

ESTUDIOS BÁSICOS PARA EL DIQUE JUME ESQUINA

INFORME FINAL

IV-GEOTECNIA

IV.1-GENERALIDADES

El desarrollo de las tareas de estudio y los resultados obtenidos, así como el análisis de los valores cuali-cuantitativos para cada uno de los parámetros ponderables, se presentan en este informe final.

Los trabajos realizados consistieron en la recolección de muestras representativas de cada uno de los tipos de suelos perforados en correspondencia tentativa con los emplazamientos de las obras hidráulicas potencialmente proyectables, como en el recorrido de las existentes.

Para la individualización de los lugares de muestreo se adoptó la numeración correlativa en cada sector analizado, diferenciándose los sondeos con palavizcachera de los pozos a cielo abierto o calicatas, como también de los sondeos con ensayos SPT

- Sondeos con pala vizcachera (SPV).
- Pozos a cielo abierto (PCA).
- Sondeos con ensayos Terzaghi (SPT).

b) Composición aproximada de los perfiles de suelo por parámetros geomecánicos. En planillas se volcaron los valores resultantes de los distintos ensayos realizados y se representaron los más significativos.

Como antecedentes para el trabajo de campaña se utilizaron:

- Estudios o proyectos anteriormente ejecutados con idéntico significado.
- Los planos temáticos de geología y de geomorfología de la zona de trabajo.
- Información de los pobladores de la zona, sobre macrofenómenos de los suelos en las obras de ingeniería.
- Antecedentes viales de rutas provinciales y nacionales.

del futuro embalse, los cuales se identificaron como: Terraplén Margen Derecha, Terraplén Margen Izquierda y Terraplén de cierre.

Este último a su vez se dividió en dos (2) sectores tomando como eje actual al cauce del Río La Guardia, que atraviesa de Norte a Sur al cuenco seleccionado para su estudio. Surgen así el perfil “A” o de margen derecha y el perfil “A1” sobre margen izquierda.

En todos los casos la profundidad máxima lograda fue de cinco metros (5,00 m) desde terreno natural, con extracción de muestras cada metro de avance u horizonte francamente diferenciado. Estos sondeos se efectuaron cada quinientos metros (500 m) de separación entre uno y otro.

IV.2.2-Ensayos de Laboratorio

En las muestras de suelos obtenidas se realizaron los estudios para la identificación de los mismos con la finalidad de lograr una perfecta definición geotécnica, en función del grupo en el que los sitúan estos ensayos.

El conjunto de los resultados permitió definir propiedades y se contrastaron

d) Clasificación basada en análisis químicos.

Para su concreción se llevaron a cabo determinaciones de:

1. Contenido de humedad natural: (IRAM 10.519) mediante calentamiento en estufa a 100 °C. hasta peso constante.
2. Granulometría por vía seca con lavado previo: se utilizaron tamices de la serie normal complementando con el ensayo por vía húmeda, para definir la curva granulométrica (IRAM 10.507).
3. Límites de Atterberg: se determinaron el límite líquido y el límite plástico, y en función de ellos el índice de plasticidad (IRAM 10.501 - 10.502).
4. Clasificación Unificada: para la clasificación de estos suelos se utilizó el Sistema Unificado de Clasificación de Suelos (S.U.C.S.), concebido por Arthur Casagrande (IRAM 10.509).
5. Análisis Químicos: los análisis químicos se efectuaron sobre las muestras de suelo y de las aguas freáticas con la finalidad de conocer a través de su composición los potenciales efectos deletéreos sobre las estructuras; a fin

Sobre las muestras obtenidas razonablemente indisturbadas de cada horizonte observado en los pozos a cielo abierto (PCA) se realizaron además los siguientes ensayos:

6. Determinación de la densidad relativa aparente (IRAM 10.503).
7. Determinación de la densidad seca natural.
8. Determinación de los valores de cohesión c y del ángulo de fricción interna Q por ensayo triaxial no consolidado rápido (IRAM 10.529), sobre muestras seleccionadas de los horizontes semiprofundos y profundos de los SPT de los perfiles A y A1.
9. Ensayo de Consolidación Unidimensional (IRAM 10.505). La secuencia de cargas utilizadas fue de 0.125; 0.250; 0.500; 1.000; 2.000; 4.000 y 8.000 kg/cm².
10. Determinación de los valores de densidad seca máxima y humedad óptima por el ensayo de Compactación Proctor Estándar (IRAM 10.511).

IV.3- PERFIL DEL TERRENO

existencia de sedimentos puros o casi puros y asociaciones de sedimentos con sus características significatorias y propiedades geotécnicas particulares.

Tanto en el área del futuro embalse como en las correspondientes al desarrollo de los Terraplenes, la distribución de los distintos tipos de suelos, es bastante uniforme, primando los suelos finos tipo CL (arcillas limosas o limos arcillosos), de plasticidad media.

Acompañan a estos sedimentos, bancos de arenas limosas, generalmente en profundidad, tanto en los barrenos realizados en la ante proyectada traza de terraplenes, como en los ensayos Terzaghi ejecutados en el cuenco del futuro embalse. Solamente se han descubierto arenas limosas SM en banco, en posición superficial en el sector cercano a la garganta de la depresión, en la perforación profunda PE N° 2, ubicada en la localidad de Las Libranzas. Esta posición derivaría de su localización topográfica ya que la cota del terreno natural en boca de pozo es de 142,00 m.s.n.m.. Dicha ubicación y la cercanía al cauce meandroso del Río La Guardia, no ha permitido que estos granulares sean sepultados por materiales finos.

Las características fisicomecánicas e hidráulicas de cada uno de los sedimentos porosos auscultados, suponen para su uso en obras hidráulicas un exhaustivo estudio, con la finalidad de definir potenciales factores de riesgos genéticos o inherentes a vicios en la construcción.

Las verificaciones deberán llevarse a cabo tomando en consideración la estructura del Dique, la estructura geológica de la fundación y las características físicas, mecánicas e hidráulicas, así como las interacciones fisicoquímicas entre el suelo y el agua a almacenarse.

Los parámetros fiscomecánicos determinados, muestran fluctuaciones propias de cada uno de los sedimentos porosos ensayados, con rangos de variación producto de su génesis. Se puede observar esto, analizando los mínimos y los máximos valores numéricos obtenidos para cada parámetro ensayado.

Los suelos son de textura predominantemente limosa, con contenidos cambiantes de arena y de arcilla, de espesores variables y en algunos casos distribuidos irregularmente en posición horizontal.

De acuerdo al Sistema de Clasificación Unificada, se han ubicado suelos de

| Tipo de suelo | Resistencia al corte | Compresibilidad | Permeabilidad del suelo compactado | Susceptibilidad de socavación | Características de compactabilidad |
|---------------|----------------------|-----------------|------------------------------------|-------------------------------|------------------------------------|
| ML | Media a baja | Media | Media a baja | Elevada | Regular a buena |
| CL | Media a baja | Media | Baja | Baja a media | Regular a buena |
| CH | Media a baja | Elevada | Baja | Baja | Regular a mala |
| SP | Media | Baja | Elevada | Media a elevada | Buena |
| SM | Media | Baja a media | Media a baja | Media a elevada | Regular a buena |

Este amplio abanico de tipos de suelos responde a procesos geomórficos que prevalecieron en recorridos variables y a veces como sedimentos de deposición lenticular.

El análisis de los resultados obtenidos en los diversos ensayos y la observación en campaña, permitieron componer aproximadamente los perfiles de suelos en le área de la depresión y en las zonas de terraplenes, en los cuales se aprecian áreas de distintos materiales con separación casi nítida.

Los parámetros fisicomecánicos determinados, denotan fluctuaciones propias de cada uno de los sedimentos ensayados, con rasgos de variación producto de su formación. Se puede observar esto, analizando los mínimos y los máximos valores numéricos obtenidos para cada parámetro determinado.

VALORES EXTREMOS DE LOS DISTINTOS ENSAYOS

SONDEOS S.P.T.

| Parámetro Ensayado | Mínimo | Máximo |
|-------------------------|---------|--------|
| Humedad Natural % | 13,1 | 32,3 |
| Limite Líquido % | NP-20,5 | 53,8 |
| Limite Plástico % | NP-14,1 | 27,6 |
| Índice de Plasticidad % | NP-3,8 | 31,6 |
| Pasa Tamiz N°200 % | 13,1 | 32,3 |

TERRAPLEN MARGEN DERECHA

| | | |
|-----------|--|--|
| Parámetro | | |
|-----------|--|--|

Convenio: Provincia de Santiago del Estero – Consejo Federal de Inversiones
Programa de Trabajo: Estudios Básicos para el Dique Jume Esquina
Expediente N° 4600

TERRAPLEN MARGEN IZQUIERDA

| Parámetro Ensayado | Mínimo | Máximo |
|-------------------------|--------|--------|
| Humedad Natural % | 8,3 | 36,0 |
| Limite Líquido % | 21,0 | 51,3 |
| Limite Plástico % | 15,3 | 24,3 |
| Índice de Plasticidad % | NP-3,1 | 26,9 |
| Pasa Tamiz N°200 % | 27,4 | 97,5 |

TERRAPLEN CIERRE

| Parámetro Ensayado | Mínimo | Máximo |
|--------------------|--------|--------|
| Humedad Natural % | 9,6 | 21,8 |
| Limite Líquido % | 26,4 | 42,8 |

Como era de esperar, estos valores corresponden, en el caso de los mínimos, a suelos tipo SM (para los no plásticos NP), y limos ML, para los valores 3,0 y 3,1, mientras que en los valores máximos, los sedimentos que prevalecen, son del tipo CL y CH.

En la ilustración sobre la interpretación de la composición del suelo, mediante perfiles transversales combinados (Geología y Geomorfología Tomo III), se observa que existen zonas de contacto entre sedimentos de granulometrías bien diferenciadas, lo cual puede dar lugar, en ciertas condiciones, a fenómenos de derrubio por contacto, como también fallas sorpresivas originadas por suelos finos plásticos dispersivos, contaminados de sales, cuyo comportamiento en las obras hidráulicas es destructivo por la producción de fenómenos de tubificación.

Esta potencial acción erosiva en el núcleo de una presa de tierra, puede deberse además de los errores constructivos, a defloculación o dispersión de la fracción fina arcillosa. Esto depende de la interacción fisicoquímica entre el agua embalsada que percola, y el suelo.

Debido a la génesis de la depresión de Jume Esquina y a la acumulación de sales en el perfil, por el permanente ingreso de aguas salobres, la sustitución lenta del agua salada por agua dulce, almacenable, podría provocar fenómenos de intercambios catiónicos (pérdida de iones sodio) que propician la disminución de la resistencia al esfuerzo cortante, y un gran aumento en su sensibilidad. Esta menor resistencia conduce a un menor margen de seguridad en los taludes que se forman en estos suelos, que pueden fallar sin causa aparente.

Esta potencial cualidad teórica de los sedimentos porosos permeables, deberá ser tomada en cuenta y estudiada en detalle en la etapa de proyecto ejecutivo, para verificar la peligrosidad de su aparición, y establecer la magnitud de las posibles deformaciones, como también tomar las medidas técnicas necesarias para prevenirlas, o eliminarlas.

Los procedimientos de auscultación efectuados, definidos como métodos de anteproyecto, no permiten realizar una correcta ponderación, en forma exhaustiva, de las características antes mencionadas, de los suelos.

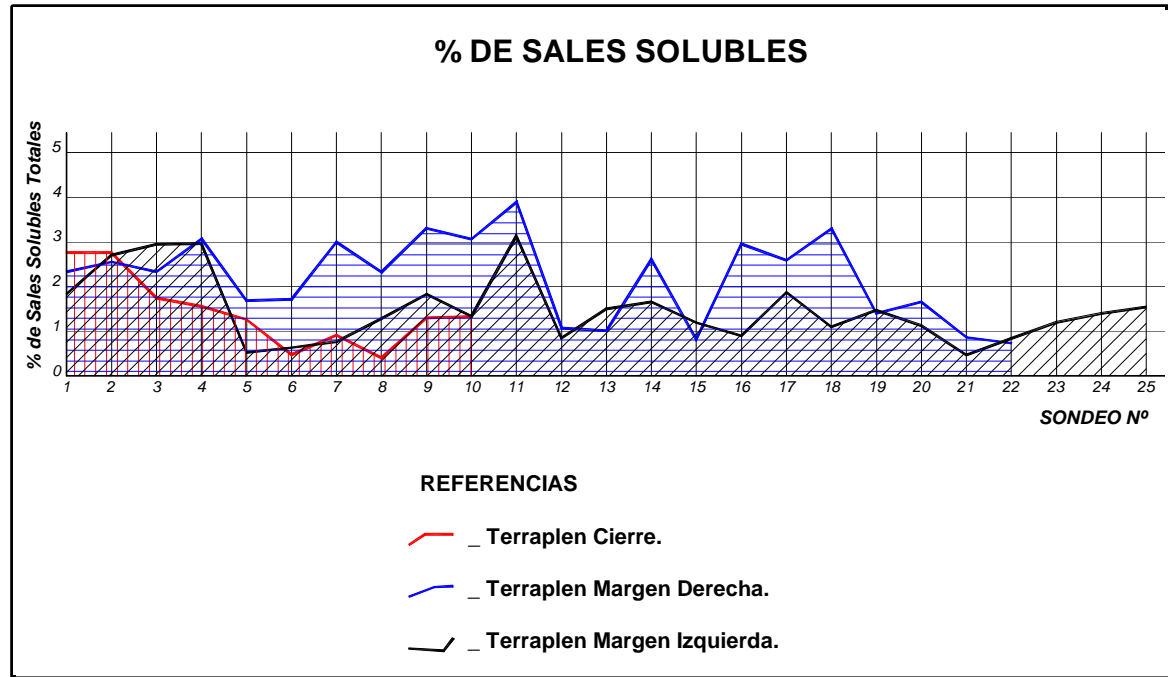
La humedad determinada osciló con amplitud, en los suelos de margen de-

Los ensayos Lefranc, llevados a cabo (ver Geomorfología y Geología Tomo III) arrojaron valores para la permeabilidad comprendidos entre 1×10^{-3} cm/seg a 1×10^{-5} cm/seg.

El contenido salino expresado en porcentaje de sales solubles totales, tanto en los sondeos con pala barreno en las áreas de terraplén, como en los ensayos Terzaghi, varía para cada sección estudiada entre valores que se resumen.

PORCENTAJES DE SALES SOLUBLES

| AREA DE LOCALIZACION | Porcentaje de Sales Solubles Totales | |
|--|--------------------------------------|--------|
| | Mínimo | Máximo |
| Terraplén Margen Derecha | 0,09 | 4,98 |
| Terraplén Margen Izquierda | 0,21 | 3,46 |
| Terraplén Cierre | 0,11 | 3,58 |
| Área del Vaso Promedio de SPT1 a SPT5 | 0,88 | 2,90 |



IV.4- ANALISIS DE LOS RESULTADOS

El análisis de los valores obtenidos para los distintos ensayos y determinaciones efectuadas sobre los especímenes muestreados permiten juzgar a los suelos en función de diversas consideraciones.

IV. 4.1- Consideraciones Geotécnicas

Los suelos estudiados, son en su mayoría de textura fina, ligeramente plásti-

De acuerdo a los valores que toman los números de golpes (N) cada metro de avance, en el ensayo de penetración estandar (SPT), en el área de la depresión, desde los cuatro metros, se sitúan a los suelos con una dispersión relativa entre compactos (N entre 9 y 15), a muy compactos (N entre 16 y 30).

Son suelos cuyas granulometrías muestran curvas representativas de características similares, es decir se trata de sedimentos porosos de graduación bastante uniforme.

La comparación de los valores de densidad seca, contra la densidad máxima seca obtenida en laboratorio, para el Proctor, determina a pesar del bajo número de ensayos, que los suelos del área de la depresión de Jume Esquina en su estado natural, se encuentran en el espesor desde cero a tres metros, en un grado de compactación porcentual, entre bajo a medianamente compacto (69,2% a 79,7%).

Además con el criterio de su utilización como material de préstamo, se califica a estos suelos, según su aptitud de compactabilidad, en la graduación de regular a buena, es decir con control satisfactorio de humedad, el suelo se puede apisonar con mínimo esfuerzo.

Los suelos cuyas relaciones los sitúa en el lado izquierdo de la gráfica, pueden tener cambios pequeños adicionales de volumen al saturarse. Por lo cual, no se requiere ningún tratamiento para los cimientos o en los terraplenes de coronamiento.

En cambio, los suelos cuyas “relaciones” los ubican sobre el lado derecho de la línea límite, sufrirán un significativo cambio de volumen al saturarse, con manifestaciones singulares aun con pequeñas cargas en los terraplenes, por lo cual será necesario un tratamiento de consolidación del cimiento.

Las estructuras rígidas no deberán cimentarse sobre estos suelos sueltos, húmedos o secos, sujetos a un posterior humedecimiento, ya que puede tener lugar una fisuración de la estructura. Por lo tanto, el tratamiento del cimiento en estructuras rígidas es necesario.

La representación de los valores para los parámetros considerados, correspondientes a muestras de PCA N° 1, PCA N° 2 y PCA N° 3, determina que los suelos pertenecientes a las dos primeras designaciones, y sus zonas homogéneas adyacentes, sufrirán cambios sustanciales de volumen en saturación. En

En general son suelos de baja densidad natural y apreciable porosidad. Sus partículas están ligadas fisicoquímicamente por efecto de tensiones capilares, material cohesivo interpartícula, agentes cementantes como yeso y calcáreos, etc.

Cuando el suelo se humedece por encima de su humedad crítica la estructura intergranular se deforma y el cemento entre partículas es atacado por el agua, lo cual hace que el suelo no pueda soportar cargas.

La importancia o espectacularidad de la subsidencia, estará así condicionada por la mineralogía de los materiales presentes, el porcentaje de cada tipo de arcilla, la distribución granulométrica y la forma de los granos, y el índice de poros, su tamaño y forma, el contenido de humedad, agentes cementantes, iones absorbidos y la composición química y concentración en el agua intersticial.

El Bureau of Reclamation y entre otros, la tabla de permeabilidad y Condiciones de Drenaje de los suelos califican que los materiales con valores de permeabilidad entre 10^{-4} cm/seg y 10^{-9} cm/seg, son aptos para su utilización en secciones impermeables de presas de tierra y diques.

Las determinaciones realizadas sobre muestras de los suelos provenientes

COEFICIENTE DE PERMEABILIDAD

K en cm/seg. (escala Logarítmica)

| | | | | | | | | | | | | |
|---|--|---|--------|-----------|--|-----------|--|-----------|---|-----------|-----------|-----------|
| | 10^2 | 10^1 | 10^0 | 10^{-1} | 10^{-2} | 10^{-3} | 10^{-4} | 10^{-5} | 10^{-6} | 10^{-7} | 10^{-8} | 10^{-9} |
| Propiedades de Drenaje | B U E N O | | | | | | M A L O | | Practicamente Impermeable | | | |
| Aplicación en Presas de Tierra y Diques | Secciones permeables de presa y diques | | | | | | Secciones Impermeables de presa y diques | | | | | |
| TIPOS DE SUELOS | GRAVA LIMPIA | ARENAS LIMPIAS ARENAS LIMPIAS Y MEZCLA DE GRAVAS | | | Arenas muy finas, Limos orgánicos. Mezclas de Arena, Limo y Arcilla Morena, glacial depósitos estratificados de Arcilla, etc. | | | | Suelos impermeables Arcillas homogeneas bajo la zona de intemperización. | | | |

IV. 4.2- Consideraciones Fisicoquímicas

La determinación de parámetros fisicoquímicos de los suelos, permite al relacionar con los factores fisicomecánicos, identificar e individualizar los fenómenos que podrían dar lugar a fallas.

la intensidad de las fuerzas de repulsión, pero no de la magnitud total, sino del incremento neto de las fuerzas de repulsión, motivado por la saturación.

Tanto es así que la tubificación depende de:

- El aumento de la repulsión entre las partículas
- De la permeabilidad, cuando mayor es ésta mayor será la velocidad del agua infiltrada.

La erosión depende de:

- La fragilidad del suelo, o sea del secado que produce movimientos diferenciales y deformabilidad.
- Expansión
- Erodabilidad que está relacionada con la tubificación.

Para la verificación de la sensibilidad a la tubificación se efectuaron análisis químicos de los suelos, cuyos resultados permiten determinar que los contenidos salinos totales están dentro de los porcentajes que no acarrearán problemas de

IV. 4.3- Capacidad de Carga

Con los resultados obtenidos en campaña y en laboratorio se confeccionaron los perfiles geofísicos adjuntos.

De los gráficos de profundidad – número de golpes para el ensayo de penetración, sistema Terzaghi (SPT), se deduce lo errático de la posición de los sedimentos, en cada una de las perforaciones.

En planos de un mismo nivel la dispersión de valores es manifiesta y propia de perfiles erráticos.

Los valores para los parámetros de la cohesión C (kg/cm²) y del ángulo de fricción interna ϕ° obtenidos en los ensayos de compresión triaxial (rápido no drenado), acusan resultados dispersos, producto de la no correspondencia de las profundidades. No obstante, se pueden tomar como representativos para el cálculo de las tensiones admisibles para la etapa de anteproyecto.

La determinación de las presiones se realizó según las teorías TERZAGHI – MEYERHOF – BRINCH HANSEN con coeficiente de seguridad 3. (Ver planillas y

metros, siendo el orden de profundidad en directa relación con la importancia de las estructuras a cimentar.

Para el caso de los 3 metros de profundidad, se determinan las presiones admisibles para rotura local en base a los parámetros resistentes determinados en los ensayos de compresión triaxial sobre muestras razonablemente indisturbadas obtenidas de las calicatas.

Para las profundidades de 6 y 8 metros, las presiones admisibles para rotura general se determinan con la estimación de los parámetros resistentes en función de las características físicas, densidad relativa y valor N del ensayo SPT.

Similar metodología se aplica para la estimación de las capacidades admisibles de carga de un pilote, para 50 y 60 cm. de diámetro, a una profundidad de 16 m. Para la determinación de la carga admisible real, deberá tenerse en cuenta la probable fricción negativa y la eficiencia para el caso de grupos de pilotes.

IV. 4.3.2- Agresividad de los Suelos

Para su evaluación se consideran los efectos que sobre las estructuras de

| Grado relativo de Ataque | Porcentaje de $\text{SO}_4^{=}$ contenidos en muestras de suelos |
|--------------------------|--|
| Despreciable | 0,00 a 0,10 |
| Débil a moderado | 0,10 a 0,20 |
| Fuerte | 0,20 a 2,00 |
| Muy fuerte | 2,00 a más |

Para la evaluación de los suelos por su contenido salino (sales solubles), se analizaron dichas características según criterios de Vialidad Nacional.

Según estas normas, el porcentaje total de sales inferior a 1,5 respecto a suelo seco, no produce acciones desfavorables en el comportamiento de los suelos.

De acuerdo a lo normalizado, los cementos a utilizar en todas las estructuras de hormigón armado, hormigón simple u otras mezclas con cemento será:

1. Cemento Portland cuatro normas P30.

2. Cemento Portland con escoria de Alto Horno (IRAM 1636) o su equivalente, que de acuerdo a normas deberá poseer las cualidades técnicas siguientes:

❖ Resistencia a compresión (IRAM 1622) Norma 1636.

❖ 3 días (2)

❖ 7 días 17 Mpa.

❖ 28 días 30 MPa.

❖ Tiempo de Fraguado (IRAM 1619).

❖ inicial 45 minutos. (2)

❖ final 10 horas. (3)

Sin embargo es importante dejar sentado que, independientemente del tipo de cemento a usar, la resistencia del hormigón al ataque de sustancias agresivas, depende en gran medida de dos características fundamentales: compresibilidad e impermeabilidad, que se logran con una adecuada dosificación y colocación en obra.

Cuando el hormigón debe estar en un medio agresivo, es necesario cuidar los factores siguientes:

- Baja relación agua:cemento.
- Mayor contenido de cemento por metro cúbico de hormigón.
- Agregado de incorporadores de aire.

En la colocación se recomienda:

- Evitar la segregación.
- Compactar el hormigón al máximo mediante adecuada vibración.

Estudios en detalle delimitarán estas características.

IV.5- CONCLUSIONES

Del análisis precedente se pueden especificar las siguientes conclusiones:

- ❖ Los suelos estudiados poseen básicamente textura limosa, que al desarrollarse recibieron aportes diversos de arcilla medianamente plástica y de arena fina. El perfil en la zona de cierre no es único, sino que presenta discontinuidades de composición y propiedades.
- ❖ Los sedimentos arenosos SM existentes en el cimiento del embalse, debido a su baja permeabilidad no producirían fenómenos de filtración de magnitudes desaconsejable para la obra hidráulica.
- ❖ Existen zonas de contacto entre sedimentos de granulometrías bien diferenciadas, lo cual puede dar lugar a fenómenos de derrubios de contacto.

cm/seg a 10^{-6} cm/seg), aptos para secciones de presas y diques.

- ❖ Los sedimentos estudiados corresponden al tipo limo arcilloso y arcillo limoso conjuntamente con mezclas de arenas, limo y arcillas, estratificadas que poseen permeabilidad o drenaje pobre (10^{-4} cm/seg a 10^{-6} cm/seg). Siendo por lo tanto materiales aptos para aplicación en presas y diques.
- ❖ Los suelos en su estado natural presentan bajos valores de densidad, entre el 69 % y el 79 % de la densidad Proctor.
- ❖ La compactación con porcentajes de humedad superiores a la óptima, se considera más satisfactoria para estos suelos, por su alta erodabilidad y salinidad.
- ❖ Por su potencial agresividad en grado Fuerte se deberá utilizar para la elaboración del hormigón, cemento Portland con escoria de Alto Horno (IRAM 1636), o cemento Portland Cuatro Normas P30, o sus equivalentes.

IV.6- CANTERAS Y YACIMIENTOS

En la provincia de Santiago del Estero se pueden distinguir zonas bien diferenciadas para la explotación de canteras de materiales pétreos, aptos para su utilización en las obras de ingeniería.

Estas zonas están ubicadas en:

- Zona occidental: Sierras de Guasayán
- Zona Centro – Sur: Sierras de Sumampa y Ambargasta
- Zona extra serrana: Canteras de la llanura oriental
- Arenas de la región llana Centro Oriental.

Con la posibilidad de un uso en las obras futuras a proyectar se han seleccionado para su descripción las canteras de la zona occidental, para materiales pétreos, y las arenas de la región llana.

línea férrea entre Santiago y Frías, hasta cerca del Río Salí Dulce (Río Hondo) a lo largo del meridiano $64^{\circ}50'$. Su longitud es de unos 100 km. y su anchura varía entre 10 km. y 50 km. La altura media del cordón es pequeña, con máximos de 790 metros, por lo tanto la sierra sobresale de la llanura circundante unos 350 metros. La cresta del cordón es ancha y regular.

La constitución petrográfica de este bloque de basamento es similar a las de las sierras de Ancasti (El Alto), con rocas esquistosas bandeadas o inyectadas y algunos cuerpos de granito.

En Santiago del Estero, se hallan de norte a sur, aparte de las sierras de Guasayán, las de Los Colorados, Ambargasta y Sumampa.

Una buena descripción de la sierra de Guasayán se resume con los siguientes conceptos de génesis petrográfica:

Rocas de origen sedimentario que luego se metamorfosearon originando otras con las siguientes denominaciones: esquistos cristalinos, filitas, filitas erusíferas, otras con gran alteración como pizarra cuarcítica con mica, cuarcitas micáceas, calizas cristalinas (mármoles), esquistos cloríticos y talco. Otras rocas se

ron areniscas coloradas. Luego de esta deposición, le siguieron dos movimientos orogénicos. Vino luego un ciclo de erosión a cuya finalización se depositaron sedimentos que dieron rocas tales como arcillas arenosas, de color verde, amarilla, areniscas micáceas y tobas. Se han hallado también abundantes bancos de yeso y tobas volcánicas de color blanco, medio endurecidas.

En el Plano N° 13, en escala 1:1.000.000, se han localizado las canteras listadas en el cuadro siguiente:

| Cantera | Departamento | Distancia a la Capital de Santiago del Estero |
|----------------|--------------|---|
| El Martirizado | Río Hondo | 57 km. |
| Los Cerrillos | Guasayán | 50 km. |
| Marcela | Choya | 64 km. |
| Tres Cerros | Choya | 105 km. |
| San Miguel | Guasayán | 42 km. |
| Pozos Cavados | Guasayán | 64 km. |
| San Juan | Guasayán | 52 km. |

A estas distancias hay que sumarles la existente desde Santiago del Estero Capital hasta el centro de las futuras obras, que es de 130 km aproximadamente. Se acompañan planillas con valores numéricos de cada una de las características estudiadas. Algunas canteras no se encuentran en explotación.

IV.6.2- Yacimientos de Agregados Finos (arenas de las riberas del Río Dulce)

Las areniscas que se hallan próximas a la ciudad de Santiago del Estero han sido originadas por transporte fluvial por el Río Dulce, conformándose en este caso depósitos aluvionales.

Los cursos fluviales procedentes de las Sierras de Aconquija en la provincia de Tucumán, en épocas pretéritas tenían grandes caudales y se desarrollaban principalmente con rumbos sudeste, sur y sudoeste, hacia la gran llanura Tucumano – Santiagueña.

En esas corrientes eran transportados ripios hasta una cierta distancia, hoy

IV.6.3- Yacimientos de Materiales Cohesivos

Para la localización se contó con la ayuda de la imagen satelital LandSat del año 2001, informe Geológico y Geomorfológico de la zona de trabajo.

Con los datos aportados por los ensayos realizados sobre muestra correspondientes a los pozos a cielo abierto ejecutados en el área de la depresión, circunscriptas por la curva de nivel correspondiente a la cota 143,00 m.s.n.m. representadas por los pozos PCA N° 1, PCA N° 2 y PCA N° 3, se determinó la conveniencia de la utilización de los suelos de esta superficie de terreno, para la provisión de material cohesivo para su utilización en la construcción de las obras a proyectar.

Dicho yacimiento cubre una superficie aproximada a los 13.000.000 m².

La calidad de los sedimentos, la distancia a las futuras obras y las condiciones de explotación, se han tomado en consideración, para la selección de dicha localización.

Los materiales corresponden a sedimentos finos de mediana plasticidad tipo