

Universidad Nacional de Ingeniería

PROGRAMA ACADÉMICO DE INGENIERIA CIVIL



**ESTABILIZACION DE SUELOS PARA LA ZONA DE CHINCHA
AFECTADA POR EL SISMO DEL 3 - 10 - 74**

T E S I S

PARA OPTAR EL TITULO PROFESIONAL DE INGENIERO CIVIL

ANGEL CESAR ZEGARRA CUEVA

PROMOCION 1974 - 2

LIMA ★ PERU ★ 1975

I N D I C E

		Páginas
CAPITULO I	INTRODUCCION	
I.1	BREVE RESEÑA SOBRE ESTABILIZACION DE SUELOS.....	1
I.2	EMPLEO DEL SUELO ESTABILIZADO COMO MATERIAL DE CONSTRUCCION.....	2
I.3	VENTAJAS DE LA CONSTRUCCION CON SUELO ESTABILIZADO.....	3
CAPITULO II	PRINCIPALES CARACTERISTICAS DE LOS ESTABILIZANTES EMPLEADOS.	
A.	BREVE RESEÑA	6
A.1	Aceite Lubricante Quemado	6
A.2	Emulsión Asfáltica tipo "A".....	7
A.3	Emulsión Asfáltica tipo "C".....	9
B.	IDENTIFICACION EN EL LABORATORIO....	9
B.1	Aceite Lubricante Quemado.....	9
B.2	Emulsión Asfáltica tipo "A".....	10
B.3	Emulsión Asfáltica tipo "C".....	11
C.	CARACTERISTICAS GENERALES DE LOS ESTABILIZANTES EMPLEADOS.....	11
C.1	Aceite Lubricante Quemado.....	11
C.2	Emulsión Asfáltica tipo "A".....	12
C.3	Emulsión Asfáltica tipo "C".....	12
CAPITULO III	ESTUDIO DE LOS SUELOS QUE SE USARAN EN LA ESTABILIZACION.	
III.1	INTRODUCCION	14
III.2	PROCEDIMIENTO PARA LA SELECCION DEL SUELO.....	15

III.3	DISPONIBILIDAD EN LA ZONA	17
III.4	IDENTIFICACION Y CLASIFICACION DE LOS SUELOS EMPLEADOS.....	17
CAPITULO IV ESTABILIZACION DE SUELOS		
1.	GENERALIDADES	20
2.	PROCEDIMIENTO DE LOS ENSAYOS EFECTUA DOS	22
a.	Ensayo a la Compresión	22
b.	Ensayo de Absorción Capilar	22
c.	Ensayo de Humedecido y Secado	23
d.	Ensayo de Helar y Deshelar	24
3.	RESULTADOS OBTENIDOS EN LOS ENSAYOS	25
3.1	Ensayos a la Compresión.....	25
3.2	Ensayos de Absorción Capilar	35
3.3	Ensayos de Humedecido y Secado	39
3.4	Ensayos de Helar y Deshelar	43
4.	INTERPRETACION DE LOS RESULTADOS OB- TENIDOS	47
5.	OBTENCION DEL OPTIMO CONTENIDO DE ES- TABILIZANTE.....	48
CAPITULO V ESTUDIO COMPARATIVO DE LOS RESULTADOS OBTENIDOS EN LOS TRES TIPOS DE ESTABI LIZANTES EMPLEADOS.		
V.1	RESPECTO A LOS RESULTADOS DE LOS ENSA YOS REALIZADOS	50
a.	Con respecto a los resultados de los ensayos a la Compresión.....	50
b.	Con respecto a los resultados de los ensayos de Absorción Capilar.....	53
c.	Con respecto a los resultados de los ensayos de Humedecido y Secado.....	56

d.	Con respecto a los resultados de los ensayos de Helar y Deshelar.....	57
V.2	RESPECTO AL OPTIMO CONTENIDO DE ESTABILIZANTE	57
V.3	SELECCION DEL MEJOR ESTABILIZANTE...	58
CAPITULO VI	ESTUDIO COMPARATIVO CON OTROS ESTABILIZANTES.	
VI.1	ESTUDIO COMPARATIVO CON LAS ESTABILIZACIONES SUELO-ASFALTO, SUELO-MELASA-SUELO-CAL y SUELO-CEMENTO.....	59
a.	Estudio comparativo de los estabilizantes con respecto a los resultados obtenidos en los ensayos.....	59
a.1	Con respecto a los ensayos de Compresión.....	60
a.2	Con respecto a los ensayos de Absorción Capilar	62
a.3	Con respecto a los ensayos de Humedecido y Secado	64
b.	Estudio comparativo de los estabilizantes con respecto al porcentaje Óptimo	65
c.	Estudio comparativo de los estabilizantes con respecto a la trabajabilidad.....	67
CAPITULO VII	CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES	
BIBLIOGRAFIA		
ANEXOS	: I	RESULTADOS DE LOS ENSAYOS REALIZADOS EN BLOQUES ESTABILIZADOS CON EMULSION ASFALTICA TIPO "C"
	II	GRAFICOS
	III	FOTOGRAFIAS

C A P I T U L O I

INTRODUCCION

I-1 BREVE RESEÑA SOBRE ESTABILIZACION DE SUELOS

Por más de 5,000 años, el hombre ha habitado en viviendas fabricadas con ciertas clases de barro seco y aún en la actualidad se estima que más de la mitad de la población del mundo siguen viviendo en casas de este tipo. Con muy pocas excepciones, las mejoras logradas en el adobe utilizado en la construcción de viviendas y en el diseño y técnicas constructivas han sido muy escasas.

Históricamente se ha probado que el adobe tradicional ha tenido muy poca resistencia a la erosión causada por el viento, la lluvia y las inundaciones. Los movimientos sísmicos han sido causantes de la destrucción de casas construídas con el adobe tradicional y consecuentemente de la muerte de millones de seres humanos, así como también de inmensas pérdidas de dinero.

De esta manera surge nuestro interés por mejorar las condiciones del adobe de construcción mediante la estabilización de suelos. En estudios anteriores, se realizaron trabajos de estabilización de suelos con asfalto de caminos RC-2, melaza y cal. Continuando con los estudios de estabilización, en la presente Tesis, probaremos otros tipos de estabilizante como: Aceite Quemado y emulsiones del tipo Catiónico y Aniónico, fabricados en el país.

Con la estabilización de suelos incrementamos la resistencia y durabilidad del adobe, sin aumentos apreciables en el costo de los materiales, la estabilización ha sido reconocida por los expertos interesados en materiales económicos y permanentes de construcción como uno de los mejores adelantos de los tiempos actuales.

I-2 EMPLEO DEL SUELO ESTABILIZADO COMO MATERIAL DE CONSTRUCCION

El suelo estabilizado es un nuevo material de construcción que puede ser empleado en la fabricación de bloques o adobes, mejorando su resistencia y durabilidad y prolongando por un mayor tiempo la conservación de las viviendas. Además el suelo estabilizado puede ser utilizada en las coberturas y cimentaciones, en general se le usa para la fabricación de viviendas rurales.

La estabilización de suelos comenzó con la estabilización de superficies de carreteras; también es usado en la construcción de terraplenes y sub-base de una carretera, teniendo en cuenta la definición de C.A. Hogen-Togler que dice, "La estabilización de suelos es el proceso por el cual se le da a los suelos al estado natural, suficiente resistencia abrasiva y resistencia al corte, como para estar en condiciones de soportar tráfico o cargas bajo las condiciones del clima del lugar, sin sufrir deformación dañina".

Ante todo debemos tener presente que la estabilización de suelos para la construcción de carreteras resulta ser solamente una de las tantas formas de construir caminos económicamente. Actualmente, también se utiliza el suelo estabilizado en pistas secundarias para aeropuertos, accesos, veredas y patios, revestimiento de canales, taludes, represas, silos subterráneos y silos

elevados.

I-3 VENTAJAS DE LA CONSTRUCCION CON SUELO ESTABILIZADO

Las ventajas de la construcción con suelo estabilizado son las siguientes:

a. Resistencia a la penetración del agua.- Los bloques estabilizados con materiales bituminosos, tales como el asfalto de caminos RC-2 y la emulsión asfáltica, absorben muy poca agua, permitiendo que las viviendas fabricadas con este tipo de material se conserven en buen estado, aún en zonas lluviosas.

Una de las características principales de las estructuras fabricadas con bloques estabilizados es la ausencia de la humedad, lo que hace que el interior de dichas estructuras sea agradable y confortable.

Los bloques estabilizados, en general, requieren muy poco mantenimiento y no necesitan pintura ni revestimiento. Sin embargo, también pueden ser pintadas y su resistencia contra el agua permite que la pintura aplicada tenga una larga duración.

b. Cualidades de aislamiento térmico.- Las construcciones con bloques estabilizados poseen excelentes propiedades aislantes.

Según informe de Twining Laboratories (California USA) comparando los coeficientes de conductividad térmica o transmisión del calor mediante un factor U (BTU/hora/pie²/°F/pulg);

$$U = \frac{H}{A \left(\frac{dt}{dx} \right)}$$

H = corriente calorífica (1 BTU/hora)

A = área (pie²)

$\frac{dt}{dx}$ gradiente de temperatura ($\frac{^{\circ}F}{\text{pulg}}$)

el interior de una estructura de bloque estabilizado con emulsión asfáltica de un espesor de 16 pulg. posee un factor U de 0.163 que es muy bajo comparado con el factor para una pared de ladrillo cuyo valor es 0.280 y mucho menor comparado con el de una pared de bloque de concreto cuyo valor del factor U es de 0.490.

c. Durabilidad.- Los bloques estabilizados ofrecen mayor resistencia a la acción erosiva del viento y requieren menor mantenimiento que los bloques sin estabilizar. Asimismo, las paredes anchas de bloques, reforzados y bien diseñados tienen mayor resistencia a los daños causados por movimientos sísmicos que las paredes delgadas sin reforzar.

d. Resistencia a los insectos.- El bloque estabilizado no es afectado por insectos destructivos. Si los procedimientos usados en la construcción son apropiados, la madera de los techos, puertas, marcos y dinteles también deberán estar protegidos contra la acción destructora de ciertos insectos.

e. Resistencia a incendios.- Los muros construídos con bloques estabilizados con materiales bituminosos no son dañados por el fuego, ya que los porcentajes necesarios para estabilizar el suelo son pequeños.

f. Costo.- Las estructuras con bloques estabilizados

tiene un bajo costo de materiales y proveen una excelente oportunidad para el constructor que desee usar bloques fabricados por él mismo.

En algunos casos el costo de producción es reducido - porque el suelo, en los alrededores de la construcción es apropiado para la fabricación de bloques.

Generalmente los bloques de suelo estabilizado secados al sol; tienen un costo menor que los ladrillos y que los bloques de concreto. En el secado de ladrillos se usan combustibles especiales para producir altas temperaturas. Como estos combustibles son frecuentemente escasos, el costo de producción de ladrillos es bastante elevado.

C A P I T U L O I I

ESTUDIO DE LOS ESTABILIZANTES EMPLEADOS EN LA PRESENTE TESIS

En la presente Tesis se han empleado para el estudio de la estabilización de suelos, con las muestras denominadas: Muestra M-1, Muestra M-2 y Muestra M-3 de la ciudad de Chincha, tres tipos de estabilizantes que son los siguientes:

- 1- Aceite Lubricante Quemado.
- 2- Emulsión Asfáltica tipo "A" (Fabricado en Lima)
- 3- Emulsión Asfáltica tipo "C" (Fabricado en Lima)

II-1 PRINCIPALES CARACTERISTICAS DE LOS ESTABILIZANTES EMPLEADOS

A. BREVE RESEÑA

A.1 Aceite Lubricante Quemado.- El aceite lubricante quemado, como su nombre lo indica, es el que eliminan los carros cuando realizan su cambio periódico de aceite en el motor, considerado residuo desechable.

Cada vehículo que necesita cambio de aceite lo realiza en una estación de venta de lubricantes; el aceite quemado que se elimina es acumulado en cilindros para su venta posterior, ya que suelen darle algunos usos o también ser procesados de nuevo.

En la ciudad de Chincha, zona para la cual se está realizando los estudios de estabilización de suelos, se encontraron las siguientes estaciones:

- Hacia el Norte de la zona en estudio por la Carretera Panamericana existen cuatro estaciones de grifos con cambios de aceite (Pueblo nuevo).
- Hacia la zona Sur, por la Carretera Panamericana, también existen cuatro estaciones de abastecimiento de lubricantes y cambio de aceite para vehículos (Chincha-Baja).
- En la misma ciudad (Chincha-Alta) hay cinco estaciones de cambio de aceite.

De estas estaciones podemos adquirir una gran cantidad de aceite quemado que cubrirían las necesidades si se le utiliza en la estabilización de suelos con fines de construcción.

A.2 Emulsión Asfáltica Tipo "A". - Una emulsión es una dispersión de dos líquidos, no mezclables, uno en el otro, preparado generalmente con la ayuda de un producto denominado emulsivo o emulsificante.

La preparación de una emulsión comprende dos fases: una fase dispersada y una fase dispersante.

Podemos entonces distinguir dos tipos de emulsión en

función de la naturaleza de sus fases:

. LAS EMULSIONES DIRECTAS, las que decimos de tipo "aceite dentro de agua", las cuales están constituidas de un líquido hidrocarbónico disperso dentro del agua.

LAS EMULSIONES INVERSAS, las que decimos del tipo "agua dentro de aceite", las cuales están constituidas por agua dispersa dentro de un líquido hidrocarbónico.

Las dos fases están separadas por una película protectora de emulsificante de la cual las moléculas cubren la superficie de las partículas. Estas moléculas tienen su parte apolar (cadena hidrocarbónica) ubicada dentro la fase hidrocarbónica (o fase de aceite) su parte polar emerge dentro el agua y crea, se ionizan, unas cargas eléctricas en la superficie de las partículas.

El signo de estas cargas confiere a las emulsiones su carácter aniónico (+) o catiónico (-).

Las emulsiones aniónicas poseen unas partículas que se dirigen, dentro del fenómeno de ELECTROLISIS, hacia el cátodo. Ellas son entonces cargadas positivamente.

La emulsión asfáltica tipo "A" es la denominada Emulsión Asfáltica tipo Aniónica; cuya fabricación se ha iniciado en nuestro país. (Las muestras de emulsiones han sido proporcionadas por la firma R. & S. Gutierrez S.A.).

La emulsión asfáltica tipo aniónico se puede obtener directamente en la planta; cuyo precio oscila en S/.

4.25 el litro; su envase se realiza en cilindros de 55 galones para ser transportados a lugares lejanos de la planta, en nuestro caso a Chíncha, habiendo la posibilidad, si existiera mayor demanda en la ciudad de Chíncha podría instalarse una distribuidora directamente de la planta.

A.3 Emulsión Asfáltica tipo "C".- La emulsión asfáltica tipo "C" es la que denominamos como emulsión asfáltica tipo Catiónico, cuyo nombre se debe a que las moléculas de la película emulsificante, protectora; tienen su parte polar que emerge dentro del agua y crea, se ionizan - cargas eléctricas negativas.

Las emulsiones catiónicas poseen partículas que se dirigen, dentro del fenómeno de ELECTROLISIS, hacia el Anodo; osea son cargadas negativamente.

La emulsión asfáltica tipo Catiónico, cuya fabricación también se ha iniciado en el país, se puede obtener directamente en la planta a un precio que oscila en S/. 3.80 el litro, su envase también se realiza en cilindros de 55 galones.

B. IDENTIFICACION EN EL LABORATORIO

B.1 Aceite Lubricante Quemado.- Se realizaron ensayos de identificación en el Laboratorio de Petroquímica en el Programa Académico de Petroleo y Petroquímica de la Universidad Nacional de Ingeniería, encontrándose los siguientes valores:

Gravedad A.P.I. a 60°F	24.5
Gravedad Específica a 60°F	0.9018

Viscosidad S.S.U. a 100°F	282
Viscosidad S.S.U. a 210°F	52
Punto de inflamación C.O.C.	182°F
Punto de encendido C.O.C.	226°F
Dilución de Combustible	1.6%
Contenido de agua	0.0%
Residuo de carbón	1.42%
Contenido de ceniza	0.7%
Sedimentos por centrífuga	0.1%

B.2 Emulsión Asfáltica tipo "A".- Las siguientes especificaciones que sirven para la identificación en el laboratorio de la emulsión asfáltica tipo "A", denominada emulsión aniónica, fue proporcionada por la planta de emulsión, dando los siguientes resultados:

Textura	Líquida
Gravedad específica	0.97
Temperatura de servicio	de 10°C - 50°C
Resistencia al agua	100% seco
Resistencia a la solución Acida/ Alkalina	95% seco
Resistencia al fuego,combustión	Mojado no combustible
Punto de inflamación	Ninguno. No solvente
Flexibilidad	Flexible
Resistencia al calor	Hasta normal
Oreo	30 minutos
Toxicidad	ninguno
Aplicación	Brocha
Rendimiento	240 pies ² /galón
Componente líquido	agua
Limpieza de herramientas	mojado con agua
Envase	Cilindro 55 galones
Almacenamiento	8 meses bajo sombra.

B.3 Emulsión Asfáltica tipo "C".- La identificación en el laboratorio de la emulsión asfáltica tipo "C", denominada emulsión catiónica también fue proporcionada por la planta de emulsión, dando los siguientes resultados:

Textura	Líquido
Gravedad específica	0.96
Temperatura de Servicio	10°C a 40°C
Resistencia al agua	100% seco
Resistencia al sol Acida/Alkalina	100% seco
Resistencia al fuego, combustión	Mojado no combustible
Punto de inflamación	Ninguno no solvente
Flexibilidad	Flexible
Resistencia al calor	hasta normal
Oreo	10 minutos
Toxicidad	ninguno
Aplicación	brocha
Rendimiento	200 pies ² /galón
Componente líquido	agua
Limpieza de herramientas	mojado con agua
Envase	cilindro 55 galones
Almacenamiento	6 meses bajo sombra.

C. CARACTERISTICAS GENERALES DE LOS ESTABILIZANTES EMPLEADOS

C.1 Aceite Lubricante Quemado .- El aceite lubricante quemado presenta las siguientes características:

- Es insoluble en el agua.
- Es de color negro aceitoso.
- No es combustible a temperatura normal.
- Es de fácil manejo para la fabricación de bloques.

- Es de fácil adquisición por la gran cantidad de estaciones de grifo de cambio de aceite.
- Proporciona moderada impermeabilidad.
- No es tóxico.
- Se puede usar en la limpieza de herramientas para protegerlas de la corrosión.
- Su almacenamiento debe realizarse en un lugar seco y bajo sombra, hasta 1 año.
- Se le puede adquirir en cilindros, de 55 galones, por S/. 200.00 cada uno; siendo mucho más económico que las emulsiones asfálticas.

C.2 Emulsión Asfáltica tipo "A" .- La emulsión asfáltica tipo "A" presenta las siguientes características:

- Es de un color marrón oscuro, algo viscoso.
- Es insoluble en el agua.
- No es tóxico.
- No es combustible a temperatura normal.
- Su aplicación es manual y de fácil trabajabilidad.
- Es usado para la limpieza de herramientas.
- Es un gran impermeabilizante.
- Su rendimiento para usarlo como membrana asfáltica es de 240 pies²/galón.
- Su comercio en mediante envases, en galones, en latas de 5 galones y en cilindros de 55 galones.
- Su almacenamiento debe realizarse en un lugar bajo sombra, pueden guardarse hasta 8 meses.
- Por ser fabricado en planta es de fácil adquisición y distribución.

C.3 Emulsión Asfáltica tipo "C".- La emulsión asfáltica tipo "C" presenta las siguientes características:

- Su color es marrón negruzco aceitoso.

- Es insoluble en el agua.
- No es tóxico.
- No es combustible cuando esta mojado.
- Su aplicación es manual y de fácil trabajabilidad para la fabricación de bloques.
- Es un gran impermeabilizante.
- Su rendimiento para usarlo como membrana asfáltica es de 200 pies²/galón.
- Es usado, mojado con agua, en la limpieza de herramientas contra la corrosión.
- Su comercio se realiza en envases de 5 galones y cilindros de 55 galones.
- Su almacenamiento debe realizarse en un lugar bajo sombra y puede guardarse hasta 6 meses.
- Por ser fabricado en planta es de fácil adquisición.

C A P I T U L O I I I

ESTUDIO DE LOS SUELOS QUE SE USARAN EN LA ESTABILIZACION

III-1 INTRODUCCION

El suelo, utilizado en una variedad de formas en la construcción de viviendas o estructuras de almacenamiento, es probablemente el más común y antiguo de los materiales de construcción.

Un suelo se estabiliza para fabricar bloques secados al sol, con la finalidad de hacerlo impermeable y durable, de tal manera que requiera un mínimo mantenimiento en los años posteriores.

En el presente Capítulo tratamos de dar algunas consideraciones para una buena selección del suelo usado en la estabilización con aceites lubricantes y emulsiones. También hablaremos sobre la disponibilidad del suelo en la ciudad de Chíncha, teniendo en cuenta consideraciones que también son mencionadas.

Finalmente, se ha realizado la identificación del suelo mediante los ensayos de granulometría, límites de consistencia y peso específico de sólidos para su clasificación según los Sistemas ASSHO (Sociedad Americana de Caminos Oficiales del Estado) y SUCS (Sistema Unificado de Clasificación de Suelos).

III-2 PROCEDIMIENTO PARA LA SELECCION DEL SUELO

En casi todas las regiones del mundo existen suelos - adecuados para la fabricación de bloques. Sin embargo, se deben tener en cuenta para cada región las condi - ciones de clima, la aceptabilidad en la zona y la eco - nomía de la misma.

Por ejemplo, para el caso específico de la zona de - Chincha, ésta se presenta apropiada en cuanto a las - características que debe reunir una zona para la fabri - cación de bloques de tierras estabilizadas, es decir un suelo adecuado y un clima que permite el secado de los mismos.

Los climas cálidos y secos son preferibles porque per - miten que los bloques sequen bien. El período necesá - rio para el secado de bloques es más o menos 25-30 - días, teniendo en cuenta que los bloques estabiliza - dos pueden en pocos días adquirir consistencia y so - portar lluvias. Para el secado de los bloques en cli - mas húmedos se emplean tiempos mayores.

En Chincha, la construcción con bloques estabilizados se presenta propicia porque existen en esta zona cons - trucciones con el adobe tradicional. Se ha observado en la zona, después del sismo del 3 de Octubre de 1974, que muchas familias necesitan reconstruir sus vivien - das y muchas de ellas construirlas nuevamente, es por esto que se ha pensado en proporcionarles mayores se - guridades y una de las formas sería mejorándoles el - adobe tradicional mediante las estabilizaciones estu - diadas en la presente Tesis.

Generalmente las personas de pocos recursos económicos que necesitan una vivienda recurren a la utilización de materiales que abundan en la región; siendo normal

mente el suelo el material más utilizado. En la ciudad de Chíncha existen grandes áreas de construcción con adobe, aproximadamente un 90% del total de las viviendas; en la cual hemos observado que la calidad del adobe es inferior a los requerimientos exigidos de protección contra la humedad, la presencia de agua, la erosión de los vientos y lluvias que han causado daños generalmente en la zona inferior de las viviendas, donde se pueden observar grandes debilidades de los muros que en muchos casos llegan a la mitad del espesor del muro; también existen estas erosiones en la parte inferior de los muros, debido a la presencia de zonas salitrosas y a la baja calidad de los bloques utilizados.

El color del suelo puede servir de ayuda en la selección del mismo, algunos colores son preferibles por razones de apariencia. Los suelos con inclusiones de hierro tienen un color marrón rojizo, mejoran sus cualidades tratándolos en la estabilización de suelos.

El color negro de los suelos nos indica la presencia de materiales orgánicos que son excelentes para la agricultura pero inapropiados para la construcción. Un suelo que presenta manchas grises en la superficie puede indicar la presencia de concentraciones de álcalis que son igualmente inadecuados para la construcción.

La selección del suelo para la fabricación de bloques debe empezar en lugares cercanos al sitio donde se van a construir las viviendas y al área de la demanda en el caso de producción a gran escala. Los suelos escogidos deben ser analizados y se deben efectuar ensayos preliminares de estabilización.

III-3 DISPONIBILIDAD EN LA ZONA

La ciudad de Chincha, escogida para el estudio de esta bilización de suelos, contiene una suficiente variedad de suelos. El suelo puede provenir de una excavación, del nivelamiento del terreno y para la producción en gran escala de bloques se cuenta con canteras de suelo a los alrededores de la ciudad, las cuales están vinculadas por medio de carreteras afirmadas.

De preferencia los bloques deben ser fabricados en el lugar donde el suelo es extraído, considerando también que haya agua, y un espacio suficiente para el secado de los bloques. Tomando en cuenta las consideraciones mencionadas, se obtuvieron tres muestras en la zona de Chincha Alta; una primera muestra denominada M-1 tomada en la prolongación Sur del Jr. RAZURI en el lugar de mayor construcción con adobe considerando que la mayor parte de los lugareños construyen con el suelo de su propio terreno y de las zonas cercanas a su lote; la segunda muestra denominada M-2 se tomó de una cantera de tierra ubicada en el Sector denominado HIJAYA estando ubicada cerca a una fábrica de ladrillos en las afueras de la ciudad con acceso a la vía principal (Carretera Panamericana) mediante una carretera afirmada y considerándose que haya una producción en gran escala para la zona de Chincha; la tercera muestra denominada M-3 también se extrajo de una cantera de tierra del Sector de LA MOLINA más cercana a la ciudad y con acceso a la vía principal (Carretera Panamericana) mediante una carretera afirmada.

III-4 IDENTIFICACION Y CLASIFICACION DE LOS SUELOS EMPLEADOS

Para la identificación y clasificación de los suelos empleados en la ciudad de Chincha, se realizaron ensayos de laboratorio tales como:

- Análisis granulométrico por tamizado.
- Análisis granulométrico por sedimentación.
- Peso específico de sólidos.
- Límite Líquido.
- Límite Plástico.
- Límite de Contracción.

Y, de acuerdo a los resultados de los ensayos efectuados se procedió a la identificación de los mismos según las clasificaciones ASSHO y SUCS (Ver Cuadro N°1).

PROPIEDADES FISICAS DE LOS SUELOS

USADOS

CUADRO N°1

PROPIEDADES FISICAS	S U E L O S					
	M-1		M-2		M-3	
1. GRANULOMETRIA MALLA	% RETENIDO	% ACUMUL. QUE PASA	% RETENIDO	% ACUMUL. QUE PASA	% RETENIDO	% ACUMUL. QUE PASA
N° 4	0.00	100.0	0.00	100.00	0.00	100.00
N° 10	1.59	98.41	1.74	98.26	3.94	96.06
N° 20	5.79	92.62	5.80	92.46	6.72	89.39
N° 30	3.63	88.99	5.36	87.10	5.66	83.68
N° 40	5.00	83.99	7.92	79.18	7.01	76.67
N° 60	8.71	75.28	14.96	64.22	11.50	65.17
N° 100	9.90	65.38	12.80	51.42	7.80	57.37
N° 200	14.62	50.76	12.46	38.96	8.58	48.79
% ARENA	65		69		66	
% LIMO	30		28		30	
% ARCILLA	5		3		4	
2. PESO ESPECIFICO RELATIVO DE SOLIDOS	2.76		2.75		2.74	
3. LIMITES DE CONSISTENCIA						
Límite Líquido (%)	23.30		20.70		21.46	
Límite Plástico (%)	19.20		18.75		18.51	
Límite Contrac. (%)	16.20		15.45		19.79	
Indice Plástico (%)	4.10		1.95		2.95	
4. CLASIFICACION SUCS	CL - ML		SM		SM	
AASHO	A-4 (3)		A-4 (1)		A-4 (3)	

C A P I T U L O I V

ESTABILIZACION DE SUELOS

1- GENERALIDADES

La estabilización de suelos con sustancias derivadas del Petróleo, en este caso el Aceite Lubrificante Quemado y las Emulsiones Asfálticas, se fundamenta en el hecho de que la arcilla es el único componente del suelo que es inestable en presencia de humedad. Por consiguiente si se logra estabilizar la arcilla toda la masa del suelo quedará estabilizada al mismo tiempo.

La emulsión asfáltica usada en este caso como estabilizador de suelos, consiste en glóbulos microscópicos que están rodeados y suspendidos en un medio acuoso.- Unas cuantas gotas de emulsión asfáltica puede colorear una gran cantidad de agua y permanecer suspendidas en ella sin que se produzca sedimentación.

Cuando el estabilizador bituminoso es mezclado con un suelo que contiene arcilla (en ciertos porcentajes) - en presencia de suficiente agua, este último transporta los glóbulos del estabilizador y establece un contacto directo entre ellos y las superficies de las partículas de arcilla. La arcilla posee una mayor capacidad de absorción de agua que los suelos compuestos de arena y grava. De esta manera el estabilizador hace contacto con la parte arcillosa del suelo y a medida-

que se realiza la evaporación del agua los glóbulos del estabilizador (emulsión), forman una fina película que rodea a las partículas de arcilla. La cantidad de emulsión necesaria para revestir las partículas de arcilla, al igual que el asfalto, es mínima comparada con otros métodos usados para este propósito.

Esta capa de emulsión es tan delgada que solo oscurece ligeramente el color del suelo. Cuando esta totalmente seca, la masa tratada mantiene aproximadamente la misma firmeza o incrementa su resistencia a la compresión y además la impermeabiliza en comparación con un suelo seco que ha sido mezclado solo con agua.

Como referencia en la ciudad de Chíncha, según estadísticas realizadas, hay 3,000 viviendas inhabitables; todas construídas con el adobe tradicional y muchas de ellas con graves errores de construcción; es por ello que se ha creído conveniente, por ahora, mejorar las condiciones de resistencia del adobe para esta zona y una de las formas de mejorarlo es estabilizándolo.

Para la estabilización y con los 3 tipos de estabilizantes empleados, se realizaron los siguientes ensayos: Ensayos a la Compresión, Ensayos de Absorción Capilar, Ensayos de Humedecido y Secado y Ensayos de Helar y Deshelar.

Por las informaciones recogidas del Proyecto COBE y observando los resultados de los ensayos de Flexión, realizados en este proyecto, se vió por conveniente no efectuarlos, ya que el adobe estando aún sin estabilizar reunía los requisitos mínimos del Módulo de Flexión, siendo también otro de los motivos la falta de facilidades para traer material en cierto volumen desde la ciudad de Chíncha.

2- PROCEDIMIENTO DE LOS ENSAYOS EFECTUADOS

Los ensayos de estabilización efectuados, son los mismos utilizados para los tres tipos de estabilizantes (Aceite Lubricante Quemado, Emulsión Asfáltica tipo "A" y "C"), por lo tanto el procedimiento de los ensayos efectuados se describirán sintéticamente, para los tres estabilizantes en forma general.

a) Ensayo a la Compresión.-

- Tamizar el suelo por la malla # 4 según normas de la ASTM.
- Tener preparada la cantidad de agua (comprendida entre LL-LP) y el % del estabilizante en peso.
- La mezcla moldearla en un molde P.V.C. 2 1/8" x 2 1/8" y colocarla en una superficie lisa.
- Secar al aire 24 hrs. luego en el horno a 60°C - hasta obtener un peso constante, luego dejar enfriar el espécimen 1 hora para aplicarle una capa de yeso y obtener una superficie sin ondulaciones.
- Se lleva a la máquina de compresión y se aplica una carga con una velocidad de 1.27 cm/min.
- Cálculo:
$$p = \frac{F}{A}$$
 (Ver Foto N° 1,2 y 3)

P = presión en Kg/cm²

F = carga aplicada en Kgs.

A = área de la sección transversal del espécimen (cm²)

b) Ensayo de Absorción Capilar.-

- Tamizar el suelo por la malla # 4 según normas de la ASTM y pesar 1000 gramos de suelo para 3 - especímenes por cada porcentaje de estabilizante,

llevamos el suelo mezclado con el estabilizante a la mezcladora y agregamos agua (comprendido LL LP), realizando el mezclado por 4 minutos.

- Luego se moldea con las manos un cilindro y se introduce en el molde presionando con los dedos, enrazar y humedecer ésta para alisar la superficie en ambos lados. El molde tiene una relación de $\frac{D}{h} = 0.5$, según normas de la ASTM.
- Se extraen del molde los especímenes sobre una superficie lisa para su secado de 24 Hrs. al aire, luego colocarlas al horno a 60°C hasta obtener un peso constante, se sacan y se dejan enfriar 1 hora, se pesan y se colocan en el gabinete de absorción capilar en posición vertical durante 24 hrs.; luego las sacamos y las volvemos a pesar. Deben hacerse los siguientes cálculos: Obtener el % de absorción de la siguiente manera:

$$\% \text{ AC} = \frac{W_s - W_h}{W_s} \times 100$$

W_s = peso del espécimen en estado seco.

W_h = peso del espécimen al finalizar el ensayo de absorción.

(Ver foto N° 4,5,6 y 7).

c) Ensayo de Humedecido y Secado.-

- La preparación de los especímenes se realizan en igual forma que para el ensayo a la compresión.
- Se preparan 2 especímenes por cada porcentaje de estabilizante y se secan al horno hasta obtener su peso constante.
- Se someten a un proceso de 5 ciclos de humedecido y secado.

- El ciclo consiste en sumergir los especímenes en un depósito metálico con agua durante 4 hrs., luego sacar las probetas y colocarlas al horno durante 43 hrs., dejarlas enfriar 1 hora para luego pesarlas y volver a iniciar otro ciclo.
- Cada ciclo dura 48 hrs. Si el espécimen resiste hasta el quinto ciclo se le considera satisfactorio, siempre y cuando la pérdida de su peso no exceda al 1% (Ver Foto N° 8,9,10 y 11).

d) Ensayo de Helar y Deshelar.-

- La preparación de los especímenes es similar a la empleada para el ensayo a la compresión.
- Una vez sacadas del molde los especímenes son colocados en un ambiente humedecedor durante 7 días; luego se sacan, se pesan y se marcan.
- Los especímenes pesados se llevan a un lugar refrigerado, en este caso una congeladora, en donde están un lapso de 22 hrs. a una temperatura mayor -23°C .
- Se sacan los especímenes y se hacen deshelar 22 hrs., luego son pesados y medidos (el cambio de volumen es despreciable). Esto quiere decir que un ciclo completo dura 44 hrs., debiendo repetirse 5 veces.
- Los cálculos de cambios de humedad y pérdidas de peso de suelo estabilizado se efectúan con respecto al peso del espécimen secado al horno hasta peso constante al finalizar el quinto ciclo. (Ver Foto N° 12.13.14.15 y 16).

3- RESULTADOS OBTENIDOS EN LOS ENSAYOS

A continuación daremos los valores obtenidos en los - ensayos efectuados en el Laboratorio de Mecánica de - Suelos con las muestras de la ciudad de Chincha.

3-1 ENSAYOS A LA COMPRESION

Los resultados obtenidos provienen de la acción de la carga directa sobre los especímenes produciendo valores de Resistencia a la Compresión para cada porcentaje de estabilizante. Estos valores se encuentran en - los siguientes Cuadros:

ESTABILIZADOR : ACEITE LUBRICANTE QUEMADO
 ENSAYO : ENSAYO A LA COMPRESION
 MUESTRA : M-1
 PROCEDENCIA : CHINCHA

-26-

% DE ESTABILIZ.	A LOS 7 DÍAS			A LOS 14 DÍAS		
	CARGA (kg)	AREA (cm ²)	COMPRES (kg/cm ²)	CARGA kg	AREA cm ²	COMPRES kg/cm ²
0	315	21.22	14.84	320	21.22	15.08
1	185	20.41	9.06	200	21.22	9.42
2	165	20.41	8.08	190	21.22	8.95
3	130	20.41	6.36	145	21.22	6.83
4	120	20.41	5.87	125	21.63	5.77
5	95	20.41	4.65	120	21.63	5.54
6	90	20.41	4.40	115	21.63	5.31
7	145	21.38	6.78	130	21.63	6.01
8	125	21.22	5.89	125	21.63	5.77

% DE ESTABILIZ.	A LOS 28 DIAS			A PESO CONSTANTE		
	CARGA kg	AREA cm ²	COMPRES kg/cm ²	CARGA kg	AREA cm ²	COMPRES kg/cm ²
0	355	21.63	16.41	380	20.41	18.70
1	255	21.63	11.78	250	21.22	11.78
2	200	22.05	9.24	220	20.41	10.77
3	155	22.89	7.02	120	21.22	5.65
4	150	21.63	6.55	120	20.41	5.87
5	140	21.63	6.47	110	20.41	5.40
6	145	21.63	6.70	110	20.41	5.40
7	130	21.63	6.01	130	20.41	6.37
8	135	21.63	6.24	140	20.41	6.85

ESTABILIZADOR : ACEITE LUBRICANTE QUEMADO
 ENSAYO : ENSAYO A LA COMPRESION
 MUESTRA : M-2
 PROCEDENCIA : CHINCHA

-27-

% DE ESTABILIZ.	A LOS 7 DÍAS			A LOS 14 DÍAS		
	CARGA kg	AREA cm ²	COMPRES kg/cm ²	CARGA kg	AREA cm ²	COMPRES kg/cm ²
0	275	22.05	12.47	300	22.05	13.60
1	235	21.63	10.86	270	21.63	12.48
2	200	21.63	9.24	250	21.63	11.55
3	150	21.63	6.93	200	21.63	9.24
4	120	21.63	5.54	180	21.63	8.32
5	120	21.63	5.54	155	21.63	7.16
6	145	21.63	6.70	180	21.63	8.32
7	145	21.38	6.70	150	21.22	7.06
8	140	21.22	6.47	150	21.22	7.06

% DE ESTABILIZ.	A LOS 28 DIAS			A PESO CONSTANTE		
	CARGA kg	AREA cm ²	COMPRES kg/cm ²	CARGA kg	AREA cm ²	COMPRES kg/cm ²
0	320	21.63	14.80	350	21.22	16.50
1	275	21.63	12.71	280	21.63	12.94
2	240	21.63	11.09	220	21.63	10.17
3	200	22.03	9.07	200	21.63	9.24
4	190	21.63	9.04	160	21.63	7.39
5	155	21.63	7.16	165	21.22	7.77
6	180	21.38	8.41	180	21.22	8.48
7	160	21.22	7.54	200	21.22	9.42
8	160	21.22	7.54	190	21.63	9.04

ESTABILIZADOR : ACEITE LUBRICANTE QUEMADO
 ENSAYO : ENSAYO A LA COMPRESION
 MUESTRA : M-3
 PROCEDENCIA : CHINCHA

-28-

% DE ESTABILIZ.	A LOS 7 DÍAS			A LOS 14 DÍAS		
	CARGA kg	AREA cm ^e	COMPRES kg/cm ²	CARGA kg	AREA cm ²	COMPRES kg/cm ²
0	430	21.63	19.87	490	28.89	21.40
1	390	21.63	18.03	390	21.22	18.37
2	240	21.63	11.09	270	21.22	12.72
3	170	21.63	7.85	200	21.22	9.42
4	170	21.63	7.85	160	21.22	7.54
5	190	21.63	9.04	200	21.22	9.42
6	150	21.63	6.93	150	21.22	7.06
7	165	21.63	7.63	150	21.22	7.06
8	190	21.63	9.04	175	21.22	8.24

% DE ESTABILIZ.	A LOS 28 DIAS			A PESO CONSTANTE		
	CARGA kg	AREA cm ²	COMPRES kg/cm ²	CARGA kg	AREA cm ²	COMPRES kg/cm ²
0	500	21.63	23.11	520	21.22	24.50
1	380	21.22	17.90	420	21.22	19.79
2	270	21.22	12.72	340	21.22	16.02
3	210	21.22	9.89	190	21.22	8.95
4	200	21.22	9.42	180	21.22	8.48
5	190	21.22	8.95	210	21.22	9.89
6	150	21.22	7.06	240	21.22	11.31
7	150	21.22	7.06	220	21.22	10.36
8	160	21.22	7.54	170	21.22	8.01

ESTABILIZADOR : EMULSION ASFALTICA TIPO "A"
 ENSAYO : ENSAYO A LA COMPRESION
 MUESTRA : M-1
 PROCEDENCIA : CHINCHA

-29-

% DE ESTABILIZ	A LOS 7 DIAS			A LOS 14 DIAS		
	CARGA kg	AREA cm ²	COMPRES kg/cm ²	CARGA kg	AREA cm ²	COMPRES kg/cm ²
0	315	21.22	14.84	320	20.41	15.08
1	300	20.41	14.70	319	20.41	15.67
2	310	21.63	16.10	346	21.22	16.97
3	315	21.63	16.41	360	21.22	16.97
4	340	21.22	16.02	340	20.41	16.65
5	320	20.41	15.70	340	20.41	15.65
6		20.41	14.70	320	20.41	15.67

% DE ESTABILIZ.	A LOS 28 DIAS			A PESO CONSTANTE		
	CARGA kg	AREA cm ²	COMPRES kg/cm ²	CARGA kg	AREA cm ²	COMPRES kg/cm ²
0	355	21.63	16.41	380	20.41	18.70
1	320	20.41	15.67	380	20.41	18.62
2	340	20.41	16.65	400	21.22	18.85
3	350	20.41	17.15	420	20.41	20.58
4	400	21.63	18.50	420	21.22	19.80
5	430	21.22	20.16	440	21.22	20.74
6	440	21.22	20.73	455	21.22	21.44

ESTABILIZADOR : EMULSION ASFALTICA TIPO "A"
 ENSAYO : ENSAYO A LA COMPRESION
 MUESTRA : M-2
 PROCEDENCIA : CHINCHA

-30-

% DE ESTABILIZ	A LOS 7 DIAS			A LOS 14 DIAS		
	CARGA kg	AREA cm ²	COMPRES kg/cm ²	CARGA kg	AREA cm ²	COMPRES kg/cm ²
0	275	22.05	12.47	300	22.05	13.60
1	235	20.41	11.52	290	20.41	14.21
2	230	20.41	11.26	280	20.41	13.72
3	220	20.41	10.80	290	20.41	14.21
4	220	20.41	10.80	280	20.41	13.72
5	210	20.41	10.28	270	20.41	13.23
6	200	20.41	9.80	280	20.41	13.72

% DE ESTABILIZ.	A LOS 28 DIAS			A PESO CONSTANTE		
	CARGA kg	AREA cm ²	COMPRES kg/cm ²	CARGA kg	AREA cm ²	COMPRES kg/cm ²
0	320	21.63	14.80	350	21.22	16.50
1	310	20.41	15.19	335	20.41	16.40
2	320	20.41	15.68	340	20.41	16.66
3	340	20.41	16.66	320	20.41	15.68
4	350	20.41	17.15	350	20.41	17.15
5	340	20.41	16.66	340	20.41	16.66
6	340	20.41	16.66	360	20.41	17.64

ESTABILIZADOR : EMULSION ASFALTICA TIPO "A"
 ENSAYO : ENSAYO DE COMPRESION
 MUESTRA : M-3
 PROCEDENCIA : CHINCHA

-31-

% DE ESTABILIZ	A LOS 7 DIAS			A LOS 14 DIAS		
	CARGA kg	AREA cm ²	COMPRES kg/cm ²	CARGA kg	AREA cm ²	COMPRES kg/cm ²
0	420	21.63	19.87	490	22.89	21.40
1	388	21.63	18.00	480	22.89	20.96
2	390	20.41	19.10	440	20.41	21.57
3	375	20.41	18.40	440	20.41	21.57
4	380	21.22	17.90	415	20.41	20.33
5	350	20.41	17.14	415	20.41	20.33
6	320	20.41	15.67	390	20.41	19.10

% DE ESTABILIZ.	A LOS 28 DIAS			A PESO CONSTANTE		
	CARGA kg	AREA cm ²	COMPRES kg/cm ²	CARGA kg	AREA cm ²	COMPRES kg/cm ²
0	500	21.63	23.11	520	21.22	24.50
1	460	20.41	22.53	480	20.41	23.51
2	485	20.41	23.76	500	20.41	24.50
3	495	20.41	24.25	480	20.41	23.51
4	525	21.63	24.27	500	21.63	23.11
5	500	21.22	23.56	480	20.41	23.51
6	470	21.22	22.14	480	21.63	22.19

ESTABILIZADOR : EMULSION ASFALTICA TIPO "C"
 ENSAYO : ENSAYO A LA COMPRESION
 MUESTRA : M-1
 PROCEDENCIA : CHINCHA

-32-

% DE ESTABILIZ	A LOS 7 DIAS			A LOS 14 DIAS		
	CARGA kg	AREA cm ²	COMPRES kg/cm ²	CARGA kg	AREA cm ²	COMPRES kg/cm ²
0	315	21.22	14.84	320	20.41	15.08
1	295	20.41	14.45	320	20.82	15.36
2	335	20.82	16.10	350	20.82	16.81
3	330	20.82	15.85	340	20.41	16.65
4	285	20.41	14.00	340	20.41	16.65
5	260	20.41	12.73	320	20.41	15.68
6	240	20.41	11.75	325	20.41	15.92

% DE ESTABILIZ.	A LOS 28 DIAS			A PESO CONSTANTE		
	CARGA kg	AREA cm ²	COMPRES kg/cm ²	CARGA kg	AREA cm ²	COMPRES kg/cm ²
0	355	21.63	16.41	380	20.41	18.70
1	350	20.41	17.14	400	20.41	19.60
2	370	20.41	18.12	420	20.41	20.57
3	385	20.41	18.86	430	20.41	21.06
4	420	20.41	20.58	460	20.41	22.53
5	440	20.41	21.56	490	20.41	24.00
6	490	20.41	24.00	580	21.22	27.33

ESTABILIZADOR : EMULSION ASFALTICA TIPO "C"
 ENSAYO : ENSAYO A LA COMPRESION
 MUESTRA : M-2
 PROCEDENCIA : CHINCHA

-33-

% DE ESTABILIZ	A LOS 7 DIAS			A LOS 14 DIAS		
	CARGA kg	AREA cm ²	COMPRES kg/cm ²	CARGA kg	AREA cm ²	COMPRES kg/cm ²
0	275	22.05	12.47	300	22.05	13.60
1	280	20.41	13.71	280	20.41	13.71
2	280	20.41	13.71	290	20.41	14.21
3	290	20.41	14.20	300	20.41	14.70
4	310	20.41	15.19	320	20.41	15.67
5	305	20.41	14.94	340	20.41	16.65
6	320	20.41	15.67	320	20.41	15.68

% DE ESTABILIZ.	A LOS 28 DIAS			A PESO CONSTANTE		
	CARGA kg	AREA cm ²	COMPRES kg/cm ²	CARGA kg	AREA cm ²	COMPRES kg/cm ²
0	320	21.63	14.80	350	21.22	16.50
1	310	20.82	14.90	350	20.41	17.15
2	320	20.41	15.67	340	20.41	16.67
3	340	20.41	16.66	380	20.41	18.62
4	360	20.41	17.63	370	20.41	18.13
5	365	20.41	17.88	420	20.41	20.58
6	380	20.41	18.62	420	20.41	20.58

ESTABILIZADOR : EMULSION ASFALTICA TIPO "C"
 ENSAYO : ENSAYO A LA COMPRESION
 MUESTRA : M-3
 PROCEDENCIA : CHINCHA

-34-

% DE ESTABILIZ	A LOS 7 DIAS			A LOS 14 DIAS		
	CARGA kg	AREA cm ²	COMPRES kg/cm ²	CARGA kg	AREA cm ²	COMPRES kg/cm ²
0	430	21.63	19.87	490	22.89	21.40
1	435	20.41	21.31	470	20.41	23.02
2	435	20.41	21.31	480	20.41	23.51
3	445	20.41	21.80	500	20.41	24.49
4	460	20.41	22.53	510	21.22	24.00
5	455	20.41	22.29	520	21.63	24.04
6	480	21.22	22.62	530	21.63	24.50

% DE ESTABILIZ.	A LOS 28 DIAS			A PESO CONSTANTE		
	CARGA kg	AREA cm ²	COMPRES kg/cm ²	CARGA kg	AREA cm ²	COMPRES kg/cm ²
0	500	21.63	23.14	520	21.22	24.50
1	490	20.41	24.00	520	20.41	25.47
2	500	20.41	24.49	510	20.41	24.98
3	530	20.41	25.96	550	21.22	25.91
4	550	20.41	26.94	540	20.41	26.46
5	555	20.41	27.20	585	21.22	27.56
6	590	21.22	27.80	610	21.63	28.20

3-2 ENSAYOS DE ABSORCION CAPILAR

Los resultados obtenidos en los Ensayos de Absorción Capilar vienen dados por los porcentajes de absorción que experimenta el espécimen durante 24 hrs. que dura el ensayo. Los valores se encuentran en los siguientes Cuadros:

ESTABILIZADOR : ACEITE LUBRICANTE QUEMADO
 ENSAYO : ENSAYO DE ABSORCION CAPILAR
 MUESTRA : M-1, M-2 y M-3
 PROCEDENCIA : CHINCHA

% DE ESTABILIZ.	% DE ABSORCION CAPILAR A LAS 24 Hrs.		
	M - 1	M - 2	M - 3
0	18.61	21.00	20.64
1	13.75	16.37	18.07
2	9.16	12.30	14.11
3	5.35	11.46	13.23
4	3.40	4.15	7.95
5	2.61	1.85	3.54
6	1.72	1.75	2.30

$$\% \text{ Abs. Cap} = \frac{W_s - W_h}{W_s} \times 100$$

W_s = Peso de La probeta seca

W_h = Peso de La probeta después deL ensayo.

ESTABILIZADOR : EMULSION ASFALTICA TIPO "A"
ENSAYO : ENSAYO DE ABSORCION CAPILAR
MUESTRA : M-1, M-2 y M-3
PROCEDENCIA : CHINCHA

% DE ESTABILIZ.	% DE ABSORCION CAPILAR A LAS 24 Hrs.		
	M-1	M-2	M-3
0	18.61	21.00	20.64
1	5.17	5.96	4.03
2	2.27	4.74	1.01
3	0.60	2.22	1.00
4	0.29	1.20	0.003
5	0.30	0.59	0.005
6	0.30	0.30	0.005

$$\% \text{ Abs. Cap} = \frac{W_s - W_h}{W_s} \times 100$$

W_s = Peso de La probeta seca

W_h = Peso de La probeta después de L ensayo.

ESTABILIZADOR : EMULSION ASFALTICA TIPO "C"
ENSAYO : ENSAYO DE ABSORCION CAPILAR
MUESTRA : M-1, M-2 y M-3
PROCEDENCIA : CHINCHA

% DE ESTABILIZ.	% DE ABSORCION CAPILAR A LAS 24 Hrs.		
	M - 1	M - 2	M - 3
0	18.61	21.00	20.64
1	1.90	2.50	1.04
2	1.44	2.02	1.07
3	0.57	1.77	1.03
4	0.28	1.72	1.01
5	0.30	1.65	1.01
6	0.61	1.64	1.00

$$\% \text{Abs.Cap} = \frac{W_s - W_h}{W_s} \times 100$$

W_s = Peso de La probeta seca

W_h = Peso de La probeta después deL ensayo.

3-3 ENSAYOS DE HUMEDECIDO Y SECADO.

Los resultados obtenidos, expresados en porcentajes de la pérdida de peso que experimentan los especímenes al culminar los 5 ciclos de Humedecido y Secado y para cada porcentaje de estabilizante, se dan en los siguientes Cuadros:

ESTABILIZADOR : ACEITE LUBRICANTE QUEMADO
 ENSAYO : ENSAYO DE HUMEDECIDO Y SECADO
 MUESTRA : M-1, M-2 y M-3
 PROCEDENCIA : CHINCHA

Muestra - %Esta	W _i (grs)	W _f (grs)	W _i - W _f (grs)	%de Perdida de peso
M 1 0	216.20	A 1(1/2)h.de sumergido se desintegró como.		
M 1 1	213.20	Durante el 2do. Ciclo se desintegró.		
M 1 2	210.00	Durante el 3er. Ciclo se desintegró.		
M 1 3	208.20	165.00	43.2	20.74
M 1 4	204.30	189.00	15.3	7.48
M 1 5	203.00	201.00	2.0	0.98
M 1 6	203.00	202.00	1.0	0.50
M 1 7	208.00	206.70	1.3	0.62
M 1 8	201.00	200.00	1.0	0.50
M 2 0	220.00	A 1(1/4)h.de sumergido se desintegró comp.		
M 2 1	215.50	Durante el 2do. Ciclo se desintegró.		
M 2 2	212.00	Durante el 3er. Ciclo se desintegró.		
M 2 3	211.00	162.00	49.0	23.22
M 2 4	210.50	197.00	13.5	6.41
M 2 5	209.00	210.50	1.5	0.71
M 2 6	209.50	207.50	2.0	0.95
M 2 7	200.00	201.00	1.0	0.50
M 2 8	201.00	201.80	0.8	0.40
M 3 0	203.00	A 1 h. de sumergido se desintegró comp.		
M 3 1	197.00	Durante el 2do. Ciclo se desintegró.		
M 3 2	195.00	Durante el 3er. Ciclo se desintegró.		
M 3 3	187.50	Durante el 4to. Ciclo se desintegró.		
M 3 4	192.00	153.00	39.0	20.31
M 3 5	175.50	168.00	7.5	4.27
M 3 6	190.00	185.50	4.5	2.36
M 3 7	199.00	194.50	4.5	2.26
M 3 8	194.50	191.00	3.5	1.79

W_i = Peso de la probeta al inicio del ensayo

W_f = Peso de la probeta al final del ensayo

ESTABILIZADOR : EMULSION ASFALTICA TIPO "A"
 ENSAYO : ENSAYO DE HUMEDECIDO Y SECADO
 MUESTRA : M-1, M-2 y M-3
 PROCEDENCIA : CHINCHA

Muestra-%Estab.	Wi (grs)	Wf (grs)	Wi - Wf (grs)	%de Perdida de peso
M 1 0	216.20	A 1 1/2 h. de sumergido se desintegró comp.		
M 1 1	207.50	206.00	1.5	0.72
M 1 2	214.00	213.00	1.0	0.46
M 1 3	203.00	202.00	1.0	0.49
M 1 4	204.50	203.00	1.5	0.73
M 1 5	205.50	204.00	1.0	0.48
M 1 6	203.00	202.00	1.0	0.49
M 2 0	220.00	A 1 1/4 h. de sumergido se desintegró comp.		
M 2 1	206.50	205.00	1.5	0.72
M 2 2	206.00	205.00	1.0	0.48
M 2 3	204.00	203.00	1.0	0.49
M 2 4	199.00	198.20	0.8	0.40
M 2 5	189.50	188.70	0.8	0.42
M 2 6	199.50	198.50	1.0	0.50
M 3 0	203.00	A 1 h. de sumergido se desintegró comp.		
M 3 1	202.50	201.50	1.0	0.49
M 3 2	207.50	206.50	1.0	0.48
M 3 3	206.50	205.00	1.5	0.72
M 3 4	216.00	215.00	1.0	0.46
M 3 5	194.50	193.50	1.0	0.51
M 3 6	208.50	207.50	1.0	0.47

Wi = Peso de la probeta al inicio del ensayo

Wf = Peso de la probeta al final del ensayo

ESTABILIZADOR : EMULSION ASFALTICA TIPO "C"
 ENSAYO : ENSAYO DE HUMEDECIDO Y SECADO
 MUESTRA : M-1, M-2 y M-3
 PROCEDENCIA : CHINCHA

Muestra	%Estab.	Wi (grs)	Wf (grs)	Wi-Wf (grs)	%de Perdida de peso
M 1	0	216.20	A 1(1/2)h.de sumergido se		desintegró comp.
M 1	1	213.50	212.00	1.5	0.70
M 1	2	209.00	208.00	1.0	0.47
M 1	3	206.50	205.50	1.0	0.48
M 1	4	197.50	196.50	1.0	0.50
M 1	5	205.50	204.50	1.0	0.48
M 1	6	193.00	192.00	1.0	0.51
M 2	0	220.00	A 1(1/4)h.de sumergido se		desintegró comp.
M 2	1	212.50	211.00	1.5	0.70
M 2	2	203.00	202.00	1.0	0.49
M 2	3	201.50	200.50	1.0	0.49
M 2	4	196.00	195.00	1.0	0.51
M 2	5	204.50	203.50	1.0	0.48
M 2	6	201.50	200.50	1.0	0.49
M 3	0	203.00	A 1 h. de sumergido se		desintegró comp.
M 3	1	223.00	221.50	1.5	0.67
M 3	2	213.50	212.50	1.0	0.46
M 3	3	201.00	200.00	1.0	0.49
M 3	4	192.50	191.50	1.0	0.52
M 3	5	201.00	200.00	1.0	0.49
M 3	6	201.50	200.50	1.0	0.49

Wi = Peso de la probeta al inicio del ensayo

Wf = Peso de la probeta al final del ensayo

3-4 ENSAYOS DE HELAR Y DESHELAR

Durante los Ensayos de Helar y Deshelar se controlaron los pesos de los especímenes después de cada ciclo no habiéndose observado cambios de volumen apreciable (hinchamiento o encogimiento).

En los Cuadros siguientes se muestran los diferentes pesos obtenidos en cada ciclo y al finalizar el ensayo una vez secado el espécimen.

ESTABILIZADOR : ACEITE LUBRICANTE QUEMADO
 ENSAYO : ENSAYO DE HELAR Y DESHELAR
 MUESTRA : M-1, M-2 y M-3
 PROCEDENCIA : CHINCHA

-44-

Muest - %	Peso a Los 7 días de humedecid (grs)	PESO	PESO	PESO	PESO	PESO	Peso
		1° C (grs)	2° C (grs)	3° C (grs)	4° C (grs)	5° C (grs)	después de Secado (grs)
M-1 0	230	224	223	224	224	224	212
M-1 1	232	225	223	224	224	224	209
M-1 2	226	219	219	219	219	219	205
M-1 3	235	228	228	228	228	228	208
M-1 4	235	222	225	225	225	225	205
M-1 5	221	217	213	213	213	213	200
M-1 6	215	212	212	212	212	212	199
M-2 0	227	225	225	225	225	225	207
M-2 1	223	223	220	220	220	220	206
M-2 2	226	224	224	224	224	224	209
M-2 3	228	223	223	223	223	223	209
M-2 4	220	216	215	215	215	215	201
M-2 5	220	216	216	216	216	216	205
M-2 6	217	215	212	212	212	212	200
M-3 0	228	222	219	219	219	219	211
M-3 1	226	222	221	221	221	221	215
M-3 2	223	220	219	219	219	219	213
M-3 3	226	222	223	223	223	223	213
M-3 4	224	224	223	223	223	223	211
M-3 5	227	224	224	224	224	224	215
M-3 6	225	223	223	223	223	223	216

ESTABILIZADOR : EMULSION ASFALTICA TIPO "A"
 ENSAYO : ENSAYO DE HELAR Y DESHELAR
 MUESTRA : M-1, M-2 y M-3
 PROCEDENCIA : CHINCHA

-45-

Muest - %	Peso a Los 7 días de humedecid (grs)	PESO 1° C (grs)	PESO 2° C (grs)	PESO 3° C (grs)	PESO 4° C (grs)	PESO 5° C (grs)	Peso después de Secado (grs)
M-1 0	230	224	223	224	224	224	212
M-1 1	233	232	231	231	231	231	207
M-1 2	231	231	231	231	231	231	205
M-1 3	231	231	230	230	230	230	203
M-1 4	224	222	222	222	222	222	196
M-1 5	235	234	234	234	234	234	208
M-1 6	217	215	215	215	215	215	191
M-2 0	227	225	225	225	225	225	207
M-2 1	234	233	233	233	233	233	210
M-2 2	229	227	227	227	227	227	203
M-2 3	215	224	224	224	224	224	199
M-2 4	219	218	218	218	218	218	196
M-2 5	219	225	225	225	225	225	198
M-2 6	223	223	223	223	223	223	199
M-3 0	228	222	219	219	219	219	211
M-3 1	235	234	232	232	232	232	210
M-3 2	230	228	228	228	228	228	210
M-3 3	222	221	220	220	220	220	199
M-3 4	218	216	215	215	215	215	196
M-3 5	220	219	218	218	218	218	195
M-3 6	209	208	207	207	207	207	189

ESTABILIZADOR : EMULSION ASFALTICA TIPO "C"
 ENSAYO : ENSAYO DE HELAR Y DESHELAR
 MUESTRA : M-1, M-2 y M-3
 PROCEDENCIA : CHINCHA

-46-

Muest - %		Peso a los	PESO 1° C (grs)	PESO 2° C (grs)	PESO 3° C (grs)	PESO 4° C (grs)	PESO 5° C (grs)	Peso después de Secado (grs)
		7 días de humedecid (grs)						
M-1	0	230	224	223	224	224	224	212
M-1	1	218	218	217	217	217	217	207
M-1	2	227	226	227	227	227	227	214
M-1	3	209	209	209	209	209	209	197
M-1	4	210	209	210	210	210	210	199
M-1	5	221	220	220	220	220	220	206
M-1	6	208	208	208	208	208	208	196
M-2	0	227	225	225	225	225	225	207
M-2	1	227	224	224	224	224	224	202
M-2	2	229	227	226	226	226	226	205
M-2	3	225	223	222	222	222	222	201
M-2	4	216	215	215	215	215	215	192
M-2	5	211	210	209	209	209	209	190
M-2	6	215	213	212	212	212	212	195
M-3	0	228	222	219	219	219	219	211
M-3	1	204	204	204	204	204	204	195
M-3	2	213	214	214	214	214	214	202
M-3	3	210	210	210	210	210	210	203
M-3	4	219	220	219	219	219	219	212
M-3	5	197	197	197	197	197	197	191
M-3	6	211	211	212	212	212	212	205

4- INTERPRETACION DE LOS RESULTADOS OBTENIDOS

- Con respecto a los resultados de los Ensayos a la Compresión:

La interpretación de los resultados obtenidos en los Ensayos a la Compresión viene dada por la gráfica en un par de ejes coordenadas; en la ordenada se ubican los valores promedio a la compresión, por cada porcentaje estabilizador; en las abscisas van los valores de los porcentajes del estabilizador correspondiente.

Para la interpretación de los resultados obtenidos se han tomado los valores límites dados en las Normas de Ensayos del Programa COBE:

- . Arriba de 17.6 Kg/cm² se considera CONVENIENTE.
- . De 14.1 a 17.6 Kg/cm² se considera EN EL LIMITE.
- . Debajo de 14.1 Kg/cm² se considera NO CONVENIENTE.

- Con respecto a los Ensayos de Absorción Capilar:

La interpretación de los resultados de los Ensayos de Absorción Capilar se obtiene por la gráfica en un par de ejes coordenados, donde la ordenada viene dada por los valores promedio de los porcentajes de Absorción Capilar a las 24 hrs., para cada porcentaje de estabilizador y la abscisa viene dada por los porcentajes del estabilizador.

Los valores límites de aceptabilidad han sido también tomados de las Normas del COBE:

- . 2% a menos de Absorción Capilar a las 24 hrs. - se considera EXCELENTE.

- . 2 - 3% de Absorción Capilar a las 24 hrs. se considera BUENO.
- . 3 - 4% de Absorción Capilar a las 24 hrs. se considera SATISFACTORIO.
- . 4% o más porcentaje de Absorción Capilar a las 24 hrs. se considera POBRE.

- Con respecto a los resultados de los Ensayos de Humedecido y Secado:

Para la interpretación de los resultados obtenidos de los Ensayos de Humedecido y Secado se considerarán satisfactorios los especímenes en los cuales - la pérdida de peso no exceda del 1% del peso ini - cial al finalizar los 5 ciclos de Humedecido y Secado.

- Con respecto a los resultados de los Ensayos de Helar y Deshelar:

Para la interpretación de los resultados obtenidos de los Ensayos de Helar y Deshelar haremos el control de los pesos de los especímenes después de cada ciclo de helado y deshelado.

5- OBTENCION DEL OPTIMO CONTENIDO DE ESTABILIZANTE

Después de haber interpretado y analizado los resultados obtenidos en los diferentes ensayos para los tres tipos de estabilizantes empleados en la presente Te - sis, y en las tres muestras de suelos traídas de la - ciudad de Chincha, se obtuvieron los siguientes porcentajes óptimos de contenido de estabilizantes:

CUADRO Nº 2

ESTABILIZANTE	MUESTRA	%OPTIMO
ACEITE LUBRI- CANTE QUEMADO	M-1	5% *
	M-2	5.0%*
	M-3	5.5%*
EMULSION AS - FALTICA TIPO "A"	M-1	2.0%
	M-2	2.5%
	M-3	2.0%
EMULSION AS - FALTICA TIPO "C"	M-1	1.0%
	M-2	1.5%
	M-3	1.5%

* Con este porcentaje se obtiene una buena impermeabilización del bloque pero presenta una baja resistencia.

C A P I T U L O V

ESTUDIO COMPARATIVO DE LOS RESULTADOS OBTENIDOS EN LOS TRES TIPOS DE ESTABILIZANTES EMPLEADOS

V-1 RESPECTO A LOS RESULTADOS DE LOS ENSAYOS REALIZADOS

a) Con respecto a los resultados de los Ensayos a la compresión

- Comparando los resultados de los Ensayos a la Compresión en la muestra M-1:

Vemos que tenemos una compresión inicial, sin % de estabilizante, de 16.41 Kg/cm², a los 28 días de oreo; si utilizamos como estabilizador el Aceite Lubricante Quemado vemos que los especímenes con 1% de este estabilizador bajan el valor inicial de la compresión a 11.78 Kg/cm² interpretándose éste valor como NO CONVENIENTE, utilizando mayores porcentajes de Aceite Lubricante Quemado obtendremos valores cada vez menores.

Si utilizamos como estabilizador la Emulsión Asfáltica tipo "A" vemos que el valor inicial de la compresión, a diferencia de los resultados con el Aceite Lubricante Quemado, se incrementa en forma moderada, considerándose los resultados a la compresión de los especímenes con 1% a 3% de esta emulsión como valores EN EL LIMITE y los resultados con 3% a 6% como valores CONVENIENTES. A partir del 6% de emulsión tipo "A" los valores a la com -

presión empiezan a descender.

Si utilizamos como estabilizador la emulsión asfáltica tipo "C" veremos que el valor inicial de la -compresión, a diferencia de los resultados con la emulsión asfáltica tipo "A", se incrementa considerablemente los resultados de los especímenes con 1% dan valores EN EL LIMITE mientras que con 2% a 6% de emulsión tipo "C" dan valores CONVENIENTES.

Podemos concluir que para la muestra M-1, mejores resultados a la compresión se obtiene con la emulsión asfáltica tipo "C".

- Comparando los resultados de los Ensayos a la Compresión en la muestra M-2:

Con la muestra M-2 tenemos un valor inicial promedio a la compresión, sin % de estabilizante, de - 14.80 Kg/cm² a los 28 días de oreo; si utilizamos como estabilizador el Aceite Lubricante Quemado vemos que los resultados a la compresión, en los especímenes con el 1% de este estabilizador baja a 12.71 Kg/cm² considerándose un valor NO CONVENIENTE, si incrementamos el % de Aceite Lubricante Quemado siguen descendiendo los valores a la compresión.

Si utilizamos como estabilizador la Emulsión Asfáltica tipo "A" vemos que en forma similar a la muestra M-1 las compresiones se incrementan en forma moderada, considerando los resultados a la compresión de los especímenes con 1% a 5% de emulsión tipo "A" como valores EN EL LIMITE.

A partir del 5% los valores a la compresión empiezan a descender.

En cambio, si utilizamos como estabilizador la emulsión asfáltica tipo "C" vemos que las compresiones se incrementan considerablemente, considerándose - los resultados a la compresión de los especímenes con 1% a 3% de emulsión como valores EN EL LIMITE. A partir del 4% los valores obtenidos a la compresión son considerados CONVENIENTES.

Al igual de lo que sucede con la muestra M-1, el - estabilizador más conveniente para la muestra M-2 resulta ser la emulsión asfáltica tipo "C".

- Comparando los resultados de los Ensayos a la Compresión e- la muestra M-3:

Con la muestra M-3 tenemos un valor inicial promedio a la compresión de 23.11 Kg/cm² a los 28 días de oreo sin % de estabilizante, si utilizamos como estabilizador el Aceite Lubricante Quemado vemos - que los especímenes con 1% de este estabilizador, - sometidos a los ensayos a la compresión, dan un va - lor de 17.90 Kg/cm² que es menor que el valor ini - cial promedio, pero puede considerarse todavía co - mo un valor EN EL LIMITE; los resultados a la com - presión a partir del 2% son considerados valores - NO CONVENIENTES.

Si utilizamos como estabilizador la emulsión asfál - tica tipo "A" vemos que el valor inicial a la com - presión se incrementa moderadamente, considerándo - se estos resultados a partir del 1% como valores - CONVENIENTES.

Empleando como estabilizador la emulsión asfáltica tipo "C" vemos que el valor inicial a la compresión se incrementa considerablemente, y los resultados a partir del 1% nos dan valores COVENIENTES.

Para la muestra M-3, al igual que para M-2 y M-1, los mejores resultados a la compresión se han obtenido empleando como estabilizante la emulsión asfáltica tipo "C".

Y, en lo que respecta al comportamiento mecánico de estas muestras la que reúne mejores condiciones es la muestra M-1 considerada como una arena limo-arcillosa (Arena 65%, Limo 30% y Arcilla 5%).

b) Con respecto a los resultados de los Ensayos de Absorción Capilar

- Comparando los resultados de los Ensayos de Absorción Capilar en la muestra M-1:

Se tiene un vlaor inicial promedio de Absorción a las 24 hrs.de 18.61%, sin porcentaje de estabilizante. Si utilizamos como estabilizador el Aceite Lubricante Quemado vemos que los especímenes a partir del 4%, dan resultados de Absorción Capilar a las 24 hrs., considerados como SATISFACTORIOS; con un 5% del mismo estabilizante nos da un porcentaje de Absorción BUENO y con un 6% un porcentaje de Absorción EXCELENTE.

Si utilizamos como estabilizador la Emulsión Asfáltica tipo "A", vemos que los especímenes con un 2% de emulsión da como resultado 2.27% de Absorción Capilar considerado como BUENO; a partir del 3% nos dan resultados de porcentaje de Absorción EXCELEN - TES.

Si empleamos la Emulsión Asfáltica tipo "C" como es tabilizador vemos que los especímenes a partir del 1% de emulsión nos dan porcentajes de Absorción con siderados EXCELENTE.

Podemos concluir que para la muestra M-1 sometida a los ensayos de Absorción Capilar, la Emulsión Asfáltica tipo "C" es la que ha proporcionado una mayor impermeabilidad a los especímenes.

- Comparando los resultados de los Ensayos de Absorción Capilar en la muestra M-2:

Con la muestra M-2 tenemos un valor inicial promedio de porcentaje de Absorción Capilar a las 24 hrs. de 21.00%, sin porcentaje de estabilizante.

Si utilizamos como estabilizador el Aceite Lubricante Quemado vemos que los especímenes con 1% al 4% de este estabilizante sigue dando porcentaje de Absorción considerados POBRES. A partir de 5% nos da resultados de porcentaje de Absorción considerados EXCELENTES.

En cambio, si empleamos la Emulsión Asfáltica tipo "A" como estabilizador, a diferencia del Aceite Lubricante Quemado, vemos que los especímenes con 3% de emulsión nos da porcentaje de Absorción considerados BUENOS y a partir del 4% nos da porcentaje de Absorción considerado SATISFACTORIO.

Si utilizamos como estabilizador la emulsión asfáltica tipo "C", a diferencia de la emulsión asfáltica tipo "A", vemos que los especímenes a partir del 1% de emulsión nos dan resultados de porcentaje de Absorción considerados EXCELENTES.

Podemos concluir diciendo que para la muestra M-2 sometida a los ensayos de Absorción Capilar, se ha comportado mejor como estabilizante la Emulsión Asfáltica tipo "C".

- Comparando los resultados de los ensayos de Absorción Capilar en la muestra M-3:

Con la muestra M-3 tenemos un valor inicial promedio de porcentaje de Absorción Capilar a las 24 hrs., - sin porcentaje de estabilizante, de 20.64% considerado como un porcentaje POBRE.

Si utilizamos como estabilizador el Aceite Lubricante Quemado vemos que los especímenes con 1% a 4% - nos sigue proporcionando valores, aunque menores, - considerados porcentajes de Absorción POBRES; con - un 5% de este estabilizante tenemos un resultado de porcentaje de Absorción considerado BUENO, a partir del 6% nos da resultados SATISFACTORIOS.

Si utilizamos como estabilizador la emulsión asfáltica tipo "A", a diferencia del Aceite Lubricante Quemado, vemos que los especímenes a partir del 2% de emulsión nos da valores EXCELENTES.

Finalmente empleando la emulsión asfáltica tipo "C"; a diferencia de la emulsión asfáltica tipo "A", vemos que a partir del 1% de emulsión obtenemos resultados de porcentaje de Absorción Capilar considerados EXCELENTES.

De todo lo analizado, con respecto a Absorción Capilar, se ha observado que la emulsión asfáltica tipo "C" es la que mejor comportamiento tiene como estabilizante, en comparación con el Aceite Lubricante Quemado y la Emulsión Asfáltica tipo "A", proporcionando una impermeabilidad casi completa a los especímenes.

Y, en lo que respecta al suelo, el más conveniente de los 3 estudiados es la denominada muestra M-1.

c) Con respecto a los resultados de los Ensayos de Humedecido y Secado

- Comparando los resultados obtenidos de los Ensayos de Humedecido y Secado en la muestra M-1:

Utilizando como estabilizador el Aceite Lubricante Quemado, los especímenes que contienen a partir del 6% de este estabilizante dieron resultados después de los 5 ciclos de Humedecido y Secado considerados como SATISFACTORIOS.

Para el caso de la Emulsión Asfáltica tipo "A", a diferencia del Aceite Lubricante Quemado, los especímenes que contienen emulsión a partir del 1% dieron resultados SATISFACTORIOS.

Empleando como estabilizador la Emulsión Asfáltica tipo "C", al igual que la emulsión anterior, los especímenes a partir del 1% de emulsión sometidos a 5 ciclos de Humedecido y Secado dieron también resultados SATISFACTORIOS.

- Comparando los resultados de los Ensayos de Humedecido y Secado en la muestra M-2:

Utilizando como estabilizador el Aceite Lubricante Quemado vemos que los especímenes que contienen a partir del 7% de este estabilizante dieron resultados considerados SATISFACTORIOS.

Si utilizamos como estabilizador las emulsiones asfálticas tipo "A" o tipo "C", a diferencia del Aceite Lubricante Quemado, los especímenes que contienen a partir del 1% de emulsión dan resultados considerados SATISFACTORIOS.

- Comparando los resultados de los Ensayos de Humedecido y Secado en la muestra M-3:

Utilizando como estabilizador el Aceite Lubricante Quemado vemos que los especímenes que contienen a partir del 8% dieron resultados considerados SATISFACTORIOS.

Si utilizamos como estabilizador las emulsiones asfálticas tipo "A" o tipo "C", a diferencia del Aceite Lubricante Quemado", los especímenes que contienen a partir del 1% de emulsión dan resultados considerados SATISFACTORIOS.

Podemos concluir que para las muestras M-1, M-2 y M-3 sometidas a los Ensayos de Humedecido y Secado se han comportado mejor como estabilizadores las emulsiones asfálticas tipo "A" y tipo "C", impermeabilizando prácticamente los especímenes.

d) Con respecto a los resultados de los Ensayos de Helar y Deshelar

El estudio comparativo de estos resultados con los tres tipos de estabilizadores en las tres muestras M-1, M-2 y M-3 nos proporciona valores satisfactorios ya que en ninguno de los casos los especímenes experimentan cambios de volumen ni presentan alteraciones o pérdidas de peso.

V-2 RESPECTO AL OPTIMO CONTENIDO DE ESTABILIZANTE

Observando el Cuadro N°2 del Capítulo IV-5, vemos que utilizando el Aceite Lubricante Quemado como estabilizador obtenemos porcentajes óptimos muy elevados; en cambio considerando los dos tipos de emulsiones se vé

que el menor porcentaje óptimo de estabilizante pertenece a la emulsión asfáltica tipo "C" mezclada con la muestra M-1.

V-3 SELECCION DEL MEJOR ESTABILIZANTE

De los tres tipos de estabilizantes empleados, en la presente Tesis, luego de los estudios comparativos de los resultados de los ensayos de estabilización con las muestras M-1, M-2 y M-3 y el óptimo contenido de estabilizante, podemos decir que el mejor estabilizador empleado es la emulsión asfáltica tipo "C", la que ha dado los mejores resultados al mezclarse con la muestra M-1.

C A P I T U L O VI

ESTUDIO COMPARATIVO CON OTROS ESTABILIZANTES

VI-1 ESTUDIO COMPARATIVO CON LAS ESTABILIZACIONES SUELO-ASFALTO, SUELO-MELASA, SUELO-CAL Y SUELO CEMENTO

El estudio comparativo con otros estabilizantes como el asfalto, la melasa, la cal y el cemento se realizó teniendo como punto de comparación a la Emulsión Asfáltica tipo "C", que en la presente Tesis dió los mejores resultados como estabilizante, y obteniendo los datos necesarios para los otros estabilizantes de los trabajos de investigación realizados en esta Universidad, para mejorar la construcción con tierra.

Para realizar estas comparaciones tratamos de referir los estabilizantes a un mismo tipo de suelo, encontrándose en los trabajos anteriores de estabilización, suelos denominados como A-4 según la Clasificación AASHO. Los resultados de los ensayos de estabilización en estos suelos, así como los porcentajes óptimos de estabilizante y la trabajabilidad de los mismos, nos servirán como temas de comparación.

- a) Estudio comparativo de los estabilizantes con respecto a los resultados obtenidos en los ensayos:

a-1) CON RESPECTO A LOS ENSAYOS DE COMPRESION :

CUADRO N°3

TIPO DE SUELO	ARENA	LIMO	ARCILLA	CLASIFICACION		ESTABILIZADOR		COMPRESION (Kg/cm ²)
	%	%	%	SUCS	AASHO	TIPO	%	
Limos-Arenosos de baja plasticidad.	65	30	5	CL-ML	A-4(3)	Emulsión Asfáltica tipo "C"	0	16.41
							1	17.14
							2	18.12
							3	18.86
							4	20.58
							5	21.56
Arcilla-Limosa - con arena fina, de mediana plasticidad.	42	50	8	CL	A-4(6)	Asfalto	0	40.62
							1	41.45
							2	41.43
							3	38.99
							4	35.56
							5	33.05
Arcilla - limosa con buen % de arena fina de mediana plasticidad.	73	26	7	CL-ML	A-4(5)	Melasa	0	26.60
							1	34.80
							2	33.20
							3	49.30
							4	53.90
							5	34.30
Arcilla - limosa de mediana - plasticidad	--	--	-	CL	---	Cal	0	15.25
							5	14.32
							7	18.31
							10	18.40
Suelo Arenoso	81.3	18	0.7	---	A-1-a	Cemento	0	
							3	28.10
							5	40.30
							7	54.00

Según los valores dados en el Cuadro N°3 vemos que un suelo con Emulsión Asfáltica tipo "C" al igual que con melasa incrementan la resistencia a la compresión cuando se aumenta el porcentaje de estabilizante, mientras que el asfalto con los primeros porcentajes solo trata de conservar la resistencia inicial a la compresión y a partir aproximadamente del 5% de asfalto, comienzan generalmente a disminuir estos valores.

Con respecto a los valores de resistencia a la compresión de suelos con cal vemos que para suelos arcillosos la resistencia se incrementa al aumentar porcentajes de cal:

Usando como estabilizador el cemento, la resistencia a la compresión se incrementa, para un suelo - arenoso, a partir del 3% en términos generales.

Podemos concluir diciendo que la melasa, el cemento, el asfalto y la Emulsión Asfáltica tipo "C", - para suelos apropiados, incrementan la resistencia a la compresión con pequeños porcentajes de estabilizante a diferencia de la cal.

a-2) CON RESPECTO A LOS ENSAYOS DE ABSORCION CAPILAR

CUADRO N°4

TIPO DE SUELO	ARENA	LIMO	ARCILLA	CLASIFICACION		ESTABILIZADOR		% ABS. CAPILAR A LAS 24 h.
	%	%	%	SUCS	AASHO	TIPO	%	
Limos-Arenosos de - baja plasticidad.	65	30	5	CL-ML	A-4(3)	Emulsión Asfáltica tipo "C"	0	18.61
							1	1.90
							2	1.44
							3	0.57
							4	0.28
							5	0.30
							6	0.61
Arcilla-limosa con - arena fina de mediana plasticidad.	42	50	8	CL	A-4(6)	Asfalto	0	10.62
							1	4.56
							2	3.71
							3	1.32
							4	1.03
							5	
							6	
Arcilla con buen % de arena fina de mediana plasticidad.	73	26	7	CL-ML	A-4(5)	Melasa	0	9.43
							1	6.10
							2	5.50
							3	5.40
							4	5.24
							5	5.34
							6	
Arcilla-Limosa de me diana plasticidad.						Cal		No se realizó
Suelo Arenoso	81.3	18	0.7		A-1-a	Cemento	0	
							3	13.60
							5	13.03
							7	12.50

De acuerdo a los valores dados en el Cuadro N°4, vemos que un suelo con Emulsión Asfáltica tipo "C" , tiene un mejor comportamiento que un suelo con asfalto, con melasa, cal o cemento, proporcionando una impermeabilidad casi completa a partir del 1% de emulsión, obteniéndose un porcentaje de Absorción considerado EXCELENTE.

Con el asfalto se necesita generalmente un 3% para conseguir iguales resultados. Con la melasa no se incrementan resultados satisfactorios de impermeabilidad.

Con suelo-cal no se realizaron Ensayos de Absorción Capilar y con suelo-cemento se encuentran valores admisibles de Absorción de acuerdo a sus propias especificaciones.

a-3) CON RESPECTO A LOS ENSAYOS DE HUMEDECIDO Y SECADO

CUADRO N°5

TIPO DE SUELO	ARENA %	LIMO %	ARCILLA %	CLASIFICACION		ESTABILIZADOR		% DE PERDIDA DE PESO
				SUCS	AASHO	TIPO	%	
Limos-Arenosos de baja plasticidad.	65	30	5	CL-ML	A-4(3)	Emulsión Asfáltica tipo "C"	0	Se desintegró
							1	0.70
							2	0.47
							3	0.48
							4	0.50
							5	0.48
							6	0.51
Arcilla-Limosa con arena fina de mediana plasticidad.	42	50	8	CL	A-4(6)	Asfalto	0	Se desintegró
							1	0.55
							2	0.56
							3	0.57
							4	0.56
							5	0.54
							6	
Arcilla limosa con buen % de arena fina de mediana plasticidad.	73	26	7	CL-ML	A-4(5)	Melasa	0	Se desintegró
							1	" " 1°C
							2	" " 1°C
							3	" " 1°C
							4	" " 1°C
							5	" " 1°C
							6	
Arcilla - limosa de mediana - plasticidad.				CL		Cal	0	Se desintegró
							5	" " 3°C
							7	" " 3°C
							10	38.32
Suelo Arenoso	81.3	18	0.7		A-1-a	Cemento	0	Se desintegró
							3	6.83
							5	5.62
							7	3.45

De los valores dados en el Cuadro N°5, podemos decir que un suelo con Emulsión Asfáltica tipo "C" - al igual que con asfalto, nos da porcentajes de pérdidas de peso, al finalizar los 5 ciclos de Humedecido y Secado, considerados como SATISFACTO RIOS.

En cambio, el comportamiento de un suelo con melasa ante este ensayo es completamente desfavorable.

En lo que respecta al suelo-cal, se encuentran resultados muy parecidos a los de la melasa desintegrándose los especímenes en presencia del agua.

En el suelo-cemento se encuentran mejores resultados de porcentaje de pérdida de peso, considerados dentro de la tolerancias dadas por la Portland Cement Association.

Analizando en términos generales el comportamiento de los estabilizantes antes mencionados en lo que respecta a los resultados obtenidos en los ensayos de laboratorio, se pueden apreciar que los del tipo asfáltico son los más recomendables para estabilizar suelos con fines de mejorar la calidad de los adobes, esto es porque les proporciona una mejor durabilidad con aumento de resistencia.

- b) Estudio comparativo de los estabilizantes con respecto al porcentaje óptimo:

Para la estabilización suelo-asfalto se consideró un porcentaje de 1.5% de asfalto como óptimo, para zonas lluviosas de 2% a 3% de asfalto no recomendándose mayores porcentajes porque la resistencia a la compresión disminuía.

Para la estabilización suelo-melasa, se considera hasta un 3% de melasa como porcentaje óptimo que incrementa la resistencia del suelo estabilizado, pero en cambio el porcentaje de Absorción Capilar aumenta y a partir del 4% los bloques son susceptibles de formar hongos y tener olores penetrantes, es decir que con un bajo porcentaje de melasa se estabiliza parcialmente el suelo no siendo apropiado para lugares húmedos.

Para la estabilización suelo-cal se considera porcentajes de 5.7% como óptimos ya que aumentan la resistencia a la compresión pero al igual de lo que sucede con la melasa no tiene buena estabilidad en presencia de agua.

En el caso de suelo-cemento los porcentajes óptimos de cemento están dados por la Soil Cement Laboratory Hand-Book para cada tipo de suelo.

Para la estabilización de un suelo con Emulsión Asfáltica tipo "C", analizada en la presente Tesis, el porcentaje óptimo considerado es 1% y para zonas lluviosas bastaría con porcentajes comprendidos entre 1.5 a 3%, a medida que incrementamos el porcentaje de emulsión se incrementa la resistencia del suelo estabilizado a la compresión sin producir alteración en los especímenes ensayados.

Finalmente, con respecto al porcentaje óptimo se puede decir que los estabilizantes que con un menor porcentaje incrementan la resistencia a la compresión a la vez que impermeabilizan casi completamente los especímenes son también los del tipo asfáltico.

- c) Estudio comparativo de los estabilizantes con respecto a la trabajabilidad:

En lo que respecta a la facilidad de mezclar un suelo con un estabilizante, los del tipo asfalto RC-250 son trabajables, pero mucho más lo son las emulsiones asfálticas.

En cuanto se refiere a la melasa, ésta ofrece buena trabajabilidad, por la facilidad que tiene de mezclarse con el agua y luego poderle agregar el suelo.

La cal y el cemento son también de buena trabajabilidad, pero hay que tener en consideración a la hora del mezclado la cantidad de agua que absorbe la cal y la que ayuda al curado del cemento.

C A P I T U L O V I I

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

Dado a que el número de muestras ensayadas es bastante reducido, debido a la ausencia de facilidades para traerlas, las conclusiones que se dan a continuación son muy específicas.

Como las Emulsiones Asfálticas ensayadas, así como el Aceite Lubricante Quemado, son productos derivados del petróleo, la elaboración de la presente Tesis ha partido de las condiciones y recomendaciones especificadas por el Programa COBE para estabilización de suelos con asfalto RC-250.

Teniendo entonces en consideración lo expuesto anteriormente, se seleccionaron 3 muestras, las cuales reunían la mayor parte de características recomendables para un suelo que va a ser estabilizado con asfalto.

De las 3 muestras seleccionadas en la ciudad de Chinchá, podemos decir que, en términos generales, son suelos de baja plasticidad, es por ello que los resultados de los ensayos no han sido del todo satisfactorios, es decir, que si a la muestra denominada M-1 que es la que ha proporcionado los mejores resultados, se le pudiera añadir suelo arcilloso, de manera que eleve su porcentaje de arcilla a la vez que elevaría su índice plástico, los resultados serían mejores que los que se han obtenido.

Al analizar el comportamiento de las 3 muestras de suelo cuando esta mezclada con Aceite Lubrificante Quemado o con Emulsiones Asfálticas, podemos decir que el Aceite Lubrificante Quemado no es recomendable para usarlo como estabilizador de un suelo puesto que disminuye la resistencia a la compresión del mismo conforme se aumenta el porcentaje de éste y para conseguir impermeabilizar el suelo necesitamos porcentajes relativamente altos de Aceite Lubrificante Quemado. En cambio, las Emulsiones Asfálticas tipo "A" y "C" se presentan favorables en todo el proceso de estabilización de suelos, superando ampliamente a muchos otros estabilizadores estudiados hasta la fecha, sobre todo en lo que se refiere a durabilidad de un espécimen dado a que le proporciona una muy buena impermeabilidad con muy bajos porcentajes de emulsión.

- La Emulsión Asfáltica tipo "A" incrementa moderadamente la resistencia del suelo conforme aumenta su porcentaje, este porcentaje esta en función del peso del suelo seco al aire.
- La Emulsión Asfáltica tipo "C", empleada como estabilizador es la que proporciona los mejores resultados, ya que con el 1% en peso de esta emulsión la resistencia a la compresión se incrementa a la vez que impermeabiliza el espécimen o bloque fabricado.

Para los suelos de la ciudad de Chíncha, ciudad que presenta un alto porcentaje de construcciones con adobe, se recomienda mejorar tanto el adobe como el aspecto constructivo. Para ello se podría divulgar el empleo del suelo estabilizado en la construcción mediante información apropiada incentivando de esta manera la fabricación de bloques estabilizados.

De las comparaciones realizadas con otros estabilizan

tes, parece ser que la Emulsión Asfáltica tipo "C" es la más recomendable para el caso de fabricación de bloques, esto sin considerar el costo del estabilizador.

Finalmente, todo esto debe ser acompañado con un Sistema constructivo apropiado de manera de evitar errores comunes en este tipo de construcción, para de esta manera mejorar en todos sus aspectos la CONSTRUCCION CON TIERRA.

BIBLIOGRAFIA

1. " I Convención Nacional de Mecánica de Suelos, Fundaciones y Mecánica de Rocas" del 26-30 de Diciembre de 1966. Lima - Perú.
2. MINISTERIO DE VIVIENDA - UNI (AID).- "Programa Construcción con Bloque Estabilizado COBE" (Normas Técnicas) Lima - Perú 1973.
3. S. CYTRYNS .- "Construcción con Tierra", Centro Regional de Ayuda Técnica-Administración de Cooperación Internacional (AID), México, 1965.
4. PROYECTO EXPERIMENTAL DE VIVIENDA - COMISION DE RECONSTRUCCION Y REABILITACION DE LA ZONA AFECTADA (ORDEZA).- "Manual para la Construcción de Viviendas con Adobe" Oficina Nacional de Desarrollo Comunal, Lima - Perú.
5. UNI.- Boletín Consejo de Investigación Lima - Perú, 1963 "Aspectos Fundamentales sobre las Estabilizaciones de Suelos".
6. UNI.- Boletín N°1, "Laboratorio de Mecánica de Suelos"
7. ING. EMILIO LE ROUX.- "Elementos de Mecánica de Suelos"
8. JOHNSON A.W. .- "Suelos - Estabilización"
9. MINISTERE DE L'AMENAGEMENT DU TERRITOIRE, DE L'EQUIPEMENT ET DES TRANSPORTS BULLETIN DE LIAISON DES LABORATOIRES DES PONTS ET CHAUSSEES.- " - Les Emulsions De Bitume", Special W, Juin 1974.

10. INTERNATIONAL INSTITUTE OF HOUSING TECHNOLOGY.- "Fabricación de Bloques de Suelo Estabilizado con Asfalto u Emulsiones", California State University, Fresno, Fundation, Junio 72.
11. UNI-DEPARTAMENTO DE ESTRUCTURAS Y CONSTRUCCION.-"Informe de avance de la Investigación sobre Construcción con Adobe", Octubre 1971.
12. VICTOR ORLANDO MALMACEDA BORGOÑO.- Tesis "Bloque Estabilizado: Estudio de Mortero"-(Estabilización con Asfalto), Lima-Perú 1973.
13. FERNANDO VARGAS MORENO.- Tesis "Estabilización Suelo-Melasa", Lima-Perú 1974.
14. GUILLERMO VANINI MAGGI.- Tesis "Estabilización de Suelos con Cemento", Lima-Perú 1968.
15. ROMULO ROMERO B.- Trabajos para la Tesis "Estabilización Suelo-Cal", Lima-Perú 1975.
16. MIGUEL ARIAS MARTINEZ.- Tesis "Bloque Estabilizado: Selección de Suelos", Lima-Perú 1973.