

## **2.4 ESTUDIO DE MECÁNICA DE SUELOS**

EVERARDO GARCIA MENDOZA

INGENIERO CIVIL

CED. PROF. 6767968

D.R.O.-B-1831-I R.F.C. GAME-740404-IWA

23 DE NOVIEMBRE No. 310, COL. STA. MARIA, OAXACA, OAX. TEL. (951)5494367 - CEL. 9511643587

## 1 INTRODUCCION

Los ríos generalmente presentan un amplio rango de tamaños de partículas en los materiales del lecho, pudiéndose encontrar desde partículas muy finas (limos y arcillas) hasta rocas y piedras de gran tamaño. Adicionalmente los ríos presentan una variación espacial y temporal en la composición del material del lecho a causa de diferentes factores, tales como, el régimen de caudales y las tasas asociadas de transporte de sedimentos, los aportes de los ríos tributarios y, en ocasiones, la intervención del hombre.

Una adecuada caracterización de los materiales del lecho de un cauce permite obtener y estimar información muy valiosa para los diferentes estudios que se puedan desarrollar: hidráulicos, sedimentológicos, morfológicos y ambientales. Factores como la rugosidad del cauce, el transporte de sedimentos y los procesos de erosión y sedimentación dependen de las características y distribución de los tamaños de los materiales del fondo.

En el presente trabajo se explica la realización de los trabajos consistentes en "Elaboración de estudio de Mecánica de Suelos, relacionado con el Proyecto de Construcción de Puente Peatonal Colgante San Antonio".

Este trabajo incluye exploración de campo y pruebas de laboratorio, análisis de resultados y elaboración de informe de mecánica de suelos.

Este trabajo abarca desde la inspección del sitio en estudio, exploración del subsuelo, muestreo y ensayos básicos de laboratorio, con el propósito de tener información geotécnica general del predio en estudio, así como emitir propuestas de cimentación y estimar capacidades de carga para las condiciones particulares del subsuelo del predio.

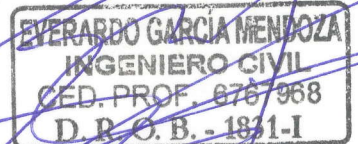
## 2 SEDIMENTOS DEL LECHO

### 2.1 DISEÑO DE LA CAMPAÑA DE CAMPO

#### 2.1.1 Selección de los sitios de muestreo

Puesto que la longitud del tramo en estudio es apreciable (alrededor de 1.12 Km), fue necesario definir un espaciamiento de muestreo óptimo, tal que el número de muestras no resultara excesivo y que a la vez fueran representativas de los distintos subtramos. Las normas internacionales (ASTM, 1978; BS, 1975) no son muy específicas en cuanto a la selección del sitio de muestreo y el número de muestras requeridas para una adecuada caracterización. Para el diseño de la campaña de campo se tuvo en cuenta la información disponible (sedimentología y geomorfología del Río San José -- datos tomados de la CONAGUA). Como resultado del análisis de esta información se optó por tomar muestras del lecho con espaciamientos que fluctúan entre 5 y 10 km (tres muestras por sección: franja izquierda, centro y franja derecha), de acuerdo con las características geomorfológicas de los diferentes sectores del río.

Sobre la cartografía existente se realizó una preselección y determinación en coordenadas UTM de los sitios de muestreo, incluyendo las secciones de especial interés (puentes, sitios en los que existía información previa, etc.) y considerando la facilidad de ubicación de estos sitios en campo. A cada sección se le dio un nombre relacionado con el lugar que ayudara a su localización. Igualmente se





EVERARDO GARCIA MENDOZA

INGENIERO CIVIL

CED. PROF. 6767968

D.R.O.-B-1831-I R.F.C. GAME-740404-IWA

20 DE NOVIEMBRE No. 310 COL. STA. MARIA OAXACA OAX TEL. (951) 5494367 - CEL. 951 1643587  
seleccionaron puntos de muestreo ubicados unos 100 a 200 m aguas arriba y aguas abajo de la  
confluencia de los principales arroyos tributarios.

## 2.1.2 Selección de Equipos

### 2.1.2.1 Muestreadores

Considerando principalmente las características de los sedimentos del lecho del Río San José y sus afluentes se decidió emplear los siguientes equipos: (1) Draga tipo Pettersen (foto No. 2.1), la cual se modificó con el fin de asegurar un cierre más hermético para evitar el lavado de los sedimentos finos; (2) Tubo Cilíndrico de Boca Cónica (foto No. 2.2) el cual ha sido probado en estudios anteriores, principalmente para la extracción de materiales ligeramente más gruesos (arenas y gravas).

### 2.1.2.2 Equipo de georeferenciación (GPS)

Se utilizó un equipo GPS para la navegación y localización de las secciones de muestreo con coordenadas Norte – Este y para la georeferenciación definitiva de sitios finalmente seleccionados para la toma de la muestra, para este caso se utilizó el GPS Marca Trimble operado en modo diferencial tiempo real con base comunitaria (ubicada en las oficinas de la empresa) perteneciente a la empresa y operado por su Técnico Edgar Rodríguez.

## 2.2 EJECUCIÓN DE LA CAMPAÑA DE CAMPO

Una vez establecido el diseño de la campaña de muestreo y preparado todo el componente logístico de equipo, transporte y definida la metodología para el muestreo, se ejecutó el trabajo de campo entre los días 28 de enero y 10 de febrero de 2015. Durante los primeros 9 días de este período se tomaron las muestras en el río San José que requerían de caminar y los 5 días restantes se tomaron las muestras sobre los arroyos tributarios a los cuales se podía acceder por vía terrestre. Es importante anotar que fue necesario suspender la campaña a la altura del Barrio San Pedro, localizada al sur del poblado de San José Atotonilco, por motivos de orden público. Las muestras que quedaron pendientes fueron tomadas en días posteriores.

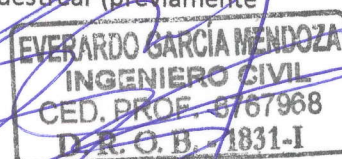
En desarrollo de la campaña se siguieron los siguientes procedimientos para la obtención de las muestras.

### 2.2.1 Extracción directa de la muestra

Se utilizó la draga Pettersen cuando el material predominante estaba conformado por arenas, limos, arcillas y gravas finas; el Tubo Cilíndrico de Boca Cónica se empleó cuando el material era ligeramente más grueso. En cualquiera de los casos se hacían varios intentos con ambos equipos hasta obtener una muestra lo más representativa posible, sin lavado de finos y en cantidad suficiente para el análisis granulométrico.

Para la toma de las muestras se adoptó el siguiente procedimiento:

1. Navegación con el GPS hasta encontrar las coordenadas de la sección a muestrear (previamente seleccionada en oficina).



EVERARDO GARCIA MENDOZA

INGENIERO CIVIL

CED. PROF. 6767968

D.R.O.-B-1831-I R.F.C. GAME-740404-IWA

20 DE NOVIEMBRE No. 310, COL. STA. MARIA, OAXACA, OAX. TEL. (951) 5494367 - CEL. 951 1643587

2. Una vez ubicada la sección se evaluó la conveniencia o no de realizar en ella el muestreo. En algunas ocasiones los sitios no eran los más representativos por encontrarse en curvas, por lo cual la ubicación se cambió ligeramente hasta encontrar una sección más representativa.

3. Sobre la sección se ubicaba el equipo en la vertical de muestreo (franja derecha, centro o franja izquierda).

4. Extracción de la muestra por medio de la Draga Pettersen o el Tubo Cilíndrico. En términos generales el Tubo cilíndrico fue utilizado para el muestreo cuando se observaba que la draga no recuperaba un volumen suficiente de muestra. Esto ocurría generalmente cuando se encontraban materiales gruesos (gravas y arenas gruesas)

5. Empaque y rotulación de la muestra para ser enviada al laboratorio.

Fue necesario utilizar doble bolsa con adhesivo externo para garantizar la identificación de la muestra en laboratorio, ya que en el proceso de almacenamiento en campo, transporte y en general con la manipulación, los rótulos se deterioraban por la humedad.

#### 2.2.2.2 Métodos de muestreo en ríos de gravas y guijarros

El material del lecho de un río de gravas y guijarros se puede muestrear básicamente de dos formas:

A. Muestreo Volumétrico: se toma un volumen o masa de sedimentos de una determinada capa o estrato del fondo del río.

B. Muestreo Superficial: se colecta un determinado número de partículas o sedimentos de la superficie del lecho (capa superficial) en un área predeterminada.

A veces es necesario combinar dos o más métodos de muestreo para obtener una distribución de tamaños de partículas representativa, éste se denomina método híbrido. El muestreo superficial a su vez puede realizarse de 3 maneras diferentes:

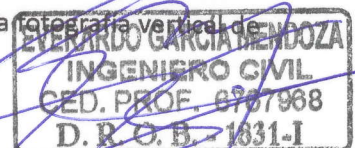
B1. Muestreo de área. Se considera para el análisis todas las partículas que se encuentran dentro de un área predeterminada del lecho del cauce. Existen diferentes métodos para tomar y analizar la muestra:

(a) Muestreo por Adhesión: las partículas son marcadas (con pintura, cera, pasta de flúor, arcilla, etc.) y luego recogidas para su análisis. Este método es recomendado para lechos con grandes cantidades de arenas y gravas.

(b) Muestreo Fotográfico: se toma una fotografía vertical de un área determinada del suelo. La distribución de tamaños de los sitios es obtenida del análisis posterior de la fotografía.

(c) Muestreo Manual: el técnico toma manualmente todas las partículas dentro del área preestablecida. Es un método recomendado para lechos de gravas gruesas, guijarros y piedras, ya que las partículas más pequeñas, como arenas y gravas finas, son difíciles de coleccionar manualmente.

B2. Muestreo de Malla. Se establece una malla sobre la superficie del lecho y las partículas que se encuentran debajo de los puntos de la malla constituyen la muestra; ésta puede ser analizada como frecuencia por peso o frecuencia por número. También es posible tomar una fotografía vertical de





EVERARDO GARCIA MENDOZA

INGENIERO CIVIL

CED. PROF. 6767968

D.R.O.-B-1831-I R.F.C. GAME-740404-IWA

20 DE NOVIEMBRE No. 3 LO. COL. STA. MARIA OAXACA OAX TEL (951) 5494367 - CEL 951 643587  
la superficie del lecho y medir los tamaños de las partículas que se hallan bajo los puntos  
coordenados de una malla sobrepuesta sobre la fotografía.

B3. Muestreo de Transectos. Se seleccionan y recolectan manualmente las partículas que se hallan a distancias iguales a lo largo de una o más líneas rectas (transectos).

#### 2.2.2.3 Métodos de análisis de las muestras

La muestra recolectada es dividida en clases o rangos de tamaños, donde cada clase contiene un porcentaje determinado de la muestra original. Estos porcentajes se pueden también considerar como frecuencias de ocurrencia. Hay dos modos de calcular estas frecuencias. - Frecuencia por Peso: La frecuencia de cada rango o intervalo de tamaños se expresa como el porcentaje en peso de la muestra original que cae en el intervalo. El tradicional método de análisis por tamizado corresponde a este tipo de análisis.

Frecuencia por Número: La frecuencia de cada intervalo de tamaños se expresa como el porcentaje en número del total de partículas de la muestra original que cae en el intervalo.

#### 2.2.2.4 Selección del método de muestreo.

El tradicional método volumétrico o másico es la única técnica de muestreo disponible que realmente no es sesgada, ni hacia los materiales finos ni hacia los materiales gruesos.

Sin embargo, este método tiene dos inconvenientes:

(i) no es práctico cuando se trata de ríos de grava y piedra, debido a que generalmente se requiere recolectar muestras muy voluminosas y pesadas para garantizar la representatividad de la muestra, ya que esta debe ser suficientemente grande para que sea independiente de los tamaños de las partículas individuales; y,

(ii) el método no es aplicable para muestrear las capas superficiales del lecho, por cuanto muestrear un volumen predeterminado implica muestrear un determinado espesor del fondo del cauce, es decir, muestrear partículas de sedimento que se hallan por fuera de dicha capa. Esto es, una capa con espesor de una partícula no puede ser muestreada volumétricamente. Para la selección del método de muestreo de acuerdo con Kellerhals y Bray se deben considerar tres aspectos:

(1) debe muestrearse la población correcta. Por ejemplo, si se investiga la rugosidad del cauce, debe muestrearse la capa superficial;

(2) el procedimiento debe ser eficiente, generando un máximo de resultados útiles para el tiempo y los recursos disponibles; y,

(3) la distribución de tamaños de gravas obtenida debe ser comparable con los datos en los se basan la mayoría de las teorías aceptadas sobre el transporte de sedimentos e hidráulica fluvial. Estas teorías tratan generalmente con material del lecho en el rango de arenas y utilizan habitualmente métodos de muestreo volumétrico y análisis por peso (tamizado) para describir la composición del material del lecho y del sustrato. Todos los demás procedimientos de muestreo y análisis deberían ser equivalentes al muestreo volumétrico y análisis por peso, o en caso contrario, los resultados deben convertirse a su equivalente antes de usarlos (Kellerhals y Bray, 1971).



EVERARDO GARCIA MENDOZA

INGENIERO CIVIL

CED. PROF. 6767968

D.R.O.-B-1831-I R.F.C. GAME-740404-IWA

20 DE NOVIEMBRE No. 310, COL. STA. MARIA, OAXACA, OAX. TEL. (951)5494367 - CEL. 9511643587

## 2 Características del proyecto.

De acuerdo a la Información, el proyecto ejecutivo consiste en la necesidad de construir un puente peatonal colgante de 34 mts de largo, como se muestra en la figura:



### 1. Reconocimiento del sitio

Se recorrió el predio, observándose que superficialmente el terreno es sensiblemente plano. El área es arenosa producto del cauce, por lo que es de esperarse que las condiciones del subsuelo sean las correspondientes de suelos muy blandos y heterogéneos.

#### Desarrollo de sitio en estudio

##### Geología regional

La zona donde se encuentra el lugar en estudio, corresponde a depósitos Cuaternarios del Pleistoceno, las características de los suelos que generalmente lo forman, son los depósitos de sedimentación en agua y posteriores que fueron depositados a través del tiempo, por procesos naturales de transporte y depósitos de procesos artificiales por dragado por vía húmeda.

En términos generales, las condiciones del subsuelo están formadas por suelos como: arenas, arenas arcillosas o limosas y mezclas de estos, además se puede observar un cierto arreglo general en su estratigrafía, pudiendo existir irregularidades en el espesor, profundidad y propiedades mecánicas de los mismos.

De acuerdo con la carta de regionalización sísmica elaborada por la CFE, el sitio se encuentra en la D de la República Mexicana, ver siguiente figura:

EVERARDO GARCIA MENDOZA  
INGENIERO CIVIL  
CED. PROF. 6767968  
D.R.O.B. 1831-I



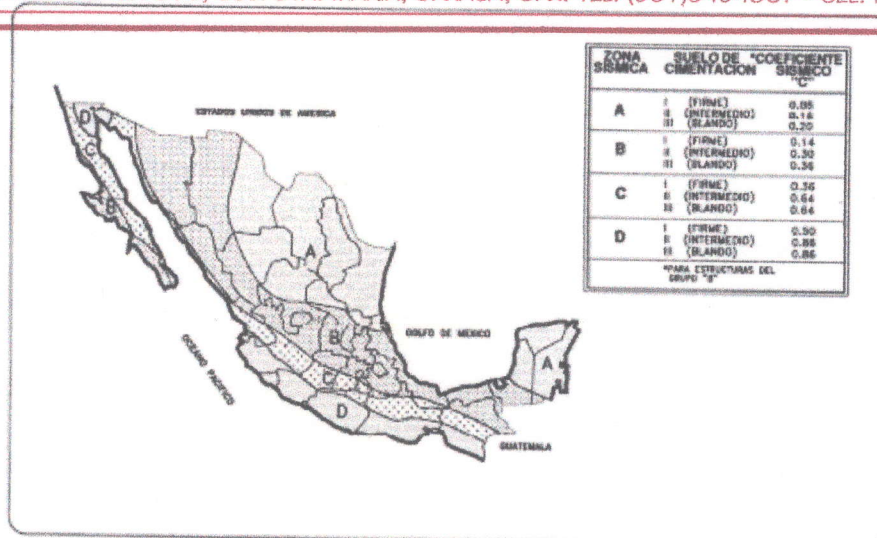
EVERARDO GARCIA MENDOZA

INGENIERO CIVIL

CED. PROF. 6767968

D.R.O.-B-1831-I R.F.C. GAME-740404-IWA

20 DE NOVIEMBRE No. 310, COL. STA. MARIA, OAXACA, OAX. TEL. (951)5494367 - CEL. 9511643587



## Regionalización sísmica de la república Mexicana

### 2. Trabajos de campo

Para la ejecución de los sondeos, se utilizó una perforadora rotaria, en la estabilización de las paredes de las perforaciones se usó ademe metálico helicoidal (augers) y lodos bentoníticos.

En la ejecución de los sondeos, las pruebas de penetración estándar se llevaron a cabo conforme la norma ASTM D-1586. En estas pruebas se recuperaron muestras alteradas y se determinaron a la vez la resistencia a la penetración, siendo definida como el número de golpes necesarios para hincar 30 cm el muestreador, contados después de penetrar previamente 15 cm.

De cada muestra alterada recuperada con el tubo partido, se clasificó en campo, reportándose en los registros de campo. Las muestras fueron debidamente protegidas para evitar la pérdida de humedad y posteriormente se trasladaron al laboratorio para realizar las pruebas necesarias.

La ubicación de los sondeos se presentan en la tabla siguiente:

Sondeo	X	Y	Prof. Máx.	UBICACIÓN
SPT-1	694581.063	2830729.632	4.00 m	margen izquierdo
SPT-2	694637.542	2830776.282	4.00 m	margen derecho

### 3. Trabajos de laboratorio

A las muestras alteradas se les determinó ensayos básicos de identificación como: contenidos de agua, límites de plasticidad y análisis granulométricos, de acuerdo a procedimientos establecidos.

### 4. Estratigrafía y propiedades

EVERARDO GARCIA MENDOZA  
INGENIERO CIVIL  
CED. PROF. 6767968  
D.R.O.B.-1831-I

EVERARDO GARCIA MENDOZA

INGENIERO CIVIL

CED. PROF. 6767968

D.R.O.-B-1831-I R.F.C. GAME-740404-IWA

20 DE NOVIEMBRE No. 310 COL. STA. MARIA OAXACA, OAX. TEL. (951) 5494367 - CEL. 951 1643587

Sobre la base de la exploración, muestreo de suelos y ensayos de laboratorio, se observaron intercalados estratos de capa vegetal de color oscuro CL (A), Arena limosa ligeramente arcillosa con gravas CL (B), Arcilla arenosa color café claro SC, arena limosa color café claro CL (B), arena arcillosa de consistencia dura CL (D).

#### 5- Analisis de capacidad de carga.

Considerando las características del proyecto, las condiciones estratigráficas del subsuelo y sus propiedades mecánicas, de muy baja a nula capacidad de carga en las condiciones del subsuelo, hasta una profundidad del orden de 3.50 m, por lo que se considera que para garantizar las condiciones de servicios se requiera cimentación profunda, basándose en pilas de cimentación, desplantadas en el estrato natural competentes a una profundidad del orden de 3.00 m.

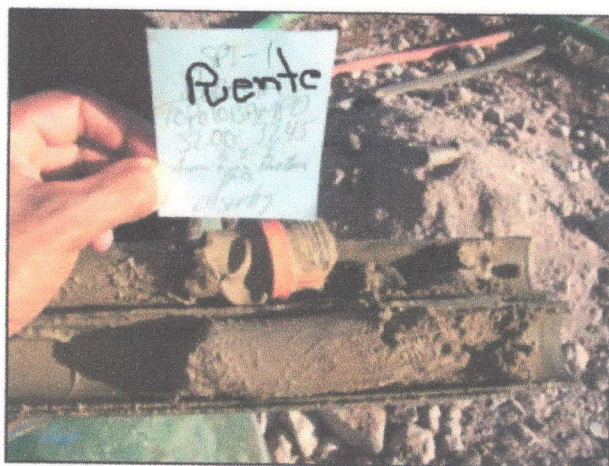
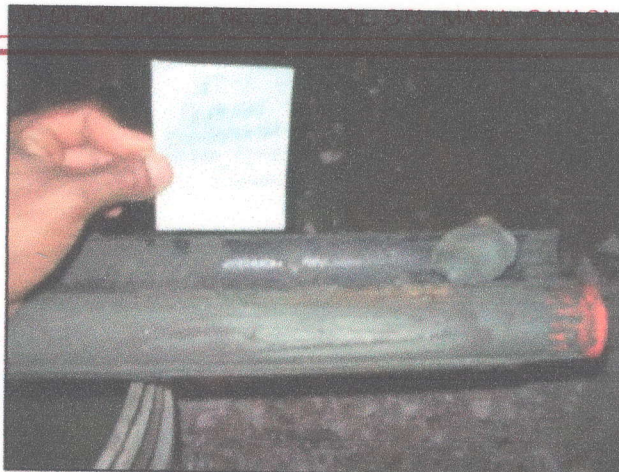
#### 6.-Resumen

Se anexa formato de resultados de análisis de suelo.

EVERARDO GARCIA MENDOZA  
INGENIERO CIVIL  
CED. PROF. 6767968  
D.R.O.B.-1831-I



EVERARDO GARCIA MENDOZA  
INGENIERO CIVIL  
CED. PROF. 6767968  
D.R.O.-B-1831-I R.F.C. GAME-740404-IWA  
OAX. TEL. (951)5494367 - CEL. 9511643587



EVERARDO GARCIA MENDOZA  
INGENIERO CIVIL  
CED. PROF. 6767968  
D.R.O.B.-1831-I



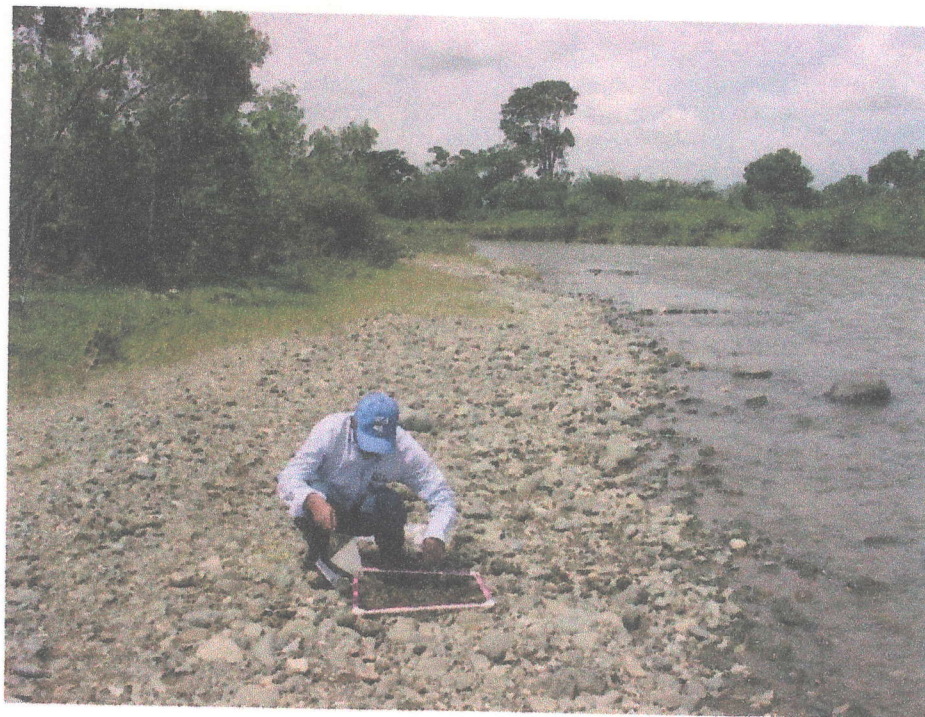
EVERARDO GARCIA MENDOZA

INGENIERO CIVIL

CED. PROF. 6767968

*Muestreo Sedimentológico del Material del Lecho* D.R.O.B.-1831-I R.F.C. GAME-740404-IWA *Sedimentos del Lecho*  
20 DE NOVIEMBRE No. 310, COL. STA. MARIA, OAXACA, OAX. TEL. (951)5494367 - CEL. 9511643587

Foto No. 2.23 Muestreo superficial y subsuperficial en el río  
Abscisa + 061



a) Panorámica



b) Muestra superficial



c) Muestra subsuperficial

EVERARDO GARCIA MENDOZA  
INGENIERO CIVIL  
CED. PROF. 6767968  
D.R.O.B.-1831-I



EVERARDO GARCIA MENDOZA

INGENIERO CIVIL

CED. PROF. 6767968

D.R.O.B.-1831-I

R.F.C. GAME-740404-IWA

*Muestreo Sedimentológico del Material del Lecho*

20 DE NOVIEMBRE No. 310, COL. STA. MARIA, OAXACA, OAX. TEL. (951) 5494367

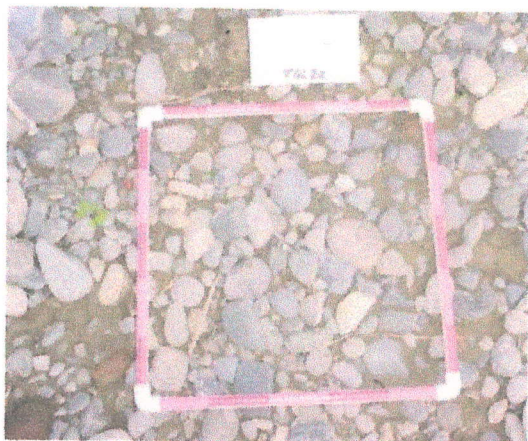
*Sedimentos del Lecho*

CEL. 951 1643367

**Foto No. 2.19 Muestreo superficial y subsuperficial en el Río**  
**Abscisa + 523**



**a) Panorámica**



**b) Muestra superficial**



**c) Muestra subsuperficial**

EVERARDO GARCIA MENDOZA  
INGENIERO CIVIL  
CED. PROF. 6767968  
D. R. O. B. - 1831-I



EVERARDO GARCIA MENDOZA

INGENIERO CIVIL

CED. PROF. 6767968

Muestreo Sedimentológico del Material del Lecho

D.R.O.B.-1831-I

R.F.C. GAME-740404-IWA

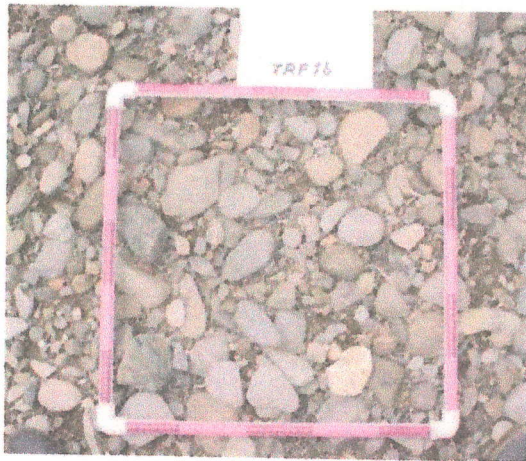
20 DE NOVIEMBRE No. 310, COL. STA. MARIA, OAXACA, OAX. TEL. (951)5404367 - CEL. 9511618887

Sedimentos del Lecho

**Foto No. 2.21 Muestreo superficial y subsuperficial en el río**  
**Abscisa + 980**



**a) Panorámica**



**b) Muestra superficial**



**c) Muestra subsuperficial**

EVERARDO GARCIA MENDOZA  
INGENIERO CIVIL  
CED. PROF. 6767968  
D.R.O.B.-1831-I





SUPERVISION GENERAL Y GEOTECNIA DE LA COSTA  
CHICA DE OAXACA S.A. DE C.V.

Oaxaca, Oax. 9 de enero de 2015

**OBRA:** CONSTRUCCION PUENTE PEATONAL COLGANTE  
**LOCALIZACIÓN:** SAN JOSE ATOTONILCO, SANTOS REYES NOPALA  
JUQUILA, OAXACA

**FECHA ELABORACION:** 5 de enero 2015

**SOLICITA:** ING. EVERARDO GARCIA MENDOZA

**P r e s e n t e .**

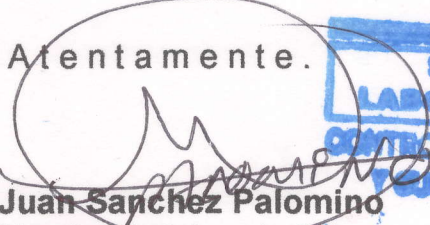
**Asunto: Dictamen**

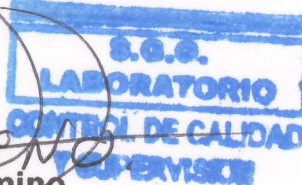
**Estimado ingeniero:**

Por medio del presente conducto y atendiendo a su amable solicitud, hago de su conocimiento los resultados de las investigaciones realizadas en el sitio en donde se efectuará la construcción de un puente peatonal colgante.

Sin otro particular, quedo a sus apreciables órdenes para cualquier aclaración al respecto.

**Atentamente.**

  
**I.C. Juan Sanchez Palomino**  
Director de laboratorio  
Céd. Prof. 1014312





SUPERVISION GENERAL Y GEOTECNIA DE LA COSTA  
CHICA DE OAXACA S.A. DE C.V.

## **1 Antecedentes del proyecto.**

Acorde a la solicitud para la realización de los trabajos de exploración para iniciar y efectuar el correspondiente estudio geotécnico, habiéndose llevado a cabo los mismos en un sitio de tipo urbano localizado en ambos lados del río San José en San José Atotonilco, Santos Reyes Nopala, Juquila, en el Estado de Oaxaca.

Entre los datos generales del predio tenemos que las coordenadas geodésicas en que sitúa al centro del mismo son alrededor de  $16^{\circ} 6' 26.29''$  N de latitud norte y  $97^{\circ} 10' 49.80''$  W de longitud oeste con una elevación aproximadamente de 493 msnm.

El tipo de construcción que se llevará a cabo en el sitio de las exploraciones es de construcción de un puente peatonal colgante.

El presente estudio tiene como objetivo definir las características físicas y mecánicas de los materiales que forman el suelo, con el fin de permitir al Estructurista diseñar la cimentación así como sus respectivas obras complementarias.

Para iniciar describiremos la formación del suelo del estado de Oaxaca.







SUPERVISION GENERAL Y GEOTECNIA DE LA COSTA  
CHICA DE OAXACA S.A. DE C.V.

## 2 Información geológica del suelo del estado de Oaxaca.

Las rocas del *Precámbrico* son las más antiguas, datan de aproximadamente 600 millones de años, se ubican al sur de la entidad con una dirección oeste-sureste, son principalmente **metamórficas** y cubren 25.5% de la superficie estatal; las rocas del *Paleozoico* (375 millones de años) abarcan 11.6%, son de origen metamórfico e **ígneas intrusivas**. Las unidades cartográficas más grandes están en la porción norte y oriental, colindando con el estado de Chiapas; el Periodo de la Era del *Mesozoico* con mayor cobertura es el Cretácico (135 millones de años) con 14.3%, representado por rocas de tipo **sedimentario** y metamórfico, dispersos en todo el estado, concentrados sobre todo en la zona media hacia el norte; otras unidades litológicas abarcan 7.3% pertenecen a la Era del Mesozoico, se localizan al sur, centro y noroeste de la entidad. Las rocas del Triásico-Jurásico (200 millones de años) se sitúan al norte y noreste, son sedimentarias y cubren 3.9%, en el Periodo Jurásico (180 millones de años) las rocas son generalmente sedimentarias, su cubrimiento estatal es de 0.9%, sus principales afloramientos están localizados al occidente, cerca del límite con el estado de Guerrero, otra unidad se encuentra en el extremo opuesto de la entidad, colindando con la parte sur del estado de Veracruz-Llave. El Periodo Terciario, cubre 25.0% del territorio estatal, compuesto por rocas **ígneas extrusivas** y sedimentarias, datan aproximadamente de 63 millones de años, se distribuyen en la parte central y norte del estado, algunas unidades litológicas colindan con los estados de Puebla y Guerrero, otras unidades ubicadas al norte colindan con el estado de Veracruz-Llave; los suelos del Cuaternario (3 millones de años aproximadamente), se ubican al sur, sureste paralelamente con la línea de costa; otras unidades importantes se localizan al centro de la entidad y al norte limitando con el estado de Veracruz.





SUPERVISION GENERAL Y GEOTECNIA DE LA COSTA  
CHICA DE OAXACA S.A. DE C.V.

### Sismicidad.

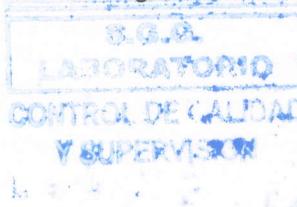
Para los fines del diseño estructural, se emplea el parámetro del **coeficiente sísmico (c)**, que es el cociente de la fuerza cortante horizontal que debe considerarse que actúa en la base de la construcción por efecto del sismo (sin reducción por ductilidad) entre el peso de ésta sobre dicho nivel.

El valor del coeficiente sísmico depende tanto del tipo de construcción y de estructura, siendo acorde con los métodos de diseño por sismo marcados por el Reglamento de Construcción y Seguridad Estructural para el Estado de Oaxaca.

Para el caso del presente estudio geotécnico, la construcción que se pretende llevar a cabo en el sitio en donde se realizaron las exploraciones son para un puente peatonal colgante, por lo que se le clasifica dentro del grupo B subgrupo B2, según el artículo 199 dentro de su inciso II subíndice 2 del reglamento antes mencionado, siendo que el tipo de terreno se clasifica dentro del Tipo 1 con base al artículo 252 de ese reglamento; por lo que le corresponde los siguientes coeficientes acorde al artículo 236 de dicho reglamento:

	Zona Sísmica del		
	B	C	D
Coeficiente sísmico (c)	0.14	0.36	0.50

En el caso de que se emplee el método simplificado de análisis, entonces se aplicarán los coeficientes que fijan las Normas Técnicas Complementarias del reglamento anteriormente referido.







SUPERVISION GENERAL Y GEOTECNIA DE LA COSTA  
CHICA DE OAXACA S.A. DE C.V.

### 3 Resultados de la investigación geotécnica.

#### 3.1 Descripción de las pruebas realizadas.

La investigación geotécnica consistió en la realización de 2 sondeos a cielo abierto, ubicados tal y como se muestran en el croquis anexo de localización, con el objetivo de ser representativos del terreno explorado.

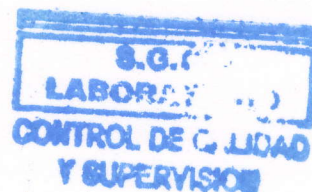
El avance adicional de la perforación se realizó con barrenas espirales sólidas de 4¼" de diámetro externo y broca cortadora de 4½" de diámetro externo.

El muestreo realizado durante la exploración fue del tipo alterado, mediante la prueba de penetración estándar, la cual consiste en hincar a base de golpes un muestreador del tipo tubo partido de 60 cms. de largo, 5.08 cms. de diámetro exterior y 3.49 cms. de diámetro interior mediante la energía proporcionada por una masa de 64 kg. de peso que es dejada caer libremente de una altura de 75 cms.; el número de golpes necesarios para que el muestreador penetre los 30 cms. intermedios nos mide en forma indirecta la resistencia al esfuerzo cortante del suelo por medio de la correlación con la compactación relativa de arenas ó con la consistencia relativa de suelo cohesivo, esto dependiendo del tipo de suelo muestreado.

A los materiales recuperados durante los muestreos, se les clasificó en campo de forma visual y al tacto en estado seco y húmedo de acuerdo con el Sistema Unificado de Clasificación de Suelos (S.U.C.S.).

Todas las determinaciones y ensayos realizados se ejecutaron de acuerdo a la American Society for Testing Materials (A.S.T.M.), dentro de su norma ASTM – 1586 – 99, cuyos resultados se presentan en los gráficos anexos, así como la estratigrafía y resultados de las pruebas de penetración estándar ejecutadas.

A continuación se exponen los resultados obtenidos.





SUPERVISION GENERAL Y GEOTECNIA DE LA COSTA  
CHICA DE OAXACA S.A. DE C.V.

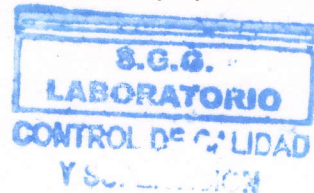
### 3.3 Características mecánicas.

A partir del número de golpes de la prueba de penetración estándar aplicada sobre los estratos de los sondeos, nos arrojan una cierta homogeneidad de los parámetros de resistencia en los mismos.

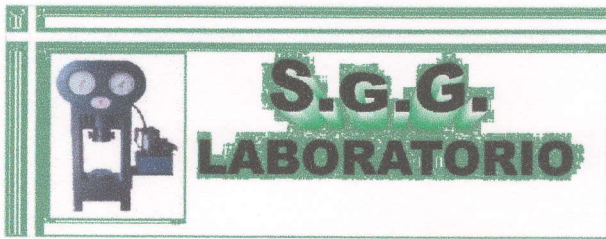
Para el caso del presente estudio se tiene que éste material presenta una compacidad relativa **densa**, acorde al número de golpes presentados en cada sondeo. Y con base a esto, se obtiene que los parámetros de resistencia y de evaluación de la capacidad de carga según la teoría de Terzaghi son:

Cohesión:	0.00 Ton/m <sup>2</sup>
Ángulo de fricción:	30.50°
gm :	1.92 Ton/m <sup>3</sup>
Nc:	38.8
Nq:	23.9
Ng:	21.5

No se cuenta con la información de una cota de nivel para el punto de exploración, por lo que para las capacidades de carga admisible deberán de contemplarse a partir del nivel de inicio del sondeo de exploración y realizar el desplante a las profundidades proporcionadas en el apartado 4.1.







SUPERVISION GENERAL Y GEOTECNIA DE LA COSTA  
CHICA DE OAXACA S.A. DE C.V.

## 4 Conclusiones.

De acuerdo a los resultados obtenidos puede decirse que el municipio de San Jose atotonilco (en el que se sitúa el sitio de estudio) del Estado de Oaxaca, teniéndose que dentro de dicho municipio se pueden encontrar formaciones que abarcan tanto rocas metamórficas del precámbrico así como también de rocas ígneas extrusivas del mesozoico.

### 4.1 Estratigrafía.

Acorde a los sondeos superficiales efectuados, la estratigrafía del predio puede describirse de la siguiente forma:

Se encuentra en el sondeo 1 un primer estrato cuyo espesor es de 0.00 m. hasta 0.50 m. y el cual se conforma por una capa a base, y la cuál, para los fines del estudio no se considera relevante para su correspondiente análisis minucioso.

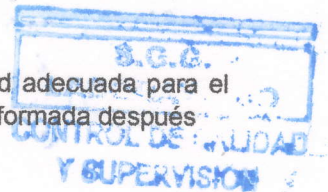
Subyaciendo al anterior se encuentra un segundo y último estrato cuyo espesor abarca las profundidades de 0.50 m. hasta 4.00 m. (obviamente éstas profundidades son con respecto a la superficie del nivel del terreno), siendo ésta última el alcance de los sondeos, siendo que en el caso del sondeo 2 se trata del único estrato detectado y cuyo espesor comprende desde 0.00 hasta 4.00 m. (siendo también la referencia la superficie antes mencionada).

Para los fines del desplante de las cimentaciones precisamente se consideró al material del último estrato mencionado. Esto se deriva a partir de los ensayos para la determinación de las características físicas y mecánicas, así como también de las observaciones hechas durante la realización de los mismos.

### 4.2 Cimentaciones.

Se tiene que el primer estrato detectado del sondeo 1 resulta inconveniente para la colocación de las cimentaciones, debiéndose efectuar la remoción del mismo en la zona de influencia del sondeo 1 a una profundidad mínima de 0.50 (corte)

Con base a lo anteriormente mencionado, se tiene que la profundidad adecuada para el apoyo de la cimentación es a partir de 4.00 m., medido desde la superficie conformada después





**SUPERVISION GENERAL Y GEOTECNIA DE LA COSTA  
CHICA DE OAXACA S.A. DE C.V.**

del corte en el caso de la zona de influencia del sondeo 1, mientras que ésta misma profundidad con respecto a la zona de influencia del sondeo 2 corre desde la superficie del nivel del terreno actual; esto es con el fin de garantizar la perfecta ubicación en los estratos considerados en el análisis para dicho desplante. Las cimentaciones más adecuadas para apoyar sobre éste material consisten en zapatas aisladas conectadas por contratraveses, o bien, pueden emplearse cimentaciones corridas a base de mampostería (piedra braza); sin embargo, tanto la elección del tipo de la cimentación como su diseño respectivo dependen enormemente del conocimiento sobre el tipo de proyecto que se pretende colocar en él.

En el caso del predio explorado se tendrá que la capacidad de carga admisible para el diseño de la cimentación en la profundidad de desplante mencionada será tal y como se indica a continuación:

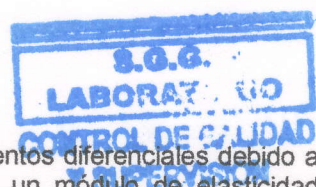
**Cap. de carga admisible (en Ton/m<sup>2</sup>)**

<b>Zapata cuadrada</b>	<b>Zapata corrida</b>
<b>12.00</b>	<b>12.60</b>

Cabe señalar que todas las capacidades de carga que se proporcionan se consideraron bajo las condiciones de cargas accidentales y de servicio, habiendo sido calculadas a partir de la teoría de capacidad de carga de Terzaghi para cimentaciones superficiales en suelos friccionantes y considerando un factor de seguridad de 3.

Los niveles de desplante de cimentación son los siguientes:

<b>Zona de influencia del Sondeo No.</b>	<b>Nivel de desplante medido a partir del inicio del sondeo correspondiente (en m)</b>
<b>1</b>	<b>4.00</b>
<b>2</b>	<b>4.00</b>



Para el análisis de las deformaciones unitarias y los asentamientos diferenciales debido a la acción de las cargas que se impongan, se recomienda emplear un módulo de elasticidad correlacionado de **150.00 kg/cm<sup>2</sup>**.





SUPERVISION GENERAL Y GEOTECNIA DE LA COSTA  
CHICA DE OAXACA S.A. DE C.V.

#### **4.3 Observaciones para cortes, taludes y drenaje.**

Debido a que la presente investigación abarca el suelo superficial, es recomendable que no se realicen cortes verticales sin protección a profundidades mayores de 3 m.

Por la importancia de la obra se recomienda que las contenciones sean a base de concreto reforzado, aunque para obras menores pueden emplearse muros de tabique rojo recocido rigidizados por castillos y cadenas de concreto reforzado a separaciones máximas de 3 m.

Es importante mantener los cortes en sus condiciones naturales de humedad, por lo que se recomienda la instalación de un sistema de drenaje para desalojar a las excesivas infiltraciones de agua proveniente de agentes externos que sobresaturen al suelo ya sea de terreno natural o de calidad controlada y colocado en el sitio.

Asimismo, se recomienda implementar otro sistema de drenaje que proteja al suelo de cimentación una vez finalizada la construcción, con el fin de protegerlo de cambios de volumen que puedan derivarse de la situación antes mencionada, conllevando efectos perjudiciales para las cimentaciones como consecuencia de dichos cambios.

Para el caso de muros de contención que excedan por un margen muy amplio una altura de 4 m., se puede evaluar la magnitud del empuje del suelo (empuje activo) mediante el empleo tanto del método de Rankine como el de Coulomb. El cálculo de la magnitud del empuje establecido éstos métodos es igual cuando el paramento del muro es liso y vertical con talud horizontal y difiere cuando el paramento no es liso, ni vertical y el talud está inclinado, en éste último caso es preferible utilizar únicamente el método de Coulomb.

Obviamente, si con base tanto a las características mecánicas que componen al suelo del talud a contener así como también a la geometría del mismo sí se encuentre generando un empuje activo, y habiéndose evaluado su magnitud por los métodos antes mencionados, se tendrá que avocar al diseño estructural de su respectivo muro de contención. En caso contrario solamente se tendrá que diseñar un muro para protección.

#### **4.4 Recomendaciones generales de construcción.**

Se recomienda llevar a cabo la ubicación de bancos de nivel para el control de los niveles del proyecto; esto es con el fin de identificar los estratos de apoyo de la cimentación al momento de realizar movimientos de tierra por medio de la referencia de cotas de pozos a cielo abierto con respecto a los bancos antes mencionados.

Con la capacidad de carga admisible proporcionada, se podrán realizar los diseños de las cimentaciones que se requieran de acuerdo a las cargas actuantes en las estructuras por construir,



SUPERVISION GENERAL Y GEOTECNIA DE LA COSTA  
CHICA DE OAXACA S.A. DE C.V.

revisando todas las cargas actuantes para las estructuras y que serán verificadas por la supervisión de construcción.

Con respecto a las cimentaciones, de acuerdo a los materiales detectados se podrán realizar todas las excavaciones para éstas en forma vertical, utilizando retroexcavadora, o pico y pala. Para sus respectivos desplantes, se deberá de retirar todo el material suelto del fondo de las mismas. Asimismo, se aconseja realizar el colado de una plantilla de concreto pobre de  $f'c = 100 \text{ Kg/cm}^2$ , sobre la cual se desplantará la cimentación.

Se debe de observar que se contará con un recubrimiento mínimo de la cimentación superficial de 5.00 cm. y en caso de no contar con plantillas de concreto (o contacto con el suelo) y de 3.00 cm. en caso de contar con la plantilla de concreto.

Sin embargo, cualquiera que sea la opción de cimentación elegida para llevar a cabo, se tendrán en cuenta que la compactación del concreto y su respectiva colocación deberán ajustarse a las normas establecidas por la A.S.T.M. y el A.C.I., asimismo, también se deberá atender a la normativa ONNCCE aplicable al respecto. Asimismo, se recomienda utilizar concreto premezclado para las cimentaciones de las estructuras tanto principales como secundarias del proyecto.

La supervisión de la obra deberá verificar las características de los materiales sobre los que se desplantará la cimentación para cada estructura, calidad de los materiales de construcción, procedimientos de excavación y de construcción, etc.

