

UNIVERSIDAD SAN PEDRO
FACULTAD DE INGENIERIA
PROGRAMA DE ESTUDIOS DE INGENIERA CIVIL



**Estudio comparativo del material de relleno con fines de
cimentación para el proyecto multifamiliar de la HH.UU. Las
Palmeras del Chipe**

Tesis para optar el Título Profesional de Ingeniero Civil

Autor:

Córdova Sánchez, Gustavo Waldemar

Asesor:

Castañeda Gamboa, Rogelio

CODIGO ORCID: 0000-0002-6961-7418

Piura – Perú

2020

INDICE

1. Palabras Clave y Líneas de Investigación	1
1.1. Palabras Clave	1
1.2. Líneas de Investigación	1
2. Título	2
3. Resumen	3
4. Abstract	4
5. Introducción	5
5.1. Antecedentes	6
5.2. Justificación	10
5.3. Problema	10
5.4. Fundamentación científica	11
5.5. Conceptualización y Operacionalización de las variables:	51
Variable Independiente:	51
Variable Dependiente:	51
5.5.1 Definición Conceptual:	51
5.5.2. Operacionalización de las variables:	51
5.6. Hipótesis	52
5.7. Objetivos	52
5.7.1. Objetivo general	52
5.7.2. Objetivo específico:	52
6. Material y métodos	53
6.1. Tipo y Diseño de Investigación	53
6.2. Población y Muestra	53
6.3. Técnicas e Instrumentos	53
6.3.1. Técnicas de investigación:	53
6.3.2. Instrumentos de la investigación	54

6.3.3. Procesamiento y Análisis de datos	54
7. Resultados	55
8. Análisis y Discusión	66
9. Conclusiones y Recomendaciones	72
9.1. Conclusiones	72
9.2. Recomendaciones	73
10. Agradecimiento y Dedicatoria	74
11. Referencias Bibliográficas	75
12. Apéndices y Anexos	76

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1 Clasificación de los suelos	11
Tabla 2: Criterios considerados para poder asignar símbolos de nombres y grupo empleando los ensayos de laboratorio	13
Tabla 3 Serie de tamices empleados para el ensayo por tamizado según la norma astm – 422	195
Tabla 4 Tipo de edificación	217
Tabla 5: Número de puntos de investigación	228
Tabla 6 APLICACIÓN Y LIMITACIONES DE LOS ENSAYOS	251
Tabla 7 DISTORSION ANGULAR= α	284
Tabla 8	340
Tabla 9 ALTERNATIVAS DE ESTABILIZACION DE SUELOS	340
Tabla 10: Los elementos de corrección que se emplearán se muestran a continuación:	351
Tabla 11: Operacionalización de la variable independiente.....	51
Tabla 12: Operacionalización de la variable dependiente.....	52

INDICE DE FIGURAS

Figura 1 Curva granulométrica.....	14
Figura 2: Estados de consistencia de un suelo.....	15
Figura 3.....	¡Error! Marcador no definido.
Figura 4.....	16
Figura 5 Carta de Plasticidad de Casagrande	18
Figura 6: Asentamiento Diferencial	28

1. Palabras Clave y Líneas de Investigación

1.1. Palabras Clave

Tema	Rellenos	Fillings
Especialidad	Estudio de Mecánica de Suelos	Study of Soil Mechanics

1.2. Líneas de Investigación

Área:	Ingeniería, Tecnología
Sub-área	Ingeniería Civil
Disciplina	Ingeniería Civil
Línea de Investigación:	Construcción y gestión de la construcción

2. Título

Estudio comparativo del material de relleno con fines de cimentación para el proyecto multifamiliar de la HH.UU Las Palmeras del Chipe.

Comparative study of the filling material for foundation purposes for the multifamily project of the HH.UU Las Palmeras del Chipe.

3. Resumen

Nuestra tesis consistió en evaluar el EMS que se realizó a un área de 2, 174.03 m², para la construcción de Edificios Residenciales.

Se analizaron las propiedades de los materiales a utilizar como lo son el material propio arenas finas tipo SP (ARENAS MAL GRADADAS) y material Base Afirmado para realizar nuestro relleno; ya que, en nuestro EMS se encontraron los siguientes estratos de suelos donde el más predominante era las arenas finas a medio (SP) color beige con bajo contenido de humedad, con excepción de pequeños estratos de arcilla (CL) y arena arcillosa (SC).

Gracias a los resultados obtenidos se logró realizar la evaluación de 2 posibles alternativas de Relleno Controlado: empleando material propio mejorado o en tal caso material de préstamo Afirmado, cada una de las mencionadas alternativas obtendrá un análisis económico respectivamente, considerando en nuestros análisis de costos unitarios el precio del material que es propio y del material que es de préstamo.

Finalmente se escogió la mejor alternativa de Relleno Controlado para las Edificaciones teniendo en cuenta las ventajas y desventaja que este ofrece.

Esta tesis se realizó para garantizar a la población que los trabajos de mejoramiento de suelos mediante datos reales y verificables que nos ayudaran como ingenieros civiles a evaluar grandes movimientos de tierra y además, que es una alternativa ideal para sus proyectos y pudiendo obtener mejores resultados ante un sismo, evitando grandes daños en las estructuras y salvar vidas de muchas personas. Además de evitar costos por construcciones de pilote o alguna estructura enterrada a varios metros de profundidad del suelo, debido a que esto origina grandes gastos y presupuesto elevado.

4. Abstract

Our Thesis Project will consist of evaluating the EMS that was carried out on an area of 2, 174.03 m², for the construction of Residential Buildings.

The properties of the materials to be used will be analyzed, such as the own material, fine sands type SP (SANDS MAL GRADADAS) and Affirmed Base material to carry out our filling; since, in our EMS, the following soil strata were found where the most predominant was fine to medium sands (SP) with beige color with low moisture content, with the exception of small strata of clay (CL) and clayey sand (SC) .

Thanks to the results obtained, it will be possible to carry out the evaluation of 2 possible Controlled Landfill alternatives: using our own improved material or in this case Affirmed loan material, each of the mentioned alternatives will obtain an economic analysis respectively, considering in our analysis of unit costs the price of the material that is owned and the material that is loaned.

Finally, the best alternative for Controlled Fill for Buildings will be chosen, taking into account the advantages and disadvantages that it offers.

This thesis will be carried out to guarantee the population that the Soil Improvement works through real and verifiable data that will help us as civil engineers to evaluate large earth movements and also that it is an ideal alternative for their projects and can obtain better results before an earthquake, avoiding great damage to structures and saving the lives of many people. In addition to avoiding costs for pile construction or a structure buried several meters deep in the ground, because this causes large expenses and a high budget.

5. Introducción

La presente investigación posee como finalidad fundamental el ejecutar un estudio comparativo sobre el material de rellenos con fines de cimentación para el Proyecto Multifamiliar de la HH.UU. realizado en Las Palmeras del Chipe, a raíz de una investigación mecánica de suelos que se ejecutó en dicha zona.

El terreno está compuesto por el Sub Lote A2 del terreno que se ubica frente a la Prolongación Avenida Los Tallanes que además fue parte de la Parcela 02 del Sector Norte de Piura, Perú.

El terreno tiene un área inscrita de 10,896.26 m², encerrado en un perímetro de 421.12 ml. y se encuentra está destinada para la expansión urbana de Uso Residencial de Media Densidad (RMD) de conformidad con el Plano de Zonificación y el plano del Sistema Vial del Plan Director vigente de Piura y Castilla, y el Certificado de Zonificación y Vías vigente.

Por tanto, debemos hacer hincapié que los usos permisibles de la zonificación RMD son considerados compatibles con el empleo orientado a Conjunto Residencial – Comercio, Multifamiliar, Unifamiliar.

El predio posee un área topografía considerablemente plana en los frentes hacia las vías colectoras que se encuentran frente al terreno. El predio colinda con una expansión urbana consolidada, además, los cuales poseen las obras de habilitaciones urbanas culminadas y servicios básicos tales como cableado para telefonía, luz, agua, entre otros.

Esta investigación comparará las propiedades físicas de los materiales que se emplearán en dicho proceso, el cálculo de la facultad aprobada de cada relleno y finalmente su estudio económico.

Las fuentes bibliográficas provienen de otras tesis similares, libros y apuntes de Mecánica de suelos y Normas vigentes utilizadas en nuestro País, estas fuentes nos ayudaran a realizar un estudio adecuado en base al problema que tenemos, que es encontrar la mejor alternativa que cumpla con las metas que se establecen en el Objetivo Principal de esta Investigación

5.1. Antecedentes

Estudio de mecánica de suelos y mapa de peligros de castilla – Piura

El presente estudio fue ejecutado referente al marco del Convenio que posee la Universidad Nacional de Piura y el Instituto Nacional de Defensa Civil - Comité Ejecutivo de Reconstrucción “El Niño” (CEREN); con el propósito de determinar cuál es la conducta que poseen los suelos en el área urbana y en las áreas de expansión Urbana del Distrito de Castilla-Piura, para así también poder establecer la vulnerabilidad y los peligros a las que están expuestas y a través de ello poder evitar perjuicios posibles en la infraestructura física pública y privada.

En tanto a la geología, se conoce que la zona de estudio le pertenece al extremo sur de la Cuenca Sechura. Además se sabe que posee una serie de sedimentos que conciernen al extremo sur de la Cuenca Sechura los cuales se encuentran representados por los materiales sedimentarios de edad Cuaternario Reciente, compuesto por almacenes de arenas limosas que tienen además intercalaciones de arenas de grano medio a fino en superficie y con la existencia de horizontes delgados de arcillas arenosas en la profundidad.

En referencia a la Clasificación SUCS de suelos, se ha podido determinar que en los diversos sectores existen los tipos de suelos mencionados a continuación: SC, SP, CL, SM-SP, conociéndose que el tipo friccionante posee prevalencia de suelos del tipo areno-limosos (SM) en la superficie y en la profundidad arenas de grano medio a fino y pequeños horizontes de arcillas.

En tanto al asentamiento, se conoce que en su mayoría de construcciones, en la mayoría de sectores se han desarrollado encima de depósitos de arenas de grano fino a medio y encima de arenas mal gradadas puesto que tenía la existencia de limos, además de ser de baja consistencia y resistencia a la penetración, falta de humedad y en el fondo con la existencia de minúsculos horizontes de arcillas arenosas. Actualmente, se conoce que todos aquellos materiales no poseen condiciones para una licuefacción de arenas directamente afines con la existencia de la napa freática y los eventos sísmicos significativos.

Se concluye entonces, en tanto a la geología que el área de investigación le pertenece al lado extremo sur de la Cuenca Secura. En tanto a lo local, existe una serie de sedimentos que le corresponden a la Cuenca de Secura simbolizado por materiales sedimentarios de edad Cuaternario Reciente, compuesto de almacenes de arenas limosas que además poseen intercalaciones de arenas de grano medio a fino en superficie y con la existencia de horizontes delgados de arcillas arenosas en profundidad.

Los suelos sobresalientes en la área de investigación tienen un comportamiento de suelos permeables, que en las épocas pluviales generan infiltraciones, que sumado a grandes eventos sísmicos podrían generar procesos de licuefacción de arenas y como resultado de ello se producirían asentamientos diferenciales.

Referente a la cimentación se conoce que en su mayoría de construcciones en la mayor parte de los sectores del área investigativa son ejecutadas sobre arcillas arenosas de baja a mediana plasticidad, resistentes y compactas, en arenas de grano medio a fino y arenas limosas, sin embargo el área de expansión urbana, las edificaciones se han sido desarrolladas sobre los depósitos de arenas de grano medio a fino. Hoy en día, todos aquellos materiales no poseen las condiciones necesarias para una licuefacción de arenas en directa relación con la existencia de la napa freática y acontecimientos sísmicos significativos.

Por ello se recomienda que, para ejecutar el cimiento de las estructuras en los suelos arcillo-arenosos, se requiere compactarlos para luego de ello realizar la colocación de una capa de asentado de 0.20 m. en el fondo del asentamiento para así poder equilibrar el posible hinchamiento y contracción de los suelos. A su vez, se conoce que en los sectores en donde hay arenas poco compactas y además arenas limosas se requerirá hacer la colocación de un solado de mortero de concreto de 0.10m. de espesor, previamente humedecido y compactado en el fondo del cimiento.

Casma (2007) estudio de suelos para la implementación de juzgados de paz letrados en comisarías en la zonas de frontera

El presente informe técnico posee como finalidad estudiar el terreno de fundación del Proyecto: “Estudio De Suelos para la implementación de Juzgados de Paz Letrados en comisarías en las zonas de frontera”, el cual se encuentre ubicado en Tacna; mediante trabajos de campo empleando calicatas “A cielo

Abierto” o pozos de exploración, ensayos en los laboratorios con el propósito de conseguir las primordiales tipologías mecánicas y físicas del suelo, además de las propiedades de firmeza, asentamientos y las labores de gabinete en referencia a la información que pudo ser obtenida gracias a los perfiles estratigráficos, tipo y profundidad del asentamiento, capacidad portante tolerable, asentamientos, agresión del suelo al concreto, recomendaciones y conclusiones para ejecutar el cimiento.

El proceso que se siguió para lograr el objetivo fue:

- Reconocer del terreno
- Distribuir y elaborar las calicatas
- Toma de muestras disturbadas e inalteradas
- Ejecutar ensayos de laboratorio
- Valorar los trabajos de laboratorio y de campo
- Realizar el perfil estratigráfico
- Examinar la Capacidad Portante Admisible
- Calcular admisible permitidos
- Analizar el potencial de Expansión
- Agresión del suelo al asentamiento

Se concluyó en que, los trabajos realizados en campo han radicado en la excavación de Única (01) calicata hasta lograr adquirir una profundidad de 3.00 m. Las calicatas han sido ubicadas de manera conveniente en la zona del terreno y además se pudo contar con los datos y los resultados correctos. De las calicatas se realizó la extracción de muestras que han sido alteradas para poder ejecutar ensayos de Análisis Granulométrico mediante tamizado, Análisis Químicos (Sulfatos y Cloruros), Humedad natural, Límites de Consistencia, Pesos Específicos, Pesos Unitarios, Categorización de Suelos SUCS y Ensayos de Corte Directo.

De 0.80 a 3.00 metros de profundidad se pudo presentar un estrato constituido por arenas mal graduadas, no plástica, en estado semi-seco y compuesto en la clasificación SUCS (SP).

Por ello se hace la recomendación de que el tipo de cimiento a emplear sean aquellos conocidos como corridos armados, para así poder evadir los asentamientos diferenciales.

La facultad tolerable del terreno en tanto a la profundidad de asentamiento de $D_f = 1.30$ metros se puede considerar de: $q_{ad} = 0.85 \text{ kg/cm}^2$

La estructura de los patios, de los pisos y de las obras exteriores deberá basarse al siguiente diseño geométrico:

Sub rasante.- Se conoce como material sub rasante aquel que se encuentra compuesto por la arena mal graduada, lo cual deberá ser compactada y escarificada en un espesor de 0.20m en un 85% de la Máxima consistencia Seca del Proctor Modificado

Base.- El material que se deberá utilizar en la base será de tipo granular escogido A-1-a (0) o A-1-b (0), con un espesor de 0.20 m. compactada, en un 100 % de la Máxima densidad Seca del Proctor Modificado.

Losa de Concreto.- El concreto que se empleará deberá poseer una resistencia de $f'_c = 175 \text{ kg/cm}^2$ y un espesor de 0.10 m , debiendo seguir las normas actuales del Reglamento Nacional de Construcciones

En tanto a la sismicidad del área de investigación, está ubicada en la Área Sísmica 3 (Zona de Sismicidad Alta), por lo cual se tendrá que considerar la posibilidad de sucesos sísmicos de gran magnitud.

Para el análisis sismo-resistente según el RNC es recomendable poseer un suelo de un perfil tipo S3, con un periodo $T_p(s) = 0.9 \text{ seg.}$, factor de suelo $S = 1.4$

5.2. Justificación

Este tema de tesis se está elaborando para realizar una evaluación comparativa con dos tipos de materiales diferentes para realizar un relleno controlado con fines de cimentación para un Proyecto Multifamiliar, teniendo en cuenta las propiedades físicas de estos materiales debido a que sus granulometrías son diferentes.

Además se elaborara un análisis del Estudio de Mecánica de Suelo de cada relleno, este estudio nos permitirá tener una idea de las ventajas, desventajas y la capacidad portante que estos ofrecen.

Se realizara un Estudio Económico de los dos tipos de rellenos teniendo en cuenta los gastos que implicarían el transporte del material de préstamo de una cantera localizada a 40 km de nuestra obra, además de los gastos de mano de Obra, maquinaria y costos de mantenimiento.

5.3. Problema

¿Cuál de las alternativas para Relleno con fines de cimentación para un proyecto multifamiliar, presenta un mejor resultado en su Estudio Comparativo?

5.4. Fundamentación científica

A. Propiedades de los materiales a utilizar para el relleno controlado

Generalidades

Clasificación de los suelos

El tamaño de las fracciones es considerado como el primer discernimiento para la categorización de suelos. La designación más extensa para dichas fracciones está en una escala que se basará en los dígitos 6 y 2 (dicho en otras palabras, posee un factor de 3 entre ellos)

Tabla 1 **Clasificación de los suelos**

Denominación	Tamaño (mm)	
	60	
Grava (G)	Gruesa	20
	Media	6
	Fina	2
Arena (S)	Gruesa	0,6
	Media	0,2
	Fina	0,06
Limo (M)	Grueso	0,02
	Medio	0,006
	Fino	0,002
Arcilla (C)		

- De la Tabla anterior es considerable hacer hincapié:
- Las gravas, limos, arenas y arcillas son designadas con los símbolos G, S, M y C.
- El límite entre arenas y gravas es de 2 mm
- Para establecer el límite entre limos y existen diversas pero ligeras variaciones: algunas normas lo ubicarán en 0,06 mm, pero otras en 0,08 mm, y otros en 0,074 mm (tamiz 200 de la serie ASTM).
- Con la plasticidad y la granulometría se podría ejecutar la clasificación de los suelos en tanto a las propiedades de identificación.
- Pese a que se conoce sobre la existencia de diversos sistemas de clasificación, que están en dirección a definitivos usos de los suelos tales

como presas, carreteras, entre otros, el más general es el Unified Soil Classification System, el cual es de origen americano y se encuentra basado en la inicial propuesta de Casagrande. En la Tabla 1.2 se encuentra la citada clasificación, la cual además hace la asignación de dos letras a cada suelo en base a los siguientes criterios:

- **Separación ubicada entre los suelos gruesos (G, S) y los suelos finos (M, C, O):**

En tanto al porcentaje de las fracciones gruesas (gravas y arenas) deberá ser inferior o sea superior a 50%.

- **Referente a los suelos gruesos, la división ubicada entre arenas (S) y gravas (G):**

Referente a que la fracción retenida en el tamiz 200, sea retenida además por el tamiz 4 (4,76 mm) en más del 50% (G) o menos (S).

- **En tanto a gravas (G) como a arenas (S), la separación ubicada entre los suelos gruesos limpios o los suelos con finos:**

En referencia al contenido de finos (la fracción que atraviesa el tamiz 200):

- Suelos gruesos limpios (menor a 5%)
- Suelos gruesos intermedios (entre el 5 y el 12%)
- Suelos gruesos con finos (mayor al 12%)

- **En tanto a los suelos gruesos limpios, la división ubicada entre los suelos que se encuentran bien graduados (W) o en tal caso pobremente graduados (P):**

Referente a que se cumplan o no se cumplan aquellos dos condiciones de la curva granulométrica señalados en la Tabla 1.2, se añadirá el símbolo W, P a la letra G, S.

- **Referente a los suelos gruesos con finos, separación ubicada entre arcillosos, limosos u orgánicos:**

En tanto a los elementos de su plasticidad referente a la fracción fina (carta de Casagrande), se añadirá el símbolo C, M, O a la letra G, S (p.ej., GC).

- **Para los suelos gruesos que son intermedios (finos entre el 5 y el 12%):**

Se les pondrá un doble símbolo, tomándolos en cuenta como finos o limpios como por ejemplo GW-GC.

- **Para los suelos considerados como finos:**

En tanto a sus propiedades de plasticidad (carta de Casagrande), se clasificará como MH, CL, CH, OL, ML, OH.

Tabla 2: Criterios considerados para poder asignar símbolos de nombres y grupo empleando los ensayos de laboratorio

Criterios considerados para poder asignar símbolos de nombres y grupo empleando los ensayos de laboratorio				Clasificación de Suelos	
				Símbolo grupo	Nombre grupo
Suelos de grano grueso	Lastres	Gravas limpias	$Cu \geq 4$ $1 \leq Cc \leq 3$	GW	Grava bien graduada
Más del 50% que se encuentra retenido en Malla No. 200	Más 50% fracción gruesa rete-nido en Malla	Menos del 5% de finos	$Cu < 1$ $Cc > 3$	GP	Grava mal graduada
	No. 4	Gravas con finos	Finos clasific. como ML o MH	GM	Grava limosa
		Mas del 12% de finos	Finos clasific. Como CL o CH	GC	Grava arcillosa
	Arenas	Arenas limpias	$Cu \geq 6$ $1 \leq Cc \leq 3$	SW	Arena bien graduada
	50% o más de gruesos	Menos del 5% de finos	$Cu < 1$	SP	Arena mal graduada
	Fracción pasa la malla No. 4	Arenas con finos	Finos clasific. como ML o MH	SM	Arena limosa
		Mas del 12% de finos	Finos clasific. Como CL o CH	SC	Arena arcillosa
Suelos de grano fino	Limos y arcillas	Inorgánicos	$IP > 7$ en o sobre línea "A"	CL	Arcilla lean
50% o más pasa Malla No. 200	Limite liquido inferior de 50		$IP < 7$	ML	Limo arenoso
		Orgánico	LL secado al horno $<$	OL	Arcilla orgánica
			LL no secado		Limo orgánico
	Limos y arcillas	Inorgánicos	IP ploteado en o sobre línea A	CH	Arcilla fat
	LL 50 o más		IP ploteado bajo línea "A"	MH	Limo elástico
		Orgánico	LL secado al horno $<$	OH	Arcilla orgánica
			LL no secado		Limo orgánico
Suelos altamente orgánicos	Matriz primaria	Orgánica, color	Negro, olor orgánico	PT	Turba

Granulometría:

- Curva granulométrica

Se puede afirmar que en un suelo de cualquier tipología existirán fracciones de diversos tamaños tales como arcilla, arena, limo y lastre (Ver tabla 1.1). La granulometría señalará entonces la proporción relativa de cada una de aquellas fracciones.

Se representará mediante la curva granulométrica, que señala, para cada uno de los diámetros de partícula D , el porcentaje en tanto al peso de partículas inferiores que D . Por tanto esta se representará en escala logarítmica de los tamaños.

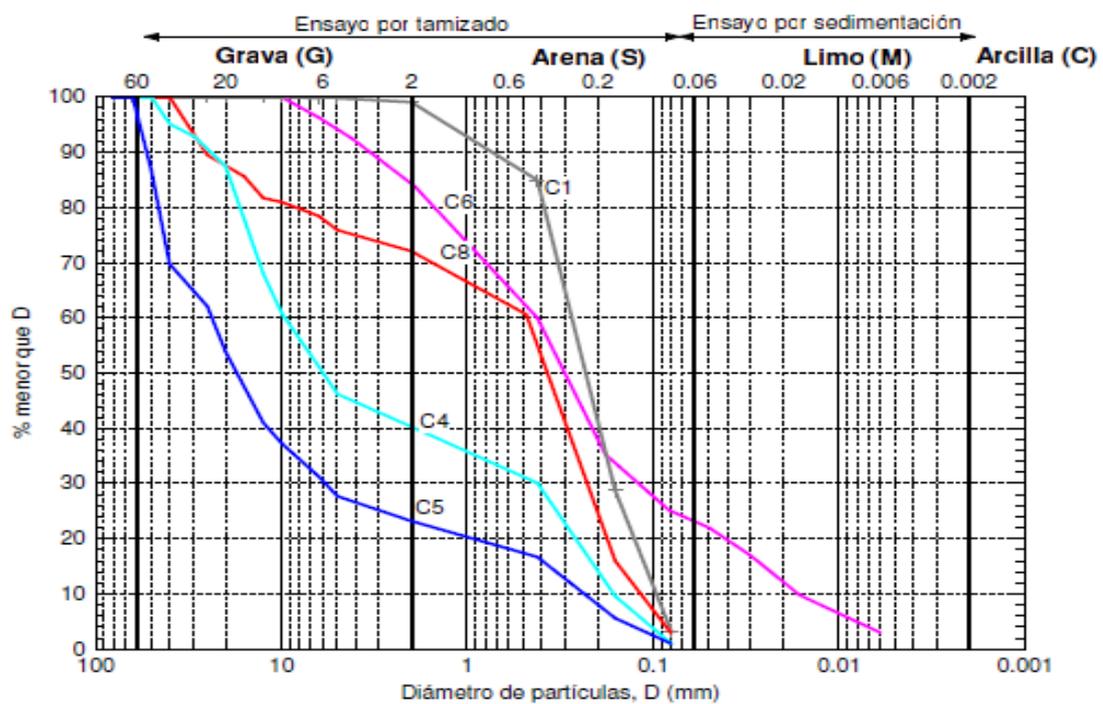


Figura 1 Curva granulométrica

En la Figura 1 se pueden evidenciar numerosas curvaturas granulométricas típicas. Una curva bastante tendida indicaría entonces una graduación continua de tamaños referente a fracciones, sin embargo una caída vertical

de manera brusca referente a un determinado diámetro manifiesta la existencia de una gran cantidad de fracciones del mencionado diámetro.

- Usualmente se delimitan algunos parámetros en tanto a la curvatura: señalados como **D_n** al diámetro que corresponde al porcentaje n%, se delimitan:
- **Coefficiente de uniformidad:** $C_U = D_{60} / D_{10}$. En tanto a ello, el coeficiente es un poco superior cuando el suelo es menos uniforme. Por ende, si todas las partículas cuentan con el tamaño igual, se tendría entonces $D_{60} = D_{10}$ es decir, $C_U = 1$. Referente a los suelos reales, C_U fluctúa entre 2 (suelos sumamente uniformes) y 100 (suelos de granulometría de bastante extensión).
- **Coefficiente de graduación:** $C_g = (D_{30}/D_{10}) / (D_{60}/D_{30}) = D_{30}^2 / (D_{60} \cdot D_{10})$
- **Plasticidad Límites de Atterberg:**
- Se conoce que en un suelo de tipo granular seco, si se agrega agua de manera progresiva, esta se irá llenando los poros hasta lograr la saturación del suelo, luego de ello, el suelo no permitirá más agua, entonces, en caso se continúe agregando, el suelo quedaría en el interior del recipiente y encima habría agua limpia.

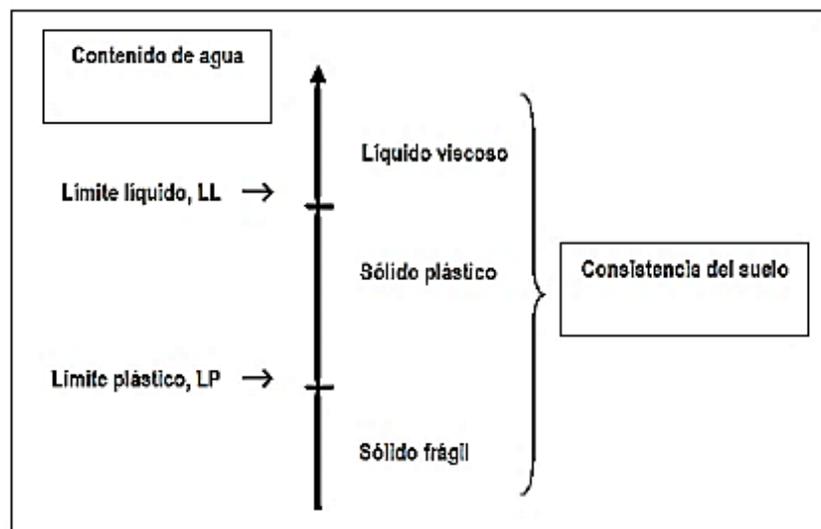


Figura 2: Estados de consistencia de un suelo

A la mencionada propiedad se le hace la denominación de “plasticidad” y además se utiliza para lograr identificar suelos de tipo limosos y arcillosos. A su vez se logra cuantificar a través de los conocidos límites de Atterberg,

que se delimitan como la humedad para la cual la arcilla posee una concluyente consistencia.

- **Límite plástico (wP o LP):**

Se conoce como límite plástico a aquella humedad para la cual el suelo pasaría de ser un frágil sólido a un plástico, dicho en otros términos podrá moldearse sin presentar grietas. Se amasará la arcilla en una superficie que sea lisa, haciendo un cilindro pequeño hasta la visión de grietas.

Cuando el agrietamiento empieza a generarse en tanto a un diámetro de cilindro de arcilla de unos 3 mm, se puede hacer manifiesto de que la arcilla posee la humedad conveniente al límite plástico.

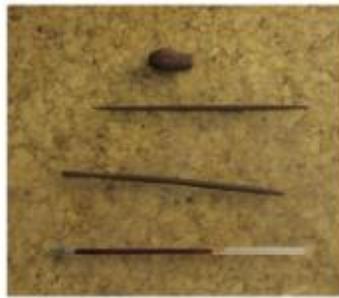


Figura 3.

- **Límite líquido (wL o LL):**

Se conoce como límite líquido a aquella humedad para la cual el suelo pasaría a ser un líquido viscoso y ya no un sólido plástico.

Se logra a través de un ensayo normalizado (Norma UNE-103103) con la cucharilla de Casagrande (Figura 1.6). En él se deberá amasar unos 100 g de suelo con la humedad determinada para el límite líquido, y se empieza a rellenar la parte inferior de la cuchara para luego realizar un surco empleando un acanalador normalizado, se procede a dar golpes con la cuchara sobre la base desde una altura indicada. Además se sabe que la arcilla posee una humedad límite líquido puesto que luego de darle 25 golpes, el surco procede a cerrarse en una longitud aproximada de 12 mm (media pulgada).



Figura 1.6. Cuchara de Casagrande para determinación del límite líquido.

Figura 4.

- **Índice de plasticidad (IP):**

Se conoce como la diferenciación entre las humedades referentes a los límites plásticos y líquidos:

$$\mathbf{IP = LL - LP}$$

Puesto que además señala el tamaño del rango de humedades en el que el suelo se porta como un sólido plástico.

- **Carta de Casagrande**

Los parámetros indicados anteriormente se utilizar para la identificación de los suelos limosos y de los suelos arcillosos, a través del grafico conocido como Carta de Plasticidad de Casagrande, el cual consistirá en un diagrama LL-IP (Figura 1.7). La zona gráfica se quedará separada en cuatro diferentes áreas, las cuales se encuentran divididas mediante dos líneas:

- La línea LL=50%, la cual divide los suelos de gran plasticidad (símbolo H) de los de baja plasticidad (símbolo L)
- La línea A, referente a la ecuación:

$$\mathbf{IP = 0,73 (LL - 20)}$$

- Esta línea es aquella que divide las arcillas (símbolo C), que se encuentran encima de ella, de los suelos orgánicos y de los limos.
- Cuando ocurre el ensayo de muestras de un suelo, podrían ocurrir diferencias entre ellas, al variar sus contenidos de finos, los puntos determinados usualmente quedan en conjuntos de zonas alargadas, de manera sensible en tanto a las paralelas a la línea A (Figura 1.7).

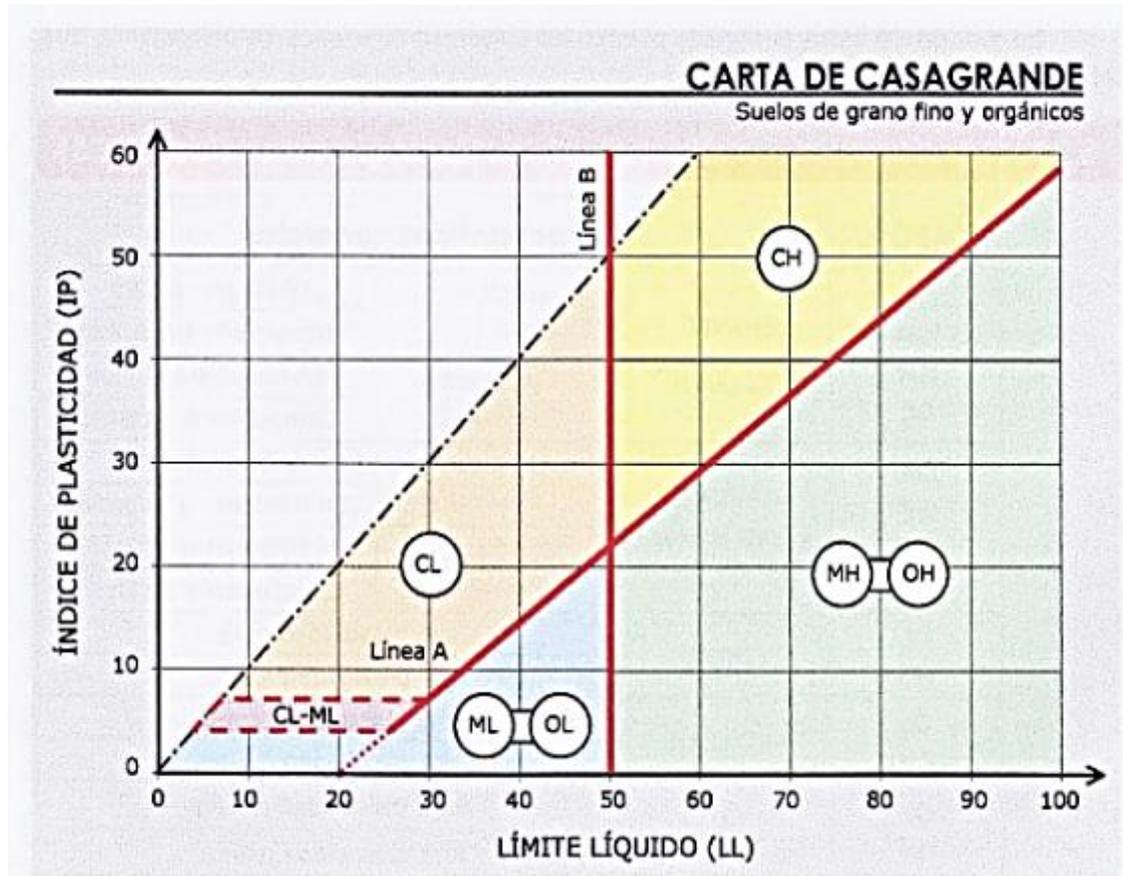


Figura 3 Carta de Plasticidad de Casagrande

Normas aplicables a los ensayos

Norma técnica astm – D 422

- Dicha norma técnica nos hará posible determinar de manera cuantitativa la distribución de los tamaños de las fracciones del suelo. Dicha norma describirá la metodología que determinará los porcentajes de los suelos que atraviesan por los diversos tamizados de la serie utilizada en el ensayo, hasta el de 0.074 mm (N°200).
- Equipo que se requiere:
 - ✓ Horno de secado.
 - ✓ Tamices de malla cuadrada.
 - ✓ Bandejas, cepillos y brochas.
 - ✓ Balanza con sensibilidad de 0.1 gramo.

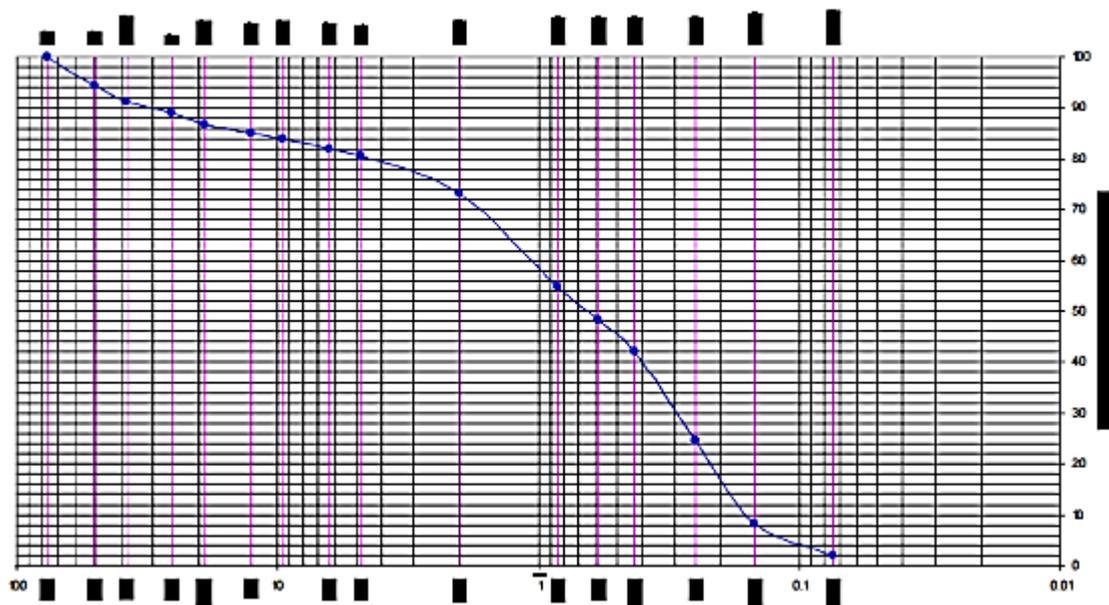
SERIE DE TAMICES EMPLEADOS PARA EL ENSAYO POR TAMIZADO SEGÚN LA NORMA ASTM – 422	
1/2" (12.5 mm)	N°60 (0.250 mm)
3/8" (9.5 mm)	N°100 (0.150 mm)
1 1/2" (37.5 mm)	N°20 (0.850 mm)
1/4" (6.3 mm)	N°200 (0.075 mm)
1" (25.0 mm)	N°30 (0.600 mm)
3/4" (19.0 mm)	N°40 (0.425 mm)

Tabla 3 Serie de tamices empleados para el ensayo por tamizado según la norma astm – 422

Fases del ensayo:

- ✓ Cuartear la muestra.
- ✓ Secar en el horno.
- ✓ Lavar mediante la malla N° 200.
- ✓ Secar en el horno la muestra lavada.
- ✓ Tamizar la muestra.
- ✓ Pesar el material retenido en cada tamiz.
- ✓ Correcciones y cálculos.

Grafica 1 Curva típica para arena mal graduada



B. Alternativas de rellenos controlados para fines de cimentación

Generalidades

Norma e – 050 suelos y cimentaciones

1 Capítulo 1: Generalidades

Objetivo:

- La finalidad de dicha norma es determinar cuáles serían los requerimientos para ejecutar los Estudios de Mecánica de Suelos (EMS), con la finalidad de realizar la cimentación, las construcciones y otras obras señaladas en la mencionada norma. Los EMS se realizarán con el propósito de lograr asegurar la permanencia y la estabilidad de las obras, además de la promoción del emplear racional de recursos.

2 Ámbito de aplicación:

- La aplicación de la mencionada norma será a nivel del territorio nacional.
- La presente Norma no está considerando cuales serían los efectos adversos de la geodinámica externa y además no aplicará para los casos en donde existe la probabilidad de que hayan oquedades subterráneas de origen artificial o de origen natural, ruinas arqueológicas o galerías. En los dos casos se deberá ejecutar diversos estudios para lograr la confirmación y puesto a la solución de los mencionados problemas.

3 Obligatoriedad del ems:

- Construcciones que hagan préstamo de sus servicios al área de salud, de educación, de servicios públicos y en general aquellos locales que posean una alta cantidad de humanos y peligroso o costoso equipamiento.
- Cualquier tipo de edificación no indicada en:
 - a) De 1 a 3 pisos que tengan de manera individual o de manera conjunta más de 500 m² en zona techada en planta.
- Cualquier tipo construcción no mencionada en:
 - a) De 4 a más pisos, sin importar el área.
- Construcciones de tipo industrial, talleres, fábricas o algunos parecidos.
- Edificaciones de tipo especial que además de correr el peligro de colapsar represente otros perjuicios adicionalmente como por ejemplo:
 - Hornos de gran tamaño.
 - Materiales inflamables.
 - Reactores atómicos.
 - Combustibles o corrosivos.
 - Grandes paneles publicitarios, entre otros.
- Cualquier tipo edificación que necesite emplear pilotes, plateas de fundación o pilares.
- Cualquier tipo de construcción contigua a taludes o suelos que podrían generar un peligro para su estabilidad.

Tabla 4 Tipo de edificación

CLASE DE ESTRUCTURA	DISTANCIA MAYOR ENTRE APOYOS* (m)	NÚMERO DE PISOS (Incluidos los sótanos)			
		≤ 3	4 a 8	9 a 12	> 12
APORTICADA DE ACERO	< 12	C	C	C	B
PÓRTICOS Y/O MUROS DE CONCRETO	< 10	C	C	B	A
MUROS PORTANTES DE ALBAÑILERÍA	< 12	B	A	—	—
BASES DE MÁQUINAS Y SIMILARES	Cualquiera	A	—	—	—
ESTRUCTURAS ESPECIALES	Cualquiera	A	A	A	A
OTRAS ESTRUCTURAS	Cualquiera	B	A	A	A
* Cuando la distancia sobrepasa la indicada, se clasificará en el tipo de edificación inmediato superior.					
TANQUES ELEVADOS Y SIMILARES		≤ 9 m de altura	> 9 m de altura		
		B	A		

- **Número «n» de puntos de Investigación:**

El número de puntos de estudio se encuentra determinado en la Tabla N° 6 en referencia al tipo de construcción y a la zona de la superficie que ocupará.

Tabla 5: Número de puntos de investigación

Tipo de edificación	Número de puntos de investigación (n)
A	1 cada 225 m ²
B	1 cada 450 m ²
C	1 cada 800 m ²

Profundidad “mínima de investigación

Determinado de la manera siguiente:

a) Edificio sin Sótano:

$$P = Df + z$$

b) Edificio con Sótano:

$$P = Df + z + h$$

Donde:

- Df = Profundidad de asentamiento.
- Z= 1.5B, siendo B el ancho de la Cimentación.
- H = Altura de los sótanos.

4 Técnicas de investigación:

TECNICA	NORMA APLICABLE
Metodología de Ensayo en tanto a la Penetración Estándar SPT	NTP 339.133 (ASTM D 1586)
Metodología para lograr clasificar los suelos con la finalidad de Ingeniería (Sistema Unificado de Clasificación de Suelos - SUCS)	NTP 339.134 (ASTM D 2487)
Densidad In – Situ a través del cono de Arena **	NTP 330.143 (ASTM D 1556)
Densidad In - Situ a través de los Métodos Nucleares (Profundidad Superficial)	NTP 339.144 (ASTM D 2922)
Ensayo de Penetración Cuasi-Estáticas profunda de suelos con cono y cono de Fricción.	NTP 339.148 (ASTM D 3441)
Descripción e Identificación de Suelos (Procedimiento Visual - Manual)	NTP 339.150 (ASTM D 2488)
Método de ensayo Normalizado para la Capacidad Portante del Suelo por Carga Estática y para Cimientos Aislados	NTP 339.153 (ASTM D 1194)
Método Normalizado para ensayo de corte por veleta de campo de suelos cohesivos	NTP 339.155 (ASTM D 2573)
Método de ensayo normalizado para la auscultación con penetrometro dinámico ligero de punta cónica DPL	NTE 339.159 (DIN 4094)
Norma practica para la investigación y muestreo de suelos por perforaciones con barrena	NTP C1339.161 (ASTM D 1452)
Guía Regulada para caracterización d campo con fines de diseño de ingeniería y construcción	NTP 339.162 (ASTM D 420)
Método de ensayo normalizado de corte por veleta en miniatura de laboratorio en suelos finos arcillosos saturados	NTP 339.168 (ASTM D 4648)

Practica regulada para la perforación de núcleos de roca y muestreo de roca para investigación del sitio	NTP 339.173 (ASTM D 2113)
Densidad in-situ mediante el método de reemplazo con agua en un pozo de exploración **	NTP 339.253 (ASTM D 5030)
Densidad in-situ mediante el método del balón de jebe**	ASTM D 2167
Cono Dinámico súper pesado (DPSH)	UNE 103-801: 1994
Cono Dinámico tipo PECK	UNE 103-801: 1994***

- En todos los contextos se empleará la versión última de la norma.

** Estos ensayos solo se utilizará para controlar la compactación de los rellenos.

*** Se destinara lo manifestado en la Norma UNE 103.801: 1994

<i>Tabla 6 APLICACIÓN Y LIMITACIONES DE LOS ENSAYOS</i>								
Ensayos In – Situ	Norma Aplicable	Aplicación Recomendada			Aplicación Restringida		Aplicación no Recomendada	
		Técnica de Investigación	tipo de suelo	Parámetro a Obtener	Técnica de Investigación	Tipo de Suelo	Técnica de Investigación	Tipo de Suelo
SPT	NTP 339.133 (ASTM D 1586)	Perforación	SW, SP, SM, SC-SM.	N	Perforación	CL, ML, SC, MH, CH.	Calicata	Lo restante
DPSH	UNE 103.801:1994	Auscultación	SW, SP, SM, SC-SM.	N20	Auscultación	CL, ML, SC, MH, CH.	Calicata	Lo restante
Cono tipo Peck	UNE 103.801:1994	Auscultación	SW, SP, SM, SC-SM.	Cn	Auscultación	CL, ML, SC, MH, CH.	Calicata	Lo restante
CPT	NTP 339.148	Auscultación	Todos	qc1 fc	Auscultación	–	Calicata	Gravas

	(ASTM D 3441)		excepto lastres					
DPL	NTP 339.159 (ASTM D 4094)	Auscultación	SP	N	Auscultación	SW, SM	Calicata	Lo restante
Veleta de Campo (3)	NTP 339.155 (ASTM D 2573)	Perforación Calicata	CL, ML, CH, MH	Cu, St	-	-	-	Lo restante
Prueba de Carga	NTP 339.153 (ASTM D 1194)	-	Suelo granular y rocas blandas	Asentamiento vs Presión	-	-	-	-

(1) En tanto a la clasificación SUCS, se conoce que cuando los ensayos son considerados aplicables a suelos de doble simbología, ambos se encontrarán incluidos.

(2) Leyenda.

- C = Cohesión en condiciones no drenadas.
- N^u = Numero de golpes por cada 0.30m de penetración en el ensayo estándar de penetración.
- N_{20} = Numero de golpes por cada 0.20m de penetración mediante auscultación con DPSH.
- C_n = Numero de golpes por cada 0.30m de penetración mediante auscultación con Cono Tipo Peck.

2. Análisis de las condiciones de la cimentación

- **ART. 13: Cargas a Utilizar**

Para poder realizar las conclusiones del **EMS**, y en el contexto de poseer información sobre las cargas de la construcción, se deberá tomar en cuenta lo siguiente:

- a) Para realizar el cálculo en tanto al factor de seguridad de los cimientos: se empleará como cargas aplicadas al asentamiento, las Cargas de Servicio que se van a emplear para realizar el diseño de la estructura de las columnas del nivel más inferior de la construcción.
- b) Para ejecutar el cálculo del asentamiento de los cimientos apoyados encima de los suelos cohesivos y granulares: se deberá tomar en consideración la Carga que se obtiene en base a la Norma Técnica de Edificación E .020 Cargas.
- c) Para realizar el cálculo de asentamientos, en la casuística de construcciones con sótanos en las que se utilicen losas de cimentación o plateas, se requerirá descontar la carga en su totalidad estructural, el peso del suelo excavado para poder edificar los sótanos.

- **ART. 14: Asentamiento Tolerable:**

En cada **EMS** se deberá hacer mención sobre el asentamiento permisible que ha sido considerado para la estructura en estudio.

El Asentamiento Diferencial (Figura 4) no deberá generar un desequilibrio angular superior que al señalado en la Tabla 8.

En el contexto de encontrarnos con suelos de tipo granular el asentamiento diferencial se podría valorar como el 75% del asentamiento total.

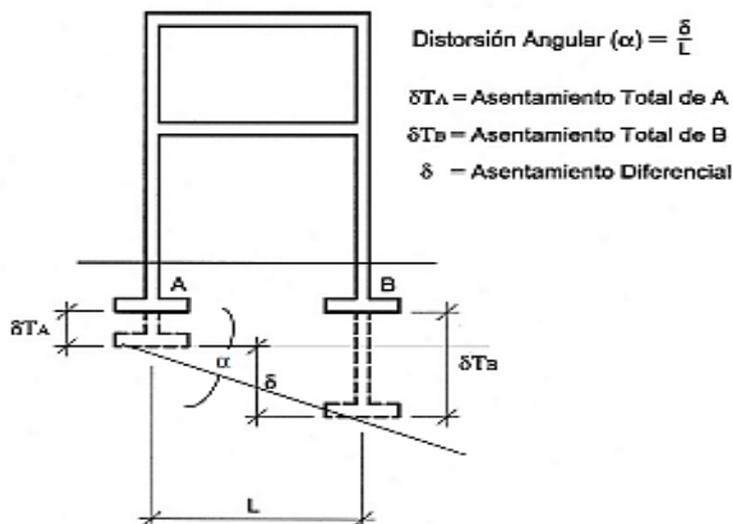


Figura 4: Asentamiento Diferencial

Tabla 7 DISTORSION ANGULAR= α

$\alpha = d/L$	DESCRIPCIÓN
1/150	Límite en el que se debe esperar daño estructural en edificios convencionales.
1/250	Límite en que la pérdida de verticalidad de edificios altos y rígidos puede ser visible.
1/300	Límite en que se debe esperar dificultades con puentes grúas.
1/300	Límite en que se debe esperar las primeras grietas en paredes.
1/500	Límite seguro para edificios en los que no se permiten grietas.
1/500	Límite para cimentaciones rígidas circulares o para anillos de cimentación de estructuras rígidas, altas y esbeltas.
1/650	Límite para edificios rígidos de concreto cimentados sobre un solado con espesor aproximado de 1,20 m.
1/750	Límite donde se esperan dificultades en maquinaria sensible a asentamientos.

- **ART. 15: Capacidad de Carga:**
 - La capacidad que se posee en la carga es la presión de falla debido al corte del suelo y además se establecerá empleando diversas fórmulas que han sido admitidas por mecánica de suelos.
 - Referente a los suelos cohesivos (arcilla limonosa, arcilla y limo-arcillosa), se tendrá que utilizar un ángulo de fricción interna igual a cero.
 - Referente a los suelos fricciantes (arenas, lastres y gravas-arenosas), se tendrá que utilizar una cohesión igual a cero.
- **ART. 16: Factor de seguridad frente a una falla por corte.**
- Los elementos de seguridad mínimos que requieren los cimientos son:
 - a) Para cargas estáticas: 3,0
 - b) Para solicitar de manera máxima de sismo o viento (la más perjudicial): 2,5
- **ART 17: Presión Admisible.**

En tanto a la determinación de la Presión Tolerable, se ejecutará considerando los siguientes elementos:

- a) Profundidad del cimiento.
- b) Dimensión de los elementos del cimiento.
- c) Propiedades mecánicas y características físicas de los suelos encontrados dentro del área activa del asentamiento.
- d) Ubicación del Nivel Freático, tomando en cuenta la probabilidad de que varíen en el proceso de vida útil estructural.

- e) Probabilidades de cambios de las características mecánicas y las propiedades físicas de los suelos, en consecuencia a las modificaciones en el contenido de la humedad.
 - f) Asentamiento permisible de la estructura.
- **La presión tolerable será inferior de la que se obtenga mediante:**
- a) La aplicación de las ecuaciones en tanto a la capacidad de carga debido al corte afectado puesto al factor de seguridad proporcionado (Ver 3.4).
 - b) La presión originada debido al asentamiento tolerable.
- **ART 21: Cimentación sobre Rellenos:**

Se considera rellenos a aquellos depósitos que son artificiales y que se diferencia puesto a sus condiciones y a su naturaleza bajo las que se colocan.

Debido a las condiciones bajo las que son colocados podrían ser:

- a) Controlados.
- b) No Controlados.

Debido a naturaleza podría ser:

- a) Materiales seleccionados.
- b) Materiales no seleccionados.

1.1.1. Rellenos Controlados o de Ingeniería

- Los Rellenos considerados como Controlados son los que se edifican empleando Material bajo selección, los cuales poseen los mismos requerimientos de apoyo que los cimientos superficiales. La metodología utilizada en su control, en su conformación y en su compactación, van a depender exclusivamente de las propiedades físicas del material a emplear.

- El Material Elegido con el que se tendría que realizar el Relleno Controlado debería estar compactado de la forma siguiente:
 - a) Si posee más de 12% de finos, tendría que compactarse a una consistencia superior o igual que 90% de la densidad máxima seca de la metodología de ensayo Proctor Modificado, NTP 339.141:1999, en la totalidad de su espesor.
 - b) Si posee igual o menos de 12% de finos, tendría que compactarse a una densidad no inferior a 95% de la máxima consistencia seca de la metodología de ensayo Proctor Modificado, NTP 339.141:1999, en la totalidad de su espesor.

- Ante todas las casuísticas debería ejecutarse el control de compactación en la totalidad de las capas compactadas, con el motivo necesario de un control por cada 250 m² lo cual sería un mínimo de tres controles por cada una de las capas. En tanto, se conoce que en las áreas que son minúsculas se permitirá un sondeo como mínimo. Ante cualquier contexto, el espesor limite a controlar será de 0,30 m de espesor, menos en el contexto de que hayan arenas finas del tipo **SW** o **SP**, en tanto el **PR** planteará cual será el proceso que se deberá seguir. Asimismo, cuando se necesite certificar la compactación de un Relleno Controlado ya edificado, deberá efectuarse a través de cual sea de los métodos mencionados a continuación:
 - a) Un ensayo de Penetración Estándar NTP 339.133:1999 ante cada metro de espesor de Relleno Controlado o auscultaciones dinámicas con el Cono Dinámico Tipo Peck (**CTP**) o con el Penetrómetro Dinámico Ligero (**DPL**), en tantos a los dos últimos deberán estar correlacionados con el **SPT** en base a lo señalado en los numerales 2.2.2. (f) y 2.2.2 (g) respectivamente. El resultado obtenido en cual sea de estos sondeos tendrá que ser superior a 25 golpes por cada 0,30 metros en el Ensayo de Penetración Estándar (N).

- b) Un ensayo con Cono de Arena, NTP 339.143:1999 ó a través de métodos nucleares, NTP 339.144:1999, por cada 0,50 metros de espesor. Los resultados obtenidos tendrán que ser ascendentes a 90% de la máxima consistencia seca del sondeo Proctor Modificado, si es que posee más de 12% de finos; o superiores al 95% de la máxima densidad seca del sondeo Proctor Modificado si es que posee igual o menos de 12% de finos.

NORMA CE – 020 ESTABILIZACION DE SUELOS Y TALUDES

- Determinar cuáles son las consideraciones técnicas mínimas para lograr la mejoría necesaria en tanto a la estabilidad de los taludes y la resistencia de los suelos, a través de metodologías mecánicas o químicas, de modificación topográficas.
- **ESTABILIZACIÓN:** Se conoce como el procedimiento ya sea químico o físico a través del cual habrá una mejoría en tanto a las condiciones mecánicas de suelo.
- **SUELO:** Se le conoce a aquellos agregados que son naturales de las partículas minerales cohesivas y granulares separables a través de medios mecánicos de escasa energía o puesto a la agitación de agua, se tendrá que lograr la estabilidad de los suelos en su totalidad que al perder su capacidad de carga o en tal sentido al poseer excesivas deformaciones, supongan un peligro para los humanos, el ambiente o los bienes materiales.
- **COEFICIENTE SISMICO:** Se sabe que es el factor que permitirá el ajuste del cálculo en tanto a la sobrecarga sísmica horizontal en la base del edificio, referente al periodo de la vibración estructural y al terreno de asentamiento.

ESTABILIZACIÓN POR COMPACTACIÓN

Se conoce al procedimiento para lograr la estabilización mediante compactación, en donde, se deberá utilizar todas las obras en donde prime como materia prima el suelo tales como:

- Terraplenes
- Base del corte de laderas
- Suelo de cimentación
- Diques
- Rellenos artificiales, entre otros.

Este procedimiento deberá generar lo siguiente:

- Incrementar la resistencia al corte para conseguir la mejoría en tanto a la estabilidad del suelo.
- Reducir la compresibilidad para conseguir la disminución de los asentamientos.
- Reducir la relación existente de vacíos para disminuir la permeabilidad y también el potencial de contracción, expansión o exposición debido al congelamiento. En toda situación se deberá considerar en cuenta la prueba de compactación Proctor estándar o modificado con energía de compactación, de laboratorio, mediante la fórmula siguiente:

$$E = (N \cdot n \cdot P \cdot h) / V$$

Dónde:

E = Energía de compactación

N = Número de golpes por capa

n = Número de capas de suelo

P = Peso del pisón

h = Altura de caída libre del pisón

V = Volumen de suelo compactado

Tabla 8

Ensayo	Proctor Estándar	Proctor Modificado
Norma	NTP-339.142	NTP-339.141
Energía de Compactación	12,300 Lb.ft/ft ³	56,250 Lb.ft/ft ³ .
Peso del martillo	5.5 lb	10 lb
Altura de caída del martillo	12 pulgadas	18 pulgadas
Número de golpes por capas	depende del molde	depende del molde
Número de capas	3	5
volumen del molde cm ³	depende del método de prueba	depende del método de prueba

Tabla 9 ALTERNATIVAS DE ESTABILIZACION DE SUELOS

MATERIAL	TIPOS DE ESTABILIZACIÓN			
	MECÁNICA	CON CEMENTO	CON CAL	CON EMULSIÓN
Grava	Puede ser necesaria la adición de finos para prevenir desprendimiento.	Probablemente no es necesaria, salvo si hay finos plásticos. Cantidad de 2 a 4%.	No es necesaria, salvo que los finos sean plásticos. Cantidad de 2 a 4%.	Apropiada si hay deficiencia de finos. Aproximadamente 3% de asfalto residual.
Arena limpia	Adición de gruesos para dar la estabilidad y de finos para prevenir desprendimientos.	Inadecuada: produce material quebradizo.	Inadecuada: no hay reacción.	Muy adecuada: De 3 a 5% de asfalto residual.
Arena arcillosa	Adición de gruesos para mejorar resistencia.	Recomendable 4 - 8%	Es factible dependiendo del contenido de arcilla.	Se puede emplear de 3 a 4% de asfalto residual.
Arcilla arenosa	Usualmente no es aconsejable	Recomendable 4 - 12%	4 a 8% dependiendo del contenido de arcilla.	Se puede emplear pero no es muy aconsejable.
Arcilla	Inadecuada	No es muy aconsejable. La mezcla puede favorecerse con un mezcla con 2% de cal y luego entre 8 y 15% de cemento.	Muy adecuada. Entre 4 y 8% dependiendo de la arcilla.	Inadecuada.

Nota.- Conviene tomarlo como partida para los trabajos de investigación sobre estabilidad.

Cargas admisibles en arenas en función del ensayo SPT

Se sabe que las cargas tolerables en arenas referentes al ensayo SPT entre las diferentes relaciones existentes entre el índice N del sondeo estándar de penetración SPT y la presión vertical de asentamiento se delimitan, posteriormente, la proposición de Meyerhof en el 1956.

La presión vertical tolerable en arenas, de formar que posea una seguridad apropiada en tanto al desplome y de forma que el asiento sea inferior a una pulgada (25,4 mm.), es:}

$$Q_{v,adm} = 6N\left(1 + \frac{D}{3B^*}\right) \quad \text{KN/m}^2 \quad \text{para } B < 1,2\text{m}$$

$$Q_{v,adm} = 4N\left(1 + \frac{D}{3B^*}\right) \left(\frac{B^*+0.3}{B^*}\right)^2 \quad \text{KN/m}^2 \quad \text{para } B > 1,2\text{m}$$

Donde:

- D: Profundidad del plano del cimiento.
- B*: Ancho equivalente de la cimentación.

En tanto a ambas dimensiones tendrán que realizarse la medición en metros de tal forma que los términos entre paréntesis sean adimensionales. El índice N del SPT a emplear en dicha expresión tendrá que tener un valor medio conseguido en el área comprendida entre el plano del asentamiento y una profundidad 1,5 B* bajo dicho plano. Como sean que los valores del índice N del SPT dependerán de la sobrecarga efectiva de tierras al nivel del sondeo, tales valores deberán entonces indicar una presión regulada de 100 KPa (1 Kg/cm²).

Tabla 10: Los elementos de corrección que se emplearán se muestran a continuación:

Factor de corrección del índice "N" del SPT por el efecto de la sobrecarga efectiva de las tierras	
Presión vertical efectiva al nivel del ensayo (Kpa)	Factor de corrección, f N(corregido) = f · N
0	2,0
25	1,5
50	1,2
100	1,0
200	0,8
400 ó mayor	0,5

En tanto a los valores intermedios se podría interpolar de manera lineal la información señalada. Ante cualquier casuística el valor del índice N del SPT que se introducirá en las anteriores expresiones luego de corregirlo, no deberá nunca ser superior a 50. La profundidad de cimentación D a emplear en los cálculos, no deberá ser nunca superior que el ancho equivalente del asentamiento, B*.

Las ecuaciones mencionadas anteriormente son aplicables para los cimientos que son superficiales de hasta unos 5 metros de ancho, como máximo.

Capacidad de carga por medio de penetración estándar

La facultad de carga última de carga según Peck-Hansen-Thorburn para losas sobre arenas (arenas de condición $\phi = 0$) es:

$$Q_{adm} = \frac{N_{corr}-3}{5}$$

Donde:

- q_{adm} dado en kg/cm^2
- N_{cor} = valor corregido de penetración estándar en campo = N'70

Para losas sobre lastres con arenas Meyerhof planteó:

$$Q_{adm} = \left(\frac{N_{corr}}{4}\right) F_d S_e$$

Donde:

- ✓ S_e = asentamiento requerido en pulgadas
- ✓ D_f = profundidad de desplante de la losa en pies
- ✓ F_d (escrito como K_d en el capítulo 3) = $1 + 0.33 (D_f / B) \leq 1.33$
- ✓ B = dimensión mínima o base de la losa en pies
- ✓ N_{cor} = valor corregido de penetración estándar en campo = N'70
- ✓ q_{adm} en $ton/pie^2 \approx kg/cm^2$

Así además se posee la facultad de carga neta tolerable para losas de cimentación encima de depósitos de suelo granular es:

$$Q_{adm(neta)} (kN/m^2) = 11.98 N_{corr} \left(\frac{3.28B+1}{3.28B}\right)^2 F_d \left(\frac{S_e}{25.4}\right)$$

Donde:

- N_{cor} = resistencia a la penetración estándar corregida = N'60
- B = ancho en metros
- F_d (escrito como K_d en el capítulo 3) = $1 + 0.33 (D_f / B) \leq 1.33$
- S_e = asentamiento, en mm

Nota:

Para D_f/B , los valores de longitud mínima o base y la profundidad de desplante podrían encontrarse en metros o pies, puesto que la relación de ambos siempre será igual sin importar las unidades de medición en las que estén.

Cuando el ancho B es grande, la ecuación anterior es aproximada, suponiendo que $3.28B + 1 = 3.28B$:

$$Q_{adm(neta)} \text{ (kN/m}^2\text{)} = 11.98 N_{corr} F_d \left(\frac{S_e}{25.4}\right)$$

$$Q_{adm(neta)} \text{ (kN/m}^2\text{)} = 11.98 N_{corr} \left(1+0.33\frac{Df}{B}\right) \left(\frac{S_e}{25.4}\right)$$

$$Q_{adm(neta)} \text{ (kN/m}^2\text{)} = 15.93 N_{corr} \left(\frac{S_e}{25.4}\right)$$

Para un asentamiento máximo de 2 pulgadas en una losa (50.8mm), el asentamiento diferencial se presume será de 0.75 pulg. (19 mm).

Empleando dicha lógica y presumiendo de forma conservadora que F_d es 1, se podría aproximar la facultad de carga como:

$$Q_{adm(neta)} \text{ (kN/m}^2\text{)} = 23.96 N_{corr}$$

$$Q_{adm(neta)} \text{ (klb/pie}^2\text{)} = 0.5 N_{corr}$$

Donde:

- N_{corr} = valor de penetración estándar corregido = N'60

Para losas de asentamiento Meyerhof propuso lo siguiente:

$$q_{adm} = \frac{N_{corr}}{F_2} K_d$$

Donde:

- N_{corr} = número de penetración estándar corregido (N55 o N70)
- $K_d = F_d = 1 + 0.33 (Df / B)$
- $F_2 \Rightarrow$ para N55 = 0.08 (sistema internacional, metros, Newton) = 4 (libras, pies, segundos)
- $F_2 \Rightarrow$ para N'70 = 0.06 (sistema internacional) = 3.2 (libras, pies, segundos)
- q_{adm} = capacidad de carga tolerable para un asentamiento de una pulgada = 25 mm, en kPa o ksf dependiendo de las unidades con las que se trabaje.

Así también podría manifestar ante cualquier asentamiento, en base a la ecuación general para cual sea el asentamiento:

$$q_{adm}(S_j) = \frac{S_j}{S_0} q_{adm}$$

Donde:

$S_0 = 25$ mm para SI (sistema internacional) y 1" para el sistema inglés

S_j = asentamiento real, que podría encontrarse en milímetros o pulgadas de lo cual dependerán las unidades de S_0 .

Para poder conseguir la facultad de carga mediante el ensayo de cono de penetración la ecuación se modifica como:

$$q_{adm} = \frac{q_c}{20} K_d$$

Donde:

- q_c = resistencia a la penetración de punta del cono
- q_{adm} en las mismas unidades que q_c
- $K_d = F_d$

La presión neta aplicada sobre un asentamiento se enuncia de la siguiente manera:

$$q = \frac{Q}{A} - \gamma D_f$$

Donde:

- Q = peso propio de la estructura y carga viva
- A = área de la losa

Para todos los casos, "q" debe ser inferior o igual a "qadm(neta)".

A) Estudio económico de ambos rellenos

- Metrado de Partidas:

Se establecerán las partidas requeridas para los Rellenos con material Propio y de Préstamo en base a las delimitaciones presentadas en el ítem 2.01.06 del Presupuesto y considerando los lineamientos del Reglamento de Metrados para Obras de Edificación.

- **Análisis de Costos Unitarios:**

Se efectuarán los Análisis de Costos Unitarios fraccionandolo en dos grupos:

- Análisis de Costos Unitarios para rellenos con material Propio seleccionado.
- Análisis de Costos Unitarios para rellenos con material de Préstamo de la Cantera Curumuy.

Haciendo hincapié que para conseguir los precios actualizados se ejecutará una cotización en los principales proveedores del sector construcción en la ciudad de Piura.

- **Presupuesto Contractual de Obra:**

Se ejecutarán los Presupuestos en tanto a las partidas de Rellenos con material Propio y para los Rellenos con material de Préstamo respectivamente. Nótese que sólo estará presupuestado las partidas correspondientes para los rellenos controlados, además en el segundo presupuesto con material de préstamo se incluirá el acarreo y transporte a obra desde la cantera Curumuy.

3. Procedimiento y análisis de la información

Elaboración de ensayos para materiales

Granulometría por tamizado

Se conoce como aquel proceso que es mecánico a través del cual se realiza la división de aquellas fracciones encontradas en un suelo, en sus diversos tamaños, delimitado a la fracción inferior (Tamiz No 200) tales como arcilla, coloide y limo. Además se sabe que este se realiza empleando tamices en orden descendiente. La cantidad de suelo retenido señala el tamaño de la muestra, lo cual únicamente separará una porción de suelo entre dos tamaños.

Equipos requeridos:

- ✓ Horno eléctrico (temperatura 105 ± 5)
- ✓ Bandejas, agitador de vidrio, brochas de cerda.
- ✓ Tamices (3", 2 ½", 2", 1 ½", 1", ¾", ½", 3/5", ¼", No 4, No 10, No 40, No 60, No 100, No200)
- ✓ Balanza con capacidad de 20Kg
- ✓ Vaso precipitado.

Procedimiento de ensayo

Fracción granular gruesa

Para empezar se debe saber que la fracción granular gruesa se deberá pesar en la balanza y dicho peso se anotará en la hoja de registro 5.1. Luego de ello se deberá tamizar con la finalidad de separar las diversas partículas 3", 2", 1 ½", 1", ¾", 3/8", ¼", y No 4, empezando en un orden decreciente, tomando en consideración que no se deberán mezclar las fracciones que ya han sido tamizadas. Así también en el tiempo de tara una ponchera en la balanza de 20Kg de facultad y 1gr de sensibilidad. Y luego de ello se establecerá el peso de cada una de las fracciones retenidas. Finalmente se deberán certificar la sumatoria total de los pesos que han sido retenidos en los tamiz de igual al peso de la Fracción Granular gruesa, con una tolerancia de 0.5%.

Fracción granular fina

Referente a lo que es fracción granular fina, se deberá tomar el material en su totalidad pasando por el tamiz número 4 (Ba), luego de ello se realizará el pesaje en la balanza de 20kg y se tomará nota en la hoja. Puesto a ello, se verterá la muestra en el tamiz número 200, tomando en cuenta que no se deberá perder material, por ende se deberá tener cuidado. Luego, se procederá a eliminar las particular menores al tamiz No 200 (arcilla, limo y coloides) ejecutando el lavado del material. Asegurándose que el agua quede clara y limpia. Asimismo, se debe tener en cuenta que no se deberá remover el material empleando las manos en el tamiz, el material retenido en el Tamiz No 200 en su totalidad será arena, puesto a que los finos fueron lavados, se ubica en un recipiente, sin dejar material adherido en el tamiz. Luego a ello, se pasará el material a una escudilla de 600 ml, empleando entonces el frasco lavador. Se descanta el agua y se secará en el horno la muestra obtenida a una temperatura de 105 ± 5 C por un lapso de 18 horas aproximadamente. Se dejará enfriar y se separará mediante tamices No 10, No 40, No 60, No 200. Se pesarán las fracciones que fueron retenidas en cada uno de tamices y se anotará en la hoja de registro.

Cálculos:

1. - Se realiza el pesaje total de la muestra

(T): peso total de la muestra (T)

(A): Fracción Granular Gruesa (A)

(Ba) Fracción Granular Fina

$$T = A + Ba$$

2. - Se establece el peso pasante del tamiz No 200

Peso pasa No 200= Bb - "(peso retenidos tamices No 10, 40, 60,200)

3. - Se calcula el peso retenido en los tamices inferiores. Al tamiz No 4 con respecto a (Ba)

Peso ret. En Tamiz < No4= **Ba** x Peso ret. En dicho Tamiz Bb

4. - Establecer el % retenido en cada tamiz, en cuanto a (T):

%retenido parcial Tamiz X=**100** X Peso ret. Tamiz XT

5. - Calcular el % retenido acumulado,

% ret. Acum. Tamiz X =% ret. Acum tamiz anterior + % ret parcial tamiz

X

6. - Obtener % pasante de cada tamiz

% Pasante Tamiz X= 100 - % ret. Acumul tamiz X

7. Se construirá la curva granulométrica

8. - Se determinará la Gradación del suelo, a través de los Coeficientes de Curvatura y Uniformidad.

A) Calculo de la capacidad admisible del suelo**Estudio de suelo con fines de cimentacion****Resumen de las condiciones de cimentacion**

- a) El terreno asignado a las obras (Sub-lote A2), se encuentra ubicado dentro de un terreno superior (Parcela 02), con acceso por la prolongación de la Av. Los Tallanes en Piura (ver Lámina 1 del Anexo). Es de forma rectangular y tiene una topografía ondulada (ver Lámina 2). En el tiempo de ejecutar los trabajos de campo, se pudo encontrar totalmente desocupado, con árboles de algarrobo (ver Fotografías 1, 2, 7, 11 y 12 del Anexo), limitando al Norte con la Parcela 01, propiedad de Terceros, del cual está separado por una alambrada de púas; al Sur con un muro de cerco de ladrillo confinado,

propiedad de la UPAO; al Este con el Sub-lote A1 y al Oeste con el Sub-lote B.

- b) Los rasgos geológicos del área (Lámina 3 del Anexo) indican la existencia de depósitos eólicos del Cuaternario Reciente (Qr-e), los cuales se encuentran compuestos de arenas finas, sobre depósitos aluviales recientes (Qr-al), constituidos por suelos limosos y suelos arenosos con gravas.

- c) Visto desde la Geodinámica Externa, el terreno está ubicado en un área con bajo peligro de suceso del fenómeno de Licuefacción de Arenas, puesto que las arenas están secas y con una Consistencia Relativa de “media” a “densa”, que se incrementa con la profundidad, lo cual también minimiza el riesgo de asentamientos debidos a vibración sísmica. En lo que respecta al peligro de inundaciones por desbordes del río Piura, es un aspecto que escapa a los Alcances del presente Informe Técnico, pero que debe ser tomado en cuenta en el Proyecto, debido a la cercanía del terreno a su cauce (ver Fotografía 17 del Anexo) y a las evidencias de antiguos desbordes (presencia de lentes y estratos limosos y arcillosos, intercalados con los depósitos eólicos y aluviales).

Resumen del Estudio de Mecánica de Suelos

1. Tipo de Cimentación: plateas del asentamiento.
2. Suelo de apoyo de la cimentación: Suelos Naturales (SP) en los Módulos ubicados entre los Ejes 8 – 12 y B-I; y Rellenos Controlados hechos siguiendo las directivas del Artículo 21 de la Norma E.050: Suelos y Cimentaciones del R.N.E, en los Módulos ubicados éntrelos Ejes 2-6 y C-H.
3. Profundidad mínima del asentamiento las plateas se podrán colocar directamente sobre la capa superior de los RC.
4. Presión Admisible: 2.8 kg/cm² para los módulos ubicados entre los Ejes 2-6 y C-H; y $q_{adm} = 0.6$ kg/cm² para los Módulos ubicados entre los Ejes 8-12 y B-I. (F.S. > 3 en los ambos casos).
5. Asentamiento total válido: 25mm.
6. Tipo de cemento para emplear en las cimentaciones: Podría ser cualquiera, siempre previa certificación de que los contenidos de sulfatos y sales

solubles de tipo firmado sobre el que se afirmaran las plateas de cimentación, sean menos de 1,000 p.p.m.

7. En tanto al perfil del tipo de suelo para Diseño Sismo deberá considerarse Resistente: S_2 (norma E030).
8. Recomendaciones Adicionales: a). Para poder hacerse cargo del problema de la baja facultad portante en la zona de los Edificios es considerable tener en cuenta una de las siguientes opciones:
 - I- Cimentación profunda mediante pilotes, para lo que se requiere hacer un estudio de suelos Complementario con investigación de suelos hasta 15.00 m de profundidad.
 - II- Cimentación Superficial mediante Zapatas (aisladas, conectadas o combinada) y cimientos corridos. En este último caso, el Proyectista de las Estructuras deberá coordinar con el Especialista de Geotecnia, para definir el valor final de q_{adm} a utilizar.

Alternativa 1

Relleno controlado con material propio –arenas tipo sp

Los Suelos de Cimentación para los Edificios, serán Rellenos Controlados o de Ingeniería, a construirse siguiendo las directivas del Artículo 21 de la Norma E-050. Los Suelos de Sub-rasante en los estacionamientos y en las calles aledaños, pueden caer sobre el terreno natural, o sobre Rellenos Controlados.

Las arenas del sitio se pueden emplear en la construcción de los Rellenos Controlados (RC) o de Ingeniería (Artículo 21 de la norma E-050), siguiendo el procedimiento que se indica a continuación:

- (1) Eliminar desmontes, basuras, troncos y raíces superficiales fuera de la obra;
- (2) Excavar hasta el nivel de terreno natural y Nivelar la superficie en toda el área a ser tratada, regándola por aspersión, para evitar la polvareda;
- (3) Colocar las arenas provenientes de los cortes, a Humedad Optima (alrededor de 12%. Ver Láminas 36 y 37 del Anexo), sobre la superficie resultante del punto anterior, en un espesor suelto máximo de 50 cm y compactarlas mediante un rodillo vibratorio autopropulsado de por lo menos 10 toneladas de peso, hasta alcanzar el 95% de la máxima densidad Proctor Modificado, como mínimo en todo el espesor de la capa compactada;
- (4) Repetir el procedimiento indicado en el punto anterior cuantas veces sea necesario hasta alcanzar una cota ubicada a 30 cm por debajo de la cota del fondo de platea y completar el relleno empleando material de préstamo del tipo Afirmado que cumpla con la Sección 301 de las Especificaciones Generales del MTC EG-2013, el que será compactado a Humedad Optima, en una sola capa, con el mismo equipo y con el mismo requerimiento de consistencia mencionados en el punto anterior.

PRESION ADMISIBLE

- a) La Presión Admisibles de los suelos granulares, dependerá de manera general de los asentamientos considerados como tolerables puesto a su estructura que se cimentará, por ende, se tendrán que cerciorar en tanto al factor de seguridad contra la falla por corte del suelo del asentamiento ya sea igual o sea superior al mínimo de 3 (Artículo 16 de la Norma E.050).

CALCULO DEL Q_{adm} PARA PLATEA

Resultados del Ensayo del SPT

Prof. (m)	N. Golpes
1 - 1.45	→ 25
2 - 2.45	→ 27
3 - 3.45	→ 25
4 - 4.45	→ 34
5 - 5.45	→ 29
6 - 6.45	→ 46

Ancho de la Platea: $B = 12m$

Fórmulas:

$$Q_{adm (neta)} = 11.98 N_{corr} [1 + 0.33 (Df/B)] (S_e/25)$$

$$N_{corr} = N + N_c$$

$$N_c = 9.78 \sqrt{1/\gamma_c}$$

$$\gamma_c = Df \times 2.46$$

Asentamiento Admisible: $S_e = 25 \text{ mm}$

1- 6ta Capa

$$Df = 6.45m$$

$$N = 46 \text{ golpes}$$

$$B = 12m$$

$$Y_c = Df \times 2.46$$

$$Y_c = 6.45 \times 2.46$$

$$Y_c = 15.87$$

$$N_c = 9.78 \sqrt{1/Y_c}$$

$$N_c = 9.78 \sqrt{1/15.87}$$

$$N_c = 2.45$$

$$N_{corr} = 46 + 2.45 = 48.45$$

$$q_{adm (neta)} = 11.98 N_{corr} [1 + 0.33 (Df/B)] (S_e/25)$$

$$q_{adm (neta)} = 11.98 (48.45) [1 + 0.33 (6.45/12)] (25/25)$$

$$q_{adm (neta)} = 683.86 \text{ KN/m}^2$$

$$1 \text{ KN/m}^2 = 0.01 \text{ kg/cm}^2$$

$$q_{adm (neta)} = 683.86 \text{ KN/m}^2$$

$$q_{adm (neta)} = 683.86 \times 0.01 \text{ kg/cm}^2$$

$$q_{adm (neta)} = \mathbf{6.84 \text{ kg/cm}^2}$$

2- 5ta Capa

$$Df = 5.45m$$

$$N = 29 \text{ golpes}$$

$$B = 12m$$

$$Y_c = Df \times 2.46$$

$$Y_c = 5.45 \times 2.46$$

$$Y_c = \mathbf{13.41}$$

$$N_c = 9.78 \sqrt{1/Y_c}$$

$$N_c = 9.78 \sqrt{1/13.41}$$

$$N_c = \mathbf{2.67}$$

$$N_{corr} = 29 + 2.67 = 31.67$$

$$q_{adm (neta)} = 11.98 N_{corr} [1 + 0.33 (Df/B)] (S_e/25)$$

$$q_{adm (neta)} = 11.98 (31.67) [1 + 0.33 (5.45/12)] (25/25)$$

$$q_{adm (neta)} = 436.32 \text{ KN/m}^2$$

$$1 \text{ KN/m}^2 = 0.01 \text{ kg/cm}^2$$

$$q_{adm (neta)} = 436.32 \text{ KN/m}^2$$

$$q_{adm (neta)} = 436.32 \times 0.01 \text{ kg/cm}^2$$

$$q_{adm (neta)} = \mathbf{4.36 \text{ kg/cm}^2}$$

4ta Capa

$$Df = 4.45m$$

$$N = 34 \text{ golpes}$$

$$B = 12m$$

$$V_c = Df \times 2.46$$

$$V_c = 4.45 \times 2.46$$

$$V_c = 10.95$$

$$N_c = 9.78 \sqrt{1/V_c}$$

$$N_c = 9.78 \sqrt{1/10.95}$$

$$N_c = 2.96$$

$$N_{corr} = 34 + 2.96 = 36.96$$

$$q_{adm (neta)} = 11.98 N_{corr} [1 + 0.33 (Df/B)] (S_e/25)$$

$$q_{adm (neta)} = 11.98 (36.96) [1 + 0.33 (4.45/12)] (25/25)$$

$$q_{adm (neta)} = 496.97 \text{ KN/m}^2$$

$$1 \text{ KN/m}^2 = 0.01 \text{ kg/cm}^2$$

$$q_{adm (neta)} = 496.97 \text{ KN/m}^2$$

$$q_{adm (neta)} = 496.97 \times 0.01 \text{ kg/cm}^2$$

$$q_{adm (neta)} = \mathbf{4.97 \text{ kg/cm}^2}$$

3- 3ra Capa

$$Df = 3.45m$$

$$N = 25 \text{ golpes}$$

$$B = 12m$$

$$V_c = Df \times 2.46$$

$$V_c = 3.45 \times 2.46$$

$$V_c = 8.49$$

$$N_c = 9.78 \sqrt{1/V_c}$$

$$N_c = 9.78 \sqrt{1/8.49}$$

$$N_c = 3.36$$

$$N_{corr} = 25 + 3.36 = 28.36$$

$$q_{adm (neta)} = 11.98 (28.36) [1 + 0.33 (3.45/12)] (25/25)$$

$$q_{adm (neta)} = 362.64 \text{ KN/m}^2$$

$$1 \text{ KN/m}^2 = 0.01 \text{ kg/cm}^2$$

$$q_{adm (neta)} = 362.64 \text{ KN/m}^2$$

$$q_{adm (neta)} = 362.64 \times 0.01 \text{ kg/cm}^2$$

$$q_{adm (neta)} = \mathbf{3.63 \text{ kg/cm}^2}$$

$$q_{adm (neta)} = 11.98 N_{corr} [1 + 0.33 (Df/B)]$$

$$(S_e/25)$$

4- 2da Capa

$$Df = 2.45m$$

$$N = 27 \text{ golpes}$$

$$B = 12m$$

$$V_c = Df \times 2.46$$

$$V_c = 2.45 \times 2.46$$

$$V_c = 6.03$$

$$N_c = 9.78 \sqrt{1/V_c}$$

$$N_c = 9.78 \sqrt{1/6.03}$$

$$N_c = 3.98$$

$$N_{corr} = 27 + 3.98 = 30.98$$

$$q_{adm (neta)} = 11.98 N_{corr} [1 + 0.33 (Df/B)] (S_e/25)$$

$$q_{adm (neta)} = 11.98 (30.98) [1 + 0.33 (2.45/12)] (25/25)$$

$$q_{adm (neta)} = 379.39 \text{ KN/m}^2$$

$$1 \text{ KN/m}^2 = 0.01 \text{ kg/cm}^2$$

$$q_{adm (neta)} = 379.39 \text{ KN/m}^2$$

$$q_{adm (neta)} = 379.39 \times 0.01 \text{ kg/cm}^2$$

$$q_{adm (neta)} = \mathbf{3.79 \text{ kg/cm}^2}$$

5- 1ra Capa

$$Df = 1.45m$$

$$N = 25 \text{ golpes}$$

$$B = 12m$$

$$V_c = Df \times 2.46$$

$$V_c = 1.45 \times 2.46$$

$$V_c = 3.57$$

$$N_c = 9.78 \sqrt{1/V_c}$$

$$N_c = 9.78 \sqrt{1/3.57}$$

$$N_c = 5.18$$

$$N_{corr} = 25 + 5.18 = 30.18$$

$$q_{adm (neta)} = 11.98 (30.18) [1 + 0.33$$

$$(1.45/12)] (25/25)$$

$$q_{adm (neta)} = 375.98 \text{ KN/m}^2$$

$$1 \text{ KN/m}^2 = 0.01 \text{ kg/cm}^2$$

$$q_{adm (neta)} = 375.98 \text{ KN/m}^2$$

$$q_{adm (neta)} = 375.98 \times 0.01 \text{ kg/cm}^2$$

$$q_{adm (neta)} = \mathbf{3.76 \text{ kg/cm}^2}$$

$$q_{adm (neta)} = 11.98 N_{corr} [1 + 0.33 (Df/B)]$$

$$(S_e/25)$$

Alternativa 2

Relleno controlado con material base afirmado

El material Afirmado de la misma manera se puede utilizar en tanto a la construcción de Ingeniería (Artículo 21 de la norma E-050) o los Rellenos Controlados (RC), ejecutan el procedimiento de la siguiente manera:

- (1) Eliminar desmontes, basuras, troncos y raíces superficiales fuera de la obra;
- (2) Excavar hasta el nivel de terreno natural y Nivelar la superficie en toda el área a ser tratada, regándola por aspersion, para evitar la polvareda;
- (3) Colocar el relleno empleando material de préstamo del tipo Afirmado que cumpla con la Sección 301 de las Especificaciones Generales del MTC EG-2013, el que será compactado a Humedad Optima (alrededor de 12%), sobre la superficie resultante del punto anterior, en un espesor suelto máximo de 30 cm y compactarlas mediante un rodillo vibratorio autopropulsado de por lo menos 10 toneladas de peso, hasta alcanzar el 95% de la máxima densidad Proctor Modificado, como mínimo en todo el espesor de la capa compactada

Cálculo del Qadm para la capa de Afirmado

1ra Capa

$$Df = 1.50m$$

$$N = 50 \text{ golpes}$$

$$B = 12m$$

$$V_c = Df \times 2.46$$

$$V_c = 1.50 \times 2.46$$

$$V_c = 3.69$$

$$N_c = 9.78 \sqrt{1/3.69}$$

$$N_c = 2.65$$

$$N_{corr} = 50 + 2.65 = 52.65$$

$$q_{adm (neta)} = 11.98 N_{corr} [1 + 0.33 (Df/B)] (S_e/25)$$

$$q_{adm (neta)} = 11.98 (52.65) [1 + 0.33 (1.50/12)] (25/25)$$

$$q_{adm (neta)} = 656.77 \text{ KN/m}^2$$

$$1 \text{ KN/m}^2 = 0.01 \text{ kg/cm}^2$$

$$q_{adm (neta)} = 656.77 \text{ KN/m}^2$$

$$q_{adm (neta)} = 656.77 \times 0.01 \text{ kg/cm}^2$$

$$q_{adm (neta)} = \mathbf{6.57 \text{ kg/cm}^2}$$

5.5. Conceptualización y Operacionalización de las variables:

Variable Independiente: Material de Relleno

Variable Dependiente: Cimentación

5.5.1 Definición Conceptual:

Material de Relleno: Es un trabajo de extensión y compactación de suelos de origen de la misma excavación o de préstamos de zanjas, cimentaciones, trasdós de muro, o cualquier zona que por su compromiso estructural o extensión reducida, no permite utilizar los equipos y maquinaria con que se realiza la ejecución.

Cimentación: Es el conjunto de elementos estructurales de una estructura cuya misión es transmitir sus cargas o elementos apoyados en ella al suelo, distribuyéndolas de forma que no superen su presión admisible ni produzcan cargas zonales. Debido a que la resistencia del suelo es, generalmente, menor que la de los pilares o muros que soporta, el área de contacto entre el suelo y la cimentación debe ser proporcionalmente más grande que los elementos soportados, excepto en suelos rocosos muy coherentes.

5.5.2. Operacionalización de las variables:

Tabla 11: Operacionalización de la variable independiente

Variable	Definición	Dimensiones	Indicadores
Variable independiente: MATERIAL DE RELLENO	Trabajo que se realiza en la construcción, tanto de una obra ingeniera como de arquitectura, con el fin de elevar la cota del perfil natural del terreno, o restituir dicho nivel después de haberse realizado una excavación.	Eficacia	Tiempo de ejecución
			Maquinaria
		Económico	Presupuesto
			Análisis de precios unitarios
Estudio del suelo	Ensayos		

Fuente: Elaboración propia

Tabla 12: Operacionalización de la variable dependiente

Variable	Definición	Dimensiones	Indicadores
Variable independiente: CIMENTACION	Grupo de elementos estructurales y su misión es transmitir las cargas de la construcción o elementos apoyados a este al suelo distribuyéndolas de forma que no superen su presión admisible ni produzcan cargas zonales	Eficacia	Tiempo de ejecución
			Maquinaria
		Económico	Presupuesto
			Análisis de precios unitarios
Estudio del suelo	Ensayos		

Fuente: Elaboración propia

5.6. Hipótesis

Para nuestro Proyecto utilizaremos la mejor alternativa de Relleno con fines de Cimentación para el Proyecto Multifamiliar de la HH.UU Las palmeras del chipe, este proyecto albergara familias enteras y el tipo de cimentación tiene que ser estable y cumplir con las normas técnicas Peruanas para suelos de fundación. Por eso se debe realizar un adecuado estudio, tomando en cuenta el problema y los objetivos.

5.7. Objetivos

5.7.1. Objetivo general

Realizar un Estudio Comparativo del Material de Relleno con fines de Cimentación para el Proyecto Multifamiliar de la HH.UU Las Palmeras del Chipe.

5.7.2. Objetivo específico:

- Realizar el estudio de mecánica de Suelos para las 2 Alternativas de Solución para determinar su Capacidad Portante.
- Realizar un cuadro comparativo de las propiedades físicas de los materiales a partir de los sondeos de Laboratorio.
- Realizar y Evaluar el estudio económico de ambos rellenos para ser ejecutados en Obra.

- Analizar y evaluar los datos obtenidos a partir de los sondeos realizados en laboratorio y en Campo.
- Determinar la mejor alternativa que se utilizara para la construcción del Relleno Controlado.

6. Material y métodos

6.1. Tipo y Diseño de Investigación

Por el Tipo de Investigación

Aplicada: Se considera como aplicada puesto que la finalidad principal de este estudio es obtener la solución antes reales contextos y además que al ejecutar las recomendaciones estas sean en búsqueda de la satisfacción de las necesidades de la sociedad, además de que esta investigación se encuentra íntimamente relacionada con la investigación básica, la cual dependerá de los avances y de los descubrimientos y estará caracterizada por el interés de emplear, aplicar y conocer sobre las consecuencias de las prácticas de los conocimientos. La investigación aplicada está en la búsqueda de cómo hacer, actuar, construir y modificar.

Por el Tipo de Contratación

Diseño Cuasi - Experimental: El proyecto de investigación se fundamenta en datos obtenidos de la realidad, los cuales son sometidos a un minucioso análisis, evaluación además se observará los resultados para luego ser contrastados con los datos iniciales y verificar el cumplimiento tanto de los objetivos como de la hipótesis.

6.2. Población y Muestra

Población:

La población son los materiales de relleno de la cantera “Curumuy” y el material propio de la HH.U Las Palmeras del Chipe.

Muestra:

La muestra es de 19, 936.92m³ de Corte y excavación masiva.

6.3. Técnicas e Instrumentos

6.3.1. Técnicas de investigación:

En la investigación ejecutada en campo se empleó la observación con la finalidad de congregar de manera sistemática los datos necesarios de la población que conforma la muestra que se logrará obtener a raíz de los resultados de ambos Rellenos.

6.3.2. Instrumentos de la investigación

En el apartado anterior se logró justificar la realización de la técnica de Observación, del cual se realizarán los diseños de los Protocolos que serán rellenados con la información adquirida a raíz del control de los rellenos y de los Ensayos de Penetración Estándar (SPT) para los suelos que son Arenosos y del ensayo de California Bearing Ratio (CBR).

Estos estudios están garantizados por un certificado de calidad firmado por un Profesional especializado en el área de Mecánica de Suelos.

Los instrumentos utilizados para la observación y análisis de información son:

Formatos de control de calidad y supervisión de Rellenos.

Hoja Excel para Ensayo Granulométrico por tamizado.

Hoja Excel de Limites de consistencia.

Programa S10 2005 para Costos y Presupuestos

6.3.3. Procesamiento y Análisis de datos

El procesamiento de datos se realizara mediante el recojo de muestras en campo, colocándolas dentro de bolsas plásticas o sacos según sea necesario para el respectivo análisis de los materiales, además los rellenos serán controlados mediante tablas con un formato establecido para ser llenadas dentro de la obra.

Las muestras se llevaron a cabo mediante la ejecución de perforaciones manuales y por lavado, alternadas con la ejecución de ensayos de Penetración Estándar (SPT) cada metro; y mediante auscultaciones con el Cono Tipo Peck (CP); registros de la estratigrafía y muestreo.

Para lograr hacer el análisis de la información se ejecutará en el laboratorio, a través de:

- ✓ Contenido de Humedad (Norma ASTM D2116).

- ✓ Análisis Granulométricos por tamizado (Norma ASTM D422)
- ✓ Análisis Químicos Colorimétricos: contenidos de Sulfatos y de Cloruros.
- ✓ Limite Líquido (Norma ASTM D423)

Los Datos obtenidos en el laboratorio fueron procesados en el Software de Excel y los análisis de la información se elaboraran mediante tablas y cuadros.

Se procedió al cálculo de los Q_{adm} de cada capa de nuestros Rellenos Controlados mediante fórmulas de Terzaghi.

Se elaboró el presupuesto de cada Relleno con el Software llamado S10 Costos y Presupuestos versión 2005, teniendo en cuenta los análisis de costos generados de cada proyecto con sus respectivos metrados.

Por último, se elaboraron los respectivos cuadros comparativos de las propiedades físicas de los materiales a utilizar, de los rellenos controlados y del estudio económico; dando así las conclusiones y recomendaciones respectivas.

7. Resultados

ING CESAR A. CHERE MORALES

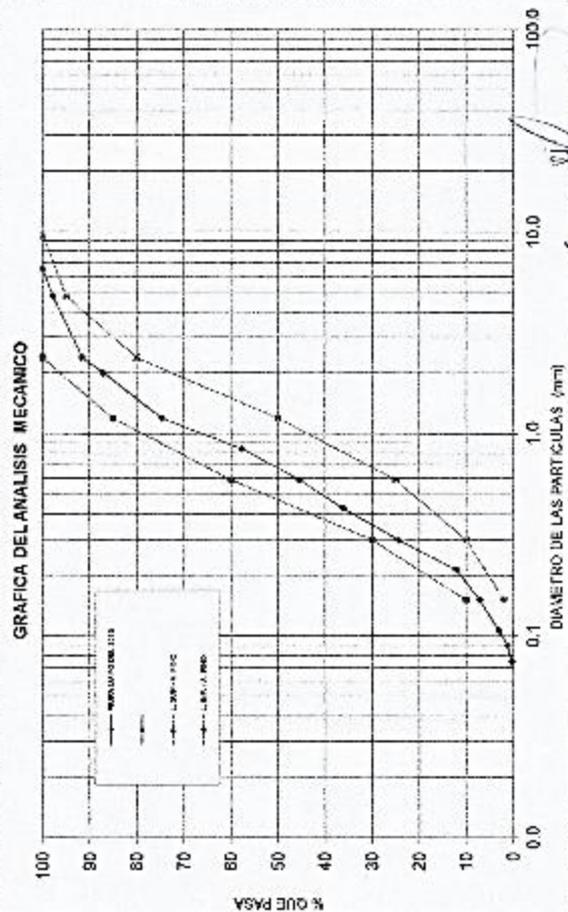
CIP: 72495

ESPECIALISTA EN MECANICA DE SUELOS Y GEOTECNIA

ANALISIS GRANULOMETRICO POR TAMIZADO

SOLICITA : GUSTAVO WALDEMAR CORDOVA SANCHEZ - YESVILU SHARAI WINCHOLONG RIOS
OBRA : ESTUDIO DE SUELOS CON FINES DE CIMENTACION DEL PROYECTO PIURA - PARCELA 02 - SUB LOTE A - 2
UBICACION : PIURA
MUESTRA : ARENA
FCHA : PIURA MAYO DEL 2015

TAMIZAS		% RETENIDO	% QUE PASA
STANDARD	TAMANIO (mm)		
" 5"	127.050		100.00
" 8"	76.200	2.15	97.85
" 20"	50.800	6.17	93.83
" 40"	38.100	4.63	95.37
" 60"	25.400	12.84	87.16
" 80"	19.050	16.97	83.03
" 100"	12.750	12.84	87.16
" 150"	9.520	12.84	87.16
" 200"	6.520	11.72	88.28
" 250"	4.750	12.34	87.66
" 300"	2.380	4.64	95.36
" 425"	2.030	4.63	95.37
" 600"	1.190	12.84	87.16
" 850"	0.840	16.97	83.03
" 1060"	0.590	12.84	87.16
" 1490"	0.425	5.05	94.95
" 2000"	0.297	11.72	88.28
" 2500"	0.212	12.34	87.66
" 3000"	0.150	4.64	95.36
" 3540"	0.106	4.01	95.99
" 4250"	0.089	1.85	98.15
" 5000"	0.074	0.95	99.05
" 6000"		0.37	99.63



OBSERVACIONES

César Augusto Chere Morales
INGENIERO CIVIL
CIP N° 72495

Interpretacion

- Cuando decimos que una arena es mal graduada o bien graduada calculamos el coeficiente de Uniformidad y el Coeficiente de Curvatura, para esto utilizaremos la norma técnica ASTM – D 2487.
- El coeficiente de Curvatura se calcula con la siguiente formula:

$$C_C = \frac{D_{30}^2}{D_{10} \times D_{60}}$$

- D = Diámetro de partícula al 60%, 30% y 10% del material fino sobre curva granulométrica

- El coeficiente de Uniformidad se calcula con la siguiente Formula:

$$C_u = \frac{D_{60}}{D_{10}}$$

- D_{60} = el diámetro o tamaño por debajo del cual queda el 60% del suelo, en peso; y,
- D_{10} = el diámetro o tamaño por debajo del cual queda el 10% del suelo, en peso.
- Se realiza un comparativo entre los resultados obtenidos a partir del cálculo de las formulas antes mencionadas.
- Para que sea una arena bien graduada el coeficiente de uniformidad debe ser superior a 6, la curvatura debe estar entre el 1 a 3%, sino no cumple con estas condiciones es una arena mal graduada (Tipo SP).
- Revisando nuestra grafica del análisis mecánico obtenemos los siguientes resultados:
 - ✓ Para D_{10} obtenemos un diámetro de partícula de 0.19mm aprox.
 - ✓ Para D_{30} obtenemos un diámetro de partícula de 0.35mm aprox.
 - ✓ Para D_{60} obtenemos un diámetro de partícula de 0.88mm aprox.
- Reemplazamos estos datos en nuestras formulas y procedemos a realizar nuestro comparativo.

$$C_C = \frac{0.35^2}{0.19 \times 0.88} = 0.73 \qquad C_u = \frac{0.88}{0.19} = 4.$$

- De los valores obtenidos, tenemos que el C_c es inferior a 1% y el C_u es inferior a 6, por lo tanto deducimos que nuestro material utilizado es del tipo Arena SP.

ING CESAR A. CHERRE MORALES
CIP: 72495
ESPECIALISTA EN MECANICA DE SUELOS Y GEOTECNIA

ANALISIS GRANULOMETRICO POR TAMIZADO

SOLICITA : GUSTAVO WALDEMAR CORDOVA SANCHEZ - YESVILU SHARAN WINCHOLONG RIOS
OBRA : ESTUDIO DE SUELOS CON FINES DE CIMENTACION DEL PROYECTO PIURA - PARCELA 02 - SUB LOTE A - 2
UBICACION : PIURA
MUESTRA : GP - GM.
FCHA : PIURA MAYO DEL 2015

STANDARD N°	TAMANO mm.	ESPECIFICACION	
		TECNICA	GRADO DE TIPO
5" n.n	127.060		
3"	76.200		100
2"	50.800		75 - 95
1 1/2"	38.100		40 - 75
1"	25.400		30 - 60
3/4"	19.050		20 - 45
1/2"	12.700		15 - 30
3/8"	9.520		0 - 15
1/4"	6.350		
N°4	4.760		
" 8	2.380		
" 10	2.000		
" 16	1.190		
" 20	0.840		
" 30	0.590		
" 40	0.426		
" 50	0.297		
" 70	0.212		
" 100	0.150		
" 140	0.106		
" 170	0.089		
" 200	0.074		
- 200			

TAMIZ		ESPECIFICACION	
RETENIDO	%	QUE PASA	%
6.32	93.68	100.00	
9.65	84.04		
12.28	71.75		
7.37	64.39		
8.77	55.61		
9.01	46.60		
10.12	36.48		
2.47	34.02		
1.89	32.12		
1.58	30.54		
1.05	29.49		
3.74	25.75		
3.51	22.24		
7.54	14.69		
4.91	9.78		
4.21	5.57		
1.75	3.82		
0.35	3.47		
3.47	0.00		

GRAFICA DEL ANALISIS MECANICO

OBSERVACIONES : DESCRIPCION DE LA MUESTRA SUCS : **GM-GP**
AASHTO : **A - 1 - b - 0**

GRAVAS : **63.52 %**
ARENAS : **33.02 %**
LIMOS - ARCILLAS : **3.47 %**


César Augusto Cherre Morales
INGENIERO CIVIL
CIP N° 72495

INTERPRETACION

- En nuestro ensayo realizado a nuestro lastre, vemos que nuestro uso granulométrico se encuentra graficado en la curva superior e inferior.
- Los valores obtenidos arriba de la malla #4 son para la piedra y los valores inferiores a la malla #4 son para la arena.
- Para hallar nuestro porcentaje de grava, lo calculamos de la siguiente manera:
 - ✓ $\% \text{Grava} = 100 - 36.48 = 63.52$
 - ✓ $\% \text{Arena} = 36.48 - 3.47 = 33.01$
 - ✓ $\% \text{Finos} = 3.47$
- El material que estamos utilizando es de baja plasticidad, esto quiere decir que existe poco porcentaje de liga.
- Para clasificar nuestro material se tendrán en cuenta los siguientes parámetros:
 - ✓ El Coeficiente de Uniformidad debe ser superior a 6 para Gravas
 - ✓ El Coeficiente de Uniformidad debe ser superior a 4 para arenas
- Al momento de clasificar nuestro material, se le a colocado la siguiente nomenclatura GP – GM, siendo el GP una lastre arenosa con presencia de arcilla, y ara nuestro GM será una lastre limosa.
- Para realizar nuestro Análisis Granulométrico por tamizado del material Afirmado, se ha tomado en cuenta la Norma ASTM – D 422 Y ASSTHO T 88

ING CESAR A. CHERRE MORALES
CIP: 72495
ESPECIALISTA EN MECANICA DE SUELOS Y GEOTECNIA

LIMITES DE ATTERBERG

SOLICITA	:	GUSTAVO WALDEMAR CORDOVA SANCHEZ - YESVILU
OBRA	:	SHARAN WINCHOLONG RIOS
OBRA	:	ESTUDIO DE SUELOS CON FINES DE CIMENTACION DEL PROYECTO PIURA - PARCELA 02 - SUB LOTE A- 2
UBICACIÓN	:	PIURA
MUESTRA	:	GP - GM.
FCHA	:	PIURA MAYO DEL 2015

1.- LIMITE LIQUIDO		ASTM 423-66					
NUMERO DE GOLPES	CAPSULA NUMERO	TOTAL PESO HUMEDO + (T)	TOTAL PESO SECO + (T)	PESO AGUA	TARA (T)	MUESTRA PESO SECO	HUMEDAD %
14	32	27.59	24.80	2.79	14.50	10.30	27.09
21	35	25.71	23.45	2.26	14.45	9.00	25.11
34	39	27.34	24.95	2.39	14.50	10.45	22.87
45	43	27.16	25.19	1.97	16.00	9.19	21.44

2.- LIMITE PLASTICO		ASTM D424-59					
CAPSULA NUMERO	TOTAL PESO HUMEDO + (T)	TOTAL PESO SECO + (T)	PESO AGUA	TARA (T)	MUESTRA PESO SECO	CONTENIDO DE AGUA	LIMITE PLASTICO %
12B	30.52	28.66	1.86	19.50	9.16	20.31	
15B	30.78	28.75	2.03	19.70	9.05	22.43	21.37

	ASTM D 423	L.L. = 24.30
		IP = 2.93
	ASTM D 424	

César Augusto Cherre Morales
César Augusto Cherre Morales
INGENIERO CIVIL
CIP N° 72495

INTERPRETACION

- En nuestros resultados observamos que nuestro material posee una arcilla de baja plasticidad, por lo tanto podríamos decir, que nuestra arcilla es del tipo GC.
- Nuestra muestra que hemos tomado para este ensayo es el afirmado.
- El límite líquido es la humedad que intercepta a 25 golpes.
- El límite líquido es nuestro promedio de las humedades.
- Para calcular nuestro Limite Plástico, tenemos que realizar la semisuma de los valores obtenidos en nuestra columna de Contenido de Agua:

$$LP = \frac{20.31+22.43}{2} = 21.37$$

Por ultimo calculamos nuestro Indice de plasticidad, este valor lo obtenemos a partir de la diferencia entre el Limite Liquido y Limite Plástico.

$$IP = 24.30 - 21.37 = 2.93$$

RELLENO CONTROLADO CON MATERIAL PROPIO MEJORADO



RELLENO CONTROLADO CON MATERIAL DE PRESTAMO AFIRMADO

1.50m

AFIRMADO $q_{adm (neta)} = 6.57 \text{ kg/cm}^2$

PRESUPUESTOS DE LOS RELLENOS CONTROLADOS

RELLENO CONTROLADO CON MATERIAL MEJORADO (ARENAS SP)

PROYECTO : HHUU LAS PALMERAS DEL
CHIPE_PIURA
ENCARGADOS : GUSTAVO W. CORDOVA SANCHEZ
YESVILU S. WINCHONLONG RIOS



ITEM	DESCRIPCION	UNIDAD	METRA DO	PRECIO	SUBTOTAL [S/.]
1.00.00	MEJORAMIENTO DEL TERRENO PARA EDIFICACION				415,045.33
1.01.00	MEJORAMIENTO DEL TERRENO				415,045.33
1.01.01	Eliminación todos los tacones y raíces contenidas en la capa superficial (Edificios 2 y 3)	m2	2,174.03	1.50	3,261.05
1.01.02	Corte y Excavación masiva a nivel sub rasante (Edificios 2 y 3)	m3	18,608.57	5.00	93,042.85
1.01.03	Acarreo y acopio de material excavación (Edificios 2 y 3)	m3	19,936.92	3.01	60,010.13
1.01.04	Nivelación y compactación a nivel sub rasante (Edificios 2 y 3)	m2	2,174.03	4.32	9,391.81
1.01.05	Relleno y compactación con material propio en capas de 1 mt (Edificio 2 y 3)	m2	13,044.18	13.14	171,400.53
1.01.06	Relleno y compactación con afirmado h=0.30 mt (Edificios 2 Y 3)	m2	2,174.03	35.85	77,938.98
	COSTO DIRECTO				415,045.33
	GASTOS GENERALES	10.00	%		41,504.53
	UTILIDAD	10.00	%		41,504.53
	SUB TOTAL				498,054.39
	I.G.V. 18 %	18.00	%		89,649.79
	TOTAL PRESUPUESTO				587,704.23

RELLENO CONTROLADO CON MATERIAL BASE AFIRMADO

PROYECTO : HHUU LAS PALMERAS DEL
CHIPE_PIURA
ENCARGADOS : GUSTAVO W. CORDOVA
SANCHEZ
RIOS YESVILU S. WINCHONLONG



ITEM	DESCRIPCION	UNIDAD	METRADO	PRECIO	SUBTOTAL [S./]
1.00.00	MEJORAMIENTO DEL TERRENO PARA EDIFICACION				296,424.22
1.01.00	MEJORAMIENTO DEL TERRENO				296,424.22
1.01.01	Eliminación todos los tacones y raíces contenidas en la capa superficial (Edificios 2 y 3)	m2	2,174.03	1.50	3,261.05
1.01.02	Corte y Excavación masiva a nivel subrasante (Edificios 2 y 3)	m3	4,674.16	5.00	23,370.80
1.01.03	Nivelación y compactación a nivel subrasante (Edificios 2 y 3)	m2	2,174.03	4.32	9,391.81
1.01.04	Relleno y compactación con afirmado h=1.50 mt (Edificios 2 y 3)	m2	2,174.03	86.47	187,988.37
1.01.05	Eliminación de material excedente	m3	5,609.00	12.91	72,412.19
	COSTO DIRECTO				296,424.22
	GASTOS GENERALES	10.00	%		29,642.42
	UTILIDAD	10.00	%		29,642.42
	SUB TOTAL				355,709.06
	I.G.V. 18 %	18.00	%		64,027.63
	TOTAL PRESUPUESTO				419,736.69

8. Análisis y Discusión

COMPARATIVO DE LAS PROPIEDADES FÍSICAS DE AMBOS MATERIALES		
DESCRIPCION	ARENA SP	AFIRMADO
TAMAÑO DE LA PARTICULA (mm)	0.06 – 2	2 – 60
USOS	Conformación de Sub Rasantes en Pistas, Veredas o para diferentes tipos de Proyecto	Como paquete estructural de una vía
	Cama de apoyo para Tubería en Obras Sanitarias	Construcción de Trochas
	Rellenos Controlados	
		Material para mejoramiento de terrenos
ENSAYOS REALIZADOS	SPT	CBR
	DPL	Limite Liquido
		Limite Plástico
		Índice de Plasticidad
	Clasificación S.U.C.S	
	Análisis Granulométrico por Tamizado	
PERMEABILIDAD	$0.1 > K > 0.001$	> 0.1
MODULO DE YOUNG (E)	500 kg/cm ²	1000 kg/cm ²

INTERPRETACION Y COMENTARIO

- Existe una gran diferencia entre las Arenas del Tipo SP con el material granular Afirmado, las propiedades físicas del Afirmado son mejores que las de las Arenas ya que este es un material mejorado; debido al superior tamaño de sus fracciones esto hace que tenga un mayor grado de adherencia y compactación, esto hace que el material granular sea el más utilizado para la conformación de bases y sub bases en cualquier tipo de estructura.
- El Afirmado es un material importante para la construcción de bases firmes de fundación donde se apoyaran Proyectos Esenciales. Por eso este material debe cumplir con las condiciones adecuadas como terreno de fundación.
- Para realizar una adecuada clasificación de suelos se debe de tener en cuenta las normas técnicas, ya que estas nos orientan y nos sirven para clasificar nuestro material a utilizar

COMPARATIVO DEL ANALISIS DE LOS RELLENO CONTROLADO		
DESCRIPCION	ARENA SP	AFIRMADO
Qadm	4.56 kg/cm2	6.57 kg/cm2
VENTAJAS	-	Inferior espesor de capa
	Mejoramiento de la facultad portante de las arenas	Mayor capacidad portante
	-	Mayor grado de compactación
	-	Inferior tiempo de ejecución
	Inferior costo del material	Mejor Estabilidad del Relleno
	No existirá problemas de licuefacción	
	Control del grado de compactación in situ con ensayos DPL	
DESVENTAJAS	Mayor tiempo de ejecución	Superior costo del material
	Mayores gastos por mantenimiento	-
	Superior profundidad de excavación	-
	A superior porcentaje de humedad pueden existir problemas de saturación	En contacto con demasiada humedad pueden existir problemas de segregación granular, quedando expuestas las fracciones de mayor tamaño.
	Inferior Estabilidad	-
	Más tiempo de espera para mejorar el material	-
NUMERO DE GOLPES PROMEDIO CON ENSAYO SPT	31	50
ENSAYOS REALIZADOS	30 Ensayos DPL,	1 Ensayo de Abrasión de los Ángeles
	2 Ensayos de SPT	1 Ensayo de CBR
	6 Pruebas de Densidad de campo	2 Ensayos de Densidad de Campo
	6 Pruebas de Porcentaje de Humedad	2 Pruebas de Porcentaje de Humedad
	12 Ensayos de Compactación en Material	4 Ensayos de Compactación en Material
	1 Ensayo de Análisis Granulométrico	
	-	2 Ensayos de Limite de Consistencia

INTERPRETACION Y COMENTARIO

- El mejoramiento del material propio otorga mejores resultados, ya que su facultad portante aumenta, el control de compactación y calidad del relleno debe ser monitoreado constantemente y realizarse las pruebas correspondientes en un Laboratorio de Suelos de buena Reputación, deben registrarse los resultados obtenidos de los ensayos de DPL en hojas de Control de calidad y ser validados por un Profesional especialista.

- El relleno con Material Granular Afirmado otorga una mejor facultad de carga, esta capacidad puede aprovecharse para la disminución de la cuantía de acero y/o la resistencia del concreto que se utilizaran en las estructuras que irán sobre este relleno. El registro de los rellenos deben ser colocados en hojas de Control de Calidad para ser aprobados por el Profesional a Cargo. El mantenimiento de este relleno es inferior al del de las arenas ya que el material granular no puede estar constantemente en contacto con el agua.

COMPARATIVO DEL ANALISIS ECONOMICO DE LOS RELLENOS CONTROLADOS				
DESCRIPCION	UND	ARENA SP	AFIRMADO	DIFERENCIA
TOTAL PRESUPUESTO		S/. 587,704.23	S/. 544,474.99	S/. 43,229.24
COSTO DEL MATERIAL	M3	S/. 4.00	S/. 45.00	-S/. 41.00
COSTO TOTAL DE MATERIAL DE PRESTAMO	M3	S/. 36,686.76	S/. 204,614.45	-S/. 167,927.69
OPERARIO	HH	7,987.92	4,019.85	S/. 3,968.07
OFICIAL	HH	8,837.80	1,606.39	S/. 7,231.41
PEON	HH	1,936.95	2,763.10	-S/. 826.15
COSTO MANO DE OBRA	HH	S/. 18,762.67	S/. 8,389.34	S/. 10,373.33
HERRAMIENTAS MANUALES	%M.O	S/. 799.66	279.18	S/. 520.48
VOLQUETES 15 m3 125 HP	HM	S/. 12,661.55	S/. 38,148.62	-S/. 25,487.07
CAMION CISTERNA 2,500 gl	HM	S/. 54,185.52	S/. 8,635.25	S/. 45,550.27
EXCAVADORA TIPO TORNAMESA 125 HP BRAZO 12m Y 2.1 P3	HM	S/. 84,855.07	S/. 21,314.18	S/. 63,540.89
TRACTOR DE ORUGAS D7-G 250 HP	HM	S/. 117,823.08	S/. 14,760.79	S/. 103,062.29
CARGADOR FRONTAL 250 HP	HM	S/. 38,780.35	S/. 67,138.36	-S/. 28,358.01
MOTONIVELADORA DE 125 HP	HM	S/. 8,217.85	S/. 8,217.85	S/. 0.00
RODILLO LISO VIBRATORIO 12TN 125HP	HM	S/. 42,263.15	S/. 12,971.86	S/. 29,291.29
COSTO DE EQUIPO	HM	S/. 359,586.23	S/. 171,466.09	S/. 188,120.14
RENDIMIENTO	M2	550.00	660.00	110.00
CORTE Y EXCAVACION MASIVA A NIVEL DE SUB RASANTE	M3	S/. 93,042.85	23,370.80	S/. 69,672.05
RELLENO Y COMPACTACION CON	M2	S/. 171,400.53	S/. 187,988.37	-S/.

				16,587.84
CORTE Y EXCAVACION MASIVA A NIVEL DE SUB RASANTE	M3	18,608.57	4,674.15	13,934.42
RELLENO Y COMPACTACION CON	M3	13,044.18	2,174.03	10,870.15
CANTIDAD DE MANO DE OBRA				
OPERARIO	HH	1.00	1.00	
OFICIAL	HH	1.00	1.00	
CANTIDAD DE EQUIPO				
VOLQUETES 15 m3 125 HP	HM	-	3.00	
CAMION CISTERNA 2,500 gl	HM	2.00	2.00	
TRACTOR DE ORUGAS D7-G 250 HP	HM	1.00	1.00	
CARGADOR FRONTAL 250 HP	HM	1.00	1.00	
MOTONIVELADORA DE 125 HP	HM	-	1.00	
RODILLO LISO VIBRATORIO 12TN 125HP	HM	1.00	1.00	
TIEMPO DE EJECUCION POR EXCAVACION	DIA	38	8	30
TIEMPO DE EJECUCION POR RELLENO	DIA	25	5	20
GASTO DIARIO POR EXCAVACION	M3	S/. 2,448.50	S/. 2,921.35	-S/. 472.85
GASTO DIARIO POR RELLENO	M3	S/. 6,856.02	S/. 37,597.67	-S/. 30,741.65

Interpretación y comentario

- En el análisis económico se puede observar que los mayores gastos generados en el relleno con material de préstamo afirmado son el costo total por traslado del material a Obra, la mano de obra utilizada por los peones, el costo en Maquinaria del Cargador frontal y de los volquetes y por último el gasto utilizado en el relleno y compactación.
- En caso hubiese un retraso en los rellenos de Afirmado, el costo sería demasiado, ya que el gasto diario asciende al monto de S/. 37,597.67; esto sería una desventaja para el contratista y un retraso de la obra.
- El tiempo de ejecución de los trabajos realizados para las excavaciones como de los rellenos con material de préstamo afirmado disminuyen en un 21%.
- El tratamiento de las arenas siempre generara costos adicionales para la empresa, por lo tanto, es recomendable utilizar otro tipo de material que no necesite tanto tratamiento para evitar estos gastos.
- De estos resultados podemos concluir que el relleno controlado con material afirmado puede generar costos elevados en algunas partidas o mano de obra, pero que esto nos permitirá ahorrar en nuestras estructuras que se construirán sobre estos rellenos y ahorrar tiempo en su ejecución, debido al inferior espesor de capa y a inferior profundidad de excavación.

9. Conclusiones y Recomendaciones

9.1. Conclusiones

- 1 La capacidad portante de la primera alternativa es de 4.56kg/cm² y para nuestra segunda alternativa es de 6.57kg/cm².
- 2 En tanto a la muestra tomada del suelo grueso se podría señalar que es una grava arenosa limosa.
- 3 Referente a la muestra tomada del suelo fino es una arena mal gradada.
- 4 Al ejecutar la aplicación de la metodología granulométrica mediante el tamizado se puede hacer la clasificación los suelos en grava, arena y limo.
- 5 En tanto al método de análisis granulométrico mecánico se considera que es bastante sencillo de realizar su aplicación en el Laboratorio.
- 6 El tamaño de las partículas de arena es de 0.06 a 2 mm y para nuestro afirmado es de 2 a 60mm.
- 7 El modulo Young para las arenas es de 500kg/cm² y para nuestro afirmado es de 1000kg/cm².
- 8 El monto del Relleno Controlado con arenas del tipo SP es de S/. 587 704.23 y para nuestro Relleno Controlado con material de Préstamo Afirmado es de S/.419 736.69.
- 9 De lo valores obtenidos tenemos que el Cc es menor a 1% y el Cu es inferior a 6, por lo tanto deducimos que nuestro material utilizado es arena SP.
- 10 El material granular que estamos usando es de baja plasticidad, esto quiere decir que existe poco porcentaje de liga.
- 11 La mejor alternativa es la del Relleno Controlado con material de Préstamo Afirmado.

9.2. Recomendaciones

- Se recomienda utilizar la segunda alternativa debido a su mayor facultad
- Se recomienda además que el material esté compuesto por menos del 5% de finos, además que el coeficiente de curvatura (C_c) se encuentre entre 1 a 3 y deberá contener más del 50% de fracción gruesa retenida en la malla N°4.
- Se recomienda que nuestra arena tenga menos del 5% de finos, que su coeficiente de curvatura sea inferior a 1.
- El tamizado deberá ser ejecutado por un periodo de tiempo de 10min de manera individual, realizando además movimientos circulares acenso riales.
- No se deberá aumentar la muestra permitida a cada tamiz por la metodología manual puesto que se perjudicará el tamiz.
- Se recomienda utilizar el material afirmado, debido al superior tamaño de sus fracciones, esto nos permite tener un mayor grado de adherencia y dureza.
- Utilizaremos el material granular afirmado, ya que su módulo de Young es superior y tiene una mejor trabajabilidad.
- Se utilizara el relleno con afirmado, ya que este es de inferior precio y sus gastos por ejecución son menores.
- Los resultados del coeficiente de curvatura y el coeficiente de uniformidad son menores a los requeridos, se recomienda que el material sea clasificado como tipo SP.
- Se recomienda que nuestro material tenga poco porcentaje de ligas, porque esto cumple con los requerimientos de las normas técnicas para los rellenos controlados.
- Se utilizara la segunda alternativa, ya que esta otorga mejores propiedades físicas de su material, una mejor facultad portante y un inferior costo de ejecución.

10. Agradecimiento y Dedicatoria

Mi trabajo de investigación va dedicado a Dios, puesto a que sin él nada podría hacer, es El quien me concede el privilegio de tener vida y además me ofrece lo necesario para así poder lograr mis metas.

Gracias Padre Celestial por el amor que me das, por mi nuestra luz y guía en mi caminar y darme la sabiduría y las fuerzas necesarias para alcanzar mis sueños, porque tomado de tu mano todo es posible.

A mis padres por su amor y apoyo incondicional que me brindan cada día y por demostrarme que las metas se pueden lograr y que una caída no significa que quedaré derrotado, sino por el contrario será mi impulso para continuar.

A mis maestros los cuales nunca desistieron al enseñarme, sin importar las dificultades, ellos continuaron depositando su esperanza en mí.

A mi Abuela, que fue el apoyo incondicional durante nuestra carrera, por sus oraciones y buenos deseos de vernos superarnos y ser profesionales.

Gustavo Waldemar Córdova Sánchez

11. Referencias Bibliográficas

- Casma Jimmy (2007) Estudio de suelos para la implementación de juzgados de paz letrados en comisarías en la zonas de frontera.
- CivilGeeks.com
- Colombia (2011) estudio de suelos para la construcción de una edificación de dos pisos.
- Elmes Angulo Max (2006) análisis y evaluación de peligros por Movimientos en masa, inundación y sismicidad En el piedmont de la comuna de puente alto. Chile: Santiago.
- Estaire Gepp José (2004) Comportamiento de Cimentaciones Superficiales sobre suelos granulares sometidas a sollicitaciones dinámicas. España: Madrid.
- Huanca Borda, Ángel, “Mecánica de Suelos”, Universidad Nacional San Luis Gonzaga de Ica
- INDECOPI (1998) Norma Técnica Peruana NTP 339-133.
- INDECOPI (Vigente) Norma ASTM D 1586 – 99.
- Madrid Berta (1991) Microzonificación de la Ciudad de Piura y Lineamientos de Desarrollo Urbano para la Mitigación de Desastres.
- Ministerio de Energía y Minas (2000) Guía para el Muestreo y análisis del Suelo.
- Reglamento Nacional de Edificaciones (2006) norma Técnica E-030 Suelos y Cimentaciones.
- Reglamento Nacional de Edificaciones (2009) norma Técnica CE-020 Estabilización de Suelos y Taludes.
- Reglamento Nacional de Edificaciones (2013) norma Técnica E-050 Suelos y Cimentaciones.
- Unidad Ejecutora 002 – Poder Judicial UCP. SMJ/PJ (2007) estudios de suelos para la implementación de juzgados de paz letrados en comisarías en la zonas de frontera” – comisaria Pocollay.

12. Apéndices y Anexos

ANEXO N°01: PANEL FOTOGRÁFICO



Área excavada para los Rellenos Controlados



Acarreo y Acumulación de Material proveniente de las excavaciones



Mejoramiento del material propio con agua



Relleno con material propio mejorado con fines de cimentación



Compactación de las capas de relleno



Relleno Controlado con material mejorado – Arenas Tipo SP



Ubicación de la perforación SPT-01. Se está ejecutando la Perforación Manual para el primer metro más superficial.

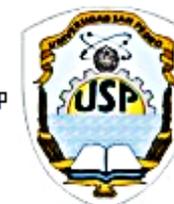


METRADOS Y ANALISIS DE COSTOS DE AMBOS PRESUPUESTOS

Metrados del R.C con Material Mejorado – Arenas del Tipo SP

PLANTILLA DE METRADOS

PROYECTO RELLENO CONTROLADO CON ARENAS TIPO SP
FECHA JULIO DEL 2015



ITEM	DESCRIPCION	UND	VOLUMEN (m3)					AREA (M2)				
			a	h	l	n	vol	a	l	n	área	
1.00.00	MEJORAMIENTO DEL TERRENO PARA EDIFICACION											
1.01.00	MEJORAMIENTO DEL TERRENO											
1.01.01	Eliminación todos los tacones y raices contenidas en la capa superficial (Edificios 2 y 3)	m2										2,174.03
								2,174.030	1.00	1.00		2,174.03
1.01.02	Corte y Excavación masiva a nivel subrasante (Edificios 2 y 3)	m3					18,608.57					
			2174.03	8.559	1.00	1.00	18,608.57					
1.01.03	Acarreo y acopio de material excavación (Edificios 2 y 3)	m3					19,936.92					
1.01.04	Nivelación y compactación a nivel subrasante (Edificios 2 y 3)	m2										2,174.03
								2,174.030	1.00	1.00		2,174.03
1.01.05	Relleno y compactacion con material propio en capas de 1 mt (Edificio 2 y 3)	m2										13,044.18
								2,174.030	1.00	6.00		13,044.18
1.01.06	Relleno y compactación con afirmado h=0.30 mt (Edificios 2 Y 3)	m2										2,174.03
								2,174.030	1.00	1.00		2,174.03

Metrados del R.C con Material de Préstamo Afirmado

PLANTILLA DE METRADOS

PROYECTO RELLENO CONTROLADO CON MATERIAL DE
PRESTAMO AFIRMADO

FECHA JULIO DEL 2015



ITEM	DESCRIPCION	UND	VOLUMEN (m3)					AREA (M2)					
			a	h	l	n	vol	a	l	n	Área		
1.00.00	MEJORAMIENTO DEL TERRENO PARA EDIFICACION												
1.01.00	MEJORAMIENTO DEL TERRENO												
1.01.01	Eliminación todos los tacones y raices contenidas en la capa superficial (Edificios 2 y 3)	m2											2,174.03
									2,174.030	1.00	1.00		2,174.03
1.01.02	Corte y Excavación masiva a nivel subrasante (Edificios 2 y 3)	m3					4,674.16						
			2174	2.15	1.00	1.00	4,674.16						
1.01.03	Nivelación y compactación a nivel subrasante (Edificios 2 y 3)	m2											2,174.03
									2,174.030	1.00	1.00		2,174.03
1.01.04	Relleno y compactación con afirmado h=1.50 mt (Edificios 2 y 3)	m2											2,174.03
									2,174.030	1.00	1.00		2,174.03
1.01.05	Relleno y compactación con Over h=0.65 mt (Edificios 2 y 3)	m3					1,483.78						
			2174	0.65	1.00	1.00	1,413.12						
1.01.06	Eliminación de material excedente	m3					5,608.99						

Análisis de Costos Unitarios del R.C con Material de Préstamo Afirmado

Análisis de precios unitarios

Presupuesto	0101001	CONSTRUCCION DE RELLENOS CONTROLADOS CON ARENAS TIPO SP				
Subpresupuesto	001	CONSTRUCCION DE RELLENOS CONTROLADOS CON ARENAS TIPO SP				
Partida	01.01.01	ELIMINACION DE TODOS LOS TACONES Y RAICES CONTENIDAS EN LA CAPA SUPERFICIAL (EDIFICOS 2 Y 3)				
Rendimiento	m2/DIA	185.0000	EQ.	185.0000	Costo unitario directo por : m2	1.50
Código	Descripción Recurso		Unidad	Cuadrilla	Cantidad	Precio S/.
	Mano de Obra					Parcial S/.
0147010002	OPERARIO		hh	1.0000	0.0432	12.99
0147010004	PEON		hh	2.0000	0.0865	10.30
						1.45
	Equipos					
0337010001	HERRAMIENTAS MANUALES		%MO		3.5000	1.45
						0.05
Partida	01.01.02	CORTE Y EXCAVACION MASIVA A NIVEL DE SUB RASANTE				
Rendimiento	m3/DIA	500.0000	EQ.	500.0000	Costo unitario directo por : m3	5.00
Código	Descripción Recurso		Unidad	Cuadrilla	Cantidad	Precio S/.
	Mano de Obra					Parcial S/.
0147010002	OPERARIO		hh	1.0000	0.0160	12.99
0147010003	OFICIAL		hh	1.1500	0.0184	11.58
						0.42

Equipos						
0337010001	HERRAMIENTAS MANUALES	%MO		5.0000	0.42	0.02
0349040091	EXCAVADORA TIPO TORNAMESA 125 HP BRAZO 12m Y 2.1 P3	hm	1.0000	0.0160	285.00	4.56
						4.58

ACARREO Y ACOPIO DE MATERIAL PROVENIENTE DE EXCAVACION						
Partida	01.01.03					
Rendimiento	m3/DIA	780.0000	EQ.	780.0000	Costo unitario directo por : m3	3.01
Código	Descripción Recurso		Unidad	Cuadrilla	Cantidad	Precio S/.
	Mano de Obra					Parcial S/.
0147010003	OFICIAL		hh	1.0000	0.0103	11.58
						0.12

Equipos						
0337010001	HERRAMIENTAS MANUALES	%MO		5.0000	0.12	0.01
0349040092	TRACTOR DE ORUGAS D7-G 250 HP	hm	1.0000	0.0103	280.00	2.88

NIVELACION Y COMPACTACION A NIVEL DE SUB RASANTE						
Partida	01.01.04					
Rendimiento	m2/DIA	900.0000	EQ.	900.0000	Costo unitario directo por : m2	4.32
Código	Descripción Recurso		Unidad	Cuadrilla	Cantidad	Precio S/.
	Mano de Obra					Parcial S/.
0147010002	OPERARIO		hh	0.4000	0.0036	12.99
						0.05

Equipos						
0337010001	HERRAMIENTAS MANUALES	%MO		5.0000	0.05	
0348120094	CAMION CISTERNA 2,500 gl	hm	1.0000	0.0089	120.00	1.07
0349090000	MOTONIVELADORA DE 125 HP	hm	1.0000	0.0089	180.00	1.60
0349110021	RODILLO LISO VIBRATORIO 12TN 125HP	hm	1.0000	0.0089	180.00	1.60
						4.27

RELLENO Y COMPACTACION CON MATERIAL PROPIO EN CAPAS DE 1m						
Partida	01.01.05					

Rendimiento	m2/DIA	550.0000	EQ.	550.0000	Costo unitario directo por : m2		13.14	
Código	Descripción Recurso			Unidad	Cuadrilla	Cantidad	Precio \$/.	Parcial \$/.
Mano de Obra								
0147010002	OPERARIO			hh	1.0000	0.0145	12.99	0.19
0147010003	OFICIAL			hh	1.0000	0.0145	11.58	0.17
Equipos								
0337010001	HERRAMIENTAS MANUALES			%MO		3.0000	0.36	0.01
0348120094	CAMION CISTERNA 2,500 gl			hm	2.0000	0.0291	120.00	3.49
0349040092	TRACTOR DE ORUGAS D7-G 250 HP			hm	1.0000	0.0145	280.00	4.06
0349040093	CARGADOR FRONTAL 250 HP			hm	1.0000	0.0145	180.00	2.61
0349110021	RODILLO LISO VIBRATORIO 12TN 125HP			hm	1.0000	0.0145	180.00	2.61
Partida	01.01.06	RELLENO Y COMPACTACION CON AFIRMADO H=0.30m						
Rendimiento	m2/DIA	660.0000	EQ.	660.0000	Costo unitario directo por : m2		35.85	
Código	Descripción Recurso			Unidad	Cuadrilla	Cantidad	Precio \$/.	Parcial \$/.
Mano de Obra								
0147010002	OPERARIO			hh	1.0000	0.0121	12.99	0.16
0147010003	OFICIAL			hh	1.0000	0.0121	11.58	0.14
Materiales								
0205010036	AFIRMADO PREPARADO			m3		0.3750	45.00	16.88
Equipos								
0337010001	HERRAMIENTAS MANUALES			%MO		5.0000	0.30	0.02
0348040036	VOLQUETES 15 m3 125 HP			hm	3.0000	0.0364	160.00	5.82
0348120094	CAMION CISTERNA 2,500 gl			hm	2.0000	0.0242	120.00	2.90
0349040092	TRACTOR DE ORUGAS D7-G 250 HP			hm	1.0000	0.0121	280.00	3.39
0349040093	CARGADOR FRONTAL 250 HP			hm	1.0000	0.0121	180.00	2.18
0349090000	MOTONIVELADORA DE 125 HP			hm	1.0000	0.0121	180.00	2.18
0349110021	RODILLO LISO VIBRATORIO 12TN 125HP			hm	1.0000	0.0121	180.00	2.18
								18.67

Insumos del R.C con Material de Préstamo Afirmado

Precios y cantidades de recursos requeridos por tipo

Obra	0101001	CONSTRUCCION DE RELLENOS CONTROLADOS CON ARENAS TIPO SP			
Subpresupuesto	001	CONSTRUCCION DE RELLENOS CONTROLADOS CON ARENAS TIPO SP			
Fecha	12/07/2015				
Lugar	200101	PIURA - PIURA – PIURA			
Código	Recurso	Unidad	Cantidad	Precio S/.	Parcial S/.
MANO DE OBRA					
0147010002	OPERARIO	hh	614.9281	12.99	7,987.92
0147010003	OFICIAL	hh	763.1952	11.58	8,837.80
0147010004	PEON	hh	188.0536	10.30	1,936.95
					18,762.67
MATERIALES					
0205010036	AFIRMADO PREPARADO	m3	815.2613	45.00	36,686.76
EQUIPOS					
0337010001	HERRAMIENTAS MANUALES	%MO			799.66
0348040036	VOLQUETES 15 m3 125 HP	Hm	79.1347	160.00	12,661.55
0348120094	CAMION CISTERNA 2,500 gl	Hm	451.5460	120.00	54,185.52
0349040091	EXCAVADORA TIPO TORNAMESA 125 HP BRAZO 12m Y 2.1 P3	Hm	297.7371	285.00	84,855.07
0349040092	TRACTOR DE ORUGAS D7-G 250 HP	Hm	420.7967	280.00	117,823.08
0349040093	CARGADOR FRONTAL 250 HP	Hm	215.4464	180.00	38,780.35
0349090000	MOTONIVELADORA DE 125 HP	Hm	45.6547	180.00	8,217.85
0349110021	RODILLO LISO VIBRATORIO 12TN 125HP	Hm	234.7953	180.00	42,263.15
					359,586.23
Total				S/.	415,035.66

PLANOS