

**UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE CHIHUAHUA**

**FACULTAD DE INGENIERÍA**

**SECRETARÍA DE INVESTIGACIÓN Y POSGRADO**

---



**ESTUDIO GEOTECNICO PARA LA CONSTRUCCION DEL  
TELEFERICO DE LA CIUDAD DE HIDALGO DEL PARRAL,  
CHIHUAHUA.**

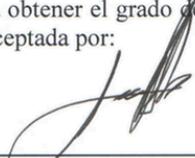
POR:

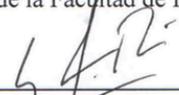
**ING. LUIS ENRIQUE MORALES GUTIERREZ**

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

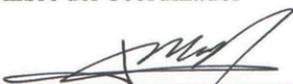


Estudio geotécnico para la construcción del Teleférico de la ciudad de Hidalgo del Parral, Chihuahua. Tesis presentada por Luis Enrique Morales Gutiérrez como requisito parcial para obtener el grado de Maestro en Ingeniería en Vías Terrestres, ha sido aprobada y aceptada por:

  
\_\_\_\_\_  
**M.I. Javier González Cantú**  
Director de la Facultad de Ingeniería

  
\_\_\_\_\_  
**Dr. Fernando Rafael Astorga Bustillos**  
Secretario de Investigación y Posgrado

  
\_\_\_\_\_  
**M.C. Alejandro Calderón Landaverde**  
**Nombre del Coordinador**

  
\_\_\_\_\_  
**M.I. Jose Carlos Montero De Anda**  
**Nombre del Director de tesis**

abril de 2018  
Fecha

Comité:  
**Dr. Fernando Rafael Astorga Bustillos**  
**M.I. Gilberto Hernández Juárez**  
**M.I. José Carlos Montero De Anda**  
**M.C. Alejandro Calderón Landaverde**

© Derechos Reservados

**Luis Enrique Morales Gutierrez**  
Circuito No. 1 Nuevo Campus Universitario  
C.P. 31125 Chihuahua, Chih.

Abril de 2018



UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE  
CHIHUAHUA

16 de abril de 2018

**ING. LUIS MORALES GUTIERREZ**

Presente

En atención a su solicitud relativa al trabajo de tesis para obtener el grado de Maestro en Ingeniería, nos es grato transcribirle el tema aprobado por esta Dirección, propuesto y dirigido por el director **M.I. José Carlos Montero De Anda** para que lo desarrolle como tesis, con el título: **"ESTUDIO GEOTÉCNICO PARA LA CONSTRUCCIÓN DEL TELEFÉRICO DE LA CIUDAD DE HIDALGO DEL PARRAL, CHIHUAHUA"**.

#### ÍNDICE

**Resumen**

**Índice de Contenido**

**Índice de Tablas**

**Índice de Figuras**

#### **Capítulo 1: Objetivo**

- 1.1 Descripción del proyecto

#### **Capítulo 2: Metodología**

#### **Capítulo 3: Resultados**

- 3.1 Características de la zona en estudio

#### **Capítulo 4: Conclusiones y Recomendaciones**

- 4.1 Zonificación del predio
- 4.2 Despalmes
- 4.3 Materiales para el control de calidad
- 4.4 Clasificación de corte para pago
- 4.5 Tipo de cimentación y asentamientos
- 4.6 Estabilidad del suelo de cimentación
  - 4.6.1 Zona 1 (estación de llegada, SPT-1, SPT-2)
  - 4.6.2 Zona 4 (estación de salida, S-8 y S-9)

FACULTAD DE INGENIERÍA  
Circuito No.1, Campus Universitario 2  
Chihuahua, Chih., México. C.P. 31125  
Tel. (614) 442-95-00  
[www.fing.uach.mx](http://www.fing.uach.mx)



UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE  
CHIHUAHUA

- 4.6.3 Formación de escalones de liga
- 4.7 Recomendaciones generales para la cimentación
  - 4.7.1 Estrato de apoyo de la cimentación
- 4.8 Calculo de la capacidad de carga del terreno
  - 4.8.1 Zona 1 (estación de llegada, SPT-1, SPT-2)
  - 4.8.2 Zona 2 (SPT-3)
  - 4.8.3 Zona 3 (SPT-4, SPT-5, SPT-6)
  - 4.8.4 Zona 4 (estación de salida, S-8 y S-9)
- 4.9 Asentamientos Elásticos para viviendas y muros de contención
  - 4.9.1 Asentamientos zonas 1 y 2
    - 4.9.1.1 Zapata corrida Zona 1 (estación de llegada, SPT-1, SPT-2)
    - 4.9.1.2 Zapata cuadrada Zona 2 (SPT-3)
    - 4.9.1.3 Zona 3 (SPT-4, SPT-5, SPT-6)
    - 4.9.1.4 Zona 4 (estación de salida, S-8 y S-9)
- 4.10 Resumen de resultados
- 4.11 Calidad de material para plataformas
- 4.12 Alcances

#### Referencias

#### Bibliografía

Solicitamos a Usted tomar nota de que el título del trabajo se imprima en lugar visible de los ejemplares de las tesis.

**ATENTAMENTE**  
"Naturam subiecit aliis"

EL DIRECTOR

M.I. JAVIER GONZÁLEZ CANTÚ

FACULTAD DE  
INGENIERÍA  
U.A.C.H.



DIRECCION

EL SECRETARIO DE INVESTIGACIÓN  
Y POSGRADO

DR. FERNANDO RAFAEL ASTORGA  
BUSTILLOS

FACULTAD DE INGENIERÍA  
Circuito No.1, Campus Universitario 2  
Chihuahua, Chih., México. C.P. 31125  
Tel. (614) 442-95-00  
[www.fing.uach.mx](http://www.fing.uach.mx)



## Índice de Contenido

Resumen

Índice de Contenido .....	III
Índice de Tablas .....	V
Índice de Figuras .....	VI
RESUMEN .....	VIII
Capítulo 1: Objetivo .....	IX
1.1 Descripción del proyecto .....	IX
Capítulo 2: Metodología .....	X
Capítulo 3: Resultados .....	X
3.1 Características de la zona en estudio .....	X
Capítulo 4: Conclusiones y Recomendaciones .....	XLIV
4.1 Zonificación del predio .....	XLIV
4.2 Despalme .....	XLV
4.3 Materiales para el control de calidad .....	XLV
4.4 Clasificación de corte para pago .....	XLVIII
4.5 Tipo de cimentación y asentamientos .....	XLIX
4.6 Estabilidad del suelo de cimentación .....	XLIX
4.6.1 Zona 1 (estación de llegada, SPT-1, SPT-2): .....	XLIX
4.6.2 Zona 4 (estación de salida, S-8 y S-9): .....	L
4.6.3 Formación de escalones de liga .....	L
4.7 Recomendaciones generales para la cimentación .....	LIII
4.7.1 Estrato de apoyo de la cimentación .....	LIV
4.8 Calculo de la capacidad de carga del terreno .....	LIV
4.8.1 Zona 1 (estación de llegada, SPT-1, SPT-2): .....	LV
4.8.2 Zona 2 (SPT-3): .....	LVI
4.8.3 Zona 3 (SPT-4, SPT-5, SPT-6): .....	LVII
4.8.4 Zona 4 (estación de salida, S-8 y S-9): .....	LVIII
4.9 Asentamientos Elásticos para viviendas y muros de contención .....	LXI



4.9.1 Asentamientos zonas 1 y 2.....	LXII
4.9.1.1 Zapata corrida Zona 1 (estación de llegada, SPT-1, SPT-2): .....	LXIII
4.9.1.2 Zapata cuadrada Zona 2 (SPT-3): .....	LXIV
4.9.1.3 Zona 3 (SPT-4, SPT-5, SPT-6):.....	LXV
4.9.1.4 Zona 4 (estación de salida, S-8 y S-9): .....	LXVI
4.10 Resumen de resultados:.....	LXIX
4.11 Calidad de material para plataformas .....	LXX
4.12 Alcances .....	LXXI
Referencias.....	LXXII
Curriculum Vitae .....	LXXIII



## Índice de Tablas

Tabla 3.1: Criterio para definir potencial de expansion adaptado de Reese y O'Neill, 1988...	XVII
Tabla 3.2: Resultados de laboratorio sondeo SP-1 .....	XXXVII
Tabla 3.3: Resultados de laboratorio sondeo SP-2 .....	XXXVIII
Tabla 3.4: Resultados de laboratorio sondeo SP-3 .....	XXXIX
Tabla 3.5: Resultados de laboratorio sondeo SP-4 .....	XL
Tabla 3.6: Resultados de laboratorio sondeo SP-5 .....	XLI
Tabla 3.7: Resultados de laboratorio sondeo SP-6 .....	XLII
Tabla 3.8: Resultados de las pruebas de compresion simple a las muestras de roca .....	XLIV
Tabla 4.1: Clasificacion de los tipo de materiales en fucion de su dureza .....	XLVI
Tabla 4.2: Parametros para el calculo de la capacidad de carga en roca .....	LVIII
Tabla 4.3: Clasificacion geomecanica de la roca .....	LIX
Tabla 4.4: Ajuste del R.M.R. por orientacion de las juntas .....	LIX
Tabla 4.5: Calculo de la capacidad de carga admisible .....	LX
Tabla 4.6: Calculo de asentamientos zapata corrida Zona 1 .....	LXIII
Tabla 4.7: Calculo de asentamientos zapata corrida Zona 1 .....	LXIV
Tabla 4.8: Calculo de asentamientos zapata corrida Zona 1 .....	LXV
Tabla 4.9: Calculo de asentamientos zapata corrida Zona 1 .....	LXVII
Tabla 4.10: Calculo de asentamientos zapata corrida estacion de salida .....	LXVIII
Tabla 4.11: Resumen de resultados .....	LXIX
Tabla 4.12: Calidad del material para plataformas .....	LXX



## Índice de Figuras

Figura 1.1: Ubicación en planta del trazo del Teleférico.....	IX
Figura 3.1: Geología del trazo del Teleférico.....	XIV
Figura 3.2: Riesgo por expansividad.....	XV
Figura 3.3: Riesgo por colapso.....	XVII
Figura 3.4: Riesgo por inestabilidad.....	XVIII
Figura 3.5: Sección de un penetrometro estándar.....	XXI
Figura 3.6: Vista de un tubo partido.....	XXII
Figura 3.7: Etapa de avance.....	XXIII
Figura 3.8: Etapa de muestreo.....	XXIII
Figura 3.9: Segunda etapa (proceso de muestreo), en el que se obtiene el valor de resistencia a la penetración estándar “N”:.....	XXIV
Figura 3.10: Ubicación de sondeos.....	XXV
Figura 3.11: Ubicación de sondeos zona del suroeste del trazo (Parque del Quijote).....	XXVI
Figura 3.12: Ubicación de sondeos zona noreste del trazo (Mina La Prieta).....	XXVI
Figura 3.13: Perfil del sondeo de penetración estándar SP-1.....	XXVII
Figura 3.14: Perfil del sondeo de penetración estándar SP-2.....	XXVIII
Figura 3.15: Perfil del sondeo de penetración estándar SP-3.....	XXIX
Figura 3.16: Perfil del sondeo de penetración estándar SP-4.....	XXX
Figura 3.17: Perfil del sondeo de penetración estándar SP-5.....	XXXI
Figura 3.18: Perfil del sondeo de penetración estándar SP-6.....	XXXII
Figura 3.19: Perfil del sondeo con extracción de núcleo de roca sondeo S-7.....	XXXIII
Figura 3.20: Perfil del sondeo con extracción de núcleo de roca sondeo S-8.....	XXXIV
Figura 3.21: Perfil del sondeo con extracción de núcleo de roca sondeo S-9.....	XXXV



Figura 4.1: Zonificación.....	XLV
Figura 4.2: Corte de un muro de contención con drenes longitudinal y transversal.....	LII
Figura 4.3: Formación de terraplén con escalones de liga en la estación de salida .....	LIII
Figura 4.4: Consideraciones tomadas para la estación de llegada .....	LVII
Figura 4.5: Variación de la línea Iz de Schmertman.....	LXII
Figura 4.6: Grafica para determinar el valor de $\mu_0$ de Jambu .....	LXVII
Figura 4.7: Grafica para determinar el valor de $\mu_1$ de Jambu .....	LXVII
Figura 4.8: Desplante de zapata en estación de salida .....	LXX



## **RESUMEN**

En toda obra de ingeniería un estudio geotécnico tiene una gran importancia ya que mediante este se puede conocer las propiedades mecánicas, hidráulicas y de resistencia de suelos y rocas para cualquier proyecto de ingeniería civil que se desarrolle.

En el caso específico de este caso de estudio, fue necesario llevar a cabo el estudio geotécnico debido a que el proyecto del teleférico fue desarrollado por una empresa europea que no consideró ningún aspecto geotécnico, solo se enfocó al diseño de las estructuras, dejando completamente la responsabilidad de garantizar las condiciones óptimas para la construcción de sus estructuras al gobierno del estado de Chihuahua.

Por ello fue necesario llevar a cabo una campaña de exploración geotécnica a lo largo del trazo del proyecto, para poder determinar todos los detalles geotécnicos del subsuelo, mediante métodos de exploración directos como la penetración estándar e indirectos mediante estudios geofísicos.

Después de elaborar el estudio correspondiente se obtuvieron resultados favorables en la mayoría de los puntos y algunos detalles geotécnicos que complicarían algunos aspectos geotécnicos como estabilidad de taludes o problemas de socavaciones.

Como resultado final se pudieron solucionar todos los aspectos geotécnicos que no eran favorables al proyecto, para garantizar la estabilidad de las estructuras proyectadas.



## Capítulo 1: Objetivo

El presente estudio geotécnico, tiene por objeto determinar la resistencia admisible a la compresión del subsuelo correspondiente a la trayectoria en la que se proyecta el teleférico de la ciudad de Hidalgo del Parral, Chihuahua.

### 1.1 Descripción del proyecto

Se trata del proyecto de un teleférico, el cual consta de 5 columnas intermedias de apoyo, una estación de salida y una estación de llegada, las cuales se desplantarán con zapatas aisladas en las columnas y zapatas corridas en las estaciones tanto de salida como de llegada.



Figura 1.1: Ubicación en planta del trazo del Teleférico.



## Capítulo 2: Metodología

Considerando el tipo de proyecto de que se trata se llevaron a cabo los siguientes pasos para la elaboración del estudio geotécnico del proyecto antes mencionado.

1. Visita previa efectuada al terreno para tomar antecedentes de la situación actual del terreno, las de terrenos circundantes y determinar el método de exploración más adecuado.
2. Presupuesto del estudio elaborado por esta empresa y debidamente aceptado por el cliente.
3. Visita al terreno y exploración geotécnica en la segunda semana de mayo del año 2017
4. Inspección visual de muestras extraídas del terreno.

## Capítulo 3: Resultados

### 3.1 Características de la zona en estudio

A continuación, se describen los rasgos característicos de la zona donde se está llevando a cabo el estudio, presentando los siguientes puntos, información obtenida del INEGI (2005)

#### 3.1.1 Orografía

Los párrafos con el estilo *Encabezado 4,h4* serán extraídos e insertados en el Índice de Contenido como subtemas de segundo nivel.



Regionalmente la Orografía del estado de Chihuahua está dividido en tres grandes regiones claramente definidas: Sierra, Llanura o Meseta y Desierto.

El nombre mismo de esta regionalización establece la característica más relevante de cada una de ellas. En este sentido, a la Región Sierra le da este nombre la Sierra Madre Occidental, localizada al extremo oeste del estado.

La Región Desierto está localizada en la porción norte, y se le conoce internacionalmente con el nombre de Desierto de Chihuahua. Este se extiende tanto al este en el estado de Coahuila, como al norte en los Estados Unidos de América. La Región Llanura o Meseta es la transición entre la Sierra y el Desierto, que es en donde se ubican las mayores extensiones agrícolas y ganaderas del estado.

En cuanto al Municipio de Hidalgo del Parral, el territorio es accidentado, presentando extensiones planas, con las características de la mesa central y lomeríos continuos y pequeños cerros de poca importancia, entre los que se encuentran los de San Patricio, Veta Grande, El Potrero y Boca Grande y algunos cerros aislados, llamados del Pulpito, La Cruz, La Iguana, El Sombrero y otros más.

### **3.1.2 Edafología**

En su parte occidental, predominan los kastañozems lúvicos, con textura media en pendientes de nivel o cerril, con asociación de litosoles, sin inclusiones y en su base lítica.



Litosol: Suelos sin desarrollo con profundidad menor de 10 centímetros, tiene características muy variables según el material que lo forma. Su susceptibilidad a la erosión depende de la zona donde se encuentre, pudiendo ser desde moderada a alta.

kastañozems lúvicos: Suelos localizados en pendientes inferiores al 25%, tienen mejores propiedades granulométricas y químicas, aunque el porcentaje de afloramientos rocosos es superior y el espesor efectivo es menor, características que determinan una capacidad baja, por su parte la vulnerabilidad, en función de un riesgo.

### **3.1.3 Hidrología**

Pertenece a la vertiente oriental. El Río Parral nace en la Sierra del Astillero, se enfila al noroeste pasando a los municipios de Allende y Camargo, uniéndose en este al Río Florido. El Río parral es un cauce que la mayoría del tiempo no tiene agua, sus aguas no se pueden aprovechar para la agricultura, el municipio cuenta con muy poca disponibilidad de agua de acuíferos y con la que se cuenta está contaminada por plomo y zinc entre otros metales.

### **3.1.4 Geología**

De acuerdo con la información obtenida del Servicio Geológico Mexicano (1997).

Fisiográficamente el área de estudio se encuentra ubicada en la Provincia de la Sierra Madre Occidental, específicamente en la Subprovincia de Altas Llanuras. Esta Subprovincia se caracteriza por una sucesión de llanuras intermontanas, amplias y alargadas, separadas por serranías de rocas volcánicas, basculadas al Noroeste, y dispuestas en un típico patrón de bloques de falla escalonados; es de carácter transicional y representa el límite difuso, de cambio gradual, con la Provincia de Cuencas y Sierras.



La geología de la zona está representada por lutitas plegadas (Formación Parral) del Cretácico Inferior (Kil), y rocas volcánicas del Terciario Medio (Tmv). Un stock de monzonita cuarcífera (Tmi) corta a las unidades anteriores junto con diques de pórfidos riolíticos que destacan como crestas, alineadas con orientación preferentemente Norte – Sur.

Las rocas volcánicas tienen una composición media andesítica, sin embargo, las unidades que la forman son de carácter variado, con rápidos cambios laterales. Estas rocas están arqueadas en forma de un domo amplio y tendido, con el stock monzonítico en la porción central, el cual se encuentra hundido debido a fallas de tipo normal.

Localmente, en la porción Noreste del área de estudio (Mina la Prieta) se encuentra aflorando una roca ígnea intrusiva, identificada como un pórfido monzonítico. Esta roca presenta una coloración marrón amarillenta y marrón -rojiza a la intemperie, indicando una clara oxidación, observándose manchones negruzcos revelando la presencia de óxidos de manganeso (identificados por su raya de color café). La cara fresca de la roca tiene una coloración grisácea, en la que se observa claramente la presencia de vetas de cuarzo. En general la roca presenta un fracturamiento desigual, sin un patrón definido, además de preservarse en buen estado. Este tipo de pórfido presenta una dureza media-alta.

La litoestratigrafía general del Cuaternario está representado por aluviones recientes de ríos, aluviones más antiguos de planicies (gravas, boleos, conglomerados), depósitos de piedemonte (coluvión), depósitos eólicos, lacustres, y caliches, los cuales conforman las formaciones superficiales del área. En la parte Suroeste de la zona de estudio se observaron depósitos aluviales de ríos y aluviales de planicie.

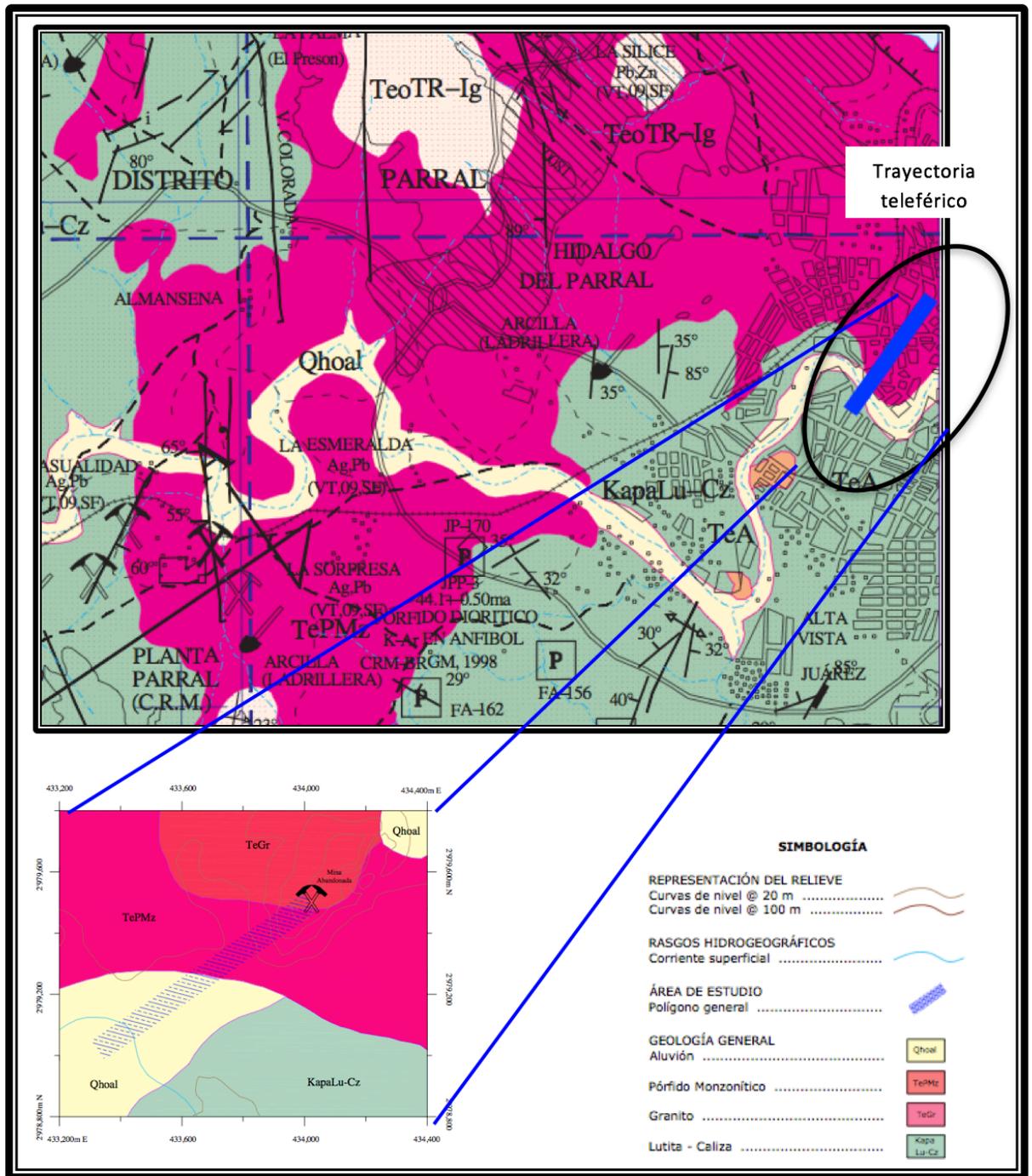


Figura 3.1: Geología del trazo del Teleférico.



## 3.2 RIESGOS GEOLÓGICOS

A continuación, se detallan algunos aspectos generales de los riesgos geológicos que pueden llegar a tener incidencia en una obra de las características de la que ocupa el presente informe.

### 3.2.1 *Riesgo por expansividad*

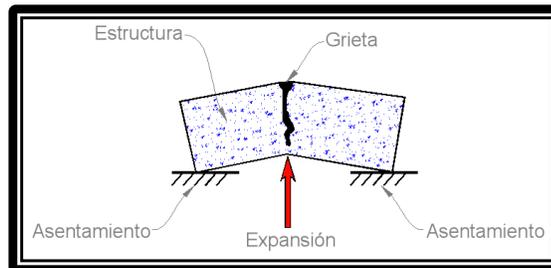


Figura 3.2: Riesgo por expansividad.

Los terrenos expansivos son una de las causas principales de daños que se producen en la edificación. Para que se produzcan problemas de este tipo se deben dar una serie de condiciones.

- El terreno debe ser mineralógicamente activo, capaz de variar su volumen por cambios de humedad.

- La climatología debe ser muy específica.

- El edificio debe ser débil, estructuralmente hablando.



Para la localización de este riesgo, no existe ningún ensayo de identificación que permita asegurar que un suelo arcilloso tenga características expansivas. El único ensayo que determina las características expansivas del terreno es el ensayo de lambe, con el que se obtiene el índice PVC que clasifica el terreno según el peligro de expansión.

Este potencial de expansión también se puede determinar con los límites de Atterberg, y en concreto con el índice de plasticidad.

En ambos casos se trata de clasificaciones orientativas que únicamente nos pueden ayudar a desechar la posibilidad de expansividad sin que en el caso contrario nos ofrezcan las presiones de expansión, para lo que se debe realizar un ensayo de consolidación

Este riesgo puede presentarse debido a la geología que se tiene en el área que ocupa el predio, sin embargo, mas delante se darán recomendaciones para evitarlo.

Para definir la presencia de suelos cohesivos expansivos, se hará de acuerdo al criterio de Reese y O'Neil cuando la clasificación de potencial de expansión sea marginal o elevada, considerando únicamente los límites de consistencia en dicho criterio.



Tabla 3.1: Criterio para definir potencial de expansión adaptado de Reese y O'Neill, 1988

Límite Líquido	Límite Plástico	Expansión libre	Potencial de expansión
>60	>35	>1.5	Elevado
50 a 60	25 a 35	0.5 a 1.5	Marginal
<50	<25	<0.5	Bajo

Por lo que se determina que el potencial de expansión en la zona de estudio es bajo, no presentando problemas de este tipo para la estructura.

### 3.2.2 Riesgo por colapso

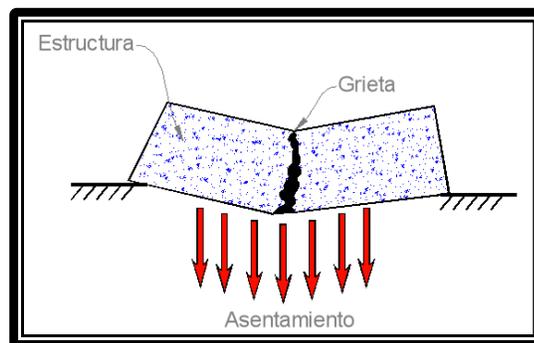


Figura 3.3: Riesgo por colapso.

El riesgo de colapso se produce en materiales parcialmente saturados, que sufren asentamientos adicionales con el aumento de la humedad, por lo que la presencia de agua será siempre determinante. Este riesgo es más corriente cuando se trate de terrenos flojos pero cementados de alguna manera (como los limos yesíferos), y cuanto más alta sea la presión a la que se somete el terreno.



En el caso de tratarse de terrenos granulares el colapso aparece por debilitamiento de la estructura por la acción del agua. Cuando se trate de arcillas, los aumentos de humedad provocan incrementos de volumen. Aunque por su estructura floja, todavía pueden presentar en la estructura huecos debidos a agrietamientos anteriores, que a humedades mayores pueden provocar colapso.

### 3.2.3 *Riesgo por inestabilidad*

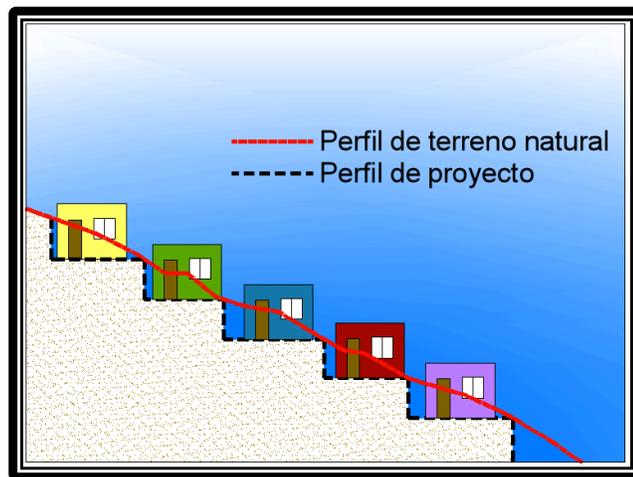


Figura 3.4: Riesgo por inestabilidad.

El riesgo por inestabilidad se da en terrenos con pendientes naturales superiores al 10 – 15%. Ya que en cualquier terreno que no sea horizontal, existen una serie de fuerzas que tienden a nivelarlo, fundamentalmente la gravedad y otras que se oponen a ello.

De acuerdo con los datos obtenidos en las exploraciones y la información recabada en campo, el predio en cuestión puede presentar problemas por inestabilidad en la zona de



la mina La Prieta, debido al alto nivel de fracturamiento del macizo rocoso, causado por el proceso de intemperismo, mineralización y explotación de la mina.

### 3.3 TRABAJOS DE EXPLORACIÓN EN EL PREDIO

Para conocer la estratigrafía que forma el suelo y determinar los parámetros geotécnicos del mismo, la exploración del subsuelo se hizo mediante 6 sondeos de penetración estándar de acuerdo con lo establecido en la norma ASTM D-1586.

Adicionalmente se hicieron determinaciones de CBR en el lugar con el martillo de impacto para el diseño de la vialidad colectora de acceso.

#### 3.3.1 *Fundamento Teórico*

Los ensayos de penetración SPT se utilizan en geotecnia para relacionar diferentes parámetros resistentes de los suelos. Estos ensayos determinan la resistencia de los suelos a la penetración de una toma muestras (tubo partido), permitiendo tomar muestras alteradas de suelo dentro de un sondeo para su identificación, y proporcionando a su vez información sobre la variabilidad y rigidez del suelo.

El equipo necesario para la realización de esta prueba consta de una toma muestras bipartido de pared gruesa de 51 mm de sección acoplado a un varillaje rígido, en cuyo extremo se coloca la cabeza de golpe y contragolpe, sobre la que se impacta una masa de 140 lb (63.5 kg), en caída libre desde una altura de 30 in (76.0 cm). Este equipo suele ir montado sobre un camión.



En el procedimiento de la realización del ensayo se distinguen dos fases la primera es para hincar el muestreador solo el terreno natural en una profundidad de 6 in, incluyendo la penetración inicial del toma muestras bajo su propio peso y la segunda fase o ensayo consta en hincar el muestreador en dos segmentos sucesivos de 6 in cada uno, en el cual se anota el número de golpes necesarios para penetrar esos dos segmentos, este número obtenido se denomina resistencia a la penetración estándar “N”.

Antes de que el ensayo de SPT fuera estandarizado, los mecanismos y procedimientos utilizados en el campo presentaban variaciones sustanciales, lo cual afecto los valores medidos de SPT.

Algunas causas que provocan la variación de resultados, o errores sistemáticos son:

El método de perforación.

La falta de limpieza en el fondo del sondeo antes de la ejecución del ensayo.

El diámetro de la perforación.

Tipo de martillo, especialmente entre el manual y el automático.

Fricciones de la maquinaria, barras, dureza de las mismas, etc.

Velocidad de aplicación de golpeo, etc.

Muchos de estos factores han sido anulados o minorados por la estandarización del método.

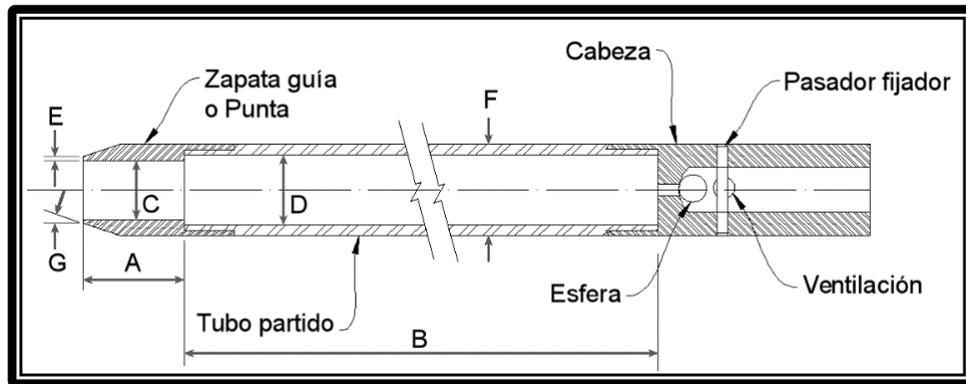


Figura 3.5: Sección de un penetrometro estándar.

$A = 1.0 \text{ a } 2.0 \text{ in. (25 a 50 mm)}$

$B = 18.0 \text{ a } 30.0 \text{ in. (0.457 a 0.762 m)}$

$C = 1.375 \pm 0.005 \text{ in (34.93 } \pm 0.13 \text{ mm)}$

$D = 1.50 \pm 0.05 - 0.00 \text{ in. (38.1 } \pm 1.3 - 0.0 \text{ mm)}$

$E = 0.10 \pm 0.02 \text{ in. (2.54 } \pm 0.25 \text{ mm)}$

$F = 2.00 \pm 0.05 - 0.00 \text{ in. (50.8 } \pm 1.3 - 0.0 \text{ mm)}$

$G = 16.00 \text{ a } 23.00$

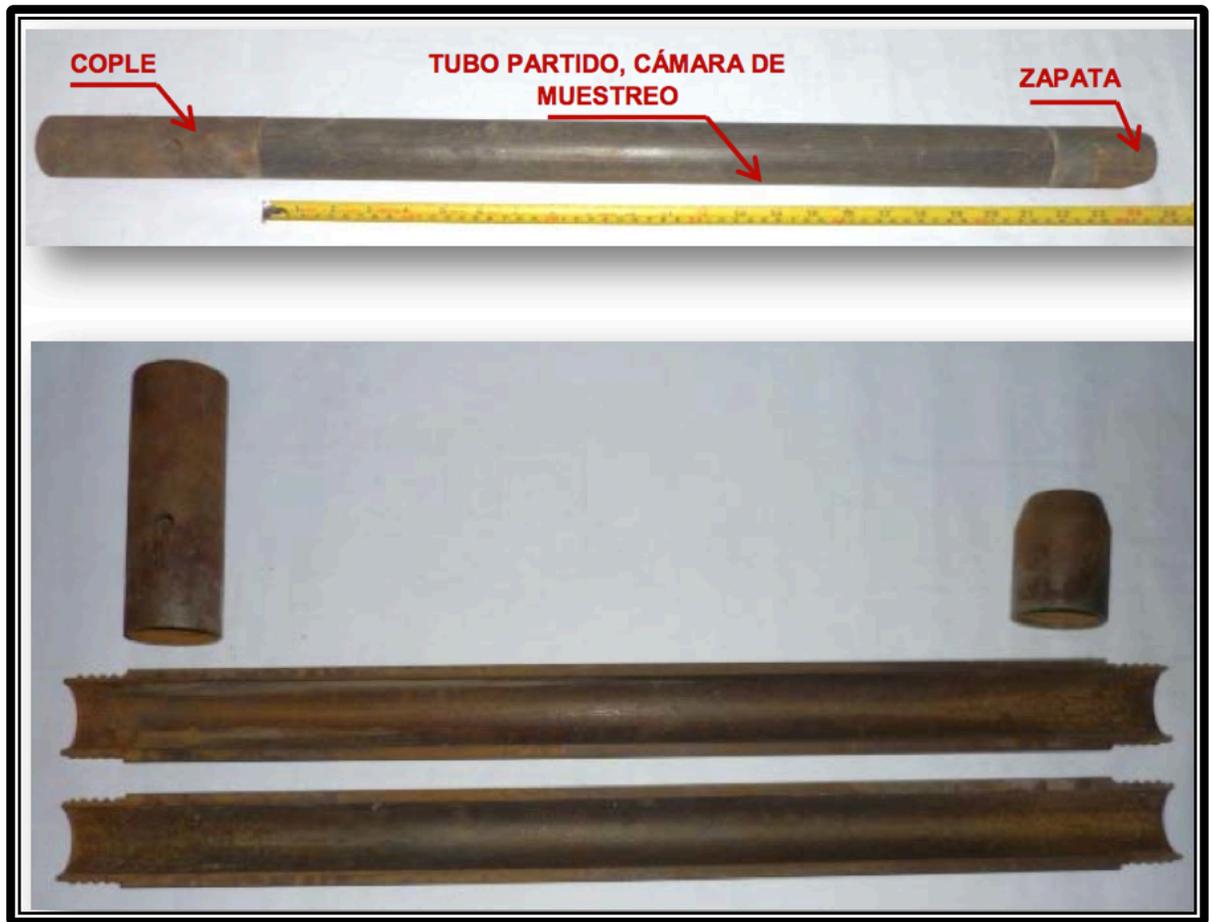


Figura 3.6: Vista de un tubo partido.

La realización del sondeo de exploración consta de dos etapas, una es la etapa de avance en la que se acopla al sistema hidráulico una broca helicoidal (Auger) para perforar a través del suelo y llegar a la profundidad a la que se requieren obtener los parámetros mecánicos del suelo; la segunda etapa es una vez llegado a la profundidad deseada se colocan las barras de extensión y al final de las barras se acopla en muestreador (tubo partido) para hincarlo a golpes como se mencionó en párrafos anteriores.

A continuación, se muestra los esquemas del proceso de exploración de campo mediante sondeos de penetración estándar (SPT):

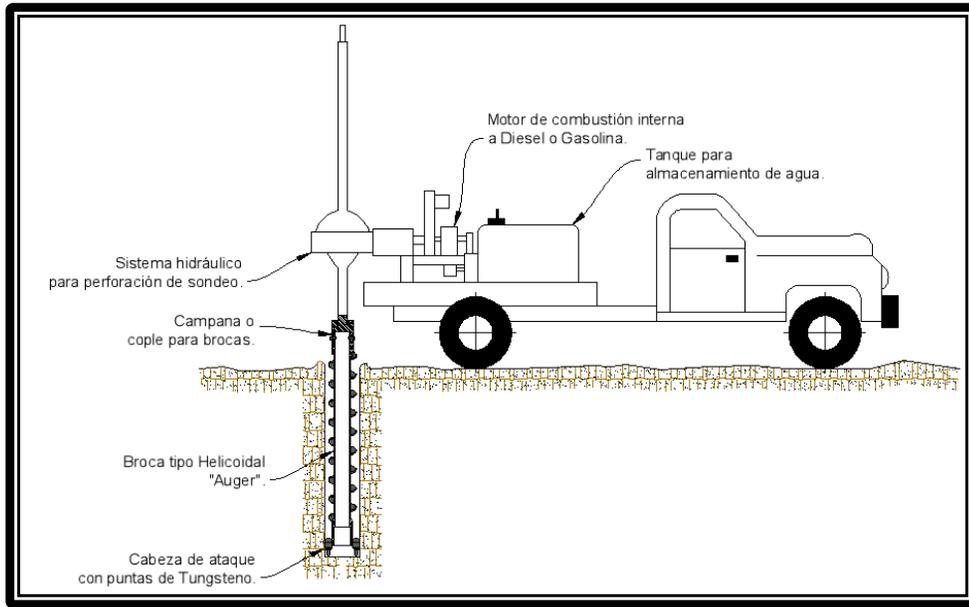


Figura 3.7: Etapa de avance

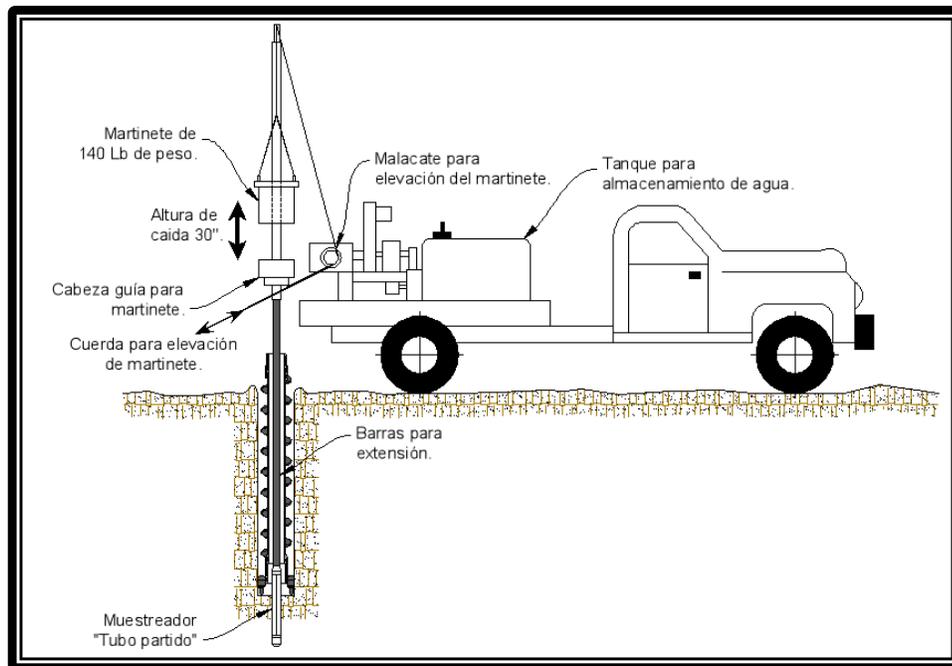


Figura 3.8: Etapa de muestreo

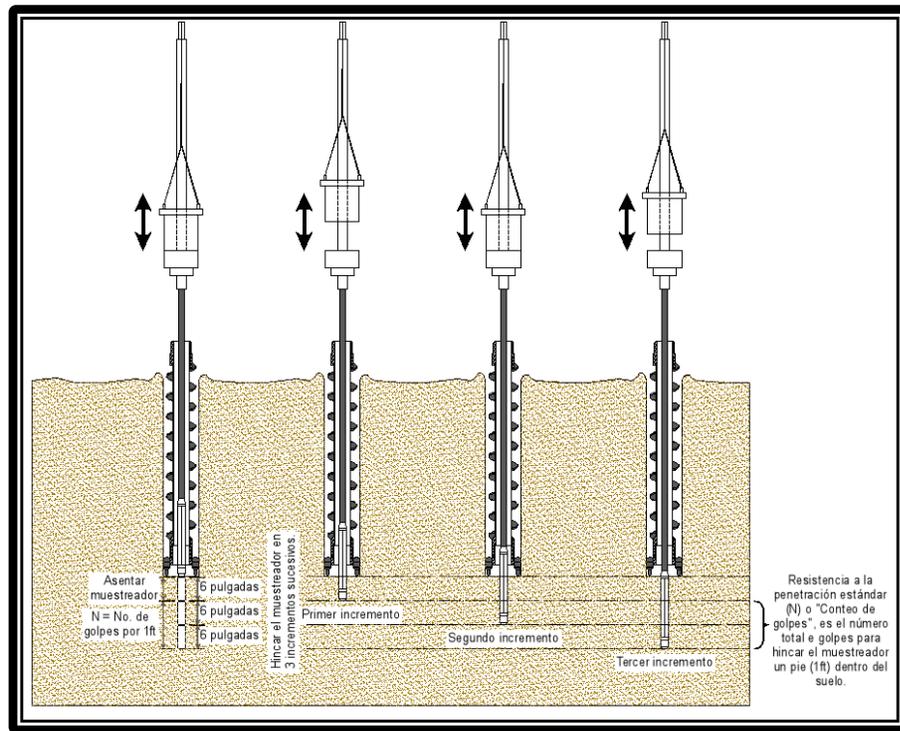


Figura 3.9: Segunda etapa (proceso de muestreo), en el que se obtiene el valor de resistencia a la penetración estándar “N”:

A continuación, se muestra la ubicación de los sondeos de acuerdo a la solicitud del cliente:

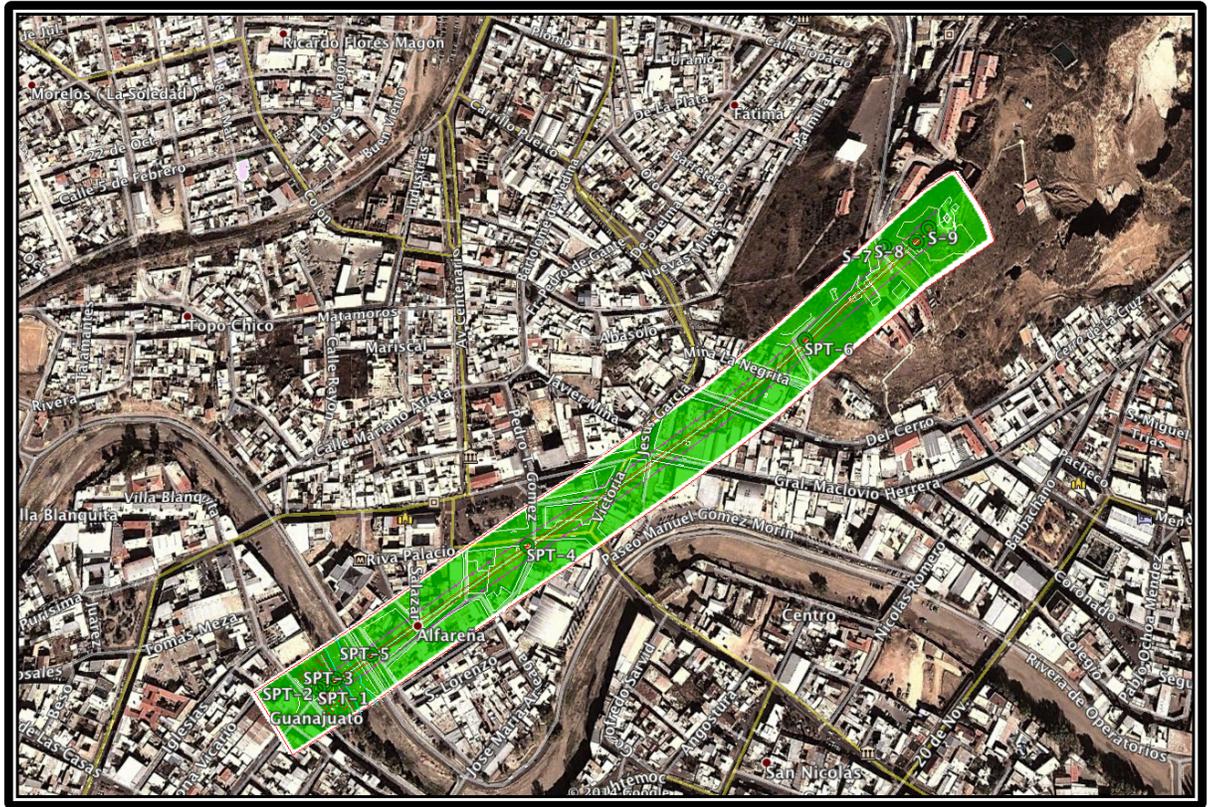


Figura 3.10: Ubicación de sondeos





Figura 3.11: Ubicación de sondeos zona del suroeste del trazo (Parque del Quijote)



Figura 3.12: Ubicación de sondeos zona noreste del trazo (Mina La Prieta)

### 3.3.2 *Perfiles estratigráficos*

Para determinar la estratigrafía de la zona en estudio se realizaron de acuerdo a la solicitud del cliente 8 sondeos llevados hasta una profundidad de 3.0 m, con obtención de muestras alteradas.

A continuación, se muestran los perfiles estratigráficos realizados en las zonas de estudio:



<b>Proyecto:</b> Teleferico Parral	
<b>Ubicación:</b> Hidalgo del Parral	<b>Tipo de sondeo:</b> S.P.T.
<b>Cliente:</b> Ing. Luis Carlos Lazos Herrera	<b>No. de sondeo:</b> SPT-1
<b>Fecha del sondeo:</b> 08/julio/2014	<b>N.A.F.:</b> 3.00 m

Descripción	Escala (m)	Símbolo		Límites de aterberg			Resultados S.P.T.
		S.U.C.S.	Gráfico	L.L. (%)	I.P. (%)	w (%)	N (Golpes)
Concreto apoyado sobre arena arcillosa, café, poco humeda, suelta	0.0						
Relleno formado por arena arcillosa, contaminado con basura	1.0						
Grava mal graduada poco arcillosa, color café, poco humeda, medianamente compacta	2.0	GP-GC		36	14	4.2	>50
	3.0			42	18	5.7	19
-----							
Arena mal graduada poco arcillosa, color café, muy humeda, en estado de medianamente compacta a muy compacta	4.0	SP-SC		38	15	12.5	18
	5.0			36	18	13.9	>50
	6.0						
Termina exploración	7.0						

**Simbología:**

GC		Grava arcillosa	L.L. (%) = Límite líquido
GM		Grava limosa	I.P. (%) = Índice Plástico
SC		Arena arcillosa	w (%) = Humedad
SM		Arena limosa	
ML		Limo de baja compresibilidad	
MH		Limo de alta compresibilidad	
CL		Arcilla de baja compresibilidad	
CH		Arcilla de alta compresibilidad	

Figura 3.13: Perfil del sondeo de penetración estándar SP-1



<b>Proyecto:</b> Teleferico Parral		<b>Tipo de sondeo:</b> S.P.T.
<b>Ubicación:</b> Hidalgo del Parral		<b>No. de sondeo:</b> SPT-2
<b>Cliente:</b> Ing. Luis Carlos Lazos Herrera		<b>N.A.F.:</b> 3.00 m
<b>Fecha del sondeo:</b> 08/julio/2014		

Descripción	Escala (m)	Símbolo		Límites de aterberg			Resultados S.P.T. N (Golpes)
		S.U.C.S.	Gráfico	L.L. (%)	I.P. (%)	w (%)	
Concreto apoyado sobre arena arcillosa, café, poco humeda, suelta	0.0						
Relleno formado por arena arcillosa, contaminado con basura	1.0						
Grava arcillosa, color café, poco humeda, medianamente compacta	2.0	GC		38	16	3.8	>50
	3.0			N.A.F.	29	12	4.3
Grava mal graduada poco arcillosa, color café, muy humeda, en estado de medianamente compacta a muy compacta	4.0	GP-GC		35	15	13.6	15
	5.0						
	6.0			32	13	14.2	>50
Termina exploración	7.0						

**Simbología:**

GC		Grava arcillosa	L.L. (%) = Límite líquido
GM		Grava limosa	I.P. (%) = Índice Plástico
SC		Arena arcillosa	w (%) = Humedad
SM		Arena limosa	
ML		Limo de baja compresibilidad	
MH		Limo de alta compresibilidad	
CL		Arcilla de baja compresibilidad	
CH		Arcilla de alta compresibilidad	

Figura 3.14: Perfil del sondeo de penetración estándar SP-2



<b>Proyecto:</b> Teleferico Parral		<b>Tipo de sondeo:</b> S.P.T.
<b>Ubicación:</b> Hidalgo del Parral		<b>No. de sondeo:</b> SPT-3
<b>Cliente:</b> Ing. Luis Carlos Lazos Herrera		<b>N.A.F.:</b> 3.00 m
<b>Fecha del sondeo:</b> 08/julio/2014		

Descripción	Escala (m)	Símbolo		Límites de aterberg			Resultados S.P.T. N (Golpes)
		S.U.C.S.	Gráfico	L.L. (%)	I.P. (%)	w (%)	
Relleno formado por grava limosa, color café claro, con algunos fragmentos de roca, en estado de suelto a medianamente compacto	0.0 1.0	GM		28	N.P.	3.3	21
Grava arcillosa, color café, poco húmeda, en estado medianamente compacta	2.0 3.0	GC		31	14	5.2	20
Grava arcillosa, color café, poco húmeda, en estado medianamente compacta	4.0		<b>N.A.F.</b>				
Grava mal graduada poco arcillosa, color café, muy húmeda, en estado de medianamente compacto a muy compacto	5.0 6.0	GP-GC		37 41	16 17	13.8 14.7	22 >50
Termina exploración	7.0						

**Simbología:**

GC		Grava arcillosa	L.L. (%) = Límite líquido
GM		Grava limosa	I.P. (%) = Índice Plástico
SC		Arena arcillosa	w (%) = Humedad
SM		Arena limosa	
ML		Limo de baja compresibilidad	
MH		Limo de alta compresibilidad	
CL		Arcilla de baja compresibilidad	
CH		Arcilla de alta compresibilidad	

Figura 3.15: Perfil del sondeo de penetración estándar SP-3



<b>Proyecto:</b> Teleferico Parral		<b>Tipo de sondeo:</b> S.P.T.
<b>Ubicación:</b> Hidalgo del Parral		<b>No. de sondeo:</b> SPT-4
<b>Cliete:</b> Ing. Luis Carlos Lazos Herrera		<b>N.A.F.:</b> No encontrado
<b>Fecha del sondeo:</b> 08/julio/2014		

Descripción	Escala (m)	Símbolo		Límites de aterberg			Resultados S.P.T. N (Golpes)
		S.U.C.S.	Gráfico	L.L. (%)	I.P. (%)	w (%)	
Boleos empacados en arena arcillosa, color café rojizo, poco humedo, en estado suelto	0.0						
Grava arcillosa, color café, poco humeda, en estado medianamente compacta, con algunos fragmentos de roca chicos y medianos	1.0	GC		33	16	4.1	25
	2.0						
Grava arcillosa, color café, poco humeda, en estado muy compacto	3.0	GC		36	18	5.6	>50
	4.0						
Arena arcillosa, color café, poco humeda, en estado medianamente compacto	5.0	SC		29	8	7.9	24
	6.0						
Arena arcillosa, color café, humeda, en estado muy compacto	6.0	SC		35	12	8.4	>50
Termina exploración	7.0						

**Simbología:**

GC		Grava arcillosa	L.L. (%) = Límite líquido
GM		Grava limosa	I.P. (%) = Índice Plástico
SC		Arena arcillosa	w (%) = Humedad
SM		Arena limosa	
ML		Limo de baja compresibilidad	
MH		Limo de alta compresibilidad	
CL		Arcilla de baja compresibilidad	
CH		Arcilla de alta compresibilidad	

Figura 3.16: Perfil del sondeo de penetración estándar SP-4



<b>Proyecto:</b> Teleferico Parral		<b>Tipo de sondeo:</b> S.P.T.
<b>Ubicación:</b> Hidalgo del Parral		<b>No. de sondeo:</b> SPT-5
<b>Cliete:</b> Ing. Luis Carlos Lazos Herrera		<b>N.A.F.:</b> No encontrado
<b>Fecha del sondeo:</b> 08/julio/2014		

Descripción	Escala (m)	Símbolo		Límites de aterberg			Resultados S.P.T. N (Golpes)
		S.U.C.S.	Gráfico	L.L. (%)	I.P. (%)	w (%)	
Arena arcillosa, color café rojizo, con algo de grava, poco húmeda, en estado suelto	0.0						
	1.0	SC		37	17	3.2	10
Grava arcillosa, color café rojizo, poco húmeda, en estado medianamente compacto	2.0						
	3.0	GC		31	12	4.4	>50
Roca muy intemperizada	4.0	GC		29	19	6.1	>50
	5.0						
	6.0	GC		31	13	10.2	>50
Termina exploración	7.0						

**Simbología:**

GC		Grava arcillosa	L.L. (%) = Límite líquido
GM		Grava limosa	I.P. (%) = Índice Plástico
SC		Arena arcillosa	w (%) = Humedad
SM		Arena limosa	
ML		Limo de baja compresibilidad	
MH		Limo de alta compresibilidad	
CL		Arcilla de baja compresibilidad	
CH		Arcilla de alta compresibilidad	

Figura 3.17: Perfil del sondeo de penetración estándar SP-5



<b>Proyecto:</b> Teleferico Parral		<b>Tipo de sondeo:</b> S.P.T.
<b>Ubicación:</b> Hidalgo del Parral		<b>No. de sondeo:</b> SPT-6
<b>Cliente:</b> Ing. Luis Carlos Lazos Herrera		<b>N.A.F.:</b> No encontrado
<b>Fecha del sondeo:</b> 09/julio/2014		

Descripción	Escala (m)	Símbolo		Límites de aterberg			Resultados S.P.T. N (Golpes)
		S.U.C.S.	Gráfico	L.L. (%)	I.P. (%)	w (%)	
Arena arcillosa, color café, poco húmeda, en estado de suelto a medianamente compacto	0.0						
	1.0						
Roca muy intemperizada	2.0	SC		32	14	2.9	>50
	3.0	SC		35	18	4.5	>50
	4.0	SC		37	16	6.4	>50
	5.0	GC		36	13	8.3	>50
	6.0						
Termina exploración	7.0						

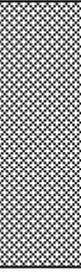
**Simbología:**

GC		Grava arcillosa	L.L. (%) = Límite líquido
GM		Grava limosa	I.P. (%) = Índice Plástico
SC		Arena arcillosa	w (%) = Humedad
SM		Arena limosa	
ML		Limo de baja compresibilidad	
MH		Limo de alta compresibilidad	
CL		Arcilla de baja compresibilidad	
CH		Arcilla de alta compresibilidad	

Figura 3.18: Perfil del sondeo de penetración estándar SP-6



<b>Proyecto:</b> Teleferico Parral	<b>Tipo de sondeo:</b> Barril de corte en roca
<b>Ubicación:</b> Hidalgo del Parral	<b>No. de sondeo:</b> S-7
<b>Cliente:</b> Ing. Luis Carlos Lazos Herrera	<b>N.A.F.:</b> No encontrado
<b>Fecha del sondeo:</b> 09/julio/2014	

Descripción	Escala (m)	Gráfico	Resultados			Observaciones
			Tr (%)	R.Q.D. (%)	qu (ton/m <sup>2</sup> )	
Roca altamente fracturada	0.0		10%	0	N.D.	No fue posible obtener espécimen para compresión simple
	1.0		0	0	N.D.	Roca triturada totalmente durante el proceso de extracción del núcleo
Termina exploración	2.0					
	3.0					
	4.0					
	5.0					
	6.0					
	7.0					

**Simbología:**

	Roca altamente fracturada	Tr. (%) = Tasa de recuperación R.Q.D. (%) = Índice de calidad qu (ton/m <sup>2</sup> ) = Resistencia a la compresión simple
	Roca poco fracturada	
	Roca sana	
N.D.	No determinado	

Figura 3.19: Perfil del sondeo con extracción de núcleo de roca sondeo S-7

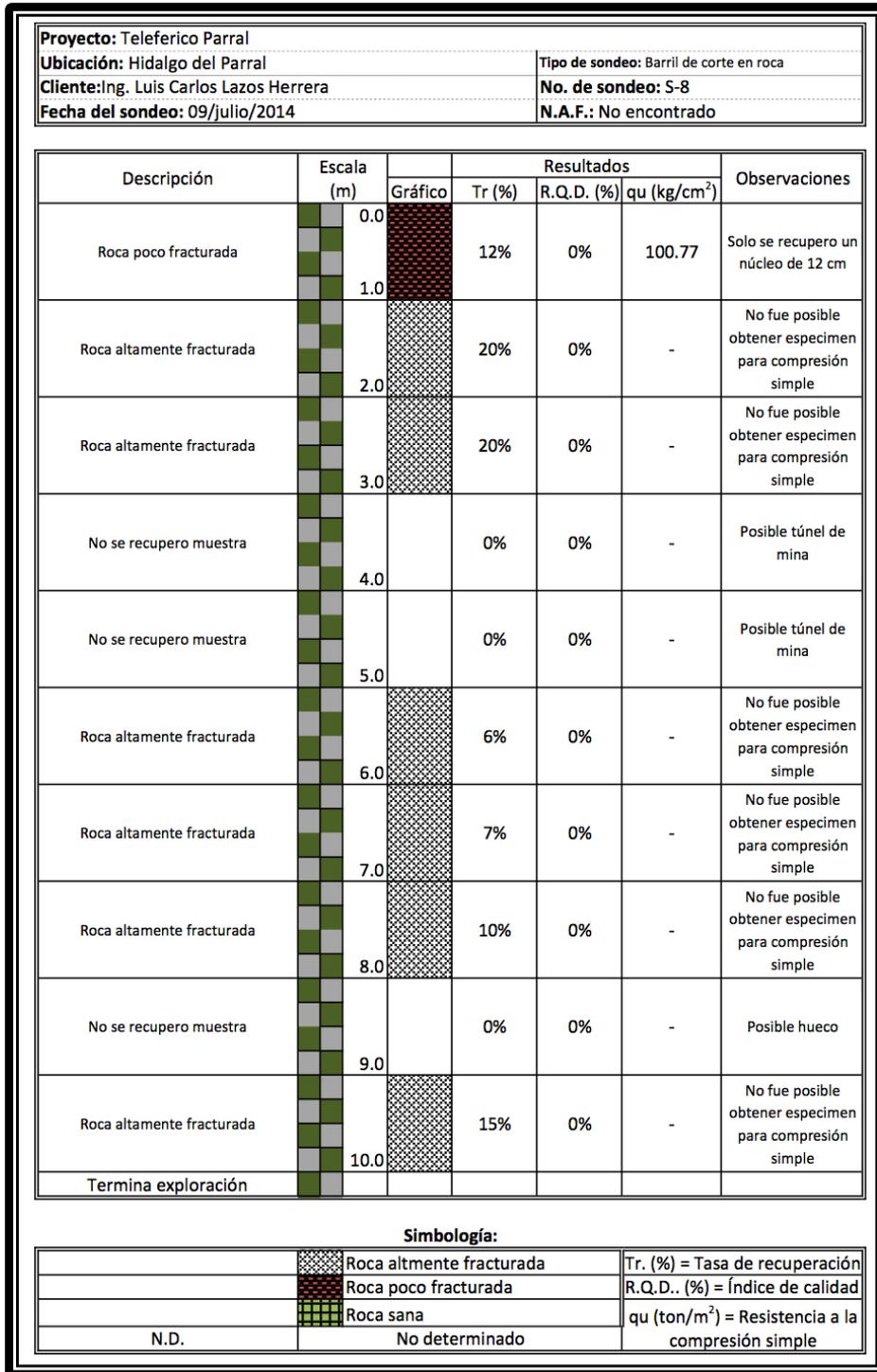


Figura 3.20: Perfil del sondeo con extracción de núcleo de roca sondeo S-8



<b>Proyecto:</b> Teleferico Parral		<b>Tipo de sondeo:</b> Barril de corte en roca
<b>Ubicación:</b> Hidalgo del Parral		<b>No. de sondeo:</b> S-9
<b>Cliente:</b> Ing. Luis Carlos Lazos Herrera		<b>N.A.F.:</b> No encontrado
<b>Fecha del sondeo:</b> 09/julio/2014		

Descripción	Escala (m)	Gráfico	Resultados			Observaciones
			Tr (%)	R.Q.D. (%)	qu (ton/m <sup>2</sup> )	
Roca poco fracturada	0.0 - 1.0		17%	70%	281.81	
Roca altamente fracturada	1.0 - 2.0		26%	0%	336.58	No se obtuvieron tramos mayores de 10 cm
Roca altamente fracturada	2.0 - 3.0		15%	0%	-	No fue posible obtener especimen para compresión simple
No se recupero muestra	3.0 - 4.0		40%	29%	171.50	
No se recupero muestra	4.0 - 5.0		30%	0%	436.54	No fue posible obtener especimen para compresión simple
Termina exploración	5.0 - 7.0					

**Simbología:**

	Roca altamente fracturada	Tr. (%) = Tasa de recuperación
	Roca poco fracturada	R.Q.D.. (%) = Índice de calidad
	Roca sana	qu (ton/m <sup>2</sup> ) = Resistencia a la compresión simple
N.D.	No determinado	

Figura 3.21: Perfil del sondeo con extracción de núcleo de roca sondeo S-9



### ***3.3.3 Resultados de Laboratorio***

#### ***3.3.3.1 Resultados de laboratorio en muestras de suelo***

A las muestras representativas del subsuelo, además de la clasificación de campo, se les efectuaron las pruebas de clasificación S.U.C.S, análisis granulométrico, límites de Atterberg. Los resultados de dichas pruebas se muestran a continuación.



Tabla 3.2: Resultados de laboratorio sondeo SP-1

Informe de pruebas índice				
Resultados de laboratorio				
Proyecto	TELEFERICO			
Ubicación	HIDALGO DEL PARRAL CHIHUAHUA			
Sondeo	SPT-1			
Fecha	08 de julio 2014			
Profundidad (m)	1.00-1.60	2.50-3.10	4.00-4.60	5.50-6.10
Ensaye				
Tamaño máximo	3/4''	3/4''	1/2''	3/4''
Retenido en malla 75 mm, %	0.00	0.00	0.00	0.00
Pasa malla 4.75 mm, %	46	52	78	69
Pasa malla 0.425 mm, %	56	39	37	33
Pasa malla 0.075 mm, %	10	18	11	9
Humedad de campo, %	4.2	5.7	12.5	13.9
Límite líquido	36	42	38	36
Límite plástico	22	24	23	18
Índice plástico	14	18	15	18
Contracción lineal	-	-	-	-
Clasificación S.U.C.S.	GP-GC	GC	SP-SC	SP-SC
Número de golpes	10-31-27-28	6-8-11-16	6-8-10-11	>50



Tabla 3.3: Resultados de laboratorio sondeo SP-2

Informe de pruebas índice				
Resultados de laboratorio				
Proyecto	TELEFERICO			
Ubicación	HIDALGO DEL PARRAL CHIHUAHUA			
Sondeo	SPT-2			
Fecha	08 de julio 2014			
Profundidad (m)	1.00-1.60	2.50-3.10	4.00-4.60	5.50-6.10
Ensaye				
Tamaño máximo	3/4''	3/4''	1	3/4''
Retenido en malla 75 mm, %	0.00	0.00	0.00	0.00
Pasa malla 4.75 mm, %	52	42	39	43
Pasa malla 0.425 mm, %	44	30	36	28
Pasa malla 0.075 mm, %	16	21	9	11
Humedad de campo, %	3.8	4.3	13.6	14.2
Límite líquido	38	29	35	32
Límite plástico	22	17	20	19
Índice plástico	16	12	15	13
Contracción lineal	-	-	-	-
Clasificación S.U.C.S.	GP-GC	GC	GP-GC	SP-SC
Número de golpes	8-22-33-33	9-10-15-15	5-8-7-14	>50



Tabla 3.4: Resultados de laboratorio sondeo SP-3

Informe de pruebas índice				
Resultados de laboratorio				
Proyecto	TELEFERICO			
Ubicación	HIDALGO DEL PARRAL CHIHUAHUA			
Sondeo	SPT-3			
Fecha	08 de julio 2014			
Profundidad (m)	1.00-1.60	2.50-3.10	4.00-4.60	5.50-6.10
Ensaye				
Tamaño máximo	3/4''	3/4''	1	3/4''
Retenido en malla 75 mm, %	0.00	0.00	0.00	0.00
Pasa malla 4.75 mm, %	58	60	53	48
Pasa malla 0.425 mm, %	37	37	42	27
Pasa malla 0.075 mm, %	21	25	10	8
Humedad de campo, %	3.3	5.2	13.8	14.7
Límite líquido	28	31	37	41
Límite plástico	NP	17	21	24
Índice plástico	NP	14	16	17
Contracción lineal	-	-	-	-
Clasificación S.U.C.S.	GM	GC	GP-GC	GP-GC
Número de golpes	7-9-12-22	7-8-12-22	6-10-12-23	>50



Tabla 3.5: Resultados de laboratorio sondeo SP-4

Informe de pruebas índice				
Resultados de laboratorio				
Proyecto	TELEFERICO			
Ubicación	HIDALGO DEL PARRAL CHIHUAHUA			
Sondeo	SPT-4			
Fecha	08 de julio 2014			
Profundidad (m)	1.00-1.60	2.50-3.10	4.00-4.60	5.50-6.10
Ensaye				
Tamaño máximo	3/4''	1/2''	1	3/4''
Retenido en malla 75 mm, %	0.00	0.00	0.00	0.00
Pasa malla 4.75 mm, %	52	58	67	85
Pasa malla 0.425 mm, %	33	42	51	63
Pasa malla 0.075 mm, %	27	31	28	34
Humedad de campo, %	4.1	5.6	7.9	8.4
Límite líquido	33	36	29	35
Límite plástico	17	18	21	23
Índice plástico	16	18	8	12
Contracción lineal	-	-	-	-
Clasificación S.U.C.S.	GC	GC	SC	SC
Número de golpes	11-15-10-9	>50	9-11-13-10	>50



Tabla 3.6: Resultados de laboratorio sondeo SP-5

Informe de pruebas índice				
Resultados de laboratorio				
Proyecto	TELEFERICO			
Ubicación	HIDALGO DEL PARRAL CHIHUAHUA			
Sondeo	SPT-5			
Fecha	08 de julio 2014			
Profundidad (m)	1.00-1.60	2.50-3.10	4.00-4.60	5.50-6.10
Ensaye				
Tamaño máximo	1/2"	1	1	3/4"
Retenido en malla 75 mm, %	0.00	0.00	0.00	0.00
Pasa malla 4.75 mm, %	68	44	58	65
Pasa malla 0.425 mm, %	46	32	38	48
Pasa malla 0.075 mm, %	22	16	23	34
Humedad de campo, %	3.2	4.4	6.1	10.2
Límite líquido	37	31	29	31
Límite plástico	20	19	10	18
Índice plástico	17	12	19	13
Contracción lineal	-	-	-	-
Clasificación S.U.C.S.	SC	GC	GC	GC
Número de golpes	4-4-6-7	>50	>50	>50



*Tabla 3.7: Resultados de laboratorio sondeo SP-6*



Informe de pruebas índice				
Resultados de laboratorio				
Proyecto	TELEFERICO			
Ubicación	HIDALGO DEL PARRAL CHIHUAHUA			
Sondeo	SPT-6			
Fecha	08 de julio 2014			
Profundidad (m)	1.00-1.60	2.50-3.10	4.00-4.60	5.50-6.10
Ensaye				
Tamaño máximo	1/2"	3/4"	1	3/4"
Retenido en malla 75 mm, %	0.00	0.00	0.00	0.00
Pasa malla 4.75 mm, %	81	90	87	58
Pasa malla 0.425 mm, %	46	68	63	34
Pasa malla 0.075 mm, %	32	26	29	20
Humedad de campo, %	2.9	4.5	6.4	8.3
Límite líquido	32	35	37	36
Límite plástico	18	17	21	23
Índice plástico	14	18	16	13
Contracción lineal	-	-	-	-
Clasificación S.U.C.S.	SC	SC	SC	GC
Número de golpes	>50	>50	>50	>50



*Tabla 3.8: Resultados de las pruebas de compresión simple a las muestras de roca*

Sondeo	Muestra	Diámetro (cm)	Altura (cm)	Área transversal (cm <sup>2</sup> )	Carga (kg)	qu (kg/cm <sup>2</sup> )	Altura/Diámetro	Factor de corrección	qu corregida (kg/cm <sup>2</sup> )
5	1	3.50	6.50	9.62	975.00	101.34	1.86	0.9944	100.77
6	2	3.00	5.70	7.07	2000.00	282.94	1.90	0.9960	281.81
6	3	3.50	6.70	9.62	3250.00	337.80	1.91	0.9964	336.58
6	4	3.50	7.00	9.62	1650.00	171.50	2.00	1.0000	171.50
6	5	3.50	-	-	-	-	-	-	-
6	6	3.50	7.00	9.62	4200.00	436.54	2.00	1.0000	436.54
Promedio									222.67

## Capítulo 4: Conclusiones y Recomendaciones

### 4.1 Zonificación del predio

De acuerdo a las características de los distintos materiales encontrados en el subsuelo, se realizó la siguiente zonificación:

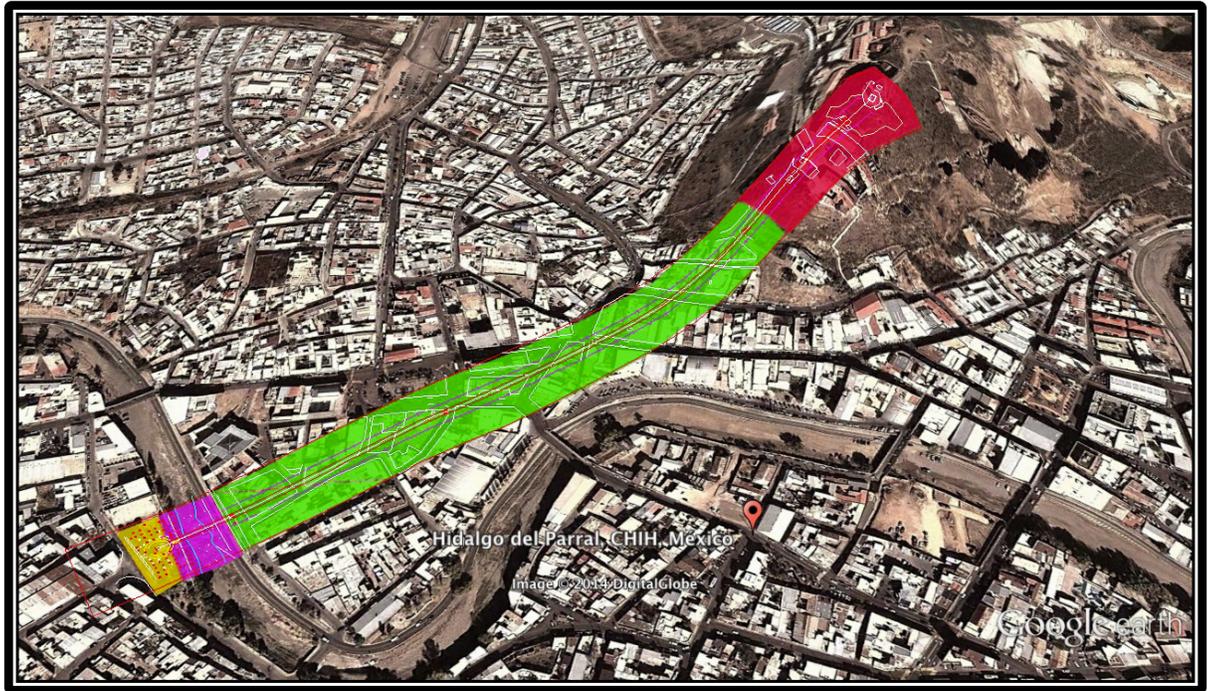


Figura 4.1: Zonificación

## 4.2 Despalme

El espesor de la capa de suelo vegetal varía de los 0.10 m a los 0.20 m, solo encontrado en los sondeos S-8 y S-9; el proceso de despalme puede dificultarse debido a que existen fragmentos chicos, medianos y grandes en la superficie de la zona indicada.

## 4.3 Materiales para el control de calidad

La clasificación del suelo depende del grado de cementación, consistencia del material y dificultad para extraerlo; las características físicas de los suelos se determinan en laboratorio dentro de los estudios de ingeniería que se realizan, los que se apoyan en estudios de mecánica de suelos. Esta clasificación podrá variar según el tipo de terreno estudiado en el sitio.



El contratista deberá seleccionar el procedimiento de ejecución de acuerdo con la clasificación y el grado de dificultad establecidos, indicando en el análisis de precios unitarios la maquinaria, equipo adecuado y accesorios propuestos para ejecutar el concepto. Los materiales se clasifican para efecto de pago por su dificultad de extracción y carga en función de:

- Dureza de los materiales.
- Granulometría de la extracción.
- Resistencia a la compresión simple.
- Clasificación visual y al tacto.
- Dificultad de extracción y carga.
- Topografía del terreno.
- Clima.
- Rendimiento medio de la maquinaria.

En forma genérica se clasifica en:

*Tabla 4.1: Clasificación de los tipos de materiales en función de su dureza*

<b>Material</b>	<b>Instrumentos y/o equipo de excavación.</b>
TIPO I:	Pico, pala, cincel y marro manual o tractor con cuchilla.
TIPO II:	Pico, pala mecánica o tractor con cuchilla.
TIPO III:	Con máquina retroexcavadora.
TIPO III-A:	Explosivos y/o equipo neumático.



### MATERIAL TIPO I:

Es el material blando o suelto que puede ser excavado eficientemente con herramienta manual, pala, pico o herramienta necesaria de capacidad adecuada para ser extraída con tractor de oruga de 90 (noventa) a 110 (ciento diez) H.P. de potencia en la barra, sin el auxilio de arados o tractores empujados, aunque ambos se utilicen para obtener mayores rendimientos.

Se consideran como materiales tipo I, los suelos poco o nada cementados, con partículas hasta de 7.5 cm. (siete punto cinco centímetros) o 3" (tres pulgadas), los suelos agrícolas, arcillas poco compactas, limos y arenas, y en general todo aquel material en el cual, un peón puede rendir 5 (cinco) m<sup>3</sup>/jornada.

### MATERIAL TIPO II:

Es el material que para excavarlo es necesario el uso de pico o tractor de oruga con cuchilla de inclinación variable, de 140 (ciento cuarenta) a 160 (ciento sesenta) H.P. de potencia en la barra o con pala mecánica de capacidad mínima de 1 (uno) m<sup>3</sup>, sin el uso de explosivos, aunque por conveniencia se utilicen estos para aumentar el rendimiento; o bien que pueda ser aflojada con arado de 6 (seis) toneladas, tirado con tractor de oruga de 140(ciento cuarenta) a 160(ciento sesenta) HP de potencia en la barra.

Corresponden a esta clasificación, las rocas muy alteradas, conglomerados medianamente cementados, areniscas y arenas limosas medianamente compactas, y en



general se consideran dentro de este tipo II, los materiales en los cuales, un peón puede rendir 3.5 (tres punto cinco) m<sup>3</sup>/jornada.

#### MATERIAL TIPO III:

Es el material que, por su dificultad de extracción y sustracción, baja considerablemente el rendimiento de la maquinaria. Se consideran como material tipo III las arenas limosas, arenas arcillosas muy cementadas y conglomerados.

#### MATERIAL TIPO III-A:

Es el material que, por su dificultad de excavación y sustracción, requiere del uso de explosivos y/o equipo neumático o zanjadores especiales para corte y sustracción; también se consideran como material tipo III-A, las rocas sueltas con dimensión mayor de 75 cm. (setenta y cinco centímetros), las rocas basálticas, riolitas, areniscas, granitos y andesitas sanas.

#### **4.4 Clasificación de corte para pago**

De acuerdo con las características de los materiales que se encontraron en el sondeo estos serán clasificados como material tipo II, para los sondeos del SPT-1 al SPT-6 y material tipo III para los sondeos S-7, S-8 y S-9.



#### **4.5 Tipo de cimentación y asentamientos**

De acuerdo con la información proporcionada por el cliente, la cimentación que se pretende utilizar es de tipo superficial, proyectando zapatas corridas en las estaciones de llegada y salida, las cuales se desplantarán sobre terraplenes debidamente formados y zapatas aisladas en los apoyos intermedios del teleférico.

#### **4.6 Estabilidad del suelo de cimentación**

Debido a la naturaleza del proyecto, solo se requiere preparación del terreno en la estación de salida y estación de llegada, en las cuales se proyectan terraplenes de 2.0 m de espesor aproximadamente, por lo que se dan recomendaciones para estas zonas:

##### **4.6.1 Zona 1 (estación de llegada, SPT-1, SPT-2):**

De acuerdo a los niveles de proyecto que se contemplan, se pretende colocar un terraplén de 2.0 m aproximadamente en la estación de llegada, por lo que se dan las siguientes recomendaciones:

- Demoler la construcción existente en el parque y realizar un corte de aproximadamente 1.0 m de espesor.



- Compactar la superficie descubierta al 90% de su Peso Volumétrico Seco Máximo (P.V.S.M.) determinado con la prueba AASHTO modificada.
- Colocar el terraplén con material que cumpla con calidad de subbase para pavimento flexible para menos de 1 millón de ejes equivalentes, compactado al 95% de su P.V.S.M. determinado con la prueba AASTHO modificada, en capas no mayores a 0.20 m.
- Sobre la última capa compactada se podrán colocar las zapatas corridas proyectadas.

#### **4.6.2 Zona 4 (estación de salida, S-8 y S-9):**

Debido a la topografía de esta zona, es necesario realizar trabajos previos a la colocación del terraplén, para evitar problemas de deslizamientos posteriores, estos se realizarán mediante escalones de liga, los cuales tendrán una superficie horizontal, una altura de 1.5 m máximo y un ancho mínimo será el que permita el ancho de la maquinaria con la que se efectuaran los cortes.

#### **4.6.3 Formación de escalones de liga**

- Realizar un corte de acuerdo a lo indicado anteriormente, el cual deberá tener una superficie horizontal.



- Una vez efectuados los escalones de liga, se comenzará la colocación de la plataforma desde el escalón de liga más bajo, utilizando material que cumpla con calidad de subbase para pavimento flexible para menos de 1 millón de ejes equivalente, compactado al 95% de su P.V.S.M. determinado por la prueba AASHTO modificada, en capas no mayores de 0.20 m, hasta llegar a nivel de plataforma terminada.
- Sobre la última capa compactada se podrán colocar las zapatas corridas proyectadas.

Considerando el terraplén proyectado y el espacio en el que se proyecta es posible que se hagan necesarios muros de contención, por lo que se dan las siguientes recomendaciones:

- Se deberá colocar en el respaldo del muro, un material de filtro compuesto por grava arena limpia, en un espesor de 0.30 m.
- El muro deberá contar con dos hileras de drenes, ubicados a un tercio de su altura, y deberán estar colocados en tresbolillo.
- Para el relleno del respaldo del muro, se deberá colocar material que tenga características de material de subbase.
- Tomando en cuenta las características del material recomendado, para el cálculo del empuje para el diseño del muro, se podrá considerar un ángulo de fricción interna



de 30o y un peso volumétrico de 2.300 ton/m<sup>3</sup>. Se podrá considerar también un coeficiente activo  $k_0=0.33$

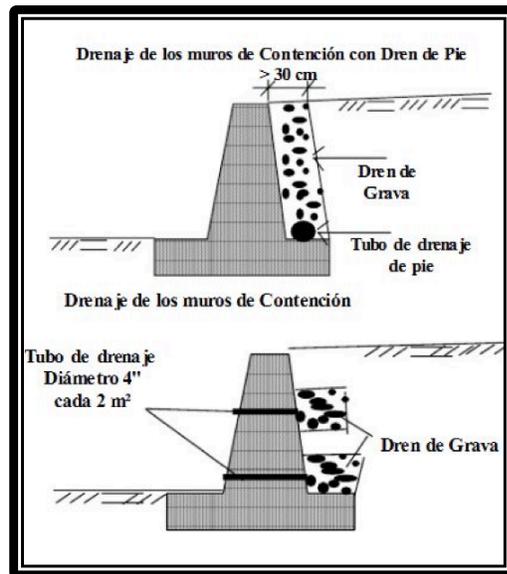


Figura 4.2: Corte de un muro de contención con drenes longitudinal y transversal

Para el diseño del muro de contención se deberá considerar además de la información anterior, las cargas que la cimentación transmite al muro.

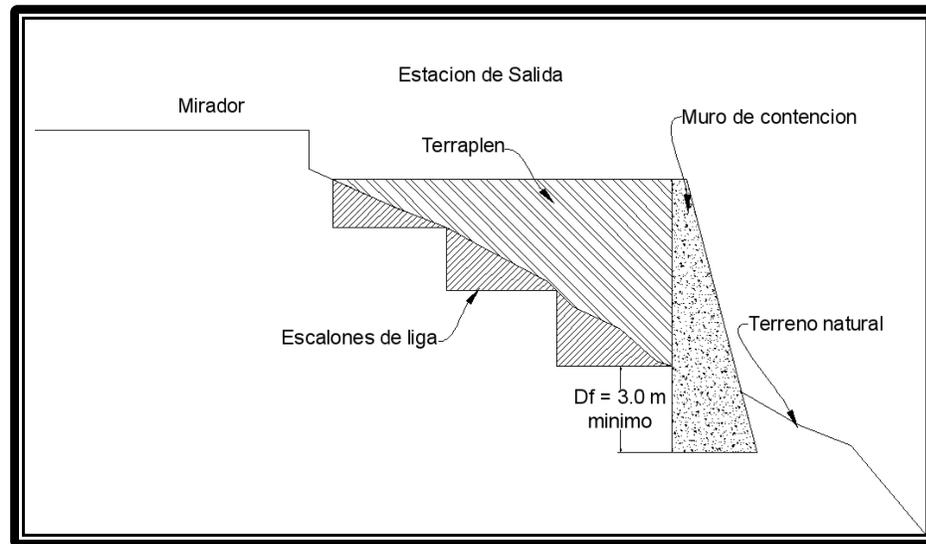


Figura 4.3: Formación de terraplén con escalones de liga en la estación de salida

#### 4.7 Recomendaciones generales para la cimentación

- a) La carga exterior aplicada al suelo, debe ser suficientemente inferior a la carga de hundimiento o falla local del suelo en la zona de transmisión de las presiones de contacto por esfuerzos de corte, con la finalidad de que exista una estabilidad garantizada.
- b) Los asentamientos o compresibilidad del suelo, no deben ser superiores a un límite donde la estructura sufra deformaciones excesivas, y como consecuencia el deterioro y colapso de las mismas.

En este caso las cargas por hundimiento o rotura al esfuerzo cortante, se evaluaron a través de las correlaciones obtenidas de las pruebas de penetración estándar efectuadas y de los resultados efectuados a las muestras en el laboratorio.

En el presente estudio, se evaluará la capacidad de carga admisible, por medio de la teoría de Terzaghi, con los parámetros de Vesic:



De acuerdo con el sistema estructural a emplearse, se han determinado las profundidades de cimentación, en concordancia con el análisis de los perfiles estratigráficos, de tal modo que las profundidades de desplante para el análisis respectivo de las zonas definidas, de la infraestructura a erigirse, así como la cohesión y el ángulo de fricción interna son los parámetros indicadores directamente de la composición intergranular en el rango de la mecánica de suelos

Las recomendaciones para la preparación del terreno antes del desplante de las cimentaciones se darán por zonas de acuerdo con la zonificación mostrada anteriormente:

#### **4.7.1 Estrato de apoyo de la cimentación**

De acuerdo a lo observado en la estratigrafía de los sondeos, las zapatas aisladas se desplantarán sobre estratos clasificados como grava arcillosa (GC) o gravas mal graduadas poco arcillosas (GP-GC), para el caso de las zapatas corridas, estas se desplantarán sobre terraplenes con las características enunciadas en párrafos anteriores.

#### **4.8 Calculo de la capacidad de carga del terreno**

Para el cálculo de la capacidad de carga del terreno se utilizó el criterio de Vesic (Das, 2103), utilizando las fórmulas de capacidad de carga de Terzaghi, como se muestra en la ecuación para suelo y el criterio de Hoek-Brown (Salgado 2008), como se muestra en la ecuación 3 para capacidad de carga en roca, a continuación, se muestran los parámetros empleados para el cálculo para cada una de las zonas determinadas.



#### 4.8.1 Zona 1 (estación de llegada, SPT-1, SPT-2):

##### 1. Ecuación de Terzaghi para zapata corrida

- Para zapata corrida

$$q_0 = cN_c + \gamma D_f N_q + \frac{1}{2} B \gamma N_\gamma = 50.97 \text{ ton/m}^2$$

Geometría de la cimentación

Ancho de la zapata (m)=1.0 m

Profundidad de desplante (m)=1.0 m

$$q_a = \frac{q_0}{F.S.} = 17.00 \text{ ton/m}^2$$

c = Cohesión (ton/m<sup>2</sup>)

$\gamma_m$  = Peso volumétrico del suelo (ton/m<sup>3</sup>)

$D_f$  = Profundidad de desplante de la cimentación (m)

B = Ancho de la cimentación (m)

$N_c, N_q, N_\gamma$  = Factores de capacidad de carga



F.S. = Factor de seguridad

$q_0$  = Capacidad de carga última (ton/m<sup>2</sup>)

$q_a$  = Capacidad de carga admisible (ton/m<sup>2</sup>)

#### 4.8.2 Zona 2 (SPT-3):

- Para zapata aislada.

Geometría de la cimentación.

Ancho de la zapata (m)=3.0 m.

Profundidad de desplante (m)= 5.0 m.

2.Ecuación de Terzaghi para zapata aislada

$$q_0 = 1.3cN_c + \gamma DfN_q + 0.4B\gamma N_\gamma = \mathbf{107.42\text{ton/m}^2}$$

$$q_a = \frac{q_0}{F.S.} = \mathbf{36.00\text{ ton/m}^2}$$

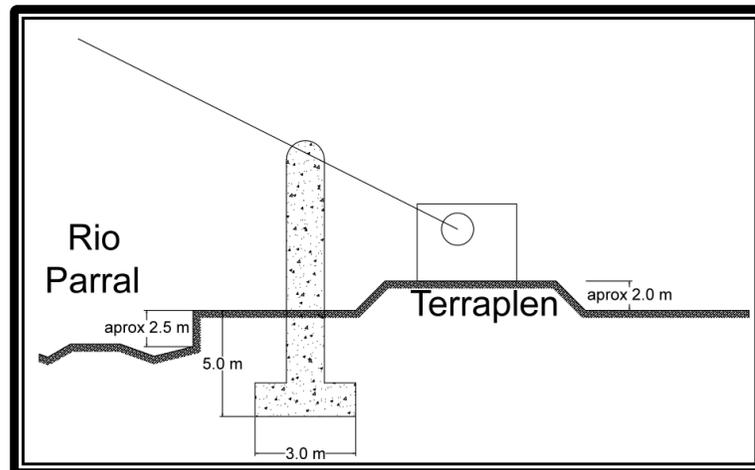


Figura 4.4: Consideraciones tomadas para la estación de llegada

#### 4.8.3 Zona 3 (SPT-4, SPT-5, SPT-6):

- Para zapata aislada

Geometría de la cimentación

Ancho de la zapata (m)=3.0 m

Profundidad de desplante (m)= 3.0 m

2.Ecuación de Terzaghi para zapata corrida

$$q_0 = 1.3cN_c + \gamma DfN_q + 0.4B\gamma N_\gamma = \mathbf{141.32\text{ton/m}^2}$$

$$q_a = \frac{q_0}{F.S.} = \mathbf{47.11\text{ ton/m}^2}$$



#### 4.8.4 Zona 4 (estación de salida, S-8 y S-9):

- Para zapata aislada (en roca muy fracturada)

3. Ecuación de Hooke y Brown para capacidad de carga en roca

$$q_{bL} = q_0 + \left\{ \sqrt{m \cdot \frac{q_0}{q_u} + s} + \sqrt{m \cdot \frac{q_0 + q_u \sqrt{m \cdot \frac{q_0}{q_u} + s}}{q_u} + s} \right\}$$

$q_{bL}$  = Capacidad de carga última para cimiento largo ( $\text{ton/m}^2$ )

$q_0$  = Presión efectiva a nivel de desplante ( $\text{ton/m}^2$ )

$q_u$  = Resistencia a la compresión simple de la roca ( $\text{ton/m}^2$ )

$m, n$  = Parámetros propuestos por Hoek y Brown

*Tabla 4.2: Parámetros para el cálculo de la capacidad de carga en roca*



$\gamma$ (ton/m <sup>3</sup> )	1.8
Df (m)	4.00
qu (ton/m <sup>2</sup> )	2,226.00
R.Q.D. (%)	0
R.M.R.	0
m	0.017
s	0.0000001

*Tabla 4.3: Clasificación geo mecánica de la roca*

<b>Parámetro</b>	<b>Rango de valores</b>	<b>Calificación</b>
Resistencia de la roca intacta (Mpa)	5-25	2
R.Q.D	<25%	3
Espaciamiento de las discontinuidades	<0.06	5
Condición de las discontinuidades (m)	Sin rugosidad, >5mm de profundidad o continua, abertura>5mm	0
Agua subterránea	Muy húmedo	4

*Tabla 4.4: Ajuste del R.M.R. por orientación de las juntas*



Parámetro	Rango de valores	Calificación
Rumbo y echado de las discontinuidades	Muy desfavorable	-25

*Tabla 4.5: Calculo de la capacidad de carga admisible*

$q_u$ (ton/m <sup>2</sup> )	7.20
Df (m)	2,226.00
$q_u$ (ton/m <sup>2</sup> )	53.69
Factor de forma ( $C_s$ ), cimentación cuadrada	1.25
F.S	3
$q_a$ (ton/m <sup>2</sup> )	0.0000001



2) Para zapata corrida (estación de salida)

1. Ecuación de Terzaghi para zapata corrida

$$q_0 = cN_c + \gamma DfN_q + \frac{1}{2} B\gamma N_\gamma = 50.97 \text{ ton/m}^2$$

Geometría de la cimentación

Ancho de la zapata (m)=1.0 m

Profundidad de desplante (m)=1.0 m

$$q_a = \frac{q_0}{F.S.} = 17.00 \text{ ton/m}^2$$

Nota: la profundidad de desplante se medirá a partir del nivel de terreno natural actual, excepto la zapata aislada de la zona 4.

#### **4.9 Asentamientos Elásticos para viviendas y muros de contención**

Por el tipo de terreno encontrado en la zona y puesto que los materiales no se encuentran saturados, se consideró que se presentarían asentamientos elásticos de las estructuras, para el caso de las viviendas, para las zonas 1 y 2 se calcularon con la teoría de



Schertmann y Hartman; como se muestra en la ecuación 4 y para la zona 3 y 4, se considera el método de Jambu como se muestra en la ecuación 5 de acuerdo con lo siguiente:

#### 4.9.1 Asentamientos zonas 1 y 2

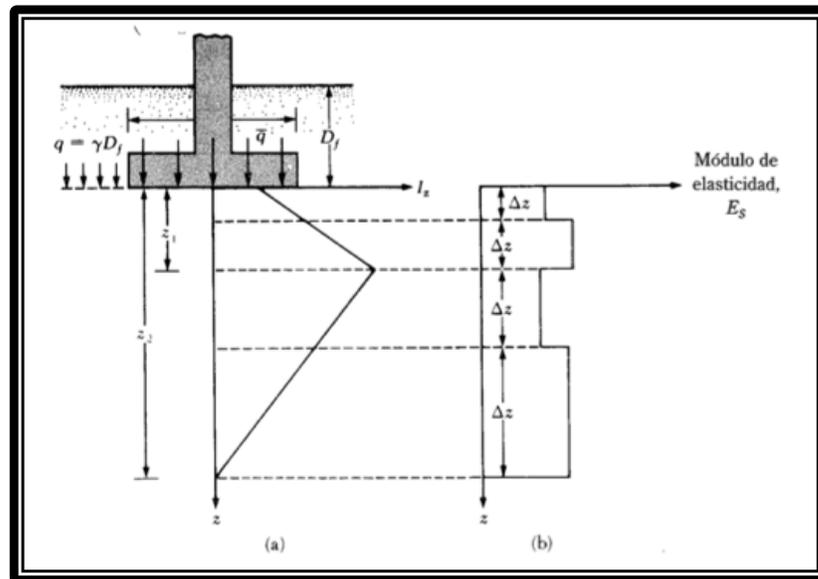


Figura 4.5: Variación de la línea Iz de Schmertman.

#### 4. Ecuación de Schertmann y Hartman

$$S_e = C_1 \cdot C_2 \cdot (\bar{q} - q) \cdot \sum_0^{z_2} \frac{I_z}{E_s} \cdot \Delta z$$

Donde:

$I_z$  = Factor de influencia de la deformación unitaria



$C_1 =$  Un factor de corrección para la profundidad del empotramiento de la cimentación  $= 1 - 0.5 \cdot \left[ \frac{q}{\bar{q} - q} \right]$

$C_2 =$  Un factor de corrección para tomar en cuenta el flujo plástico del suelo  $= 1 + 0.2 \log \left[ \frac{\text{tiempo en años}}{0.1} \right]$

$\bar{q} =$  Esfuerzo al nivel de la cimentación

$q = \gamma D_f$

$E_s =$  Modulo de elasticidad

$\Delta_z =$  Espesor del estrato

#### 4.9.1.1 Zapata corrida Zona 1 (estación de llegada, SPT-1, SPT-2):

*Tabla 4.6: Calculo de asentamientos zapata corrida Zona 1*



Estrato	$\Delta z$ (m)	E (ton/m <sup>2</sup> )	z al centro del estrato (m)	Iz en el centro del estrato	(I/E) $\Delta$
1	2	2875	1	0.5	0.00035
2	2	2875	3	0.17	0.00012
					0.00047

B	1.0 m
q	1.8 ton/m <sup>2</sup>
q-	17.0 ton/m <sup>2</sup>
C <sub>1</sub>	0.941
C <sub>2</sub>	1.340
S <sub>e</sub>	0.893 cm

#### 4.9.1.2 Zapata cuadrada Zona 2 (SPT-3):

*Tabla 4.7: Calculo de asentamientos zapata corrida Zona 1*



Estrato	$\Delta z$ (m)	E (ton/m <sup>2</sup> )	z al centro del estrato (m)	Iz en el centro del estrato	(I/E) $\Delta$
1	3	10000	1.5	0.5	0.00015
2	3	10000	4.5	0.17	0.00005
					0.00020

B	3.0 m
q	9.0 ton/m <sup>2</sup>
q-	36.0 ton/m <sup>2</sup>
C <sub>1</sub>	0.833
C <sub>2</sub>	1.340
S <sub>e</sub>	0.606 cm

#### 4.9.1.3 Zona 3 (SPT-4, SPT-5, SPT-6):

*Tabla 4.8: Calculo de asentamientos zapata corrida Zona 1*



Estrato	$\Delta z$ (m)	E (ton/m <sup>2</sup> )	z al centro del estrato (m)	Iz en el centro del estrato	(I/E) $\Delta$
1	3	10000	1.5	0.5	0.00015
2	3	10000	4.5	0.17	0.00005
					0.00020

B	3.0 m
q	5.4 ton/m <sup>2</sup>
q-	47.0 ton/m <sup>2</sup>
C <sub>1</sub>	0.935
C <sub>2</sub>	1.340
S <sub>e</sub>	1.048 cm

#### 4.9.1.4 Zona 4 (estación de salida, S-8 y S-9):

2. Para zapata aislada (en roca muy fracturada)

5. Ecuación de Jambu

$$S_e = \frac{\mu_0 \cdot \mu_1 \cdot q_n \cdot B}{E_s}$$

Donde:

S<sub>e</sub> = Asentamiento elástico

$\mu_0$  y  $\mu_1$  dependen de Df/B y H/B

q<sub>n</sub> = Incremento de esfuerzo a nivel de desplante de la cimentación

B = Ancho de la cimentación



$E_s$  = Módulo de elasticidad del suelo

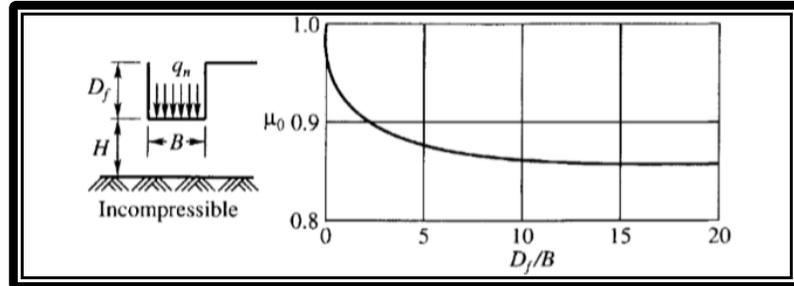


Figura 4.6: Grafica para determinar el valor de  $\mu_0$  de Jambu

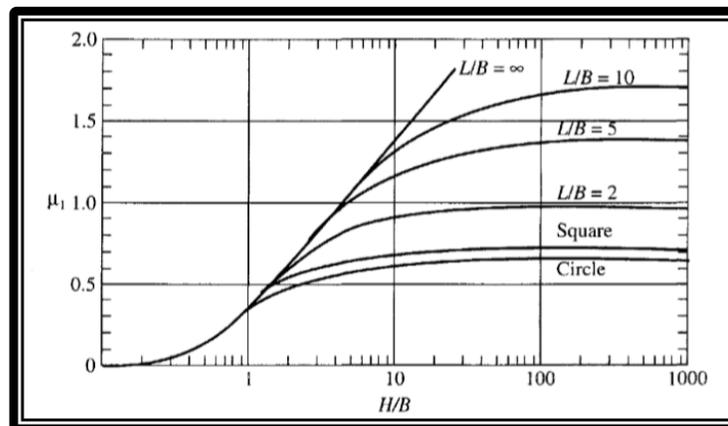


Figura 4.7: Grafica para determinar el valor de  $\mu_1$  de Jambu

Tabla 4.9: Calculo de asentamientos zapata corrida Zona 1



Df (m)	4
H (m)	6
B (m)	3
$\mu_o$	0.95
$\mu_1$	0.55
$q_n$ (ton/m <sup>2</sup> )	22
$E_s$ (ton/m <sup>2</sup> )	3000
$S_e$ (cm)	1.15

3. Para zapata corrida (estación de salida)

*Tabla 4.10: Calculo de asentamientos zapata corrida estacion de salida*

Estrato	$\Delta z$ (m)	E (ton/m <sup>2</sup> )	z al centro del estrato (m)	Iz en el centro del estrato	(I/E) $\Delta$
1	2	2875	1.0	0.5	0.00035
2	2	2875	3.0	0.17	0.00012
					0.00047

B	1.0 m
q	1.8 ton/m <sup>2</sup>
q-	17.0 ton/m <sup>2</sup>
C <sub>1</sub>	0.941
C <sub>2</sub>	1.340
S <sub>e</sub>	0.893 cm



#### 4.10 Resumen de resultados:

*Tabla 4.11: Resumen de resultados*

Zona	Tipo de cimentación	B (m)	D <sub>f</sub> (m)	q <sub>a</sub> (ton/m <sup>2</sup> )	S <sub>e</sub> (cm)
1 (Llegada)	Zapata corrida	1.0	1.0	17.0	< 1.0
2	Zapata aislada	3.0	5.0	36.0	< 1.0
3	Zapata aislada	3.0	3.0	47.11	1.05
4	Zapata aislada	3.0	4.0 *	22.37	1.15
4 (Salida)	Zapata corrida	1.0	1.0	17.0	< 1.0

B = Ancho de cimentación

D<sub>f</sub> = Profundidad de desplante

q<sub>a</sub> = Capacidad de carga admisible

S<sub>e</sub> = Asentamiento elástico estimado

\* La profundidad de desplante será como se indica en el siguiente croquis:

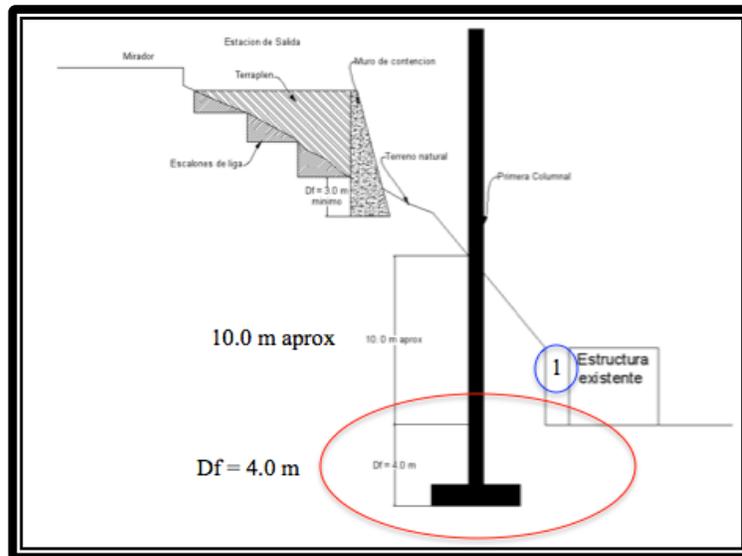


Figura 4.8: Desplante de zapata en estación de salida

#### 4.11 Calidad de material para plataformas

La calidad que deberá cumplir el material es el siguiente

Tabla 4.12: Calidad del material para plataformas

Características	Valor (%)
Limite líquido, máximo	30
Índice plástico, máximo	10
Valor de soporte California (C.B.R.), mínimo	50
Equivalente de arena, mínimo	30
Desgaste de los Ángeles, máximo	50
Grado de compactación, mínimo	95
Tamaño máximo	3"
Porcentaje de finos, máximo	25



#### **4.12 Alcances**

La información presentada en este informe, esta limitada por la profundidad de exploración, la cual fue solicitada por el cliente.

Una vez definido el proyecto, se recomienda que se realice un análisis de estabilidad del talud que se encuentra entre la estructura existente y el primer apoyo del teleférico (1 figura anterior).

Se recomienda realizar un estudio hidrológico para determinar la profundidad de socavación en la zona del apoyo previo a la estación de llegada (parque el Quijote), esto con el objeto de redefinir la profundidad de desplante de esta zapata en caso de ser necesario.

Cualquier situación no prevista en el presente informe o cualquier modificación que se desee realizar a su contenido, deberá ser revisada y aprobada por los ingenieros que suscriben.

Los resultados aquí expuestos son considerando seis sondeos de penetración estándar, tres perforaciones con obtención de núcleo de roca y el recorrido efectuado del trazo por lo que es posible que la variación del subsuelo no se refleje exactamente hasta que se comience con los trabajos de construcción.



## Referencias

Das Braja M. (2013) (4th edición). Fundamentos de Ingeniería Geotécnica. México. Cengage Learning.....

De la Fuente Lavalle Eduardo (2003) Problemas básicos de empujes de suelo sobre estructuras de soporte. México. Instituto Mexicano del Cemento y del Concreto A.C.....

INEGI, (2005), Prontuario de información geográfica municipal de los Estados Unidos Mexicanos de Hidalgo del Parral, versión 3.1  
[http://www3.inegi.org.mx/contenidos/app/mexicocifras/datos\\_geograficos/08/08032.pdf](http://www3.inegi.org.mx/contenidos/app/mexicocifras/datos_geograficos/08/08032.pdf).

Salgado Rodrigo, (2008), The Engineering of Foundations, 1a edición, Macgraw Hill.

Santoyo Villa Enrique (2010). Vigésima conferencia Nabor Carrillo Exploración de Suelos. México: Sociedad Mexicana de Ingeniería Geotécnica A.C.....

Servicio Geológico Mexicano, (1997), Carta geológica Chihuahua 1:250,000,  
[http://mapserver.sgm.gob.mx/Cartas\\_Online/geologia/36\\_H13-10\\_GM.pdf](http://mapserver.sgm.gob.mx/Cartas_Online/geologia/36_H13-10_GM.pdf).

Norma ASTM D-1586, (2011), Método de la prueba de penetración estándar y muestreo de suelos con tubo partido.



## **Curriculum Vitae**

<Este CV es un breve esbozo bibliográfico del autor escrito en forma de texto, que presenta información para futuros lectores del trabajo. Debe incluir los grados obtenidos, publicaciones y experiencia docente y laboral, así como información de contacto. El CV deberá de tener una extensión no mayor a una página. La dirección permanente del autor y su nombre deberán aparecer al final de la página.>

Nació el 15 de septiembre de 1979 en la ciudad de Chihuahua, Chih, estudio en la escuela primaria Jesús García de 1985 a 1991, posteriormente continuo con sus estudio en la escuela secundaria federal 62 Adolfo López Mateos de 1991 a 1994, de 1994 a 1994 estudio en el colegio de bachilleres plantel # 3, curso sus estudios como ingeniero civil en la facultad de ingeniería de la Universidad Autónoma de Chihuahua de 1998 al 2004, después de esto estudio la Maestría en Vías Terrestres del 2006 al 2008 teniendo solamente el grado de pasante.

Comenzó a trabajar en la empresa Laboratorio y Consultoría S.A de C.V en el 2004 en el área de estudio de mecánica de suelos y pavimentos, posteriormente trabajo en la empresa Laboratorio y Estudios Integrales S.A de C.V como gerente de estudios y proyectos en el periodo del 2007 al 2008, después de este tiempo volvió a incorporarse a Laboratorio y Consultoría S.A de C.V del 2008 al 2012. Actualmente se desempeña como gerente de estudios y proyectos de la empresa Gesols Geotecnia y Control de Calidad S.A de C.V.



Ha elaborado un número considerable de estudios geotécnicos para el desarrollo de diferentes proyectos, como líneas de transmisión, diseño de pavimentos, naves industriales, teleféricos, estabilidad de taludes, estabilizaciones de taludes de roca, dictámenes técnicos de asentamientos, fraccionamientos, etc.

En lo que se refiere a la parte docente fue profesor de las clases de Laboratorio de mecánica de suelos y Geología en el Tecnológico de Monterrey y actualmente imparte las clases de Geotecnia, Mecánica de suelos I, Mecánica de suelos II, Cimentaciones y Mecánica de rocas en la Facultad de Ingeniería de la Universidad Autónoma de Chihuahua.

En lo que se refiere a los cursos a continuación se enlistan algunos de los cursos tomados:

- Curso de tipo de suelos en la ciudad de Chihuahua
  - Colegio de Ingenieros Civiles de Chihuahua (abril 2007)
- Curso de tipo de empuje de suelos
  - Colegio de Ingenieros Civiles de Chihuahua (abril 2007)
- Curso de tipo de selección del tipo de cimentación
  - Colegio de Ingenieros Civiles de Chihuahua (abril 2007)
- Curso de tipo de manejo de suelos arcillosos y aluviales
  - Colegio de Ingenieros Civiles de Chihuahua (abril 2007)
- Curso de tipo de manejo de arcillas expansivas
  - Colegio de Ingenieros Civiles de Chihuahua (abril 2007)
- Curso de enfoque al cliente en base a la NMX-EC-17025-2006
  - Laboratorio y Consultoría S.A de C.V .....(febrero 2007)
- Curso de explicación de la ley federal de metrología



- Laboratorio y Consultoría S.A de C.V. (enero 2007)
- Curso de capacitación Teórica y práctica de pruebas al concreto fresco
  - Laboratorio y Consultoría S.A de C.V (septiembre 2006)
- Curso de capacitación Teórica y práctica de pruebas al suelo
  - Laboratorio y Consultoría S.A de C.V (septiembre 2006)
- Curso de actualización de la norma ISO/IEC17025:1999 a ISO/IEC 17025:2005
  - Laboratorio y Consultoría S.A de C.V ..... (mayo 2005)
- XXIV Reunión Nacional de Laboratorios de Materiales Para la Construcción
  - ANALISEC .....(septiembre 2008)
- Curso de Análisis de Precios Unitarios
  - Cámara mexicana de la industria de la construcción (29 de mayo del 2009)
- Curso de impacto Vial e Impacto Ambiental
  - Colegio de Ingenieros Civiles de Chihuahua A.C--- (26 de abril del 2010)
- Curso para operador certificado del perfilografo tipo California
  - Surface systems & Instruments (23 de junio del 2010)
- Caracterización y diseño de tratamientos de macizos rocosos (Estabilización e Impermeabilización)
  - Sociedad Mexicana de Ingeniería Geotécnica (12 de mayo del 2011)
- Curso del uso del CPT (Cone Penetration Test)
  - Laboratorio y Estudios Integrales de Cd. Juárez (12 de mayo del 2013)
- Curso Mecánica de rocas, Ingeniería de rocas y métodos empíricos para proyectos hidroeléctricos y de Transporte
  - Sociedad Mexicana de Ingeniería Geotécnica (5 y 6 de septiembre del 2013)



Curso Ingeniería de rocas basada en el modelo anisótropo de macizos rocosos  
fracturados

Sociedad Mexicana de Ingeniería Geotécnica (28, 29 y 30 de abril del 2014)

Domicilio Permanente: <Calle Monte Morelos #12303, Col Quintas Carolinas II>  
<Chihuahua, Chihuahua, 31100>

Esta tesis/disertación fue mecanografiada por <Luis Enrique Morales Gutiérrez>.