R}$  peso volumétrico del material de relleno, en  $t/m^3$ .

Además de calcular la profundidad del eje neutro y calcular la fuerza de arrastre, se tomó en cuenta los límites de consistencia para determinar el comportamiento de las capas de suelo fino. Es decir, se consideró que solo generarán fuerza de arrastre los suelos finos con  $LP \le W\% \le LL$  (Rango plástico) y con  $W \ge LL$  (fluido viscoso).

Tomando en cuenta estos criterios de diseño y estas consideraciones se determinó la siguiente capacidad de carga a compresión para pilas de concreto de sección circular. En la tabla 12 se muestra los resultados de la capacidad de carga individual de la pila por ambas formas de trabajo.

Tabla 12. Capacidad de carga a compresión.

Profundidad		Peso de	_	d de carga ible (t)	Fricción negativa (t)	Capacidad de carga efectiva (t)
de desplante (m)	Diámet ro (m)	la pila W (t)	Fricción Cf	Punta Cp	Fricción Cf <sub>neg.</sub>	$\begin{aligned} & Compresi\'on \\ & R_{efe} = Cf + Cp - \\ & W - Cf_{neg} \end{aligned}$
40.00	1.20	108.57	266.83	465.57	80.30	543.53

Nota: Para calcular la capacidad de carga se tomó en cuenta la estratigrafía del sondeo SMT-3, reporta en el estudio con folio TECNO-018-2017 (Libramiento 2da. Etapa. Troncal).



#### 6.3.2 Asentamiento individual de pilas.

El asentamiento unitario del pilote se determinó utilizando el Método de Vesic, propuesto en el Manual de cimentaciones profundas (Ref. 22):

$$\mathcal{S} = \left(\frac{\mathcal{S}_p \cdot C_p}{B \cdot q_{up}}\right) + \left(\frac{\mathcal{S}_S \cdot C_f}{L_s \cdot q_{up}}\right) + \left(\frac{(C_p + \alpha_s \cdot C_f)L}{A_p \cdot E_p}\right)$$

Dónde:

S= asentamiento total, cm.

Cp = Carga admisible en la punta del pilote.

Cf = Carga admisible en el fuste del pilote.

B = Diámetro del pilote, cm.

 $\delta_p$  = Coeficiente empírico de punta dado en la tabla 3.13, ref. 22.

 $\delta_s$  = Coeficiente empírico de fricción dado por la siguiente ecuación.

$$\delta_{\rm s} = 0.93 + \left[0.16 * \sqrt{\frac{L_{\rm S}}{B}} * C_p\right]$$

 $q_{up}$  = Capacidad de carga última por punta.

L<sub>s</sub> = Longitud del pilote donde actúa la fricción lateral

 $\alpha_s$ = coeficiente que depende de la distribución de la fricción lateral a lo largo de la pila.

E<sub>p</sub> = Módulo de elasticidad del material de la pila.

De acuerdo a los cálculos obtenidos se determinaron los siguientes asentamientos mostrados en la siguiente tabla, considerando la presión ejercida por la capacidad de carga del elemento.

Tabla 13. Asentamiento elástico en pilas de cimentación.

Sondeo	Profundidad de desplante	Asentamiento elástico δi (cm)
	Df (m)	Diámetro de la pila (m)



		1,20
SMT-3	40.00	2.48

#### 7. PROCEDIMIENTO CONSTRUCTIVO.

## 7.1 Reforzamiento de los terraplenes de relleno con geomallas.

Se recomienda la colocación de una capa de geotextil y tres capas de geomalla triorientada del km 25+780.00 al km 25+920.00, posterior al retiro del material de relleno y antes de iniciar la conformación del cuerpo de terraplén; este procedimiento permitirá confinar el material de relleno, evitar su contaminación con el material del terreno natural y reforzar el desplante del mismo. Además, se recomienda que los primeros 50 cm de relleno a partir del nivel de desplante sean a base de suelo-cemento al 6% en peso del material. Se recomienda colocar los geosintéticos con las siguientes características (figura 5):

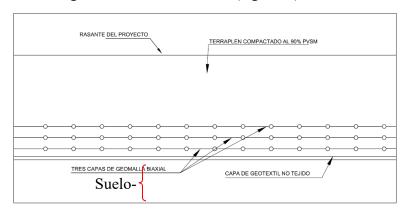


Figura 5. Reforzamiento del cuerpo de terraplén de relleno con geomallas



#### Geomalla Biaxial BX1200:

Indice de propiedades	Unidades	Valores MD <sup>1</sup>	Valores XMD <sup>1</sup>
Dimensiones de abertura <sup>2</sup>	mm	25	33
Grosor de costilla mínimo²	mm	1.27	1.27
Límite de resistencia a la tracción @ 2% de tensión³	kN/m	6.0	9.0
Límite de resistencia a la tracción @ 5% de tensión³	kN/m	11.8	19.6
Límite de resistencia a la tracción pico <sup>3</sup>	kN/m	19.2	28.8
Integridad estructural			
Eficiencia de junta⁴	%	93	
Rigidez flexural⁵	mg-cm	750,000	
Estabilidad de abertura⁵	m-N/deg	0.65	
Durabilidad			
Resistencia a daños de instalación <sup>7</sup>	%SC/%SW/%GP	95 / 93 / 90	
Resistencia a la degradación a largo plazo <sup>8</sup>	%	100	
Resistencia a la degradación UV <sup>9</sup>	%	100	

#### **ENTREGA Y DIMENSIONES**

La rejilla biaxial será entregada en el sitio de trabajo en forma de rollo, correctamente identificados, Los rollos presentan medidas de 50 m de longitud por 4m de ancho. La carga por camión puede ser desde 160 a 210 rollos.

#### NOTAS:

- A no ser que se indique de otra manera, los valores determinados son el promedio mínimo determinado conforme a ASTM D4759. La columna etiquetada "valores de MD" representa el resultado de pruebas del producto en la Dirección de la Máquina. La columna etiquetada "valores de XMD" representa el resultado de pruebas del producto en Direcciones Cruzadas de la Máquina.
- Dimensiones nominales.
- 3. Resistencia verdadera de elongación cuando es sujetado en un principio con una carga determinada conforme a ASTM D6637 sin deformar los materiales de prueba bajo carga antes de la medición de tal resistencia o empleo "de secante" o los métodos de tangente "de compensación" de medida de las propiedades exageradas extensibles.
- Capacidad de transferencia de carga determinada conforme a GRI-GG2-87 y expresada como un porcentaje de límite de resistencia a la última tracción.
- 5. La resistencia a la fuerza que se dobla determinada conforme a ASTM D5732, usando los especimenes de anchura, dos costillas amplias, con el rubor de corte de costillas transversal con los bordes exteriores de costillas longitudinales (como "una escala"), y de longitud suficientemente para permitir la medida de la proyección de la dimensión. La Rigidez total Flexural es calculada de la raíz cuadrada del producto de MD y valores de Flexural Stiffness MXD.
- 6. Resistencia a movimiento rotatorio en avión moderado aplicando 20 kg-cm (2 m-N) al momento de la unión central de 9 pulgadas x 9 pulgadas un espécimen sereno en su perímetro conforme al Cuerpo de Ingenieros de Metodología para mediciones de Rigidez Torsional de los Estados Unidos.
- 7. La resistencia a la pérdida de capacidad de carga o la integridad estructural cuando es expuesta a la instalación mecánica acentuada a la arena (SC), la arena bien clasificada (SW), y la piedra aplastada como la grava mal clasificada (GP). La geomalla será probada conforme a ASTM D5818 y la capacidad de carga será determinada conforme a ASTM D6637.
- Resistencia a la pérdida de capacidad de carga o integridad estructural cuando es expuesto a ambientes químicamente agresivos conforme a las pruebas de inmersión EPA 9090.
- Resistencia a pérdida de capacidad de carga o integridad estructural cuando es expuesto a 500 horas de luz ultravioleta y desgaste agresivo conforme a ASTM D4355.



Geotextil no tejido: Propiedades mecánicas

## PROPIEDADES MECÁNICAS

Método de Prueba	Unidades	Valores
ASTM D-4632	N (Kgf)	926 (94.49)
ASTM D-4632	%	120
ASTM D-4833	N (Kgf)	403 (41.12)
ASTM D-4533	N (Kgf)	280 (28.57)
ASTM D-3786	kPa	1910
ASTM D-4355	% Resistencia Retenida	70
	ASTM D-4632 ASTM D-4632 ASTM D-4833 ASTM D-4533 ASTM D-3786	ASTM D-4632 N (Kgf)  ASTM D-4632 %  ASTM D-4833 N (Kgf)  ASTM D-4533 N (Kgf)  ASTM D-3786 kPa  ASTM D-4355 % Resistencia

### PROPIEDADES HIDRÁULICAS

Propiedad	Método de Prueba	Unidades	Valores
Permeabilidad	ASTM D-4491	cm/seg	0.01
Permitividad	ASTM D-4491	sec <sup>-1</sup>	1.57
Flujo	ASTM D-4491	l/min/m²	4787
Tamaño Aparente de Poro (AOS)	ASTM D-4751	No. Malla (mm)	140 (0.103)

#### PROPIEDADES FÍSICAS

Propiedad	Método de Prueba	Unidades	Valores
Color	L.		Negro, Verde, Blanco
Masa por unidad de área	ASTM D-5261	gr/m² (oz/yd²)	350 (10.5)
Dimensiones del rollo (Ancho x Longitud)		m (ft)	4.00 x 100 (13.12 x 328.08)
Årea por rollo	-	m² (yd²)	400 (478.4)
Peso estimado por rollo	-	Kg (lb)	145 (319.67)

Como se mencionó anteriormente se recomienda el mejoramiento de suelo mediante la formación de una plataforma de transferencia de carga, mediante la colocación de geotextil no tejido y de geomallas.

Se deberá retirar el material de relleno hasta el nivel de desplante o bien antes del espejo de agua.



Una vez realizado el retiro del material de relleno, se colocará la capa de geotextil no tejido, sobre de esta se colocará la primera capa de geomalla biaxial en toda el área del terreno a rellenar; posteriormente se colocará una capa de 25 cm de material de banco con calidad de terracería y mejorado con suelo suelo-cemento al 6% del peso del material, debidamente compactada al 90% de su peso volumétrico seco máximo. En esta primera capa de geomalla se deberán colocar anclas de tramos de varilla de 3/8" de diámetro y 30 cm de longitud con la finalidad de fijar la malla en el terreno. Estas anclas se colocarán en tres bolillo separadas a cada 2.50 m.

Posteriormente se colocará la segunda capa de geomalla biaxial en toda el área debidamente anclada con tramos de varilla de 3/8" de diámetro y 15 cm de longitud; estas anclas se colocarán en tres bolillo separadas a cada 2.50 m. Una vez realizado dicho procedimiento se colocará una capa de 25 cm de material de banco con calidad de terracería y de igual manera mejorado con suelo-cemento al 6% del peso del material, debidamente compactada al 90% de su peso volumétrico seco máximo y sobre de ésta se colocará la última capa de geomalla continuando con el procedimiento antes descrito hasta llegar al nivel de proyecto utilizando solo material con calidad de terracería.

# 7.2 Proceso constructivo de inyección.

Considerando la propuesta de mejoramiento de los estratos finos compresibles mediante la técnica de inyección de consolidación antes mencionada, el procedimiento constructivo para la inyección de lechada se describe a continuación (Weaver and Bruce 2007):



#### 7.2.1 Perforación

Convenientemente localizados mediante trabajos topográficos los puntos en el área de desplante de los terraplenes de acceso, se procederá a realizar perforaciones de 10 cm de diámetro hasta la profundidad de proyecto; es importante que el barreno quede sostenido con ademe metálico recuperable en sus primeros 3.00 m para evitar posibles derrumbes en la capa arenosa superficial. Una vez realizada la perforación se deberá retirar el azolve del fondo del barreno y verificar mediante sonda la profundidad exacta del mismo.

## 7.2.2 Elaboración de la lechada de inyección

La dosificación de los materiales para la elaboración de la lechada se deberá efectuar en peso, debiendo contar con sus respectivas básculas en la central de inyección. Se recomienda seguir los siguientes pasos:

- Mezclar previamente la bentonita con el agua para lograr una hidratación mínima de 24 h y evitar la formación de grumos.
- Agregar los diferentes componentes realizando un mezclado de los materiales en un tiempo mínimo de 15 minutos para obtener una mezcla homogénea.
- Agregar el cemento hasta el final una vez que estén ya mezclados los demás componentes.
- Se pueden utilizar aditivos para mejorar la fluidez de la lechada.
- Las propiedades físicas y mecánicas de las lechadas pueden variar al cambiar los materiales constitutivos por ejemplo al cambiar de proveedor, de banco de material, etc.
- Hacer correcciones de la dosificación de los materiales en obra, en función de los resultados de ensayes a compresión simple a 7, 14, y 28 días.



• Una vez elaborados las lechadas se deberán determinar su peso volumétrico y su viscosidad; también se tomarán tres especímenes a los que se les determinará su sangrado y su resistencia a la compresión simple a las edades de proyecto.



### 7.2.3 Inyección de las láminas radiales verticales

Una vez efectuada la perforación se procederá a inyectar los estratos compresibles a través de la tubería de manguito a las profundidades de entre 5.40 m y 18.00 m, que deberán corresponder precisamente con la profundidad a la que se ubican los orificios de los manguitos y a la cual se deberán bajar los obturadores para realizar la inyección progresiva ascendente metro a metro (Figura 6).

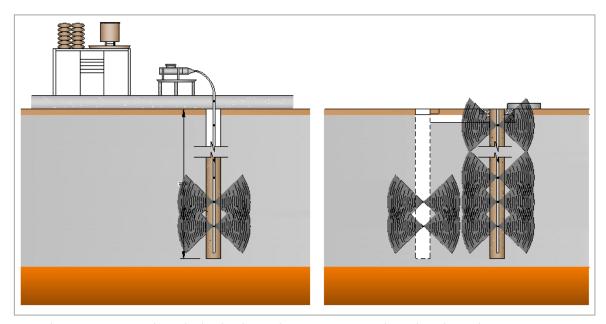


Figura 6. Inyección de lechada en los estratos suelo seleccionados

Para la inyección de las láminas radiales se hacen las siguientes recomendaciones:

- Previamente a la inyección se deberá verificar que mediante sonda que el tubo de manguitos esté libre de obstrucciones.
- La rotura de los manguitos se podrá realizar con agua, siendo necesario medir la presión de rotura, la cual pude variar entre 10 y 20 kg/cm². Cuando se registre una presión mayor a la anterior, se deberá revisar la profundidad del obturador que con seguridad no corresponde con la del orificio del manguito.



- La inyección de las láminas radiales se podrá efectuar con equipo neumático y/o eléctrico.
- Durante los trabajos se deberá llevar un control preciso del volumen y presión de inyección requerido para lograr el fracturamiento hidráulico de los estratos limosos.
   Esta presión de inyección puede variar entre 5 y 10 kg/cm², pero deberán tomarse en cuenta las pérdidas de presión por reducción en la sección transversal de mangueras o tuberías, cambios de dirección de las mismas y fugas del propio equipo.

#### 7.2.4 Control de calidad

Durante todo el proceso de inyección se deberá llevar a cabo una Supervisión y Control de Calidad Geotécnica de todos los trabajos realizados, los cuales deberán ser reportados en un registro de campo, debiendo incluir datos complementarios que se consideren convenientes para mejorar el rendimiento de obra. Se recomienda la revisión periódica constante de las propiedades físicas y de resistencia de las lechadas, que permitan ejecutar acciones correctivas y ajustes inmediatamente que se detecte alguna variación importante en los resultados de laboratorio.

#### 7.3 Pilas de cimentación.

La colocación de pilas se ajustará al proyecto correspondiente, verificando que la profundidad de desplante, el número y el espaciamiento de estos elementos correspondan a lo señalado en planos estructurales. Cada pila, sus tramos y las juntas entre estos, en su caso, deberán diseñarse y realizarse de modo tal que resistan las fuerzas de compresión y tensión y los momentos flexionantes que resulten del análisis estructural.



Es conveniente que cuando se inicie la construcción de las cimentaciones se verifique que los métodos y equipo de la constructora sean los adecuados para garantizar que las pilas sean colocadas sin ocasionar daños a su resistencia y a la del suelo.

Evaluando las propiedades geotécnicas del sondeo SPT-1 y SMT-3, las pilas se instalarán mediante perforación previa. Con la finalidad de atravesar los estratos de consistencia firme, muy firme y suelos compactos.

El lapso de tiempo que debe transcurrir entre el término de una perforación previa y el inicio del colado de la pila debe ser menor a 2 horas, de lo contrario el supervisor de campo deberá verificar su profundidad por medio de una plomada.

Para lograr la verticalidad de la pila deben emplearse 2 plomadas de referencia colocadas en un ángulo de 90° teniendo como vértice la barra de perforación.

Durante la perforación previa de las pilas será necesaria la utilización de lodos bentoníticos para la estabilización y ademado de la perforación los cuales deberán estar dosificados de la siguiente manera:

# Viscosidad = 45 seg Densidad = 1.04 kg/cm<sup>3</sup>

Para la fabricación de los lodos bentoníticos se recomienda la utilización de mezcladores tipo chiflón; asimismo, es posible reutilizar los lodos bentoníticos siempre y cuando cumplan con sus propiedades de viscosidad y densidad, las cuales deben ser verificadas mediante la utilización de un laboratorio de control de calidad.



Para el colado de la pila se utilizará una tubería tipo tremie para evitar la segregación de los materiales utilizando en la punta un cebador para evitar la contaminación del concreto con los lodos de perforación, el concreto debe tener un revenimiento de 17.50 cm, según lo recomendado en el Manual de Cimentaciones Profundas (Ref. 22).

#### 8. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

#### 8.1 Conclusiones

A partir de los trabajos de campo, laboratorio, datos del proyecto y gabinete, se concluye lo siguiente:

- 8.1.1 El proyecto consiste en la revisión de las causas que provocaron el descenso del terraplén de relleno en el km 25+830.00 al 25+900.00 en la construcción del <u>Libramiento de Villahermosa (2da. Etapa)</u>, en el municipio de Centro, Estado de Tabasco.
- 8.1.2 Con la finalidad de conocer la estratigrafía del suelo en la zona de estudio, se realizó un sondeo de exploración geotécnica a 21.00 m de profundidad a través de la prueba de penetración estándar (SPT), para extraer muestras alteradas y determinar las propiedades físicas del suelo.
- 8.1.3 El nivel del espejo de agua fue medido con respecto al nivel del brocal, el cual se midió durante la exploración geotécnica en campo de acuerdo a como se muestra en la tabla. Este resultado puede variar de acuerdo a las estaciones del año (Febrero 2018).

Profundidad del espejo de agua (N.E.A.)



Sondeo	Profundidad del espejo de agua (m)
SPT-1	2.00

8.1.4 La capacidad de carga del terreno de cimentación, para los terraplenes de relleno se determinó utilizando como criterio de diseño la teoría de Vesic, considerando un factor de seguridad de 3.

Capacidad de carga del terreno de cimentación.

Sondeo	q <sub>adm</sub> (t/m²)	q <sub>adm</sub> (kPa)
SPT-1	3.50	34.33

8.1.5 Los Asentamientos por consolidación primaria que pudieran presentar el terraplén se analizaron con la teoría de Terzaghi para suelos finos compresibles. Además la sobrecarga considerada para el análisis se contempla 8.00 m de espesor de terraplén. De acuerdo a los análisis realizados se obtuvieron los siguientes resultados.

Asentamientos por consolidación primaria

Presión de desplante (t/m²)	Punto de análisis	Asentamiento por consolidación primaria δ <sub>c</sub> (cm)
15.00	Centro	259.78
	Hombro	246.98

8.1.6 La capacidad de carga mediante reforzamiento con geomallas en el cuerpo del terraplén es de acuerdo a lo que se muestra en la siguiente tabla.

Capacidad de carga con refuerzo



$q_{adm}$ $(t/m^2)$	Número do	$\frac{Qr}{(t/m^2)}$		
(sin refuerzo)	Geotextil	Geomalla	(con refuerzo)	
3.50	1.0	3.0	7.00	

8.1.7 La capacidad de carga admisible a compresión para pilas de cimentación se muestra en las siguientes tablas.

Capacidad de carga a compresión.

Profundidad	D:54	Peso de	Capacidad de carga admisible (t)		Fricción negativa (t)	Capacidad de carga efectiva (t)
de desplante (m)	Diámetro (m)	la pila W (t)	Fricción	Punta	Fricción	Compresión
<b>,</b> ,		,	Cf	Ср	Cf <sub>neg.</sub>	$R_{efe} = Cf + Cp - W-Cf_{neg}$
40.00	1.20	108.57	266.83	465.57	80.30	543.53

Nota: Para calcular la capacidad de carga se tomó en cuenta la estratigrafía del sondeo SMT-3, reporta en el estudio con folio TECNO-018-2017 (Libramiento 2da. Etapa. Troncal).

8.1.8 El análisis de asentamientos de una pila de cimentación se evaluó considerando la teoría de Vesic.

Asentamiento de una pila de cimentación.

rassituation as the print as confident				
Sondeo	Profundidad de desplante Df (m)	Asentamiento individual δi (cm) Diámetro de la pila (m) 1.20		
SMT-3	40.00	2.48		

Se debe tomar en cuenta que el asentamiento de las pilas coladas en el lugar pueden ser mayores debido a dos causas principales: la compresión de azolves depositados



en el fondo del pozo antes del colado y la deformación del suelo cercano a la punta de la pila.

#### 8.2 Recomendaciones

- 8.2.1 Se recomienda retirar el material de relleno hasta el nivel de terreno natural o antes del espejo de agua, con la finalidad de conformar nuevamente un terraplén estructural reforzado con geosintéticos.
- 8.2.2 Se recomienda la colocación de geotextil no tejido y capas de geomalla biaxial antes de la conformación del cuerpo del terraplén; esto con la finalidad de que la geomalla redistribuya la transmisión de esfuerzos en la masa del suelo reduciendo los asentamientos por consolidación primaria generado por la sobrecarga del terraplén.
- 8.2.3 Se recomienda que las primeras capas que conformen el cuerpo del terraplén de relleno sea a base de suelo-cemento al 6% en peso del material. El espesor de este mejoramiento se recomienda sea de 0.50 m a partir del nivel de conformación.
- 8.2.4 Para el desplante de los terraplenes de relleno se recomienda realizar mejoramiento de suelos, para lo cual se presenta la siguiente recomendación.

Mejoramiento de los estratos compresibles del km 25+780.00 al 25+920.00, mediante la inyección de consolidación empleando mezclas cementantes inyectadas al subsuelo con la técnica Soletanche, para reducir la magnitud de los asentamientos totales y/o diferenciales que pudieran presentarse debido a las diferentes presiones generadas por las terracerías.



La inyección de consolidación por medio de mezclas cementantes, es un procedimiento que se ha empleado con éxito para reducir la compresibilidad de las capas deformables de suelos finos. Para esta obra se recomienda realizar un proyecto de inyección para mejorar las características de los suelos bajo el área ocupada por las estructuras, para determinar los siguientes datos:

- a) Dosificación de la mezcla cementante
- b) Porcentaje de inyección
- c) Volumen de suelo a mejorar
- d) Número de barrenos
- e) Número de manguitos
- f) Presión de inyección
- g) Proceso constructivo de inyección
- 8.2.5 Se recomienda que la separación entre pilas de cimentación sea mínimo de 6 diámetros, para evitar las zonas en las cuales se superponen las deformaciones por corte en el suelo que rodea las pilas.
- 8.2.6 Para la perforación previa se debe utilizar una perforadora rotaria con barretón o kelly de perforación, ya sea montada sobre orugas o sobre grúa; asimismo el empoje de avance puede ser por peso propio como las perforadoras tipo Watson o hidráulicas como las perforadoras tipo Bauer.
- 8.2.7 Para la fabricación de los lodos bentoníticos se recomienda la utilización de mezcladores tipo chiflón; asimismo, es posible reutilizar los lodos bentoníticos siempre y cuando cumplan con sus propiedades de viscosidad y densidad, las cuales deben ser verificadas mediante la utilización de un laboratorio de control de calidad.



- 8.2.8 El colado de la pila de cimentación deberá realizarse mediante tubería tipo Tremie con balón cebante e iniciarse de abajo hacia arriba, asegurándose que el concreto libre de lodo fluya hasta la superficie.
- 8.2.9 Durante la ejecución de los trabajos de cimentación, se recomienda la presencia de un supervisor geotécnico y laboratorio de materiales, con la finalidad de verificar la calidad de los trabajos a realizar y resolver cualquier problema o modificación que pudiera presentarse durante los mismos.

# 9.0 REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- 1. Bowles, Joseph, (1996), "Foundation Analysis and Design", Fifth Ed. International Edition, McGraw-Hill. USA. pp. 219-223.
- 2. Prototype Engineering, Inc., SAF-1 (Settlement Analysis Foundations), Version 3.00/April 1993.
- 3. Braja M. Das, (2001), "Principios de Ingeniería de Cimentaciones", 4ta Edición, Thomson Editores, pp. 615.
- Zeevaert. Foundation engineering for difficult subsoil conditions. Segunda edición.
   Ed. Van Nostrand Reinhold company. USA 1983.
- 5. Terzaghi K. & Peck R., 1967, Soil Mechanics in Engineering Practice, John Wiley, New York, USA.



- Aguilar A. (2003) "Inyección de suelos con suspensiones y soluciones". Tesis de Maestría, Facultad de Ingeniería de la Benemérita Universidad Autónoma de Puebla, 103 p.
- 7. Juárez Badillo Eulalio y Alfonso Rico Rodríguez, Mecánica de Suelos, 2ª. Ed., 1969. Editorial Talleres de Offset Larios, S.A. Tacubaya, D.F. Tomo I 489 pp. Editor Revista Ingeniería, de la UNAM Tomo II, 548 pp. Editor Revista Ingeniería, de la UNAM Tomo III, pp 411.
- 8. Tamez, Enrique, 2001. Ingeniería de Cimentaciones, 1a edición. Tgc geotécnia, México, D. F.
- 9. Broid I., Drobadenko V. & Malukhin N. (1997) "Improvement of jet technology for soil stabilization". Soil Mechanics and Foundation Engineering Vol. 34, No. 6, Ritsumeikan University Japan, pp 197-200.
- 10. Cuanalo O. (1998) "Manual para el diseño de morteros de inyección y metodología para el proyecto de endurecimiento del subsuelo". TGC, 47 p.
- 11. Essler R. & Yoshida H. (2004) "Ground Improvement". Chapt.5 Jet Grouting. M.P. Moseley and K. Kirsch editors. The Cromwell Press Ltd publishers, pp 8-34.
- 12. En Internet: http://tsao.enelparaiso.org/files/jet-grouting.pdf
- 13. Houlsby A. (1990) "Construction and design of cement grouting". John Wiley & Sons. USA, pp 4-10.



- 14. Keller (2010) "Compaction grouting". Brochure 66-01E. En Internet: http://www.kellergrundbau.com/download/pdf/en/Keller\_66-01E.pdf
- 15. Pérez J. (2010) "Mejora y Consolidación de Suelos". Departamento de Tecnología de la Construcción. ETSA de la Coruña, pp 36-44. En Internet: http://www.udc.es/dep/dtcon/estructuras/ETSAC/Profesores/valcarcel/MaterMRHE-0809/6-Mejora% 20suelos.pdf
- 16. Santoyo E. y Ovando E. (2002) "Inyecciones por fracturamiento hidráulico". Manual de construcción geotécnica, Tomo II. Sociedad Mexicana de Mecánica de Suelos, pp 587-646.
- 17. Tsao F. (2008). "Mejora de suelos con la técnica de jet Grouting". En internet: 18. http://tsao.enelparaiso.org/files/jet-grouting.pdf
- 19. Van Der Stoel (2001) "Grouting for pile foundation improvement". Delft University Press. Netherlands, pp 39-169.
- 20. Warner J. (2004) "Practical handbook of grouting. Soil rock and structures". John Wiley & Sons. USA, 720 p.
- 21. Weaver K, and Bruce D. (2007) "Dam foundation grouting". ASCE. USA, pp 87-319.
- 22. Manual de cimentaciones profundas. Segunda edición. 2001. Sociedad Mexicana de mecánica de suelos.



#### **CURRICULUM VITAE**

Marcos Jiménez Córdova, nacido en Tabasco, México el 05 de noviembre de 1978. Egresado de la Carrera Licenciatura en Ingeniería Civil por la Universidad Autónoma de Tabasco en el año 2004. Pasante de la Maestría en Vías Terrestres de la Universidad Autónoma de Chihuahua en el 2017. Experiencia Profesional del 2007-2018 Marcos Jiménez Córdova, En la Secretaría de Comunicaciones y Transporte de Centro SCT, Tabasco.

Domicilio: Paseo las palmas MZ 15 LT 6 Calle principal, Curahueso C.P. 86710

Villahermosa Tabasco.

Número de Celular: (993) 116 05 16.

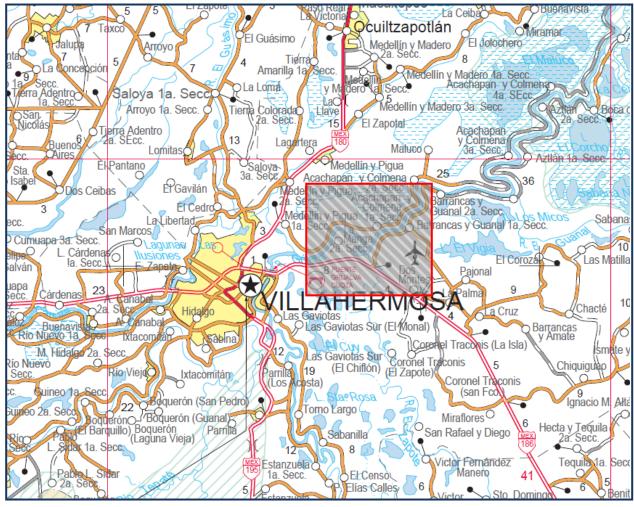


# **ANEXOS**



# A. CROQUIS DE LOCALIZACIÓN DE LA ZONA DE ESTUDIO







#### A. CROQUIS DE LOCALIZACIÓN DE LA ZONA DE ESTUDIO

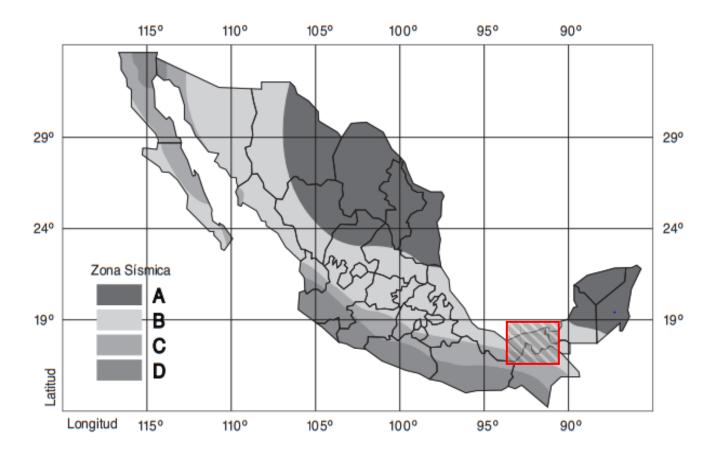
OBRA: "LIBRAMIENTO DE VILLAHERMOSA (2<sup>DA</sup>. ETAPA), SUBTRAMO DEL KM 25+780.00 AL 25+920.00".

LOCALIZACIÓN: EJIDO JOSÉ MARÍA PINO SUÁREZ, MUNICIPIO DE CENTRO, ESTADO DE TABASCO.



# B. REGIONALIZACIÓN SÍSMICA DE LA REPÚBLICA MEXICANA





# B. REGIONALIZACIÓN SÍSMICA DE LA REPÚBLICA MEXICANA

OBRA: "LIBRAMIENTO DE VILLAHERMOSA (2<sup>DA</sup>. ETAPA), SUBTRAMO DEL KM 25+780.00 AL 25+920.00".

LOCALIZACIÓN: EJIDO JOSÉ MARÍA PINO SUÁREZ, MUNICIPIO DE CENTRO, ESTADO DE TABASCO.



# C. CROQUIS DE LOCALIZACIÓN DEL SONDEO.





# C. CROOUIS DE LOCALIZACIÓN DE LOS SONDEOS

OBRA: "LIBRAMIENTO DE VILLAHERMOSA (2<sup>DA</sup>. ETAPA), SUBTRAMO DEL KM 25+780.00 AL 25+920.00".

LOCALIZACIÓN: EJIDO JOSÉ MARÍA PINO SUÁREZ, MUNICIPIO DE CENTRO, ESTADO DE TABASCO.



# D. REPORTES DE LABORATORIO.



FECHA DE INFORME:

13 de marzo de 2012

CONSECUTIVO NO.: 4 LIBRAMIENTO VILLAHERMOSA (2DA. ETAPA). SUBTRAMO DEL KM 25+780 AL 25+920 OBRA: SPT-1 SONDEO NO.: LOCALIZACIÓN: FECHA DE SONDEO: 27 de febrero de 2018EJIDO JOSÉ MARÍA PINO SUÁREZ, MUNICIPIO DE CENTRO, ESTADO DE TABASCO.

CLIENTE: SECRETARÍA DE COMUNICACIONES Y TRANSPORTE HOJA: 1 DE

	UNDIDAD N (m)	TIPO DE MATERIAL	CONTENIDO DE AGUA	L.L.	L. P.	I.P.	C.L.	% DI	E MATE	RIAL	MASA ESPECÍFIC	CLASIFI CACIÓN
DE	A	TIFO DE MATERIAL	(%)	(%)	(%)	(%)	(%)	G	A	F	A DE LOS SUELOS	(S.U.C.S.)
0.00	0.60	ARENA MAL GRADUADA CON LIMO COLOR GRIS DE COMPACIDAD RELATIVA COMPACTA	11.07	N.P.	N.P.	N.P.	N.P.	0.00	89.07	10.93	2.65	SP-SM
0.60	1.20	ARENA MAL GRADUADA CON LIMO COLOR GRIS DE COMPACIDAD RELATIVA COMPACTA										
1.20	1.80	ARENA MAL GRADUADA CON LIMO COLOR GRIS DE COMPACIDAD RELATIVA COMPACTA										
1.80	2.40	ARENA MAL GRADUADA CON LIMO COLOR GRIS DE COMPACIDAD RELATIVA COMPACTA										
2.40	3.00	ARENA MAL GRADUADA CON LIMO COLOR GRIS DE COMPACIDAD RELATIVA COMPACTA										
3.00	3.60	ARENA MAL GRADUADA CON LIMO COLOR GRIS Y CAFÉ DE COMPACIDAD RELATIVA COMPACTA	17.75	N.P.	N.P.	N.P.	N.P.	0.00	93.23	6.77	2.64	SP-SM
3.60	4.20	ARENA MAL GRADUADA CON LIMO COLOR GRIS Y CAFÉ DE COMPACIDAD RELATIVA COMPACTA										
4.20	4.80	ARENA MAL GRADUADA CON LIMO COLOR GRIS Y CAFÉ DE COMPACIDAD RELATIVA COMPACTA										
4.80	5.40	ARENA MAL GRADUADA CON LIMO COLOR GRIS Y CAFÉ DE COMPACIDAD RELATIVA COMPACTA										
5.40	6.00	ARENA MAL GRADUADA CON LIMO COLOR GRIS Y CAFÉ DE COMPACIDAD RELATIVA COMPACTA										



LIBRAMIENTO VILLAHERMOSA (2 $^{\rm DA}$ . ETAPA). SUBTRAMO DEL KM 25+780 AL 25+920 CONSECUTIVO NO.: 4 OBRA: SONDEO NO.: SPT-1

LOCALIZACIÓN: FECHA DE SONDEO: 27 de febrero de 2018 EJIDO JOSÉ MARÍA PINO SUÁREZ, MUNICIPIO DE CENTRO, ESTADO DE TABASCO.

FECHA DE INFORME: 13 de marzo de 2012

CLIENTE: SECRETARÍA DE COMUNICACIONES Y TRANSPORTE HOJA: 1

PROFUN EN (		TIPO DE MATERIAL	CONTENIDO DE AGUA	L.L.	L. P.	I.P.	C.L.	% I	ОЕ МАТЕ	RIAL	MASA ESPECÍFICA	CLASIFICACIÓ
DE	A	TIFO DE MATERIAL	(%)	(%)	(%)	(%)	(%)	G	A	F	DE LOS SUELOS	N (S.U.C.S.)
6.00	6.60	ARENA BIEN GRADUADA CON LIMO COLOR CAFÉ CON GRIS DE COMPACIDAD RELATIVA SUELTA	24.44	N.P.	N.P.	N.P.	N.P.	0.00	90.03	9.97	2.62	SW-SM
6.60	7.20	ARENA BIEN GRADUADA CON LIMO COLOR CAFÉ CON GRIS DE COMPACIDAD RELATIVA SUELTA										
7.20	7.80	ARCILLA DE ALTA PLASTICIDAD CON ARENA Y MATERÍA ORGÁNICA COLOR GRIS DE CONSISTENCIA MUY BLANDA	65.24	53.23	23.10	30.13	12.89	0.00	11.48	88.52	2.38	СН
7.80	8.40	ARCILLA DE ALTA PLASTICIDAD CON ARENA Y MATERÍA ORGÁNICA COLOR GRIS DE CONSISTENCIA MUY BLANDA										
8.40	9.00	LIMO DE ALTA PLASTICIDAD CON ARENA Y MATERIA ORGÁNICA COLOR GRIS DE CONSISTENCIA MEDIA	66.31	54.49	35.47	19.02	11.78	0.00	16.02	83.98	2.42	МН
9.00	9.60	LIMO DE ALTA PLASTICIDAD CON ARENA Y MATERIA ORGÁNICA COLOR GRIS DE CONSISTENCIA MEDIA		-					-			
9.60	10.20	LIMO DE ALTA PLASTICIDAD CON ARENA Y MATERIA ORGÁNICA COLOR GRIS DE CONSISTENCIA MEDIA										
10.20	10.80	MATERIA ORGÁNICA (TURBA)	241.74								1.55	Pt
10.80	11.40	MATERIA ORGÁNICA (TURBA)										
11.40	12.00	MATERIA ORGÁNICA (TURBA)										





LIBRAMIENTO VILLAHERMOSA (2<sup>DA</sup>. ETAPA). SUBTRAMO
OBRA:

CONSECUTIVO NO.:

4

SONDEO NO.:

SPT-1

LOCALIZACIÓN: EJIDO JOSÉ MARÍA PINO SUÁREZ, MUNICIPIO DE CENTRO, ESTADO DE TABASCO. FECHA DE SONDEO: 27 de febrero de 2018 FECHA DE INFORME: 13 de marzo de 2012

CLIENTE: SECRETARÍA DE COMUNICACIONES Y TRANSPORTE HOJA: 1 DE 4

PROFUND EN (m		TIPO DE MATERIAL	CONTENIDO DE AGUA	L.L.	L. P.	I.P.	C.L.	% D	E MATI	ERIAL	MASA ESPECÍFICA	CLASIFICACIÓ
DE	A	TIPO DE MATERIAL	(%)	(%)	(%)	(%)	(%)	G	A	F	DE LOS SUELOS	N (S.U.C.S.)
12.00	12.60	MATERIA ORGÁNICA (TURBA)										
12.60	13.20	MATERIA ORGÁNICA (TURBA)										
13.20	13.80	ARCILLA ARENOSA COLOR GRIS DE BAJA PLASTICIDAD DE CONSISTENCIA FIRME	31.99	48.10	21.60	26.50	13.64	0.00	35.55	64.45	2.87	CL
13.80	14.40	ARCILLA ARENOSA COLOR GRIS DE BAJA PLASTICIDAD DE CONSISTENCIA FIRME										
14.40	15.00	ARCILLA ARENOSA COLOR GRIS DE BAJA PLASTICIDAD DE CONSISTENCIA FIRME										
15.00	15.60	ARCILLA ARENOSA COLOR GRIS DE BAJA PLASTICIDAD DE CONSISTENCIA FIRME										
15.60	16.20	ARCILLA ARENOSA DE ALTA PLASTICIDAD COLOR CAFÉ CON GRIS DE CONSISTENCIA FIRME	26.60	51.08	25.98	25.10	13.89	0.00	36.02	63.98	2.35	СН
16.20	16.80	ARCILLA ARENOSA DE ALTA PLASTICIDAD COLOR CAFÉ CON GRIS DE CONSISTENCIA FIRME										
16.80	17.40	ARCILLA ARENOSA DE ALTA PLASTICIDAD COLOR CAFÉ CON GRIS DE CONSISTENCIA FIRME										
17.40	18.00	LIMO ARENOSO DE ALTA PLASTICIDAD COLOR GRIS CON CAFÉ DE CONSISTENCIA MUY FIRME	33.99	53.92	32.73	21.19	10.95	0.00	44.88	55.12	2.32	МН



	LIBRAMIE	ENTO VILLAHERMOSA (2 <sup>DA</sup> . ETAPA). SUBTRAMO DEL KM 25+780 AL	CONSEC	UTIVO I	NO.:	4	
OBRA:	25+920		SONDEO	NO.:		SPT-1	
LOCALIZAC	CIÓN:	EJIDO JOSÉ MARÍA PINO SUÁREZ, MUNICIPIO DE CENTRO,	FECHA D	E SONI	DEO:	27 de febrero de 2018	
		ESTADO DE TABASCO.	FECHA D	E INFO	RME:	13 de marzo de 2012	
CLIENTE:	SECRETA	ARÍA DE COMUNICACIONES Y TRANSPORTE	HOJA:	1	DE	4	
					_		

	NDIDAD (m)	TIPO DE MATERIAL	CONTENIDO DE AGUA	L.L.	L. P.	I.P.	C.L.	% I	DE MATE	RIAL	MASA ESPECÍFICA	CLASIFICACIÓN
DE	A	TIPO DE MATERIAL	(%)	(%)	(%)	(%)	(%)	G	A	F	DE LOS SUELOS	(S.U.C.S.)
18.00	18.60	LIMO ARENOSO DE ALTA PLASTICIDAD COLOR GRIS CON CAFÉ DE CONSISTENCIA MUY FIRME										
18.60	19.20	LIMO ARENOSO DE ALTA PLASTICIDAD COLOR GRIS CON CAFÉ DE CONSISTENCIA MUY FIRME										
19.20	19.80	LIMO ARENOSO DE ALTA PLASTICIDAD COLOR GRIS CON CAFÉ DE CONSISTENCIA MUY FIRME										
19.80	20.40	ARENA LIMOSA COLOR CAFÉ CON GRIS DE COMPACIDAD RELATIVA MEDIANAMENTE COMPACTA	30.10	N.P.	N.P.	N.P.	N.P.	0.00	68.46	31.54	2.60	SM
20.40	21.00	ARENA LIMOSA COLOR CAFÉ CON GRIS DE COMPACIDAD RELATIVA MEDIANAMENTE COMPACTA										



#### UNIVERSIDAD AUTONOMA DE CHIHUHUA FACULTAD DE INGENIERÍA "Información técnica confiable en los estudios de exploración Geotécnica" REVISIÓN FORMATO VIGENTE A PARTIR DE TIPO DE DOCUMENTO CÓDIGO FORMATO 4 DE ABRIL DE 2017 F-TIC-CAMT-02 CONTENIDO DE AGUA IDENTIFICACION DE LA MUESTRA CONSECUTIVO No.: 27 de febrero de 2018 SPT-1V FECHA: SONDEO No.: OBRA: LIBRAMIENTO VILLAHERMOSA (2DA. ETAPA). SUBTRAMO DEL KM 25+780 AL 25+920 EJIDO JOSÉ MARÍA PINO SUÁREZ, MUNICIPIO DE CENTRO, ESTADO DE TABASCO. UBICACIÓN: MASA DE MASA MASA DE MASA DE MUESTRA PROFUNDIDAD CÁPSULA CÁPSULA MASA DEL CONTENIDO DEL DESCRIPCIÓN LA CÁPSULA + SUELO + SUELO AGUA DE AGUA No. No. (m) CÁPSULA SUELO SECO HÚMEDO **SECO** DE g g g % ARENA MAL GRADUADA CON LIMO 1 0.00 3.00 COLOR GRIS DE COMPACIDAD 161 493.0 1065.0 1008.0 515.0 57.0 11.1 RELATIVA COMPACTA ARENA MAL GRADUADA CON LIMO 498.0 2 3.00 6.00 COLOR GRIS Y CAFÉ DE 163 1115.0 1022.0 524.0 93.0 17.7 COMPACIDAD RELATIVA COMPACTA ARENA BIEN GRADUADA CON LIMO COLOR CAFÉ CON GRIS DE 825.0 3 7.20 250 469.0 912.0 87.0 6.00 356.0 24.4 COMPACIDAD RELATIVA SUELTA ARCILLA DE ALTA PLASTICIDAD CON ARENA Y MATERÍA ORGÁNICA 7.20 8.40 252 473.0 820.0 683.0 210.0 137.0 4 65.2 COLOR GRIS DE CONSISTENCIA MUY BLANDA LIMO DE ALTA PLASTICIDAD CON ARENA Y COLOR GR MATERIA ORGÁNICA 5 8.40 10.20 256 483.0 1110.0 860.0 377.0 250.0 66.3 GRIS DE CONSISTENCIA **MEDIA** MATERIA ORGÁNICA (TURBA) 6 10.20 13.20 257 494.0 887.0 609.0 115.0 278.0 241.7 ARCILLA ARENOSA COLOR GRIS DE PLASTICIDAD 492.0 7 13.20 15.60 259 1379.0 672.0 215.0 32.0 BAJA DE 1164.0 CONSISTENCIA FIRME ARCILLA ARENOSA DE 15.60 PLASTICIDAD COLOR CAFÉ CON GRIS 262 483.0 1292.0 1122.0 639.0 170.0 26.6 DE CONSISTENCIA FIRME ARENOSO LIMO DE ALTA PLASTICIDAD COLOR GRIS CON CAFÉ 17,40 19.80 272 470.0 1081.0 926.0 456.0 155.0 34.0 DE CONSISTENCIA MUY FIRME



10	19.80	21.00	ARENA LIMOSA COLOR CAFÉ CON GRIS DE COMPACIDAD RELATIVA MEDIANAMENTE COMPACTA	103	502.0	1012.0	894.0	392.0	118.0	30.1
			PRIJERA ACREDITADA Nº C-081	5-149/17 A NT	FF "ema" VIC	ENTE A PAR	TIR DF 2017/03	116		





# UNIVERSIDAD AUTONÓMA DE CHIHUAHUA

TIPO D	DENTIFICACIÓN DELA MUISTRA   DENTIFICACIÓN DELA MUISTRA   DENTIFICACIÓN DELA MUISTRA   SONDEO No.   SPT.   CONSECUEN 254780 AL 254920   MUESTRA NO.   ARCILA DE ALTA PLASTEDAD DE TRABAS CO.   DESCRIPCIÓN:   ARCILA DE ALTA PLASTEDAD DE TRABAS CO.   DESCRIPCIÓN:   ARCILA DE ALTA PLASTEDAD DE TRABAS CO.   DESCRIPCIÓN:   DE CONSTRUCA NASA DEL MASA DEL MAS						CÓD	ICO																			
			U				1			•				Р							ι DI	2					
1.	OKWAT			TACULTAD DE INGENIERÍA								. /				1.	TIC-	LC-01									
	FACULTAD DE INGENIERÍA   CO   CONTRACTO   CONTRACTO																										
RA:													SON			Т	S	PT-	1	С	ON	SECU	JTIV	O No.		4	
					MOS.	A (2D	A. ET	APA)	). SU	втв	AM(	) DEI	1														
	FIDO 1	nst	MADÍA	DIN	0 81	TÁ DEZ	, MII	NIC	IDIO	DE	CEN	JTDO		ESTRA	No.	100	NW Y 4			_						7.2-	
ICACIÓN:	ESTADO	DE TA	ABASC	co.							CL	IIKO		CRIPC	IÓN:											ERIA	JKGANI
IENTE :	SECRET	ARÍA I	DE CO	MUNI	CACI	ONES	YTR	ANS	POR	TE					TAL DE				A:					78.4			
				_	_							_	FEC	HA:		27-	feb-1	8									
									LÍ	M	ΙΤΙ	Ξ 1	ĹÍQ	$\overline{UII}$	00												
RUEBA No.	CÁPSUL	A No.			NÚME	RO DE	GOLPE	ES								N						LA					TENIDO :
	J. I. G CE				- CIVIL	DE	JULI					HÚMEI			ECO								SU		СО	A	AGUA %
1	163					40							6	2													50.69
2																											52.23
3											+					+			+								54.17 57.23
	100					12		_	_						J.0 <del>4</del>		1.5		1			_		J.+0	_		
									L,				L,														
									LI	M I		E P	LA	STI	<i>c o</i>				_								
1	FACULTAD DE INGENIERÍA   FORMATO VIGENTEA PARTIR DE										0.80			23.75													
2	169/1	70						45.9	0	4	5.68		0.2	22		44	1.70			0.98			22.45				
				_												+			+								
							CL	JRV	/A [	DE	FLL	JIDE	Z														
														٠.												%	
	65 -			$\perp$				Ŧ	$\blacksquare$	Ŧ	F						Н	$\mp$	Ŧ	A						%	
														$\dashv$					1								
	60 -																		t	Н			SUC	S=	<u>C</u>	Ή	
, A										\													CON	ITRAC	CIO	N LIN	EAL
AGU				+					+										+	H			N. B	ARRA	:	33	
ш	55			+				+		+		_		<u></u>		H		4	+							cm	_
0								Ī						V			Ħ	1	Ŧ	ÍΤ			LI=	8.8	J	cm	
				$\pm$										4				$\downarrow$	+	H		CL=			X1	00=	12.8
OS	50 -			$\perp$				$\pm$	$\blacksquare$	$\pm$					E		Н	$\pm$	Ŧ	Н				Li			
							-	$\mp$	+1	Ŧ				-			H	7	+	Н					-		
								#		+				丰				#	F	Ħ							
										1	0					<u> </u>	ш			<b>凵</b> 100							
		•									,			25						100							
							No	). I	DE	G	0	LΡ	E S			1	1	1									

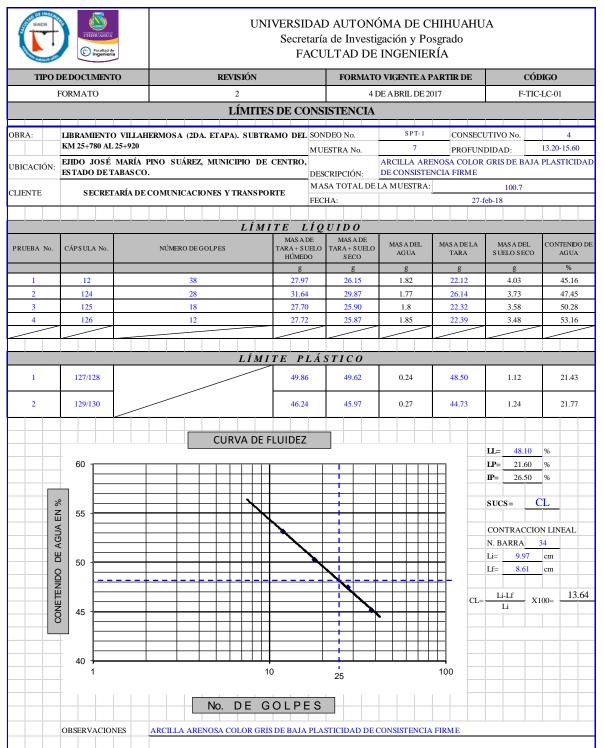




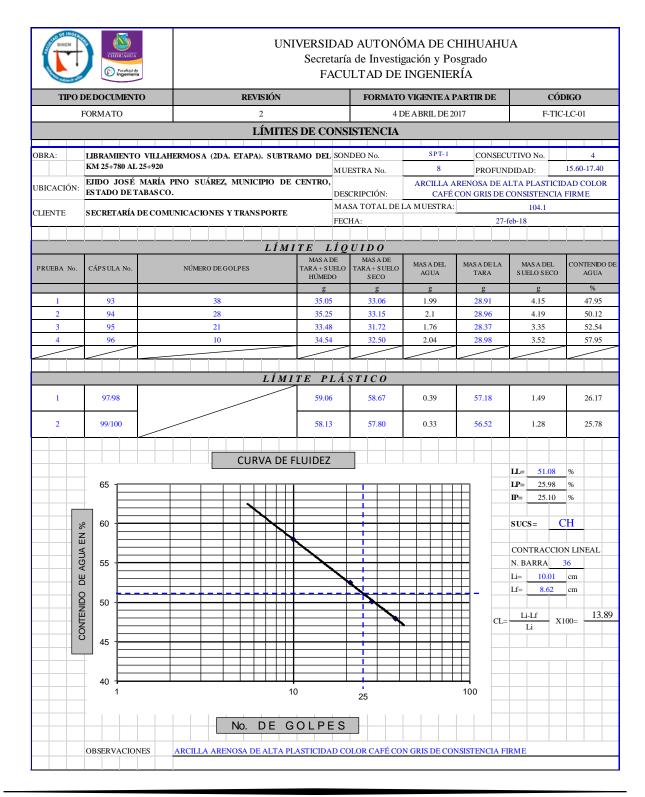


The same of the sa	Facultad de Ingeniería		F	ACU	LTAD DE	INGENIE	RÍA		
TIPO	DE DOCUMENTO	O REVISIÓN			FORMATO	) VIGENTE A F	PARTIR DE	CÓI	DIGO
:	FORMATO	2				DE ABRIL DE 20	017	F-TIC	:-LC-01
	,,,	LIMIT	ES DE CO	ONSI	ISTENCIA		,,,		<u> </u>
OBRA:	LIBRAMIENTO	DOCUMENTO   REVISIÓN   FORMATO VIGENTEA PARTIR DE   CÓDIGO							
				_	ESTRA No.	5	PROFUN	IDIDAD:	8.40-10.20
JBICACIÓN:			E CENTRO		CRIPCIÓN:				
LIENTE	SECRETARÍA D	DE COMUNICACIONES Y TRANSPORTE						103.6	
				FECI	HA:	27-feb-18			
		LÍM	IITE I	LÍQ	UIDO				
PRUEBA No.	CÁPSULA No.	NÚMERO DE GOLPES	TARA + S	UELO	TARA + SUELO				
								1	
2			-						+
3	1								
4	174	7	30.1	4	27.86	2.28	24.21	3.65	62.47
		LÍM	ITE P	LÁS	STICO				
1	175/176		REVISIÓN   FORMATO VIGENTEA PARTIR DE   CÓD					35.35	
2	177/178		46.6	7	46.30	0.37	45.26	1.04	35.58
		CURVA DE	: FLUIDE					LL= 54.49	%
	75			_				<b>LP</b> = 35.47	%
	+							<b>IP</b> = 19.02	%
			CURVA DE FLUIDEZ   100						CH
	·			<u> </u>			▋- 🗆		
	2				7-0			CONTRACCIO	
	」 <sup>→</sup> ⊨≡								
	.   "								
	30							LI- 0.71	_ in
E							CI-	Li-Lf v	100- 11.
								Li	100-
8									
	_			=					
	† <u> </u>								
	+		10		25		100		
	<u> </u> 	No DE	GOLBI	E 9					
	OBSERVACION			ENA '	Y MATERÍA O	RGÁNICA COL	OR GRIS DE C	ONSISTENCIA I	MUY BLANI
		82	2						



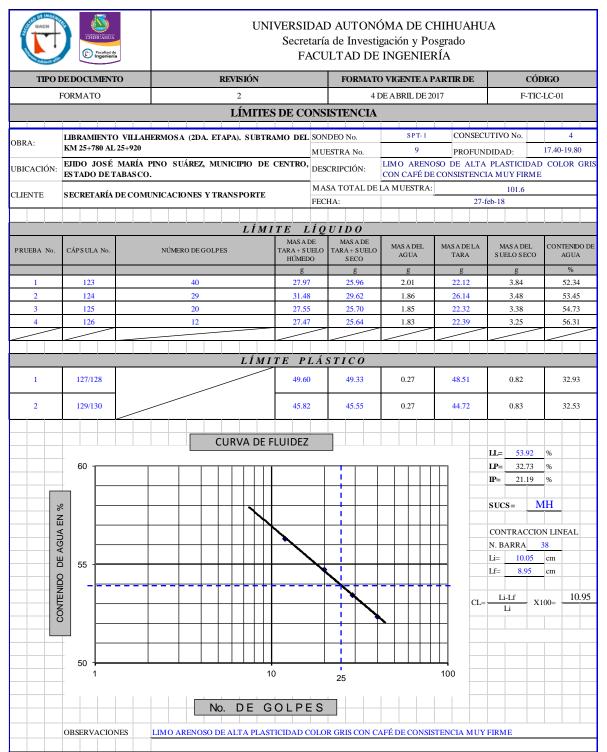
















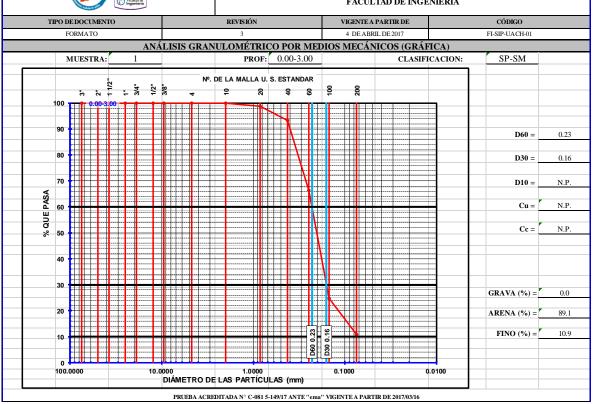




THE REAL PROPERTY.	Facultad de Ingenieria					FACULTA	D DE INGENII	LKIA		
TIF	PO DE DOCUMENTO	0		REVISIÓN		,	VIGENTE A PARTIR	DE	C	ÓDIGO
	FORMATO			3			4 DE ABRIL DE 201			P-UACH-01
			ANÁI ISI	S GRANULOM	ÉTRICO:	POR MEDIO				
			ANALISI	S GRANCEOM	LIKICO.	OK MEDIO	5 MECANICO	<b>7</b> 6		
CLASIE	ICACIÓN		ADENA MAL CI	 RADUADA CON LI	IMO COLOR	CDIS DE COM	DACIDAD DELA	TIVA COMPACTA		
CLASH		LIDDAMIENT							`	
	PROYECTO	LIBRAMIENI	O VILLAHERM	OSA (2DA. ETAPA	A). SUBTRA	IMO DEL KM	25+780 AL 25+9.	20		
LC	OCALIZACION	EJIDO JOSÉ N	MARÍA PINO SU	ÁREZ, MUNICIPI	O DE CEN	TRO, ESTADO	DE TABASCO.			
	SONDEO	SPT-1								
	MUESTRA:	1								
	PROF.:	0.00-3.00	m.							
	FECHA:	27/02/18								
CONS	ECUTIVO No.:	4								
	GRAVA	0.0	%		D60 =	0.2		Cu =	N.P.	
	ARENA	89.1	%		D30 =	0.2		Cc =	N.P.	
	FINOS	10.9	%		D10 =	N.P.				
	Total:	100	%							
1	ASA INICIAL	_	g			MASA INIO	TIAL OUE PASA	LA MALLA N.4	109.8	g
			-							
MALLA	ABERTURA	RETENIDO	% PARCIAL	% QUE PASA	MALLA	ABERTURA	RETENIDO	RETENIDO	% PARCIAL	% QUE PASA
LLA	ADERIORA	PARCIAL	/0 I AINCIAL	" YOL FASA		. IDEKI UKA	PARCIAL	EQUIVALENTE	/0 I ANCIAL	™ QUE LV2
No.	(mm)	(g)	(%)	(%)	No.	(mm)	(g)	(g)	(%)	(g)
3"	75.0	0.0	0.0	100	10	2.0	0.0	0.0	0.0	100.0
2"	50.0	0.0	0.0	100	20	0.850	1.4	1.4	1.3	98.7
1 1/2"	37.5	0.0	0.0	100	40	0.425	5.9	5.9	5.4	93.4
3/4"	25.0 19.0	0.0	0.0	100	100	0.250 0.150	29.7 45.5	29.7 45.5	27.0 41.4	66.3
1/2"	19.0	0.0	0.0	100	200	0.150	45.5 15.3	15.3	13.9	10.9
3/8"	9.5	0.0	0.0	100	FINOS	0.075	13.3	12.0	10.9	10.3
4	4.75	0.0	0.0	100	TOTAL			109.8	100	<b> </b>
PASA Nº 4		109.8	100							
TOTAL		109.8	100							
			PRUEBA AC	REDITADA N° C-081 5	-149/17 ANTE '	'ema'' VIGENTE A	PARTIR DE 2017/03/1	6		
	LABOR	ATORISTA	PRUEBA AC	REDITADA N° C-081 5		'ema'' VIGENTE A BORATORIO	PARTIR DE 2017/03/1	6	FOLIO	
	LABOR	ATORISTA	PRUEBA AC	CREDITADA N° C-081 5			PARTIR DE 2017/03/1			7.1
	LABOR	ATORISTA	PRUEBA AC	CREDITADA N° C-081 5			PARTIR DE 2017/03/1		FOLIO IC-EMS-318-100-GP	√-1
	LABOR.				JEFE DE LA				IC-EMS-318-100-GN	v-1
	TEC. LUIS ALBEI				JEFEDE LA	ABORATORIO				V-1
	TEC. LUIS ALBEI	XTO RIVERA LOF	PEZ		JEFEDE LA  ARMANDO I	DELOS SANTOS I	PIMIENTA	т	IC-EMS-318-100-GN	V-1
	TEC. LUIS ALBEI	XTO RIVERA LOF	PEZ	ING. DIEGO	JEFEDE LA  ARMANDO I	DELOS SANTOS I	PIMIENTA	т	IC-EMS-318-100-GN	¥-1
	TEC. LUIS ALBER	RTO RIVERA LOF ALIZÓ	LAS PRUEBAS SE	ING. DIEGO	JEFE DE LA  ARMANDO I  AP  DRME A LA NO	DE LOS SANTOS I ROBÓ DRMA MEXICANA	PIMIENTA NMX-C-416-ONNCC	TI - - E-2003	IC-EMS-318-100-GN HOJA 1 DE 10	N-1
CLASIF	TEC. LUIS ALBEI RE.	RTO RIVERA LOF ALIZÓ ARENA	LAS PRUEBAS SE	ING. DIEGO E REALIZARON CONFO	PARMANDO I AP DRME A LA NO	DE LOS SANTOS I ROBÓ DRMA MEXICANA IS Y CAFÉ DE	PIMIENTA NMX-C-416-ONNCC	TI - - E-2003	IC-EMS-318-100-GN HOJA 1 DE 10	N-1
CLASIF	TEC. LUIS ALBEI RE.	RTO RIVERA LOF ALIZÓ ARENA	LAS PRUEBAS SE	ING. DIEGO	PARMANDO I AP DRME A LA NO	DE LOS SANTOS I ROBÓ DRMA MEXICANA IS Y CAFÉ DE	PIMIENTA NMX-C-416-ONNCC	TI - - E-2003	IC-EMS-318-100-GN HOJA 1 DE 10	¥-1
	TEC. LUS ALBEI RE FICACIÓN PROYECTO	ALIZÓ  ARENA  LIBRAMIENTO VI	LAS PRUEBAS SE A MAL GRADU, LLAHERMOSA (2DA	ING. DIEGO E REALIZARON CONFO	ARMANDO J AP DRME A LA NO COLOR GR DEL KM 25+7	DELOS SANTOS I ROBÓ DEMA MEXICANA IS Y CAFÉ DE 80 AL 25+920	PIMIENTA NMX-C-416-ONNCC	TI - - E-2003	IC-EMS-318-100-GN HOJA 1 DE 10	F-1
	TEC. LUS ALBEI RE FICACIÓN PROYECTO	ALIZÓ  ARENA  LIBRAMIENTO VI	LAS PRUEBAS SE A MAL GRADU, LLAHERMOSA (2DA	ING. DIEGO  REALIZARON CONFO  ADA CON LIMO O  L ETAPA), SUBTRAMO	ARMANDO J AP DRME A LA NO COLOR GR DEL KM 25+7	DELOS SANTOS I ROBÓ DEMA MEXICANA IS Y CAFÉ DE 80 AL 25+920	PIMIENTA NMX-C-416-ONNCC	TI - - E-2003	IC-EMS-318-100-GN HOJA 1 DE 10	N-1
	TEC. LUS ALBEI RE PICACIÓN PROYECTO OCALIZACION	ALIZÓ  ARENZ LIBRAMIENTO VI	LAS PRUEBAS SE A MAL GRADU, LLAHERMOSA (2DA	ING. DIEGO  REALIZARON CONFO  ADA CON LIMO O  L ETAPA), SUBTRAMO	ARMANDO J AP DRME A LA NO COLOR GR DEL KM 25+7	DELOS SANTOS I ROBÓ DEMA MEXICANA IS Y CAFÉ DE 80 AL 25+920	PIMIENTA NMX-C-416-ONNCC	TI - - E-2003	IC-EMS-318-100-GN HOJA 1 DE 10	ř-1
	TEC. LUS ALBEE RE  ICACIÓN PROYECTO DCALIZACION S O N D E O	AREN/ LIBRAMIENTO VI EJIDO JOSÉ MAR  SPT-1	LAS PRUEBAS SE A MAL GRADU, LLAHERMOSA (2DA	ING. DIEGO  REALIZARON CONFO  ADA CON LIMO O  L ETAPA), SUBTRAMO	ARMANDO J AP DRME A LA NO COLOR GR DEL KM 25+7	DELOS SANTOS I ROBÓ DEMA MEXICANA IS Y CAFÉ DE 80 AL 25+920	PIMIENTA NMX-C-416-ONNCC	TI - - E-2003	IC-EMS-318-100-GN HOJA 1 DE 10	ř-1
	TEC. LUS ALBEI RE TICACIÓN PROYECTO OCALIZACION S O N D E O MUESTRA: PROF.:	ARENZ ARENZ LIBRAMIENTO VI EJIDO JOSÉ MAR SPT-1 2	LAS PRUEBAS SI A MAL GRADU, LIAHERMOS A (2DA IÁ PINO SUÁREZ, M	ING. DIEGO  REALIZARON CONFO  ADA CON LIMO O  L ETAPA), SUBTRAMO	ARMANDO J AP DRME A LA NO COLOR GR DEL KM 25+7	DELOS SANTOS I ROBÓ DEMA MEXICANA IS Y CAFÉ DE 80 AL 25+920	PIMIENTA NMX-C-416-ONNCC	TI - - E-2003	IC-EMS-318-100-GN HOJA 1 DE 10	¥-1
LO	TEC. LUS ALBEI RE  TICACIÓN PROYECTO OCALIZACION S O N D E O MUESTRA: PROF.: FECHA:	AREN/ LIBRAMIENTO VI EJIDO JOSÉ MAR SPT-1 2 3.00-6.00	LAS PRUEBAS SI A MAL GRADU, LIAHERMOS A (2DA IÁ PINO SUÁREZ, M	ING. DIEGO  REALIZARON CONFO  ADA CON LIMO O  L ETAPA), SUBTRAMO	ARMANDO J AP DRME A LA NO COLOR GR DEL KM 25+7	DELOS SANTOS I ROBÓ DEMA MEXICANA IS Y CAFÉ DE 80 AL 25+920	PIMIENTA NMX-C-416-ONNCC	TI - - E-2003	IC-EMS-318-100-GN HOJA 1 DE 10	N-1
LO	TEC. LUS ALBEI RE TICACIÓN PROYECTO OCALIZACION S O N D E O MUESTRA: PROF.:	ARENA LIBRAMIENTO VI EJIDO JOSÉ MAR SPT-1 2 3.00-6.00 27/02/18	LAS PRUEBAS SI A MAL GRADU, LIAHERMOS A (2DA IÁ PINO SUÁREZ, M	ING. DIEGO  REALIZARON CONFO  ADA CON LIMO O  L ETAPA), SUBTRAMO	ARMANDO J AP DRME A LA NO COLOR GR DEL KM 25+7	DELOS SANTOS I ROBÓ DEMA MEXICANA IS Y CAFÉ DE 80 AL 25+920	PIMIENTA NMX-C-416-ONNCC	TI - - E-2003	IC-EMS-318-100-GN HOJA 1 DE 10	N-1
LO	TEC. LUS ALBEE  RE  TICACIÓN  PROYECTO  OCALIZACION  S O N D E O  MUESTRA:  PROF:  FECHA:  ECUTIVO No.:	ARENA LIBRAMIENTO VI EJIDO JOSÉ MAR SPT-1 2 3.00-6.00 27/02/18	LAS PRUEBAS SI A MAL GRADU, LIAHERMOS A (2DA IÁ PINO SUÁREZ, M	ING. DIEGO  REALIZARON CONFO  ADA CON LIMO O  L ETAPA), SUBTRAMO	JEFEDELA  ARMANDO I  AP  DRME A LA NO  COLOR GR  DEL KM 25+7  D, ESTADO DE	DELOS SANTOS I ROBÓ DEMA MEXICANA IS Y CAFÉ DE 80 AL 25+920	PIMIENTA NMX-C-416-ONNCC	E-2003  RELATIVA COM	HOJA 1 DE10	v-1
LO	TEC. LUS ALBEE  RE  TICACIÓN  PROYECTO  DCALIZACION  S O N D E O  MUESTRA:  PROF.:  FECHA:  ECUTIVO No.:	ARENA LIBRAMIENTO VI EJIDO JOSÉ MAR SPT-1 2 3.00-6.00 27/02/18 4	LAS PRUEBAS SI AMAL GRADU. LLAHERMOS A (2DA ÍA PINO SUÁREZ, M	ING. DIEGO  REALIZARON CONFO  ADA CON LIMO O  L ETAPA), SUBTRAMO	JEFEDEL  ARMANDO I  AF  DRME A LA NO  COLOR GR  DEL KM 25+7  D, ESTADO DE  D60 =	DELOS SANTOS I ROBÓ DRMA MEXICANA IS Y CAFÉ DE 80 AL 25+920 TABAS CO.	PIMIENTA NMX-C-416-ONNCC	E-2003  RELATIVA COM	IC-EMS-318-100-GN HOJA 1 DE 10	ř-1
LO	TEC. LUS ALBEI RE  TICACIÓN PROYECTO OCALIZACION S O N D E O MUESTRA: PROF.: FECHA: ECUTIVO No.: GRAVA ARENA	ARENA ARENA LIBRAMIENTO VI EJIDO JOSÉ MAR SPT-1 2 3.00-6.00 27/02/18 4	LAS PRUEBAS SE  A MAL GRADU. LLAHERMOSA (2DA  ÉA PINO SUÁREZ, M  m.	ING. DIEGO  REALIZARON CONFO  ADA CON LIMO O  L ETAPA), SUBTRAMO	JEFEDELA  ARMANDO I  AP  DRME A LA NO  COLOR GR  DEL KM 25+7  D, ESTADO DE	DELOS SANTOS I ROBÓ DEMA MEXICANA  IS Y CAFÉ DE 80 AL 25+920 CTABAS CO.  0.3	PIMIENTA NMX-C-416-ONNCC	E-2003  RELATIVA COM	HOJA I DE10  MPACTA  3,2	ř-1
LO	TEC. LUS ALBER RE  TICACIÓN PROYECTO OCALIZACION S O N D E O MUESTRA: PROF.: FECHA: ECUTIVO No.: GRAVA ARENA FINOS	AREN/ LIBRAMIENTO VI  EIIDO JOSÉ MAR  SPT-1  2  3.00-6.00  27/02/18  4  0.0  93.2  6.8	LAS PRUEBAS SE  A MAL GRADU.  LLAHERMOS A (2DA  ÉA PINO SUÁREZ, M  m.  %  %  %  %	ING. DIEGO  REALIZARON CONFO  ADA CON LIMO O  L ETAPA), SUBTRAMO	JEFEDELA  ARMANDO I  AP  DRME A LA NO  COLLOR GR  DEL KM 25+7  D, ESTADO DI  D60 =  D30 =	DELOS SANTOS I ROBÓ DEMA MEXICANA  IS Y CAFÉ DE 80 AL 25+920 C TABAS CO.  0.3 0.2	PIMIENTA NMX-C-416-ONNCC	E-2003  RELATIVA COM	HOJA I DE10  MPACTA  3,2	ř-1
LO	TEC. LUS ALBEI RE  TICACIÓN PROYECTO OCALIZACION S O N D E O MUESTRA: PROF.: FECHA: ECUTIVO No.: GRAVA ARENA	ARENA LIBRAMIENTO VI EIIDO JOSÉ MAR  SPT-1 2 3.00-6.00 27/02/18 4 0.0 93.2	LAS PRUEBAS SI  A MAL GRADU, LLAHERMOSA (2DA  ÉA PINO SUÁREZ, M  m.	ING. DIEGO  REALIZARON CONFO  ADA CON LIMO O  L ETAPA), SUBTRAMO	JEFEDELA  ARMANDO I  AP  DRME A LA NO  COLLOR GR  DEL KM 25+7  D, ESTADO DI  D60 =  D30 =	DELOS SANTOS I ROBÓ DEMA MEXICANA  IS Y CAFÉ DE 80 AL 25+920 C TABAS CO.  0.3 0.2	PIMIENTA NMX-C-416-ONNCC	E-2003  RELATIVA COM	HOJA I DE10  MPACTA  3,2	¥-1
CONS	TEC. LUS ALBEE  RE  TICACIÓN  PROYECTO  OCALIZACION  SONDEO  MUESTRA:  FECHA:  FECHA:  ECUTIVO No.:  GRAVA  ARENA  FINOS  Total:	AREN/ LIBRAMIENTO VI  EIIDO JOSÉ MAR  SPT-1  2  3.00-6.00  27/02/18  4  0.0  93.2  6.8	LAS PRUEBAS SI A MAL GRADU. LLAHERMOSA (2DA fia pino suárez, m m. % % % % %	ING. DIEGO  REALIZARON CONFO  ADA CON LIMO O  L ETAPA), SUBTRAMO	JEFEDELA  ARMANDO I  AP  DRME A LA NO  COLLOR GR  DEL KM 25+7  D, ESTADO DI  D60 =  D30 =	DELOS SANTOS I ROBÓ ORMA MEXICANA IS Y CAFÉ DE 80 AL 25+920 CTABASCO.  0.3 0.2 0.1	PIMIENTA  NMX-C-416-ONNCC  COMPACIDAD	E-2003  RELATIVA COM  Cu =  Cc =	HOJA I DE10  MPACTA  3,2	
CONS	TEC. LUS ALBER RE  TICACIÓN PROYECTO OCALIZACION S O N D E O MUESTRA: PROF.: FECHA: ECUTIVO No.: GRAVA ARENA FINOS	AREN. LIBRAMIENTO VI EJIDO JOSÉ MAR SPT-1 2 3.00-6.00 27/02/18 4 0.0 93.2 6.8 100	LAS PRUEBAS SE  A MAL GRADU.  LLAHERMOS A (2DA  ÉA PINO SUÁREZ, M  m.  %  %  %  %	ING. DIEGO  REALIZARON CONFO  ADA CON LIMO O  L ETAPA), SUBTRAMO	JEFEDELA  ARMANDO I  AP  DRME A LA NO  COLLOR GR  DEL KM 25+7  D, ESTADO DI  D60 =  D30 =	DELOS SANTOS I ROBÓ ORMA MEXICANA IS Y CAFÉ DE 80 AL 25+920 CTABASCO.  0.3 0.2 0.1	PIMIENTA  NMX-C-416-ONNCC  COMPACIDAD	E-2003  RELATIVA COM	HOJA 1 DE10  MPACTA  3.2 1.2	Ň-1
CONS	TEC. LUS ALBEE  RE  TICACIÓN  PROYECTO  OCALIZACION  S O N D E O  MUESTRA:  PROF:  FECHA:  ECUTIVO No.:  GRAVA  ARENA  FINOS  Total:  MASA INICIAL	AREN. LIBRAMIENTO VI EJIDO JOSÉ MAR SPT-1 2 3.00-6.00 27/02/18 4 0.0 93.2 6.8 100	LAS PRUEBAS SE  A MAL GRADU. LLAHERMOSA (2DA  ÁA PINO SUÁREZ, M  m.  96  96  96	ING. DIEGO REALIZARON CONFI  ADA CON LIMO O LETAPA). SUBTRAMO UNICIPIO DE CENTRO	DEFEDEL 4  DARMANDO 1  AP  DRME A LA NO  COLLOR GR  DEL KM 25+7  D, ESTADO DE  D60 =  D30 =  D10 =	DELOS SANTOS I ROBÓ DEMA MEXICANA  IS Y CAFÉ DE 80 AL 25+920  TABAS CO.  0.3  0.2  0.1  MASA INIO	PIMIENTA  NMX-C-416-ONNCC  COMPACIDAD	E-2003  RELATIVA COM  Cu =  Cc =	HOJA 1 DE10  MPACTA  3.2 1.2	g
CONS	TEC. LUS ALBEE  RE  TICACIÓN  PROYECTO  OCALIZACION  SONDEO  MUESTRA:  FECHA:  FECHA:  ECUTIVO No.:  GRAVA  ARENA  FINOS  Total:	AREN/ LIBRAMIENTO VI EIIDO JOSÉ MAR  SPT-1 2 3.00-6.00 27/02/18 4 0.0 93.2 6.8 100	LAS PRUEBAS SI A MAL GRADU. LLAHERMOSA (2DA fia pino suárez, m m. % % % % %	ING. DIEGO  REALIZARON CONFO  ADA CON LIMO O  L ETAPA), SUBTRAMO	JEFEDELA  ARMANDO I  AP  DRME A LA NO  COLLOR GR  DEL KM 25+7  D, ESTADO DI  D60 =  D30 =	DELOS SANTOS I ROBÓ ORMA MEXICANA IS Y CAFÉ DE 80 AL 25+920 CTABASCO.  0.3 0.2 0.1	PIMIENTA  NNIX-C-416-ONNCC  COMP ACIDAD	E-2003  PRELATIVA COM  Cu = Cc = LA MALLA N.4	HOJA 1 DE10  MPACTA  3.2 1.2	g
CONS  MALLA  No.	TEC. LUS ALBEE  RE  TICACIÓN  PROYECTO  OCALIZACION  S O N D E O  MUESTRA:  PROF:  FECHA:  ECUTIVO No.:  GRAVA  ARENA  FINOS  Total:  MASA INICIAL	AREN/ LIBRAMIENTO VI EJIDO JOSÉ MAR SPT-1 2 3.00-6.00 27/02/18 4 0.0 93.2 6.8 100	LAS PRUEBAS SE  A MAL GRADU. LLAHERMOSA (2DA  fA PINO SUÁREZ, M  m.  % % % % 96 % 96 g  % PARCIAL  (%)	ING. DIEGO REALIZARON CONFI  ADA CON LIMO ( L. ETAPA). SUBTRAMO UNICIPIO DE CENTRO  % QUE PASA (%)	DEFEDEL 6  DARMANDO 1  AP  DRME A LA NO  COLOR GR  DEL KM 25+7  D, ESTADO DE  D30 =  D10 =  MALLA  No.	DELOS SANTOS I ROBÓ DEMA MEXICANA  IS Y CAFÉ DE 80 AL 25+920  TABAS CO.  0.3  0.2  0.1  MASA INIO	PIMIENTA  NMX-C-416-ONNCC  COMPACIDAD  CIAL QUE PASA  RETENIDO PARCIAL  (g)	E-2003  RELATIVA COM  Cu = Cc =  LA MALLA N.4  RETENIDO EQUIVALENTE (g)	HOJA 1 DE10  MPACTA  3.2 1.2  103.4  % PARCIAL (%)	g % QUE PAS.
CONS  MALLA  No.  3"	TEC. LUS ALBEE  RE  TICACIÓN PROYECTO OCALIZACION S O N D E O MUESTRA: PROF.: FECHA: FECHA: GRAVA ARENA FINOS Total:  MASA INICIAL  ABERTURA  (mm) 75.0	ARENZ LIBRAMIENTO VI EJIDO JOSÉ MAR SPT-1 2 3.00-6.00 27/02/18 4 0.0 93.2 6.8 100	LAS PRUEBAS SI  A MAL GRADU, LILAHERMOSA (2DA  A MAL GRADU,  M.  M.  96  96  96  96  96  96  96  90  PARCIAL  (%) 0.0	ING. DIEGO REALIZARON CONFE REALIZARON CONFE ADA CON LIMO (  LETAPA), SUBTRAMO UNICIPIO DE CENTRO  % QUE PASA (%) 100	DEFEDEL S  ARMANDO I  AP  ORME A LA NO  COLOR GR  DEL KM 25+7  D, ESTADO DI  D60 =  D30 =  D10 =  MALLA  No.  10	DELOS SANTOS I ROBÓ DELOS SANTOS I ROBÓ DEMA MEXICANA  IS Y CAFÉ DE 80 AL 25+920 CTABAS CO.  O.3 O.2 O.1  MASA INIO  ABERTURA  (mm) 2.0	PIMIENTA  NMX-C-416-ONNCC  COMPACIDAD  CIAL QUE PASA  RETENDA  PARCIDA  (g)  2.1	E-2003  PRELATIVA COM  Cu = Cc =  LA MALLA N.4  RETENIDO EQUIVALENTE (g) 2.1	### HOJA 1 DE10  ### HOJA 1 DE10  ### HPACTA  3.2  1.2  103.4  % PARCIAL  (%)  2.0	g % QUE PAS.
CONS  MALLA  No.  3" 2"	TEC. LUS ALBEE  RE  TICACIÓN  PROYECTO  CALIZACION  SON DE O  MUESTRA:  PROF.:  FECHA:  ECUTIVO No.:  GRAVA  ARENA  FINOS  Total:  MASA INICIAL  ABERTURA  (nm)  75.0  50.0	ARENA LIBRAMIENTO VI EIIDO JOSÉ MAR SPT-1 2 3.00-6.00 27/02/18 4 0.0 93.2 6.8 100  RETENIDO PARCIAL (g) 0.0 0.0	LAS PRUEBAS SI  A MAL GRADUA LLAHERMOSA (2DA  fia PINO SUÁREZ, M  m.  % % % % % % % PARCIAL  (%) 0.0 0.0	ING. DIEGO REALIZARON CONFO REALIZARON CONFO ADA CON LIMO O LETAPA), SUBTRAMO UNICIPIO DE CENTRO  % QUE PASA (%) 100 100	DEFEDEL S  ARMANDO I  AP  ORME A LA NO  COLOR GR  DEL KM 25+7  D, ESTADO DE  D10 =  MALLA  NO.  10  20	DELOS SANTOS I ROBÓ PRIMA MEXICANA  IS Y CAFÉ DE 80 AL 25+920 CTABAS CO.  MASA INIO  ABERTURA  (mm) 2.0 0.850	CIAL QUE PASA  RETENIDO PARCIAL (g) 2.1 5.8	Cu = Cc = LA MALLA N.4  RETENIDO EQUIVALENTE (g) 2.1 5.8	### HOJA 1 DE10  ###################################	g % QUE PAS. (g) 98.0 92.4
MALLA No. 3" 2" 1 1/2"	TEC. LUS ALBEE  RE  TICACIÓN  PROYECTO  OCALIZACION  S O N D E O  MUESTRA: FECHA: FECHA: ECUTIVO No.: GRAVA  ARENA  FINOS Total:  MASA INICIAL  ABERTURA  (mm) 75.0 50.0 37.5	ARENA LIBRAMIENTO VI EJIDO JOSÉ MAR SPT-1 2 3.00-6.00 27/02/18 4 0.0 93.2 6.8 100	IAS PRUEBAS SI  A MAL GRADU. LIAHERMOSA (2DA  ÁA PINO SUÁREZ, M  m.  96  96  96  98  PARCIAL  (%)  0.0  0.0  0.0	ING. DIEGO REALIZARON CONFO ADA CON LIMO O LETAPA). SUBTRAMO UNICIPIO DE CENTRO  % QUE PASA (%) 100 100	DEFEDEL 6  DARMANDO I  AP  DRME A LA NO  COLOR GR  DEL KM 25+7  D, ESTADO DE  D30 =  D10 =  MALLA  No.  10  20  40	DELOS SANTOS I ROBÓ PRIMA MEXICANA  IS Y CAFÉ DE 80 AL 25+920  CTABASCO.  MASA INIC  ABERTURA  (mm) 2.0 0.850 0.425	PIMIENTA  NMX-C-416-ONNCC  COMPACIDAD  CIAL QUE PASA  RETENIDO PARCIAL (g) 2.1 5.8 15.4	E-2003  RELATIVA COM  Cu = Cc =  LA MALLA N.4  RETENIDO EQUIVALENTE (g) 2.1 5.8 15.4	3.2 1.2 103.4 % PARCIAL (%) 2.0 5.6 14.9	g % QUE PAS. (g) 98.0 92.4 77.5
MALLA No. 3" 2" 1 1/2" 1"	TEC. LUS ALBEE  RE  ICACIÓN PROVECTO OCALIZACION S O N D E O MUESTRA: PROF.: GRAVA ARENA FINOS Total:  ASA INICIAL  ABERTURA  (mm) 75.0 50.0 50.0 37.5 25.0	ARENA LIBRAMIENTO VI EJIDO JOSÉ MAR SPT-1 2 3.00-6.00 27/02/18 4 0.0 93.2 6.8 100	LAS PRUEBAS SE  A MAL GRADU. LLAHERMOSA (2DA  ÉA PINO SUÁREZ, M  m.  %  %  %  PARCIAL  (%)  0.0  0.0  0.0	% QUE PASA (%) 100 100 100	DEFEDEL 6  DARMANDO 1  AP  DRME A LA NO  COLOR GR  DEL KM 25+7  D, ESTADO DE  D30 =  D10 =  MALLA  No.  10  20  40  60	DELOS SANTOS I ROBÓ DELOS SANTOS I ROBÓ DEMA MEXICANA  IS Y CAFÉ DE 80 AL 25+920  CTABAS CO.  O.3  O.2  O.1  MASA INIO  ABERTURA  (mm)  2.0  0.850  0.425  0.250	CIAL QUE PASA RETENIDO PARCIAL (g) 2.1 5.8 15.4 35.3	Cu = Cc =  LA MALLA N.4  RETENIDO EQUIVALENTE (g) 2.1 5.8 15.4 35.3	3.2 1.2 103.4 % PARCIAL (%) 2.0 5.6 14.9 34.1	g % QUE PAS. (g) 98.0 92.4 77.5 43.3
MALLA No. 3" 2" 1 1/2" 1" 3/4"	TEC. LUS ALBEE  RE  TICACIÓN  PROYECTO  OCALIZACION  S O N D E O  MUESTRA:  PROF.:  FECHA:  GRAVA  ARENA  FINOS  Total:  MASA INICIAL  ABERTURA  (mm)  75.0  50.0  37.5  25.0  19.0	ARENZ LIBRAMIENTO VI ETIDO JOSÉ MAR SPT-1 2 3.00-6.00 27/02/18 4 0.0 93.2 6.8 100	EZ  LAS PRUEBAS SI  A MAL GRADU.  LILAHERMOS A (2DA  ÉA PNO SUÁREZ, M  m.  %  %  %  %  96  %  96  g  %  PARCIAL  (%)  0.0  0.0  0.0  0.0  0.0	% QUE PASA (%) 100 100 100	DEFEDEL S  ARMANDO I  AP  ORME A LA NO  DEL KM 25+7  D, ESTADO DI  MALLA  No.  10  20  40  60  100	DELOS SANTOS I ROBÓ PRIMA MEXICANA  IS Y CAFÉ DE 80 AL 25+920  TABASCO.  MASA INIO  ABERTURA  (mm) 2.0 0.850 0.425 0.250 0.150	COMPACIDAD  CIAL QUE PASA  RETENIDO PARCIAL (g) 2.1 5.8 15.4 35.3 29.6	E-2003  PRELATIVA COM  Cu = Cc =   LA MALLA N.4  RETENIDO EQUIVALENTE (g)  2.1  5.8  15.4  35.3  29.6	3.2 1.2 103.4 % PARCIAL (%) 2.0 5.6 14.9 34.1 28.6	g % QUE PAS. (g) 98.0 92.4 77.5 43.3 14.7
LC CONS  MALLA  No. 3" 2" 1 1/2" 1" 3/4" 1/2"	TEC. LUS ALBEE  RE  TICACIÓN  PROYECTO  OCALIZACION  SONDEO  MUESTRA:  PROF.:  FECHA:  ECUTIVO No.:  GRAVA  ARENA  FINOS  Total:  ABERTURA  (mm)  75.0  50.0  37.5  25.0  19.0  12.5	AREN. LIBRAMIENTO VI EIIDO JOSÉ MAR SPT-1 2 3.00-6.00 27/02/18 4 0.0 93.2 6.8 100	EZ  LAS PRUEBAS SE  A MAL GRADU/ LLAHERMOSA (2DA  fia PINO SUÁREZ, M  m.  %  %  %  PARCIAL  (%)  0.0  0.0  0.0  0.0  0.0  0.0	% QUE PASA (%) 100 100 100 100	DEFEDEL S  ARMANDO I  AP  ORME A LA NO  AP  ORME A LA NO  DEL KM 25+7  O, ESTADO DI  MALLA  NO.  10  20  40  60  100  200	DELOS SANTOS I ROBÓ DELOS SANTOS I ROBÓ DEMA MEXICANA  IS Y CAFÉ DE 80 AL 25+920  CTABAS CO.  O.3  O.2  O.1  MASA INIO  ABERTURA  (mm)  2.0  0.850  0.425  0.250	CIAL QUE PASA RETENIDO PARCIAL (g) 2.1 5.8 15.4 35.3	E-2003  RELATIVA COM  Cu = Cc =  LA MALLA N.4  RETENIDO EQUIVALENTE (g) 2.1 5.8 15.4 35.3 29.6 8.2	### ACTA  ### ACTA  103.4  ### PARCIAL  (%) 2.0 5.6 14.9 34.1 28.6 7.9	g % QUE PAS. (g) 98.0 92.4 77.5 43.3
MALLA No. 3" 2" 1 1/2" 1" 3/4"	TEC. LUS ALBEE  RE  TICACIÓN  PROYECTO  OCALIZACION  S O N D E O  MUESTRA:  PROF.:  FECHA:  GRAVA  ARENA  FINOS  Total:  MASA INICIAL  ABERTURA  (mm)  75.0  50.0  37.5  25.0  19.0	ARENZ LIBRAMIENTO VI ETIDO JOSÉ MAR SPT-1 2 3.00-6.00 27/02/18 4 0.0 93.2 6.8 100	EZ  LAS PRUEBAS SI  A MAL GRADU.  LILAHERMOS A (2DA  ÉA PNO SUÁREZ, M  m.  %  %  %  %  96  %  96  g  %  PARCIAL  (%)  0.0  0.0  0.0  0.0  0.0	% QUE PASA (%) 100 100 100	DEFEDEL S  ARMANDO I  AP  ORME A LA NO  DEL KM 25+7  D, ESTADO DI  MALLA  No.  10  20  40  60  100	DELOS SANTOS I ROBÓ PRIMA MEXICANA  IS Y CAFÉ DE 80 AL 25+920  TABASCO.  MASA INIO  ABERTURA  (mm) 2.0 0.850 0.425 0.250 0.150	COMPACIDAD  CIAL QUE PASA  RETENIDO PARCIAL (g) 2.1 5.8 15.4 35.3 29.6	E-2003  PRELATIVA COM  Cu = Cc =   LA MALLA N.4  RETENIDO EQUIVALENTE (g)  2.1  5.8  15.4  35.3  29.6	3.2 1.2 103.4 % PARCIAL (%) 2.0 5.6 14.9 34.1 28.6	g % QUE PAS. (g) 98.0 92.4 77.5 43.3 14.7
MALLA No. 3" 2" 1 1/2" 1" 3/4" 1/2" 3/8"	TEC. LUS ALBEE  RE  TICACIÓN  PROYECTO  OCALIZACION  S O N D E O  MUESTRA:  PROF:  FECHA:  ECUTIVO No.:  GRAVA  ARENA  FINOS  Total:  ABERTURA  (mm)  75.0  50.0  37.5  25.0  19.0  12.5  9.5	ARENA ALIZÓ  ARENA LIBRAMIENTO VI EJIDO JOSÉ MAR SPT-1 2 3.00-6.00 27/02/18 4 0.0 93.2 6.8 100  RETENIDO PARCIAL (g) 0.0 0.0 0.0 0.0 0.0 0.0 0.0	EZ  LAS PRUEBAS SE  A MAL GRADUZ  LLAHERMOS A (2DA  ÁA PINO SUÁREZ, M  m.  %  %  %  %  PARCIAL  (%)  0.0  0.0  0.0  0.0  0.0  0.0  0.0	% QUE PASA (%) 100 100 100 100	DEFEDEL 6  DARMANDO I  AP  DRME A LA NO  COLOR GR  DEL KM 25+7  D. ESTADO DE  MALLA  No.  10  20  40  60  100  200  FINOS	DELOS SANTOS I ROBÓ PRIMA MEXICANA  IS Y CAFÉ DE 80 AL 25+920  TABASCO.  MASA INIO  ABERTURA  (mm) 2.0 0.850 0.425 0.250 0.150	COMPACIDAD  CIAL QUE PASA  RETENIDO PARCIAL (g) 2.1 5.8 15.4 35.3 29.6	E-2003  RELATIVA COM  Cu = Cc =  LA MALLA N.4  RETENIDO EQUIVALENTE (g) 2.1 5.8 15.4 35.3 29.6 8.2 7.0	3.2 103.4 % PARCIAL (%) 2.0 5.6 14.9 34.1 28.6 7.9 6.8	g % QUE PAS. (g) 98.0 92.4 77.5 43.3 14.7







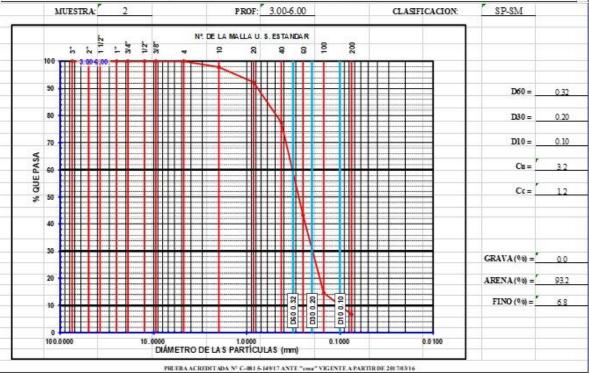








TH	ODEDOCUMENT	0		REVISION		1	KGENTE A PARTIE	RDE		ODEGO				
	FORMATO			3			4 DEABRIL DE 20	17	RS	PRIACHOL				
	ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO POR ME DIOS ME CÁNICOS													
CLASIF							COMPACIDAL	RELATIVA CON	PACTA					
	PROYECTO	LIBRAMIENTO V	TILAHERMOS A (2DA	ETAPA), SUBTRAMO	DEL KM 25-7	80 AL25-920								
LC	CALIZACION	EJIDO JOSÉ MAI	Ida PINO SEÁREZ, M	UNICIPIO DECENTRO	, ES TADO DE	ETABAS CO.								
	property and property in the property of the p						-		1					
	200000000000000000000000000000000000000	2												
	PROF :	300600	m											
		27/02/18												
CONS	TO STATE OF THE PARTY OF THE PA													
	GRAVA	0.0	96		D60 =	0.3		Cu=	3.2					
	ARENA	93.2	96		D30 =	02		Cc=	12	15				
	177.772.77		96			10000								
	0.0000000000000000000000000000000000000	7755	96		11000000									
		(9)(0)												
A	IASA INICIAL		E			MASA INIC	IAL QUE PASA	LAMAILAN 4	103.4	g				
MALLA	ABERTURA		% PARCIAL	%QUEPASA	MALLA	ABERTURA			% PARCIAL	%QUEPASA				
No.	(mm)	(g)	(%)	(%)	No.	(mm)	(g)	(g)	(%)	(g)				
3"	75.0	0.0	0.0	100	10	2.0	21	2.1	2.0	98.0				
2"		0.0	0.0	100		0.850	5.8	5.8		92.4				
11/2"										77.5				
1"										43.3				
3/4"			<del></del>		-			<del></del>		14.7				
1/2"						0.075	8.2			68				
3/8"										<del> </del>				
4	4.75			100	TOTAL			105.4	100					
PASA Nº 4 TOTAL	-	103.4	100		- 8		10	87	) - Y					
TOTAL	- 14	105.4	23 6500 0	DEDTEMBA NE C nos ?	LADAT ANTON	- Thereses	A DEED DE 2017-22	i	š					
			PHI FRA AC	REDITADA № C-081 5	149/17 ANTE	E HR V KENTE AT	A SEL BE DE 201 7/05	10						



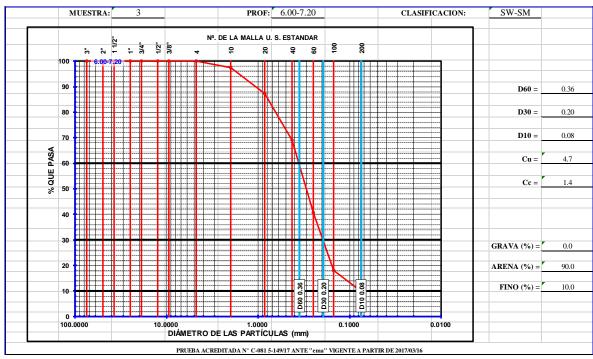




## UNIVERSIDAD AUTONÓMA DE CHIHUAHUA Secretaría de Investigación y Posgrado

TIP	O DE DOCUMENT	0		REVISIÓN		1	IGENTE A PARTIR	DE	C	ODEGO
	FORMATO			3			4 DEABRIL DE 201	7	F1-SI	P-UACH-01
			ANÁLISI	S GRANUL OM	ÉTRICO:	POR MEDIO	S ME CÁNICO	)S		
	,					,				
CLASIF	ICACIÓN	ARENA BI	EN GRADUADA	CON LIMO COL	OR COLO	R CAFE CON C	GRIS DE COMP.	ACIDAD RELATI	VA SUELTA	
	PROYECTO	LIBRAMIENTO V	ILLAHERMOSA (2DA	. ETAPA). SUBTRAMO	DEL KM 25+7	80 AL 25+920				
LO	CALIZACION	EJIDO JOSÉ MAI	RÍA PINO S UÁREZ, M	UNICIPIO DE CENTRO	), ESTADO DI	E TABAS CO.				
	SONDEO	SPT-1								
	MUESTRA:									
	PROF.:	6.00-7.20	m.							
	FECHA:	27/02/18								
CONS	ECUTIVO No.:	4								
	GRAVA	0.0	%		D60 =	0.4		Cu =	4.7	
	ARENA	90.0	%		D30 =	0.2		Cc =	1.4	-
	FINOS	10.0	%		D10 =	0.1				-
	Total:	100	%							
	2 0 0 0 0		7,0							
N	IASA INICIAL	_	g			MASA INIO	CIAL OUE PASA	LA MALLA N.4	100.3	g
										_6
MALLA	ABERTURA	RETENIDO PARCIAL	% PARCIAL	% QUE PASA	MALLA	ABERTURA	RETENIDO PARCIAL	RETENIDO EQUIVALENTE	% PARCIAL	% QUE PASA
No.	(mm)	(g)	(%)	(%)	No.	(mm)	(g)	(g)	(%)	(g)
3"	75.0	0.0	0.0	100	10	2.0	2.5	2.5	2.5	97.5
2"	50.0	0.0	0.0	100	20	0.850	10.1	10.1	10.1	87.4
1 1/2"	37.5	0.0	0.0	100	40	0.425	18.5	18.5	18.4	69.0
1"	25.0	0.0	0.0	100	60	0.250	28.4	28.4	28.3	40.7
3/4"	19.0 12.5	0.0	0.0	100 100	100 200	0.150 0.075	22.8 8.0	22.8 8.0	22.7 8.0	17.9
3/8"	9.5	0.0	0.0	100	FINOS	0.075	8.0	10.0	10.0	10.0
4	4.75	0.0	0.0	100	TOTAL			100.3	100	<del> </del>
PASA Nº 4		100.3	100					2.00		
TOTAL		100.3	100							1





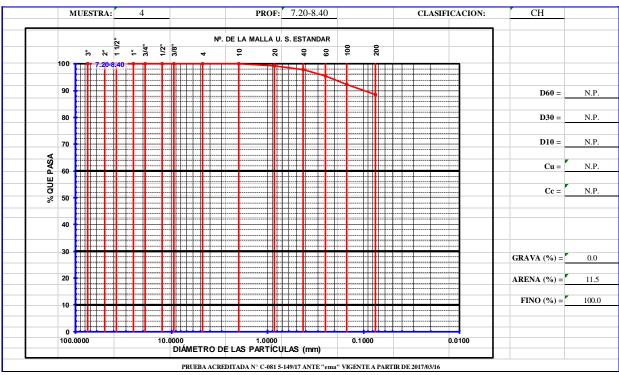






		-								
TIP	O DE DOCUMENT	0		REVISIÓN		1	IGENTE A PARTIR			ODIGO
	FORMATO		· ,	3	,		4 DE ABRIL DE 201		FI-SH	P-UACH-01
			ANALISI	S GRANULOM	ETRICO	POR MEDIO	S ME CANICO	OS		
CLASIF	ICACIÓN	RCILLA DE AI	LTA PLASTICID.	AD CON ARENA	Y MATERÍ	A ORGÁNICA	COLOR GRIS D	E CONSISTENCI	A MUY BLAND	
	PROYECTO	LIBRAMIENTO V	ILIAHERMOSA (2DA	. ETAPA). SUBTRAMO	DEL KM 25+7	'80 AL 25+920				
LO	CALIZACION	EJIDO JOSÉ MAR	TÍA PINO SUÁREZ, M	UNICIPIO DE CENTRO	), ESTADO DI	ETABASCO.				
	SONDEO	SPT-1						İ		
	MUESTRA:	4								
	PROF.:	7.20-8.40	m.							
	FECHA:	27/02/18								
CONS	ECUTIVO No.:	4								
	GRAVA	0.0	%		D60 =	N.P.		Cu =	N.P.	
	ARENA	11.5	%		D30 =	N.P.		Cc =	N.P.	
	FINOS	88.5	%		D10 =	N.P.				
	Total:	100	%							
N	IASA INICIAL	-	g			MASA INIC	CIAL QUE PASA	LA MALLA N.4	78.4	g
		RETENIDO					RETENIDO	RETENIDO		
MALLA	ABERTURA	PARCIAL	% PARCIAL	% QUE PASA	MALLA	ABERTURA	PARCIAL	EQUIVALENTE	% PARCIAL	% QUE PASA
No.	(mm)	(g)	(%)	(%)	No.	(mm)	(g)	(g)	(%)	(g)
3"	75.0	0.0	0.0	100	10	2.0	0.0	0.0	0.0	100.0
2"	50.0	0.0	0.0	100	20	0.850	0.6	0.6	0.8	99.2
1 1/2"	37.5	0.0	0.0	100	40	0.425	1.0	1.0	1.3	98.0
1"	25.0	0.0	0.0	100	60	0.250	1.9	1.9	2.4	95.5
3/4"	19.0	0.0	0.0	100	100	0.150	2.5	2.5	3.2	92.3
1/2"	12.5	0.0	0.0	100	200	0.075	3.0	3.0	3.8	88.5
3/8"	9.5	0.0	0.0	100	FINOS			69.4	88.5	-
4 PASA N° 4	4.75	0.0	0.0	100	TOTAL			78.4	100	ļ
TOTAL		78.4 78.4	100							-
IUIAL		1 /0.4		REDITADA N° C-081 5-				1		L





© Explorate	UNIVERSIDAD AUTONÓMA DE CHIHUAHUA Secretaría de Investigación y Posgrado F ACULTAD DE INGENIERÍA					
TIPO DE DOCUMENTO	REVISIÓN	VIGENTE A PARTIR DE	CODIGO			
FORMATO	3	4 DE ABRIL DE 2017	FI-SIP-UACH-01			
	ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO	POR MEDIOS MECÁNICOS				



CLASIF	ICACIÓN	LIMO DE	ALTA PLASTICI	DAD CON ARENA	A Y MATE	L RIA ORGÁNIC	A COLOR GRIS	DE CONSISTEN	CIA MEDIA	
02.1011				. ETAPA). SUBTRAMO			21 COLOR GRID	DE CONSISTEN	CHINEDHI	
1.0				UNICIPIO DE CENTRO						
LO	SONDEO		IATINO SCARIZ, M	Civicii lo DE CEVIRO	, ESTADO DI	Гаварсо.	ĺ	1		
	MUESTRA:	_								
	PROF.:		m.							
	FECHA:									
CONS	ECUTIVO No.:									
	GRAVA	0.0	%		D60 =	N.P.		Cu =	N.P.	
	ARENA		%		D30 =	N.P.		Cc =	N.P.	
	FINOS		%		D10 =	N.P.				
	Total:	100	%							
N	IASA INICIAL	-	g			MASA INIO	CIAL QUE PASA	LA MALLA N.4	103.6	g
MALLA	ABERTURA	RETENIDO PARCIAL	% PARCIAL	% QUE PASA	MALLA	ABERTURA	RETENIDO PARCIAL	RETENIDO EQUIVALENTE	% PARCIAL	% QUE PASA
No.	(mm)	(g)	(%)	(%)	No.	(mm)	(g)	(g)	(%)	(g)
3"	75.0	0.0	0.0	100	10	2.0	0.0	0.0	0.0	100.0
2"	50.0	0.0	0.0	100	20	0.850	1.4	1.4	1.4	98.6
1 1/2"	37.5 25.0	0.0	0.0	100	40 60	0.425 0.250	1.3 2.3	1.3 2.3	1.3 2.2	97.4 95.2
3/4"	19.0	0.0	0.0	100	100	0.250	4.4	4.4	4.2	90.9
1/2"	12.5	0.0	0.0	100	200	0.075	7.2	7.2	6.9	84.0
3/8"	9.5	0.0	0.0	100	FINOS			87.0	84.0	
4 PASA N° 4	4.75	0.0 103.6	0.0	100	TOTAL			103.6	100	ļ
TOTAL		103.6	100							
			PRUEBA AC	REDITADA N° C-081 5-	149/17 ANTE	"ema" VIGENTE A	PARTIR DE 2017/03/10	6		
	MUESTRA:	5		PROF:	8.40-10.	20	CLA	ASIFICACION:	MH	
	MUESTRA:			PROF:		AR	CLA	ASIFICACION:	MH	
	MUESTRA:		1 % 4		S. ESTAND	AR	000 000	ASIFICACION:	MH	
	. " 2			. DE LA MALLA U.	S. ESTAND	AR		ASIFICACION:	MH	
	. " 2			. DE LA MALLA U.	S. ESTAND	AR		ASIFICACION:		
	"E "Z			. DE LA MALLA U.	S. ESTAND	AR 8 6	000	SIFICACION:		
	5			. DE LA MALLA U.	S. ESTAND	AR 8 9	200	SIFICACION:	D	60 = N.P.
	"E "Z			. DE LA MALLA U.	S. ESTAND	AR 8 9	200	ASSIFICACION:	D	60 = N.P.
	90			. DE LA MALLA U.	S. ESTAND	AR 8 9	000	ASSIFICACION:	Di Di	60 = N.P 30 = N.P
	5			. DE LA MALLA U.	S. ESTAND	AR 8 9	000	ASSIFICACION:	Di Di	60 = N.P
	90			. DE LA MALLA U.	S. ESTAND	AR 8 9	000	ASSIFICACION:	D D	60 = N.P 30 = N.P 10 = N.P
	90			. DE LA MALLA U.	S. ESTAND	AR 8 9	000	ASSIFICACION:	D D	60 = N.P 30 = N.P 10 = N.P
QUE PASA	90 4 4 4 4 4 4 4 4 4 4 4 4 4 4 4 4 4 4 4			. DE LA MALLA U.	S. ESTAND	AR 8 9	000	ASSIFICACION:	D D	60 = N.P 30 = N.P 10 = N.P Cu = N.P
QUE PASA	90			. DE LA MALLA U.	S. ESTAND	AR 8 9	000	ASSIFICACION:	D D	60 = N.P 30 = N.P 10 = N.P Cu = N.P
QUE PASA	90			. DE LA MALLA U.	S. ESTAND	AR 8 9	000	ASSIFICACION:	D D	60 = N.P 30 = N.P 10 = N.P Cu = N.P
QUE PASA	90 4 4 4 4 4 4 4 4 4 4 4 4 4 4 4 4 4 4 4			. DE LA MALLA U.	S. ESTAND	AR 8 9	000	ASSISTICACION:	D D	60 = N.P 30 = N.P 10 = N.P Cu = N.P
QUE PASA	90 80 70 60 60 60 60 60 60 60 60 60 60 60 60 60			. DE LA MALLA U.	S. ESTAND	AR 8 9	000	ASSIFICACION:	D D	60 = N.P 30 = N.P 10 = N.P Cu = N.P
QUE PASA	90			. DE LA MALLA U.	S. ESTAND	AR 8 9 9	500	ASSIFICACION:	D D	60 = N.P. 30 = N.P. 10 = N.P. Cu = N.P.
QUE PASA	90 80 70 60 60 60 60 60 60 60 60 60 60 60 60 60			. DE LA MALLA U.	S. ESTAND	AR 8 9 9	500	ASSIFICACION:	D D	60 = N.P  30 = N.P  10 = N.P  Cu = N.P
% QUE PASA	90 80 70 60 60 60 60 60 60 60 60 60 60 60 60 60			. DE LA MALLA U.	S. ESTAND	AR 89 99 99 99 99 99 99 99 99 99 99 99 99	700	ASSIFICACION:	D D	60 = N.P  30 = N.P  10 = N.P  Cu = N.P  Cc = N.P
% QUE PASA	90 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0			. DE LA MALLA U.	S. ESTAND	AR 89 90 90 90 90 90 90 90 90 90 90 90 90 90	200	ASSISTICACION:	DD DD GGRAVA (	60 = N.P 30 = N.P 10 = N.P Cu = N.P Cc = N.P %) = 0.0
% QUE PASA	90 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0			. DE LA MALLA U.	S. ESTAND	AR 89 99 99 99 99 99 99 99 99 99 99 99 99	200	ASSISTICACION:	DD DD CO	60 = N.P. 30 = N.P. 10 = N.P. Cu = N.P. Cc = N.P. %) = 0.0
% QUE PASA	90 - 1 - 1 - 1 - 1 - 1 - 1 - 1 - 1 - 1 -			DE LA MALLA U.	S. ESTAND.	AR	700	ASSISTICACION:	DD DD GGRAVA (	60 = N.P. 30 = N.P. 10 = N.P. Cu = N.P. Cc = N.P. %) = 0.0
% QUE PASA	100	0.20	1.8	DE LA MALLA U.	S. ESTAND.	AR 89 99 99 99 99 99 99 99 99 99 99 99 99	200		DD DD GGRAVA (	60 = N.P. 30 = N.P. 10 = N.P. Cu = N.P. Cc = N.P. %) = 0.0
% QUE PASA	80	0.20	9.0000	DE LA MALLA U.	S. ESTAND.	AR & & & & & & & & & & & & & & & & & & &	200	0.0100	DD DD GGRAVA (	60 = N.P. 30 = N.P. 10 = N.P. Cu = N.P. Cc = N.P. %) = 0.0

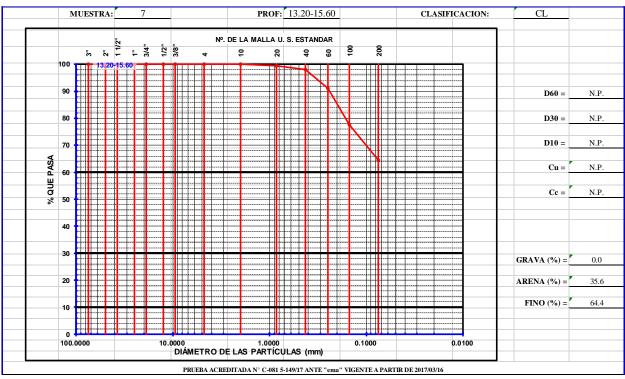




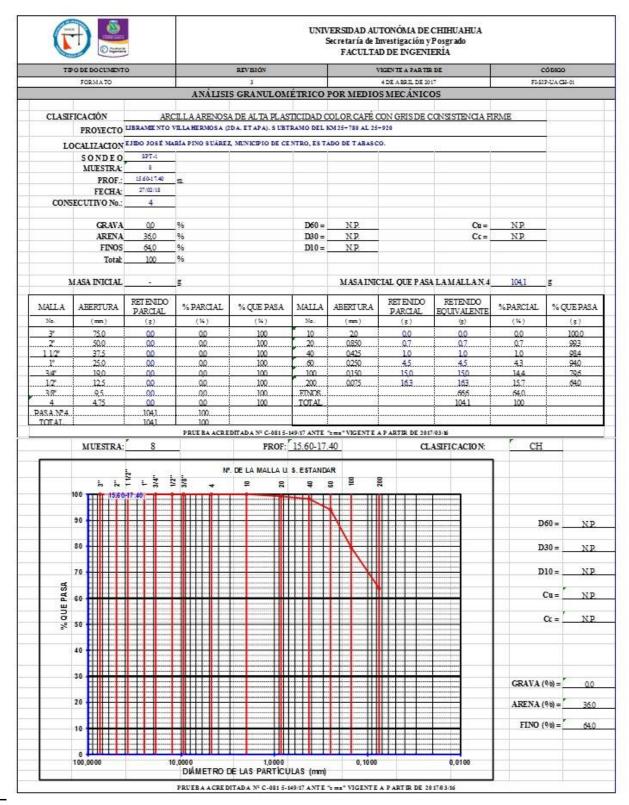


	- Capacita		FACULIAD DE INGENIERIA								
TIP	O DE DOCUMENT	0	REVISIÓN 3			VIGENTE A PARTIR DE 4 DE ABRIL DE 2017			CÓDICO FLSIPUACH-0I		
	FORMATO										
			ANÁLISI	S GRANULOM	ÉTRICO:	POR MEDIO	S ME CÁNICO	OS			
CLASIF	ICACIÓN		ARCILLA ARI	ENOSA COLOR C	RIS DE BA	JA PLASTICID	AD DE CONSIS	STENCIA FIRME			
	PROYECTO	LIBRAMIENTO VI	ILLAHERMOS A (2DA	. ETAPA). SUBTRAMO	DEL KM 25+7	80 AL 25+920					
LO	CALIZACION	EJIDO JOSÉ MAF	RÍA PINO SUÁREZ, M	UNICIPIO DE CENTRO	), ESTADO DE	E TABAS CO.					
	SONDEO	SPT-1									
	MUESTRA:	7									
	PROF.:	13.20-15.60	m.								
	FECHA:	27/02/18									
CONS	ECUTIVO No.:	4									
	GRAVA	0.0	%		D60 =	N.P.		Cu =	N.P.		
	ARENA	35.6	%		D30 =	N.P.		Cc =	N.P.		
	FINOS	64.4	%		D10 =	N.P.					
	Total:	100	%								
N	IASA INICIAL	-	g			MASA INIC	CIAL QUE PASA	LA MALLA N.4	100.7	g	
MALLA	ABERTURA	RETENIDO PARCIAL	% PARCIAL	% QUE PASA	MALLA	ABERTURA	RETENIDO PARCIAL	RETENIDO EQUIVALENTE	% PARCIAL	% QUE PASA	
No.	(mm)	(g)	(%)	(%)	No.	(mm)	(g)	(g)	(%)	(g)	
3"	75.0	0.0	0.0	100	10	2.0	0.0	0.0	0.0	100.0	
2"	50.0	0.0	0.0	100	20	0.850	0.5	0.5	0.5	99.5	
1 1/2"	37.5	0.0	0.0	100	40	0.425	1.5	1.5	1.5	98.0	
1"	25.0	0.0	0.0	100	60	0.250	6.9	6.9	6.9	91.2	
3/4"	19.0	0.0	0.0	100	100	0.150	13.7	13.7	13.6	77.6	
1/2"	12.5	0.0	0.0	100	200	0.075	13.2	13.2	13.1	64.4	
3/8"	9.5	0.0	0.0	100	FINOS			64.9	64.4	-	
ASA N° 4	4.75	0.0 100.7	100	100	TOTAL			100.7	100		
rasa N-4		100.7	100							-	

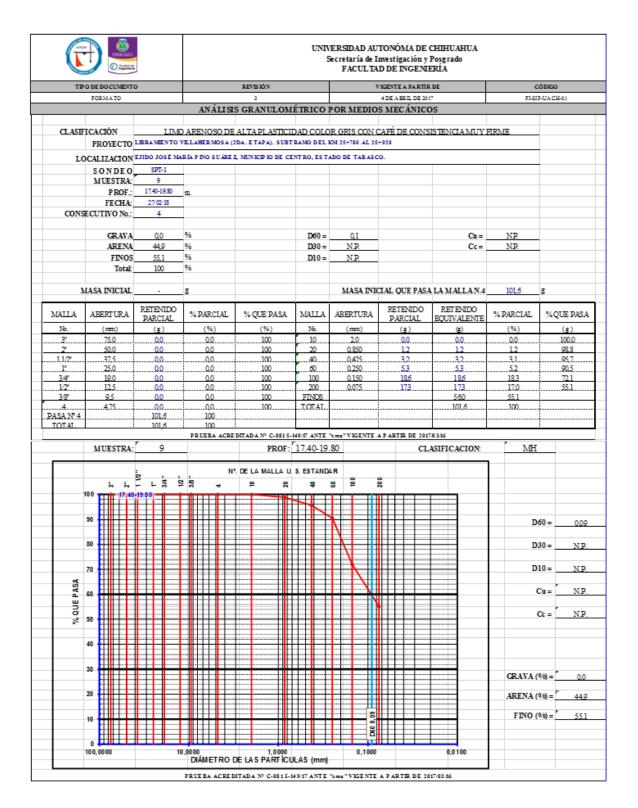




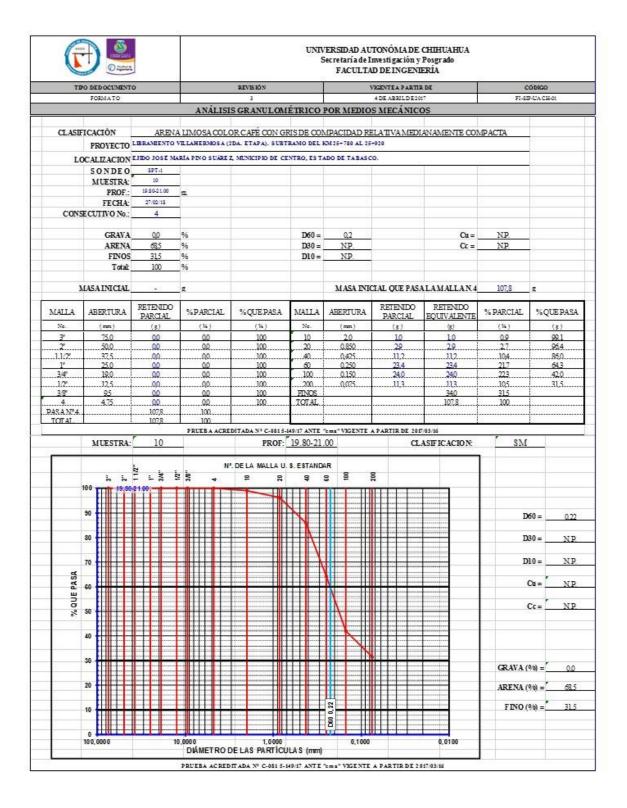




















	Tublecit of			,			,
		EDOCUM		REVISIÓN		EA PARTIR DE	CÓDIGO
	F	ORMATO		0		BRIL DE 2017	F-TIC-MES-01
			MAS	A ESPECIFICA DE	E LOS SUELOS		
	ļ			IDENTIFICA CION DE L	A MUTEUTED A		
ECHA:	İ	27/	02/2018	IDENTIFICACION DE LA		CONCECUTIVO N-	4
ECHA:	LIBRAMIE		LLAHERMOSA (2DA.	SONDEO No.  MUESTRA No.	SPT-1 1/5	CONSECUTIVO No.	4
OBRA:	ETAPA). S		O DEL KM 25+780 AL	CLIENTE:	1/5		
JDKA.	25+920 EJIDO J	OSÉ MA	RÍA PINO SUÁREZ,	CLIENTE.	SECRETARÍA DE CO	MUNICACIONES Y TRANSF	PORTE
JBICACIÓN:		O DE C	ENTRO, ESTADO DE				
DICTICION.	TABASCO.						
MUI	ES TRA No.		1	2	3	4	5
PROF	UNDIDAD (m	)	0.00-3.00	3.00-6.00	6.00-7.20	7.20-8.40	8.40-10.20
DES	CRIPCION		SP-SM	SP-SM	S W- S M	СН	МН
Matraz No.			125	134	127	128	135
Wfsw(g)			714.44	724.37	725.84	712.82	721.27
Temperatura (°C			27	27	27	27	27
Vfw (g)			676.9	686.48	688.60	677.90	685.28
Vms (g)			337.91	346.08	349.99	338.88	337.18
Vm(g)			277.78	285.22	289.91	278.89	276.00
Capsula de Evaj	poracion No		125	134	127	128	135
ζ =			0.9965	0.9965	0.9965	0.9965	0.9965
Ws = Wms - W	m		60.13	60.86	60.08	59.99	61.18
Ss			2.65	2.64	2.62	2.38	2.42
Wfsw (g) =	M asa del l	Matraz + A	gua + Muestra T <sup>a</sup> C			T° C	K
<b>W</b> fw (g) =	M asa del	Matraz + A	gua T aC (De la Curva De Ca	libracion del Matraz)		19.00	0.9984
W <sub>s</sub> (g) =	Masa del	Suelo Seco				22.00	0.9978
$W_{ms}$ (g) =	M asa del r	natraz desp	ués de agregar los sólidos			25.00	0.9973
<b>W</b> <sub>m</sub> (g) =	Masa del r	natraz antes	de agregar los sólidos			28.00	0.9963
c = c	oeficiente de	corrección	( densidad del agua a t° )			31.00	0.9954
						33.00	0.9947
<b>S</b> s =	Masa Fsi	pecifico Rela	ativo de los Sólidos =	W <sub>s</sub> * K		37.00	0.9934
				$W_{s} + W_{fw} - W_{fsw}$		40.00	0.9922
				. 13 1 111W - 1113W		-70.00	3.7722
	Obcomio	iciones:					
	Observa	ciones:					
		PRUEBA I	N PROCESO DE ACRED	ITACIÓN ANTE LA ENTI	DAD MEXICANA DE A	CREDITACIÓN A.C. (ema)	
	JEFE DE	LABORA	TORIO	LABORA	TORISTA	FO	LIO
						TIC-EMS-31	8-100-SS-1/5
NG DIFGO AR	MANDO DI	ELOS SAN	TOS PIMIENTA	TEC. HIIS ALRED	TO RIVERA LOPEZ		
13. DEGO AF		APROBÓ	100 I MIEXTA		LIZÓ	НОЈА	1 DE 2
		KODO		KLA		ı	





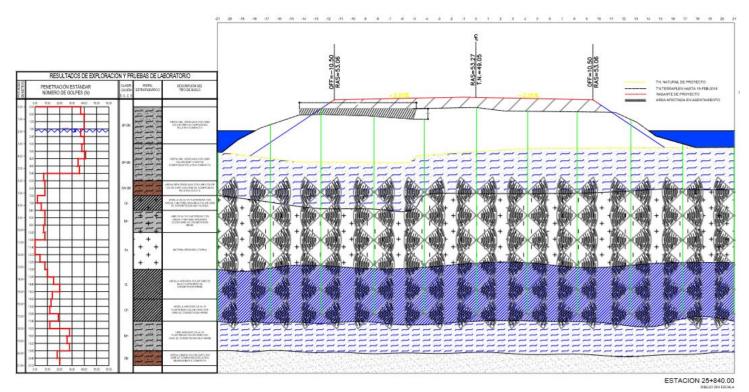


TIPO DE DOCU	MENTO	REVISIÓN	VIGENTE A	VIGENTE A PARTIR DE		
FORMAT		0	4 DE ABR	F-TIC-MES-0		
	VILLAHERMOSA (2DA. MO DEL KM 25+780 AL	MUESTRA No.	6/10			
OBRA: 25+920		CLIENTE:				
	IARÍA PINO SUÁREZ, CENTRO, ESTADO DE		SECRETARÍA DE COMU	NICACIONES Y TRANSI	PORTE	
UBICACIÓN: TABASCO.	CENTRO, ESTADO DE					
MUES TRA No.	6	7	8	9	10	
PROFUNDIDAD (m)	10.20-13.20	13.20-15.60	15.60-17.40	17.40-19.80	19.80-21.00	
DES CRIP CION	Pt	CL	СН	МН	SM	
Matraz No.	130	131	134	132	133	
Wfsw(g)	706.00	725.41	718.59	731.45	713.09	
Геmperatura (°C)	28	27	27	27	27	
Wfw(g)	684.40	686.20	683.38	697.20	676.10	
Wms (g)	346.32	350.80	343.75	358.81	337.44	
Wm(g)	285.97	290.76	282.61	298.73	277.44	
Capsula de Evaporacion No.	130	131	134	132	133	
K =	0.9963	0.9965	0.9965	0.9965	0.9965	
Ws = Wms - Wm	60.35	60.04	61.14	60.08	60.00	
Ss	1.55	2.87	2.35	2.32	2.60	
Wfsw (g) = Masa del Matraz +	Agua + Muestra T <sup>a</sup> C			T° C	K	
Wfw (g) = Masa del Matraz +	Agua T <sup>a</sup> C (De la Curva De Ca	libracion del Matraz)		19.00	0.9984	
Ws (g) = Masa del Suelo Seco	)			22.00	0.9978	
Wms (g) = Masa del matraz des	pués de agregar los sólidos			25.00	0.9973	
r <del>*</del> 7	es de agregar los sólidos			28.00	0.9963	
	ón (densidad del agua a t°)			31.00	0.9954	
	<u> </u>			33.00	0.9947	
Ss = Masa Especifico Relativo de los Sólidos =		<b>W</b> s * K		37.00	0.9934	
		Ws + Wfw - Wfsw		40.00	0.9922	
		.,		10.00	0.7722	
Observaciones:						



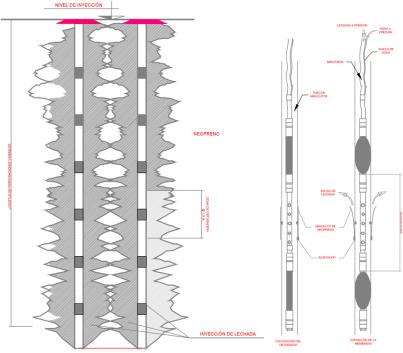
# E. PERFIL ESTRATIGRÁFICO.





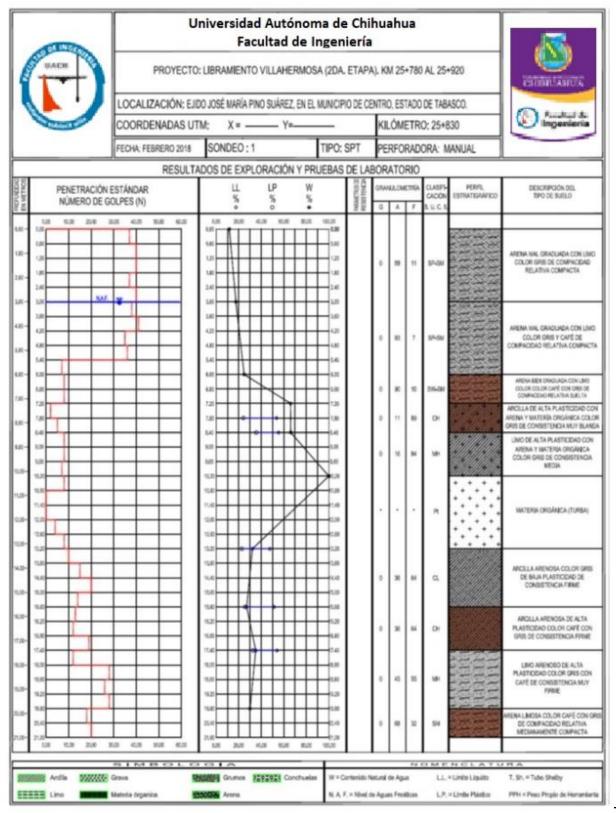
SECCIÓN DEL CAMINO EN ZONA DE FALLA SE APRECIA EL PROCESO DE INYECTADO





PERFORACIÓN DE LONGITUD VARIABLE CON 3" Ø PARA INYECCIÓN Y DETALLE DEL OBTURADOR







# F. ÁLBUM FOTOGRÁFICO.



# SONDEO DE PENTRACIÓN ESTÁNDAR

























