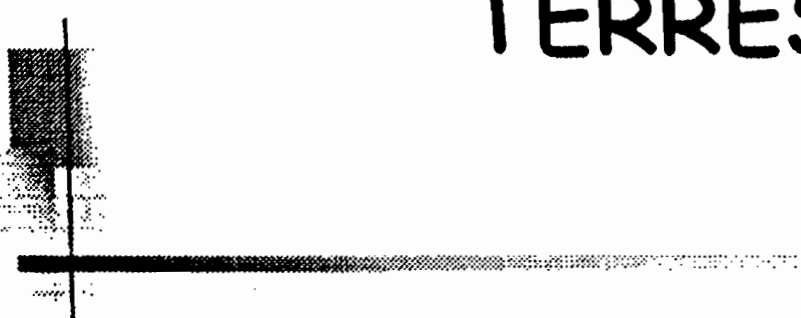


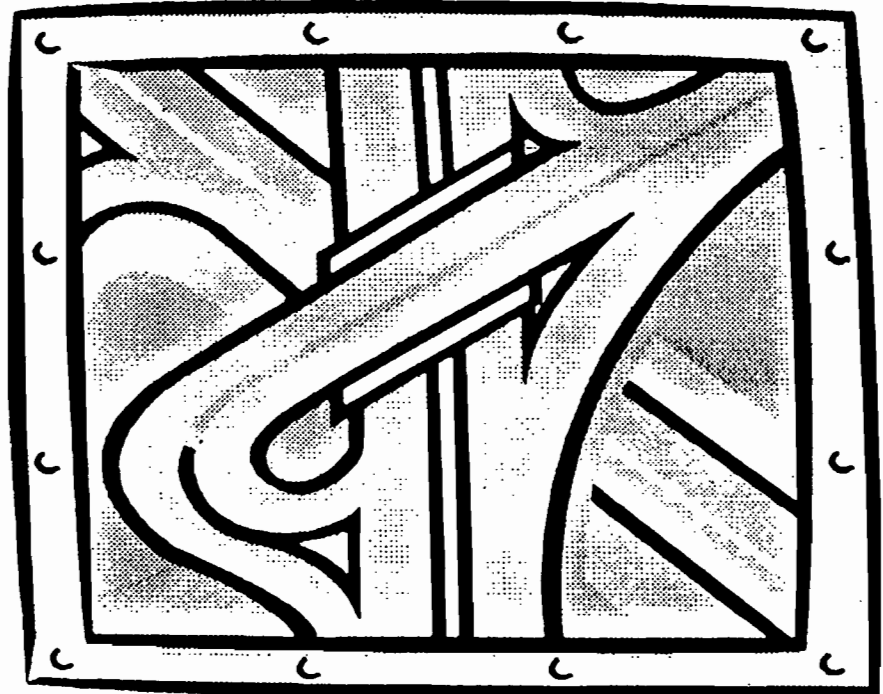
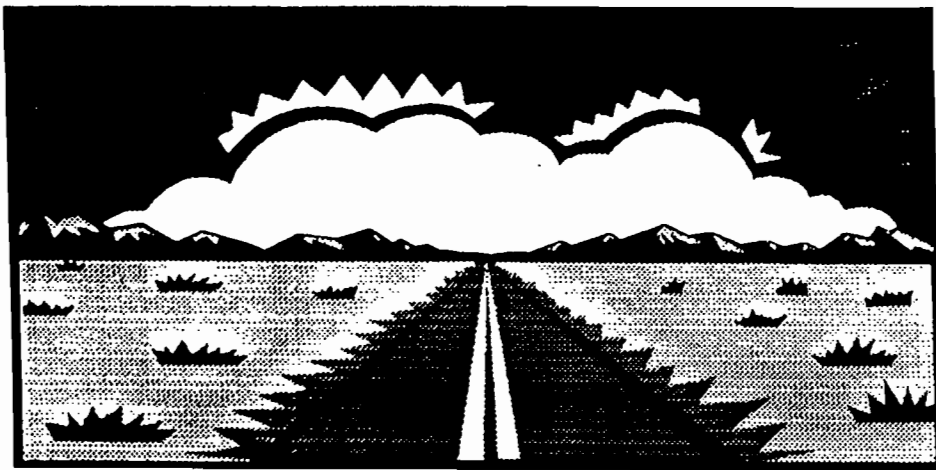
EL USO DE "CAL" EN LAS VIAS TERRESTRES



M.I. Víctor A. Sotelo Cornejo

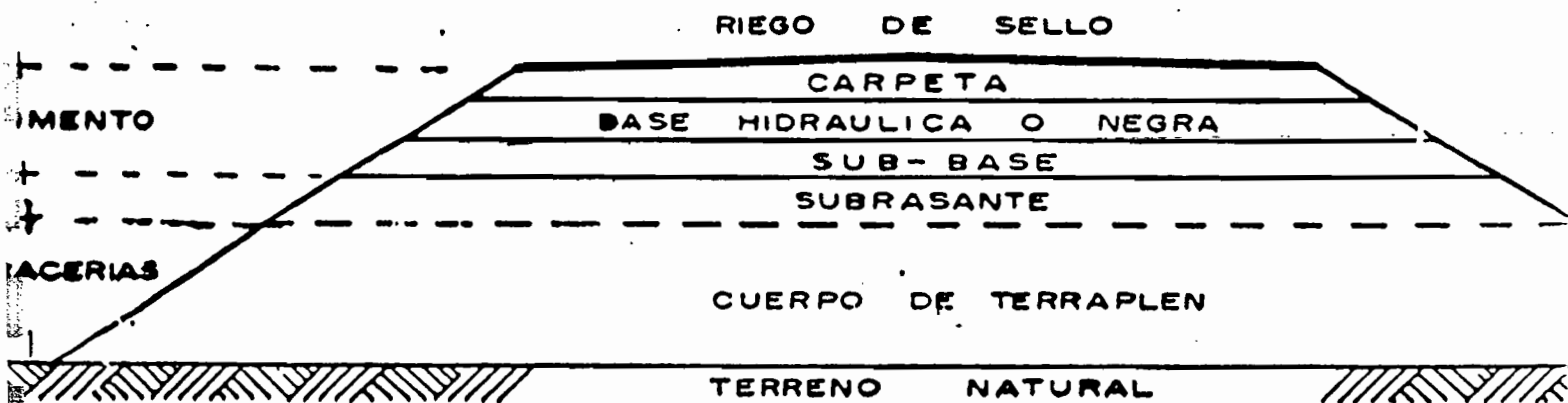
Can Cun Quintana Roo 25 de Octubre de 1999

UNA VIA TERRESTRE



SECCION ESTRUCTURAL TIPICA DE UN PAVIMENTO

SECCIONES TIPO DE PAVIMENTOS FLEXIBLES



SECCION TIPICA

CARRETERAS

LONGITUD TOTAL 321,739 Km

PAVIMENTADA LIBRES 98,233 Km

CUOTA 6,594 Km

NO PAV. RURAL 165,681 Km

BRECHA 5,1231 Km

MODERNIZACIONES 500 Km/año

NUEVAS 500 Km/año

CAMINOS RURALES

20,000 Tn

ESTABILIZACIÓN DE SUELOS CON "CAL"

■ GENERALIDADES

Suelos

Alternativas

- Usarlos
- Mejorarlos
- Desecharlos

• ESTABILIZACIÓN

- Medios mecánicos
- Mezcla de suelos
- Por Drenaje
- Electrosmosis
- Medios químicos

- Cemento
- Cal
- Asfalto

ESTRUCTURA DE LOS SUELOS

ESTRUCTURAS DE LOS SUELOS

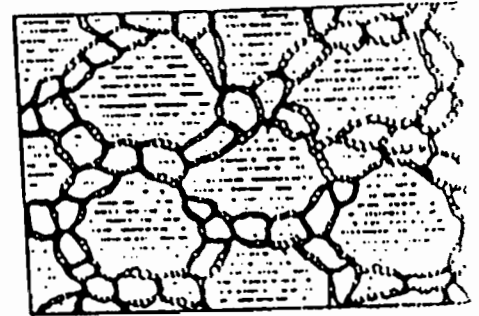


Figura IV-4. Esquema de estructura floculenta.

Mecánica de Suelos

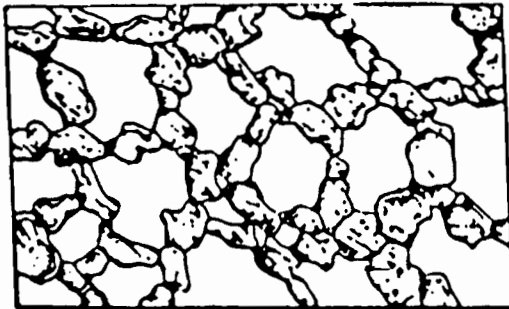
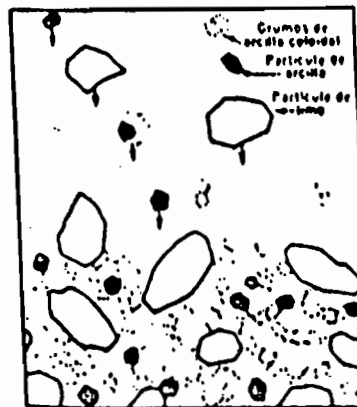
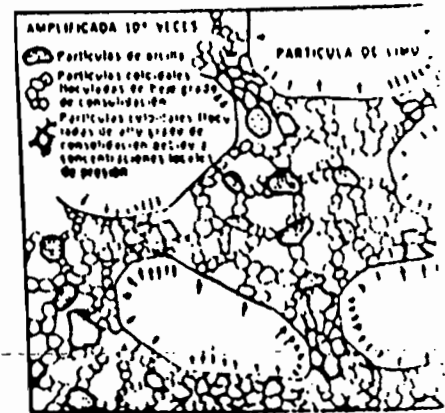


Figura IV-3. Estructura panázoide.



(a) En formación



(b) Ya formada

Figura IV-5. Una estructura compuesta (según A. Casagrande)

IDENTIFICACION DE LAS ARCILLAS EXPANSIVAS

TABLA A-4.1

DATOS PARA ESTIMAR EL CAMBIO VOLUMÉTRICO PROBABLE EN MATERIALES EXPANSIVOS

Datos de pruebas de identificación			Expansión probable. Cambio volumétrico en % (seco a saturado)	Grado de expansión
Contenido coloidal (% < 0.001 mm)	Índice de plasticidad	Límite de contracción		
> 28	> 35	< 11	> 30	Muy alto
20 - 31	25 - 41	7 - 12	20 - 30	Alto
13 - 23	15 - 28	10 - 16	10 - 20	Medio
< 15	< 18	> 15	< 10	Bajo

MINERALES CONSTITUTIVOS DE LOS SUELOS 2

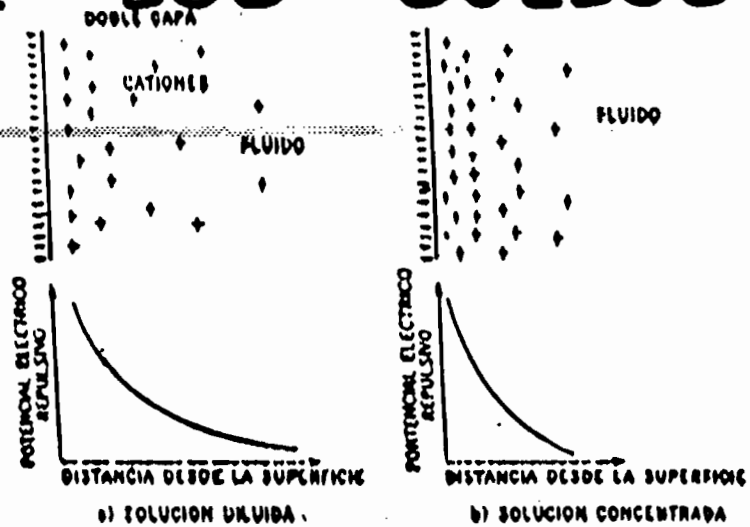
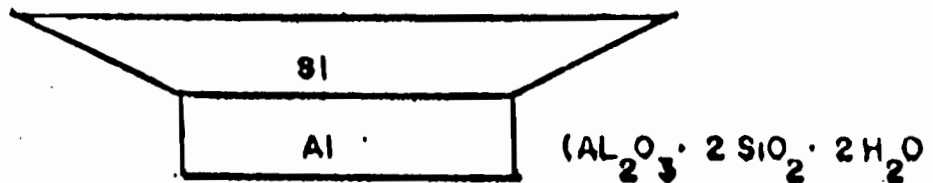


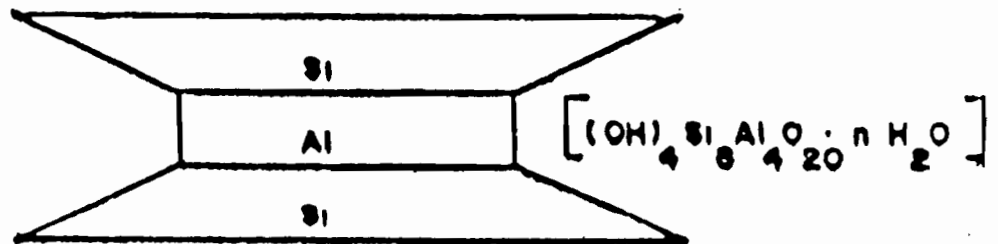
Figura 11-1. Formación de la doble capa en torno a un cristal de arcilla sumergido en agua.

ARCILLAS

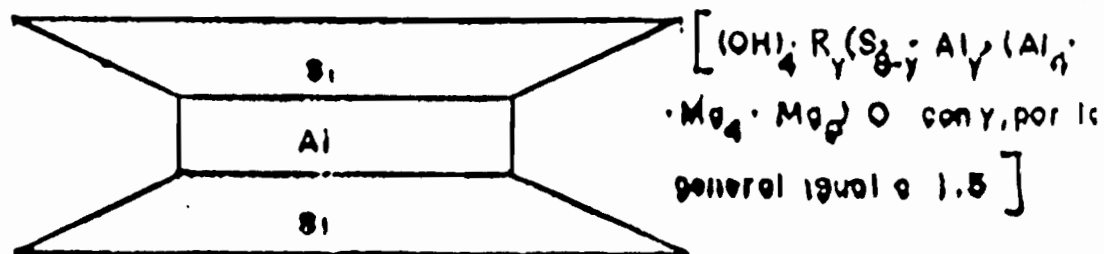
CAOLINITAS



MONTMORINOLITAS



ILITAS



MINERALES CONSTITUTIVOS DE LOS SUELOS 1

MINERALES CONSTRUCTIVOS DE LAS ARCILLAS

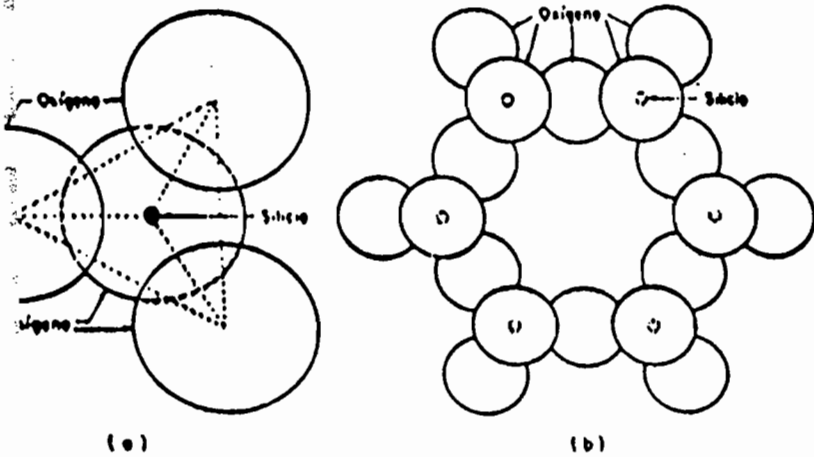


Figura 1-3. Esquema de la estructura de la lámina silícica.

Minerales constitutivos

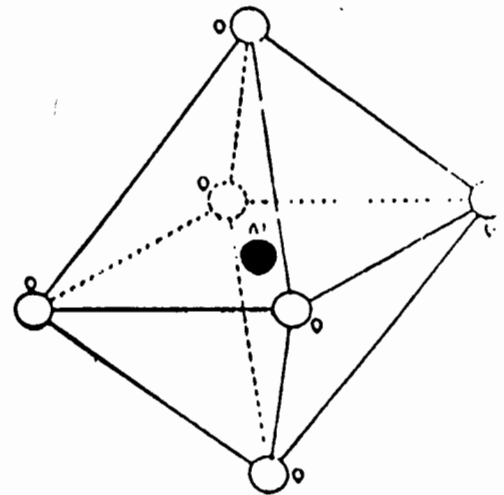


Figura 1-3. Esquema de la estructura de la lámina aluminosa.

ESTRUCTURAS DE LOS SUELOS

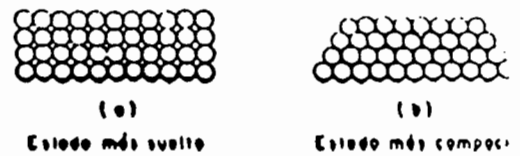


Figura IV-2. Compacidad de un conjunto de esferas iguales.

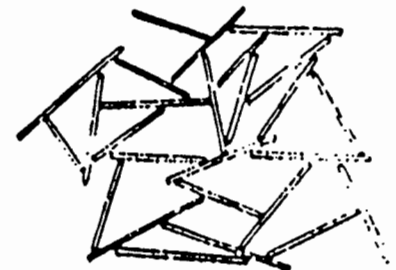
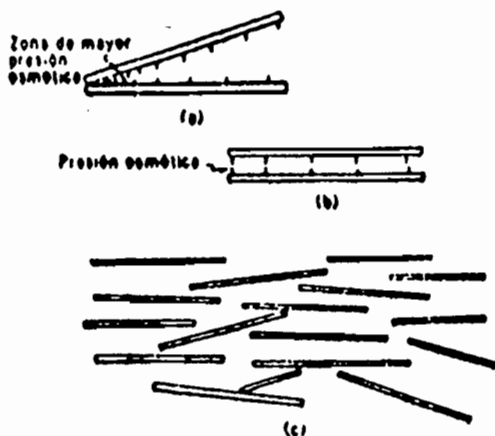
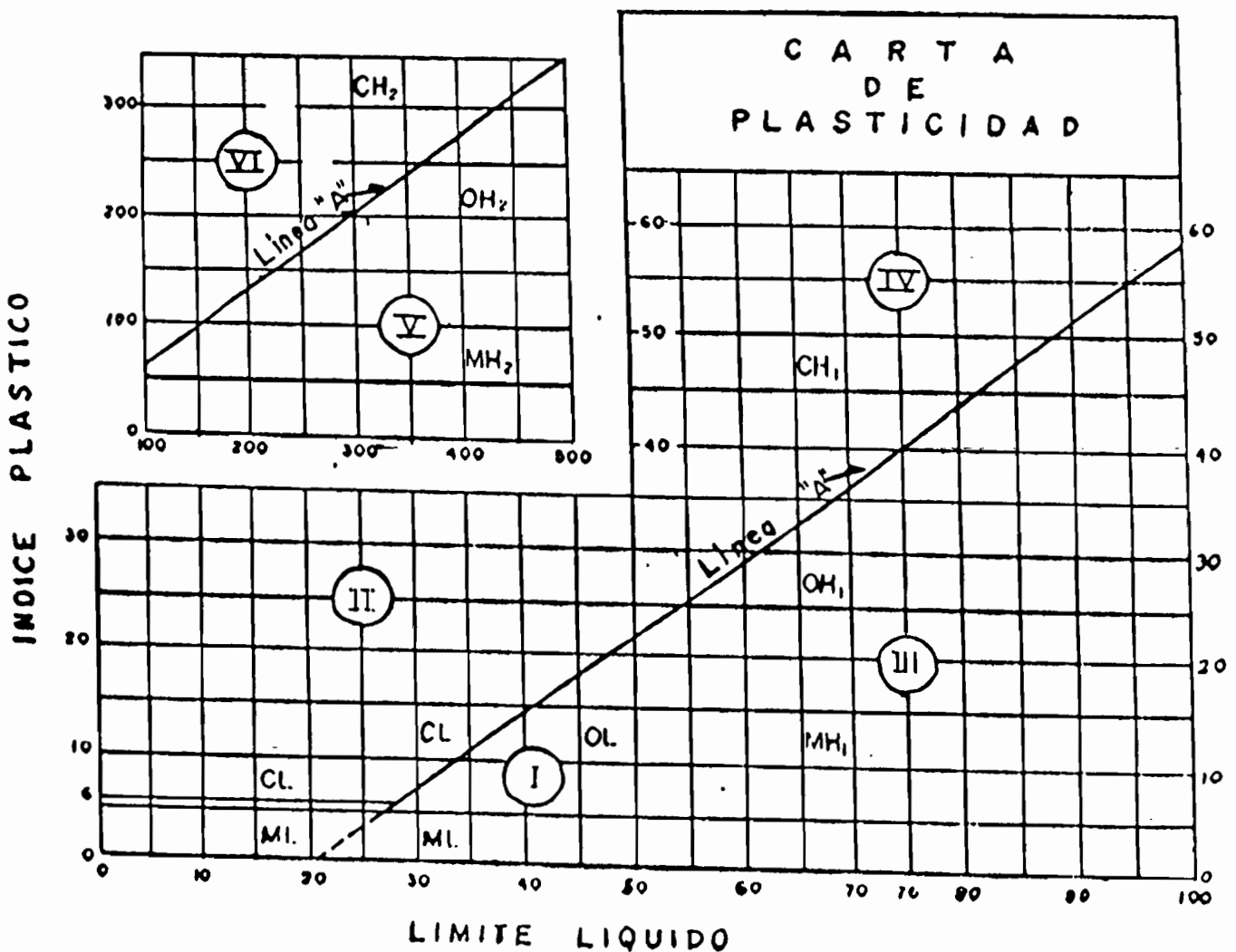


Figura IV-6. Estructura en "redes" de raíces.

CARTA DE CASAGRANDE PARA CLASIFICACIÓN



PROBLEMAS FRECUENTES QUE SE PRESENTAN ¹

- **Estabilidad volumétrica**
 - Suelos expansivos
- **Resistencia**
 - Compactación
 - Vibro flotación
 - Precarga
 - Drenaje
 - Mezclas con otros suelos
 - Estabilización química
 - Cemento, cal, aditivos.
- **Permeabilidad**
 - Inyecciones
 - Polifosfatos, hidróxido de cal, yeso, emulsiones.

PROBLEMAS FRECUENTES QUE SE PRESENTAN ²

- **Compresibilidad**

- Compactación
- Precarga

- **Durabilidad**

- Resistencia al intemperismo
- Erosión, Abrasión del tránsito

IDENTIFICACIÓN DE SUELOS CON FINES DE ESTABILIZACIÓN

• S U C S

• COMPOSICIÓN MINERALÓGICA

- Permeabilidad
- Clima
- Vegetación
- Historia geológica

SUELO OBSERVADO

COMPONENTE MINERAL

Arcillas rojas o blancas	CAOLINITAS
Arcillas amarillas, grises o naranjas	MONTMORILONITAS
Arcillas negras o grises oscuras	MONTMORILONITAS
Arcilla café o café rojizo	ILITAS Y MONTMOR.
Arcillas blancas o gris claro	CAOLINITA Y BAUXITA
Suelos micáceos	MICAS
Cristales pequeños disgregables	YESO
Nódulos suaves solubles en ácido	CARBONATOS
Nódulos duros café rojizo	HIERRO Y LATERITAS
Suelo agrietado 30 o mas cm	ILITAS
Suelo agrietado intenso, ancho, profun	ILITAS O MONTMOR
Suelo disgregable textura abierta	CARBONATOS Y CAOLÍN
Suelo rugoso, expuesto intemperie	MONTMORILONITAS

RESPUESTA DE ALGUNOS SUELOS A MÉTODOS DE ESTABILIZACIÓN

COMPONENTE DEL SUELO	ESTABILIZACIÓN	FINALIDAD
Materia orgánica	Mecánica	Otros no efectivos
Arenas	Mezclas con finos no plásticos	Estabilidad mecánica
	Cemento	Resistencia
	Asfalto	Cohesión
Limos	---	----
Alófanos	Cal o Cal y yeso	Resistencia
Caolín	Arena Cemento Cal	Estabilidad mecánica Resistencia Corto plazo Trabajabilidad y resist. a largo plazo
Ilita	Cemento Cal	Resist. Corto plazo Trabaj. Resist. Largo.
Montmorilonita	Cal	Trabaj. Resist. Corto p.

ESTABILIZACIÓN DE SUELOS CON EL USO DE "CAL"

- GENERALIDADES
 - Método mas antiguo
Via Apia Roma
 - Tipo de materiales - CH -
- REACCIONES ENTRE LA CAL Y EL SUELO
 - Captación de Iones de Ca
 - Interrelación entre el Ca y el Al y Si del suelo en el tiempo.
- EFECTOS EN EL SUELO
 - Gravas Arcillosas
 - Mayor resistencia que con cemento
 - Arcillas plásticas
 - Mayor trabajabilidad
 - Facil compactación
 - Pretratamiento ante estab. Con cemento
 - Suelos orgánicos
 - Poco efecto

PROCEDIMIENTOS CONSTRUCTIVOS



- **DOSIFICACIÓN**
 - De acuerdo al uso u objetivo
 - Capa que se pretende tratar
 - Tipo de suelo

- **PROCEDIMIENTO**
 - Tradicional
 - Escarificación
 - Pulverización del suelo
 - Tendido de la Cal
 - Mezclado
 - Incorporación de agua
 - Compactación
 - Conformado de la superficie
 - Curado 48 hr.
 - Colocación de Superficie protectora

 - Con equipo de Recuperación y Mezcla.

DOSIFICACIÓN

SUELO	PRE TRATAMIENTOS	ESTABILIZACIONES
Roca triturada con finos	2 - 4 %	No recomendada
Arenas	no recom.	No recomendado
Suelos Orgánicos	no recom.	No recomendado
Gravas Arcillosas	1 - 3 %	3 %
Arcillas Arenosas	no recom.	5 %
Arcillas Limosas	1 - 3 %	2 - 4 %
Arcillas de plásticas a muy plásticas	1 - 3 %	3 - 8 %

MAQUINARIA DE ESTABILIZACION Y
RECUPERACION DE PAVIMENTOS
UTILIZADA EN MEXICO



1. CATERPILLAR

2. CMI

3. WIRTGEN

4. BOMAG

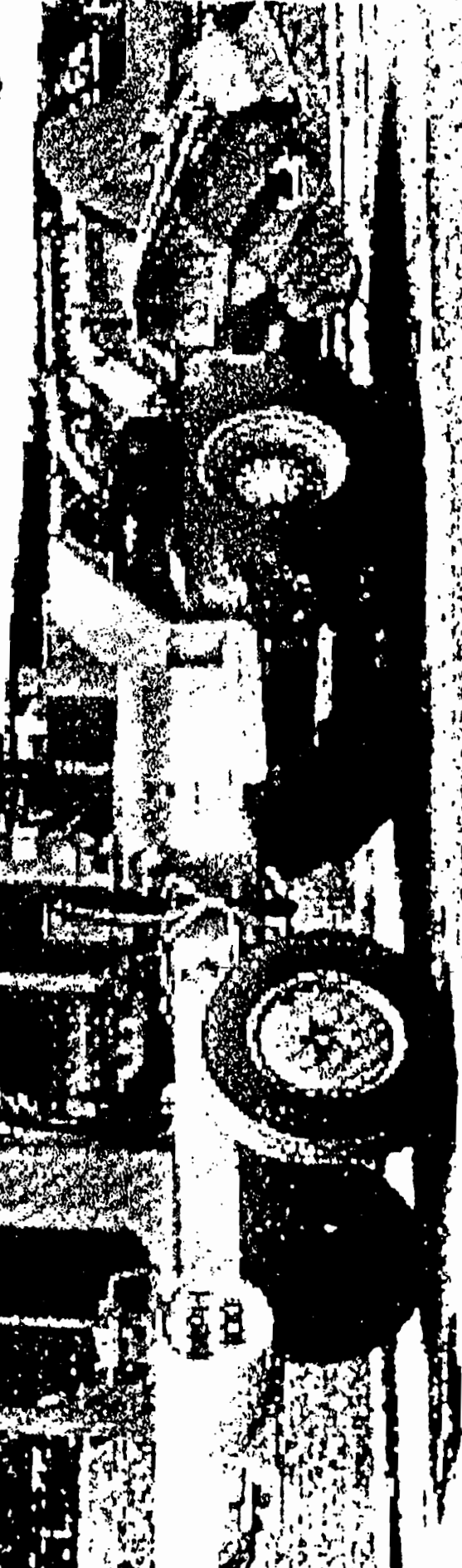
5. ROADTEC

6. BITELY

UNO DE LOS PRIMEROS EQUIPOS USADOS EN
LA ESTABILIZACION DE TERRACERIAS



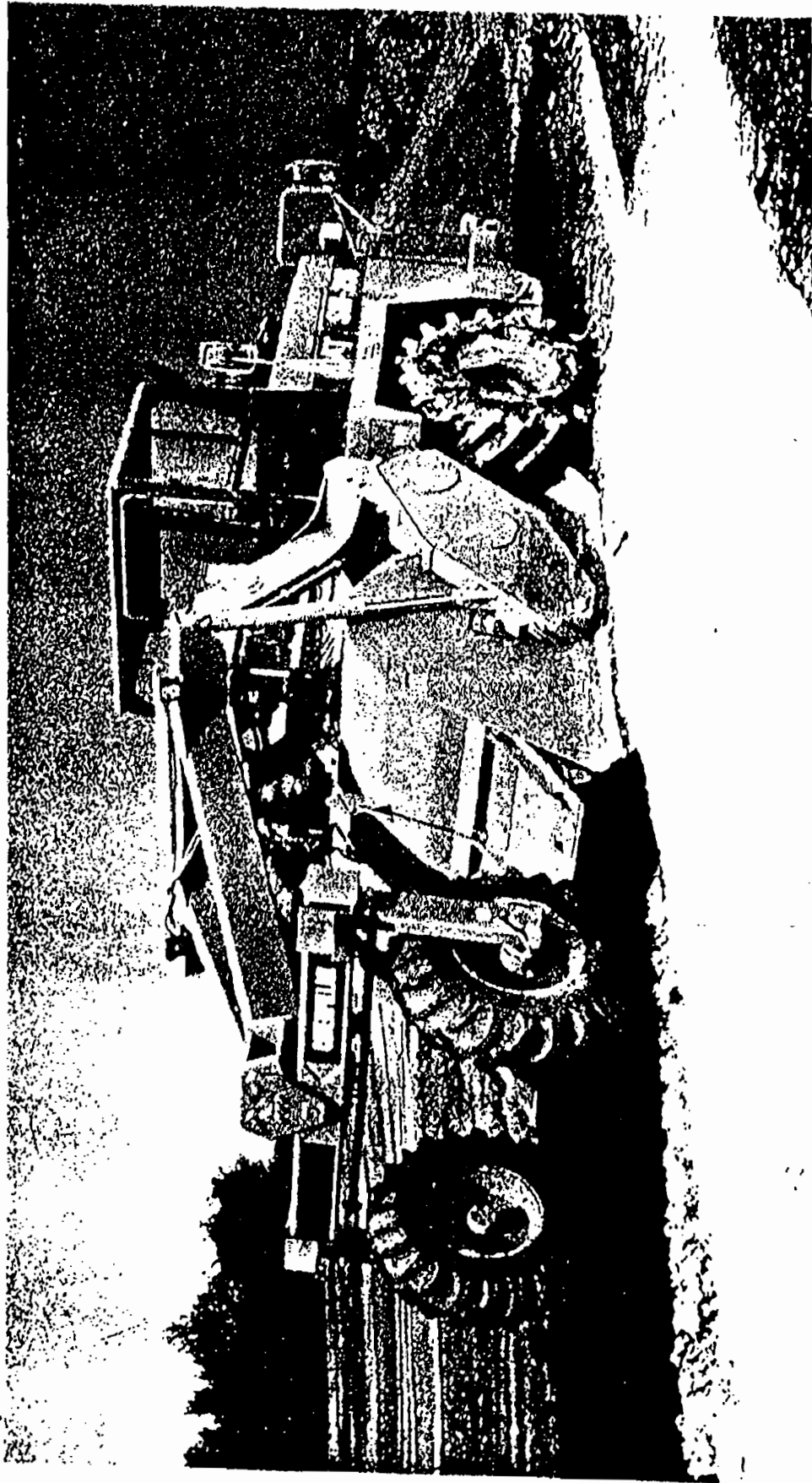
TICHAUS AUCTIONEERS



BOMAG MPH - 1000



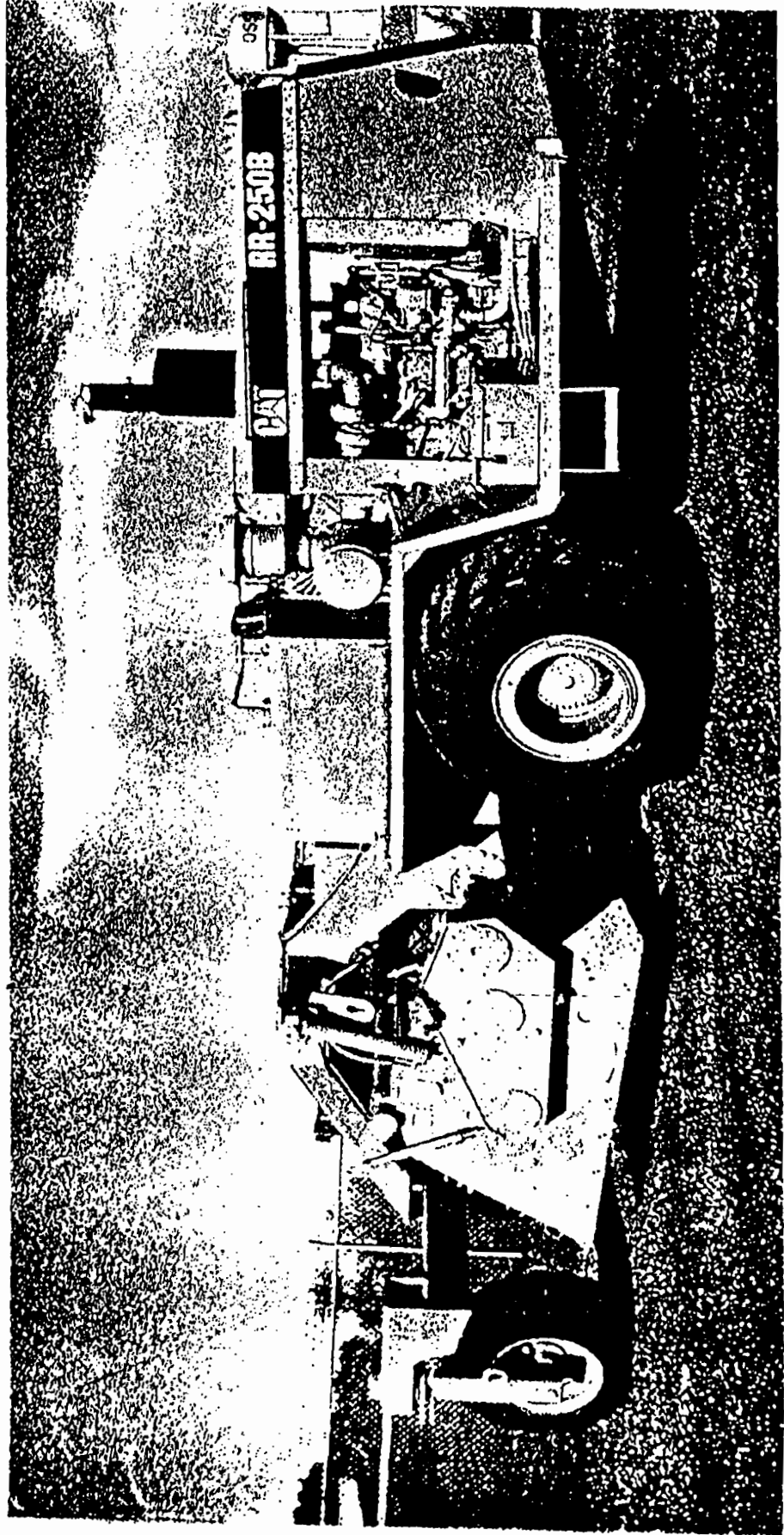
EQUIPO CATERPILLAR DE ESTABILIZACION USANDO CAL



SM -250 ESTABILIZADORA



EQUIPO CATERPILLAR

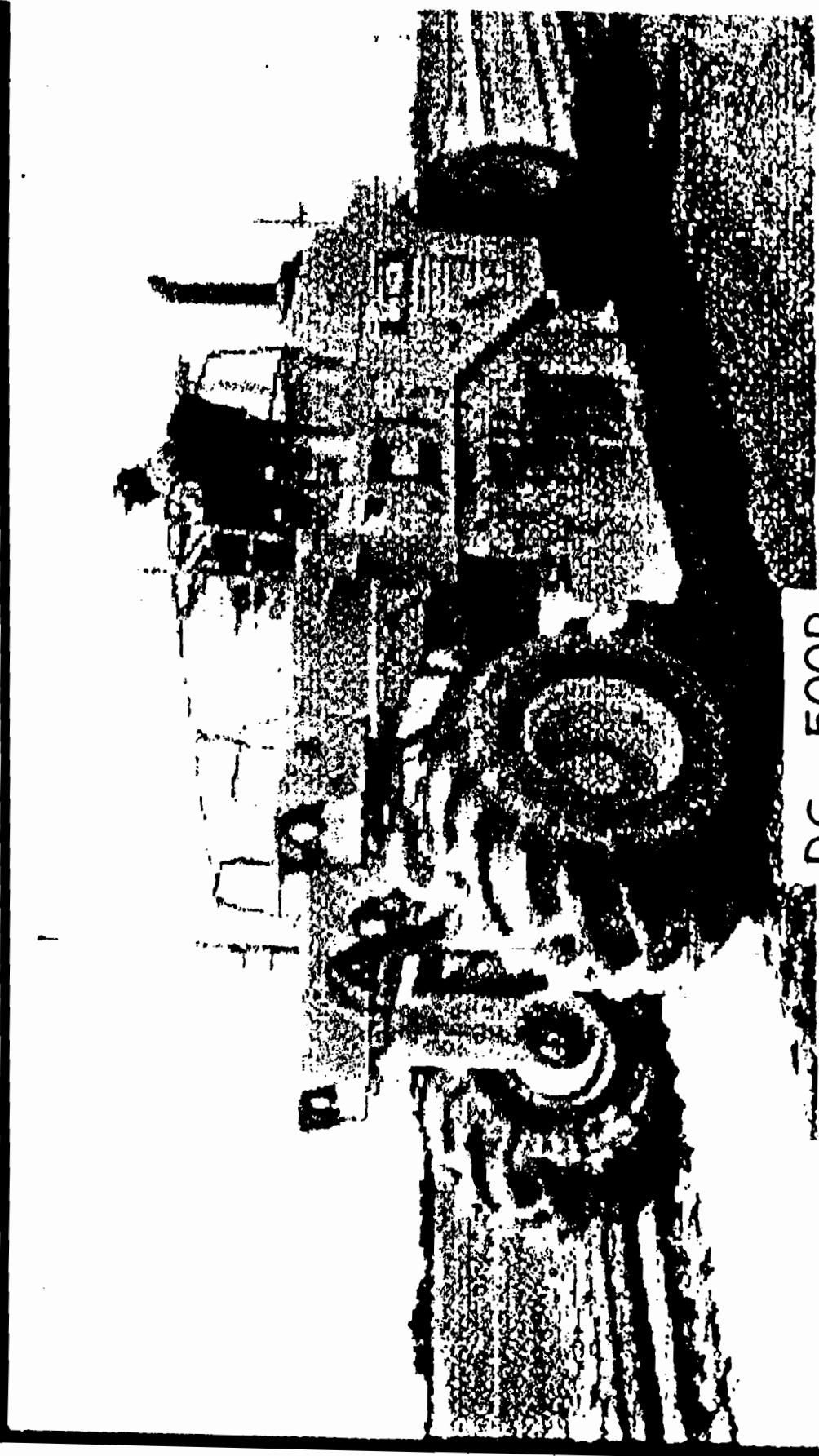


RR - 250B RECUPERADORA

1977-78 1978-79 1979-80 1980-81 1981-82 1982-83 1983-84 1984-85 1985-86 1986-87 1987-88 1988-89 1989-90 1990-91 1991-92 1992-93 1993-94 1994-95 1995-96 1996-97 1997-98 1998-99 1999-00 2000-01 2001-02 2002-03 2003-04 2004-05 2005-06 2006-07 2007-08 2008-09 2009-10 2010-11 2011-12 2012-13 2013-14 2014-15 2015-16 2016-17 2017-18 2018-19 2019-20 2020-21 2021-22 2022-23 2023-24 2024-25

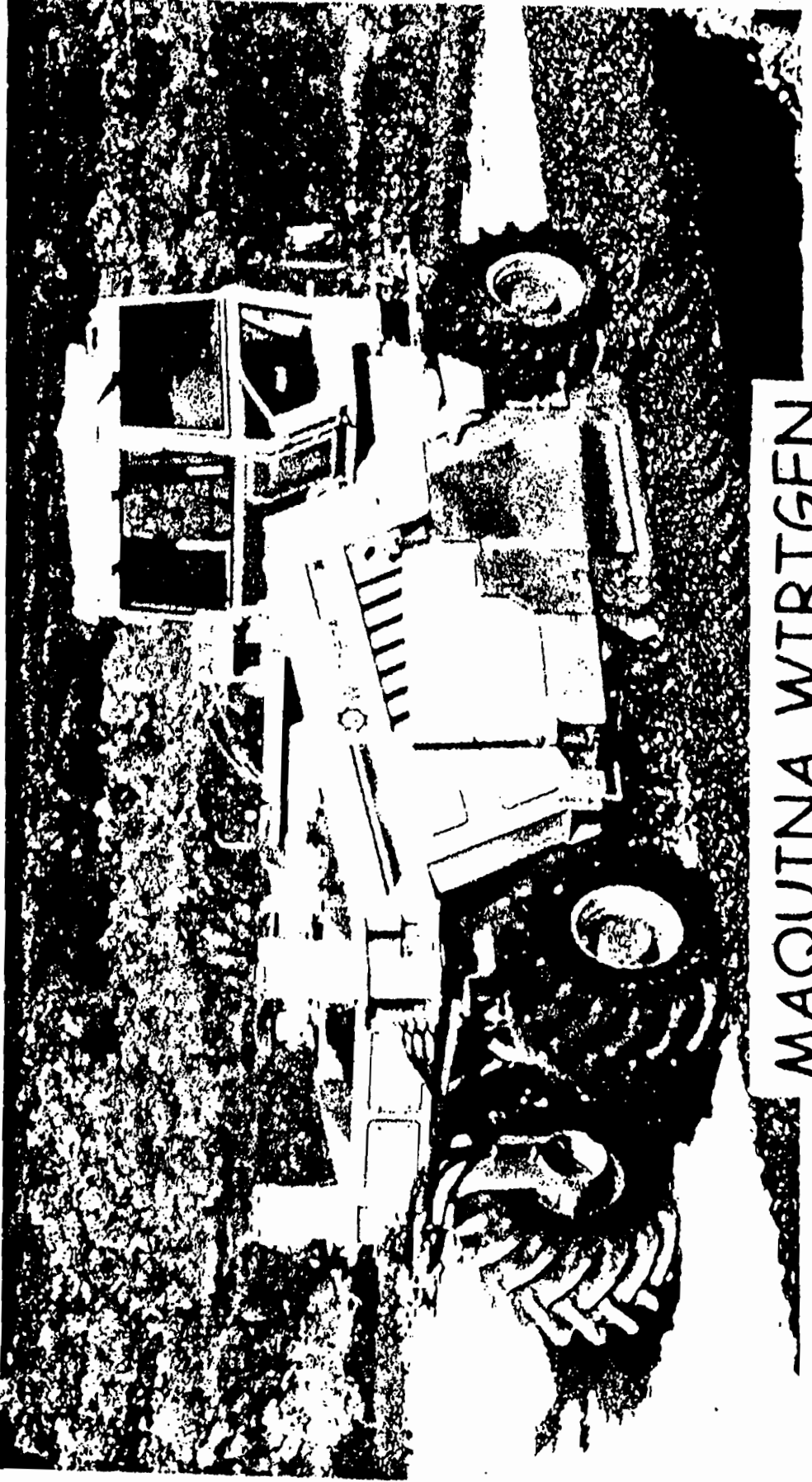


MAQUINA RECUPERADORA- ESTABILIZADORA BASE CON CAL



RS - 500B

ESTABILIZACION DE TERRACERIAS CON CALIDRA

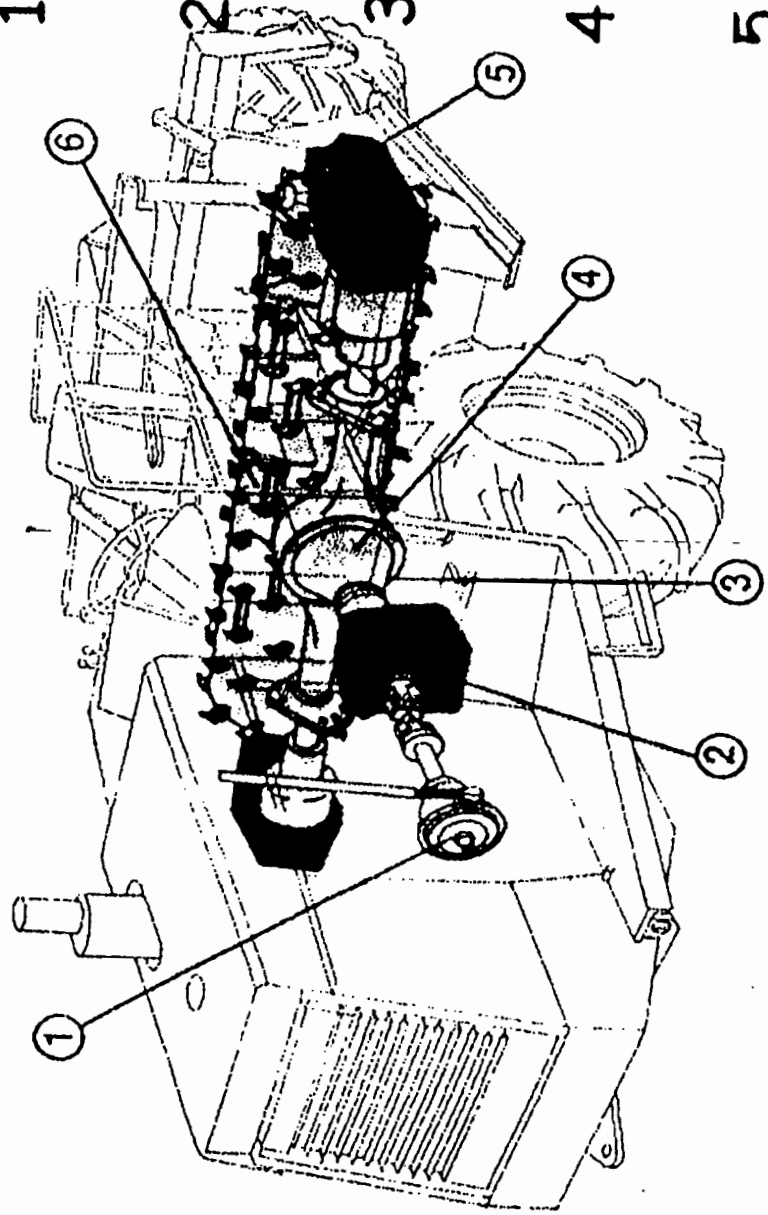


MAQUINA WIRTGEN



SISTEMA DEL ROTOR

1. Embrage
2. Transmisión
3. Disco de seguridad
4. Diferencial
5. Caja de cadenas
6. Rotor



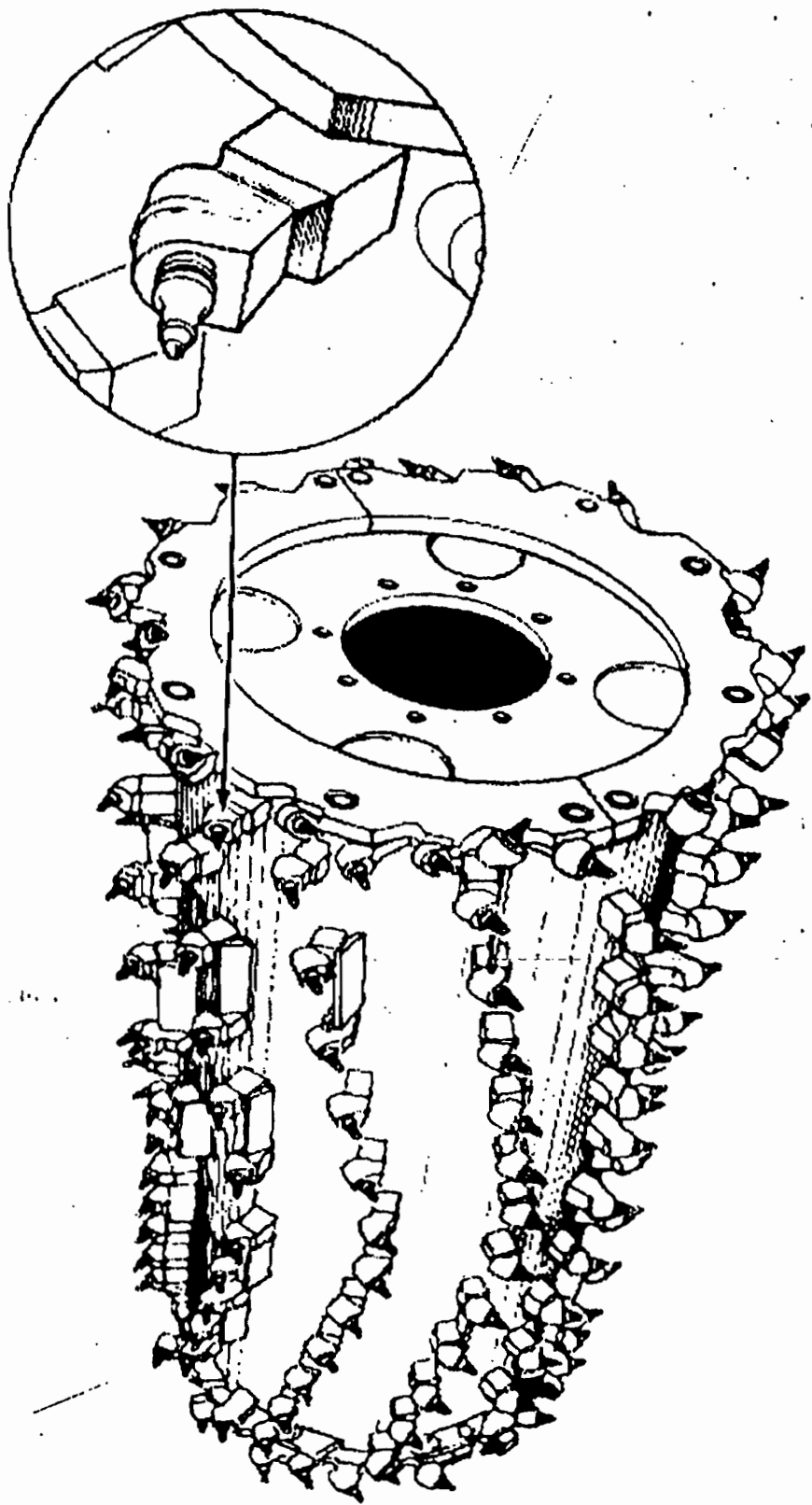
TIPOS DE ROTORES

1. RECUPERACION

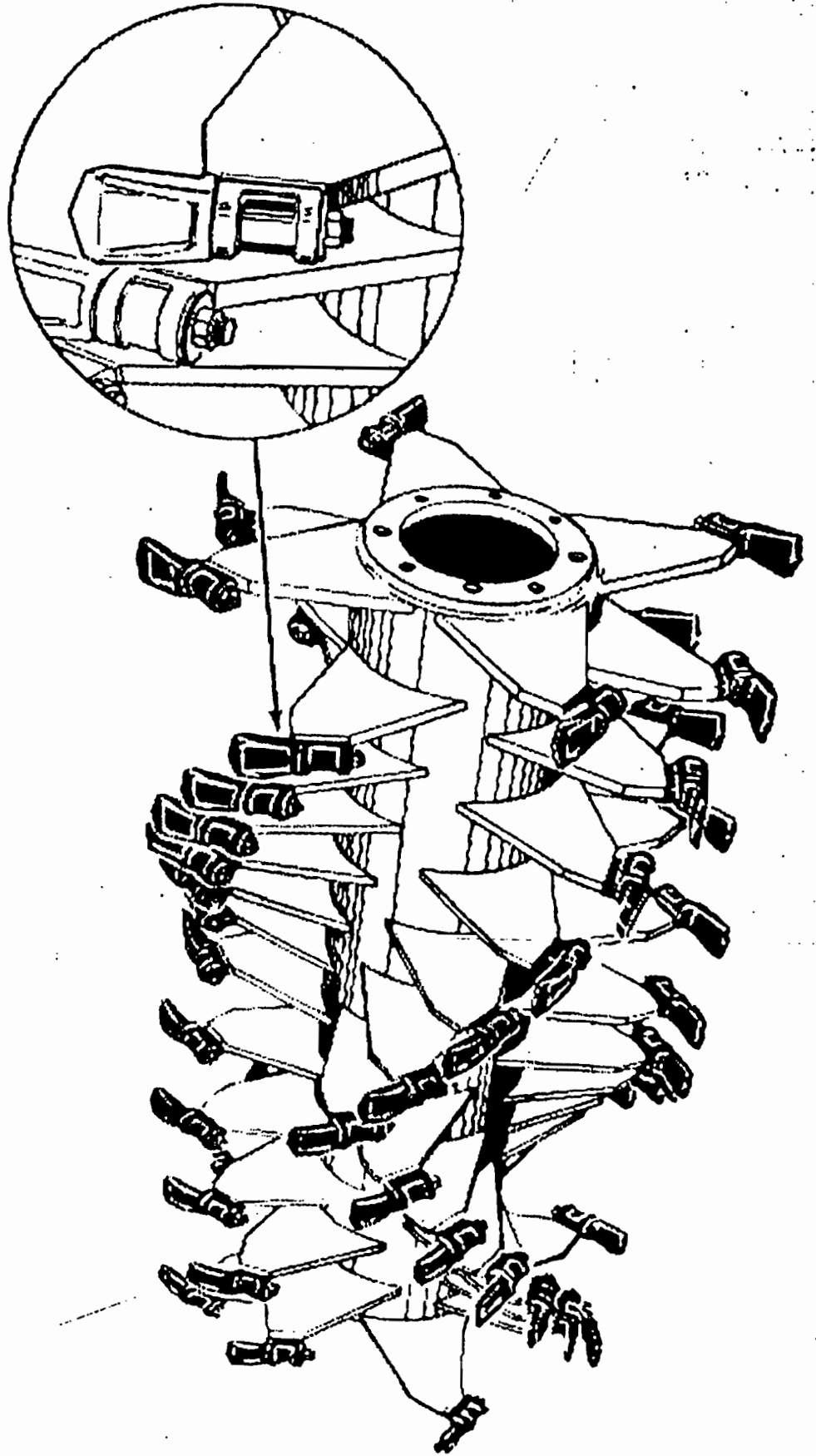
2. ESTABILIZACION

3. RECUPERACION Y ESTABILIZACION

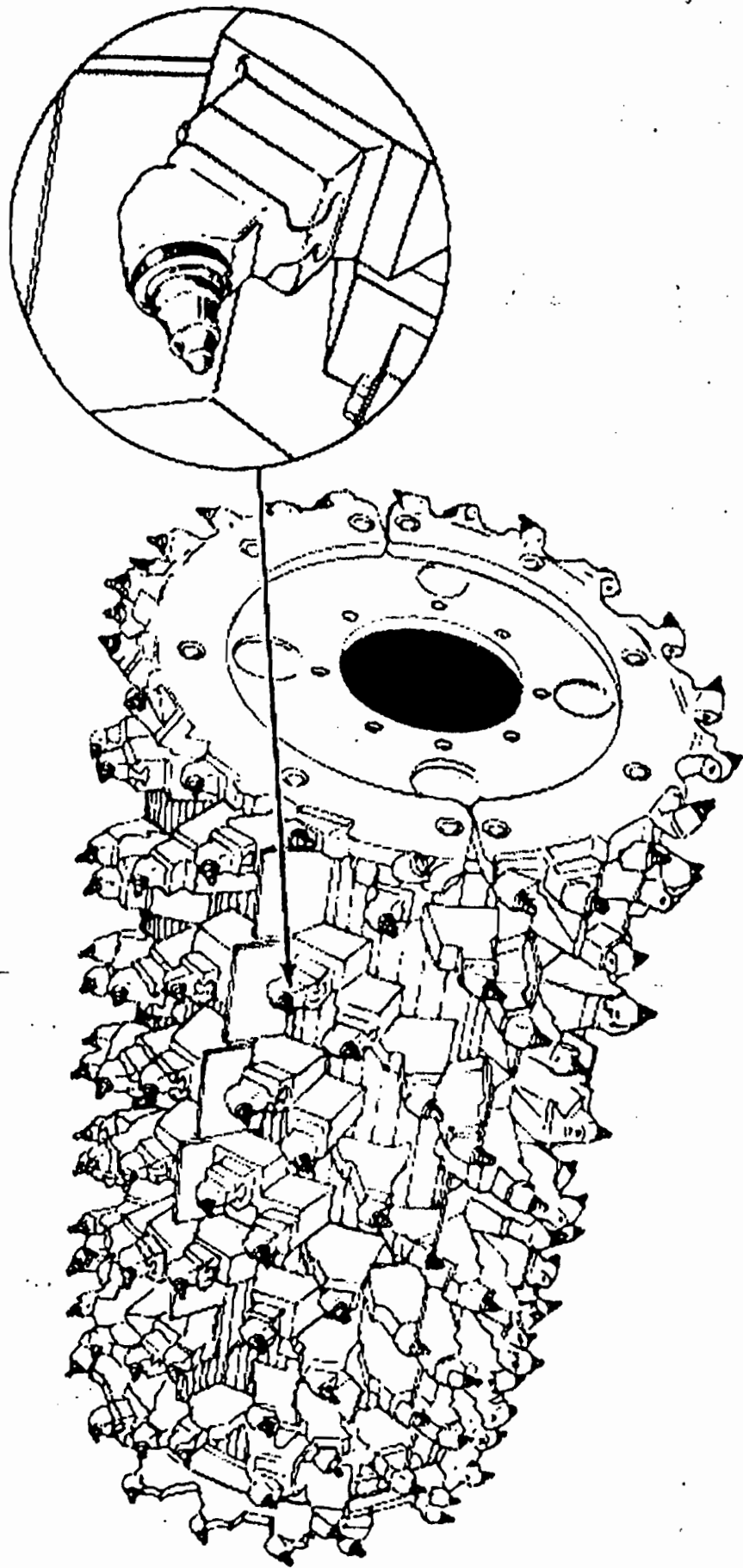
ROTOR DE RECUPERACION



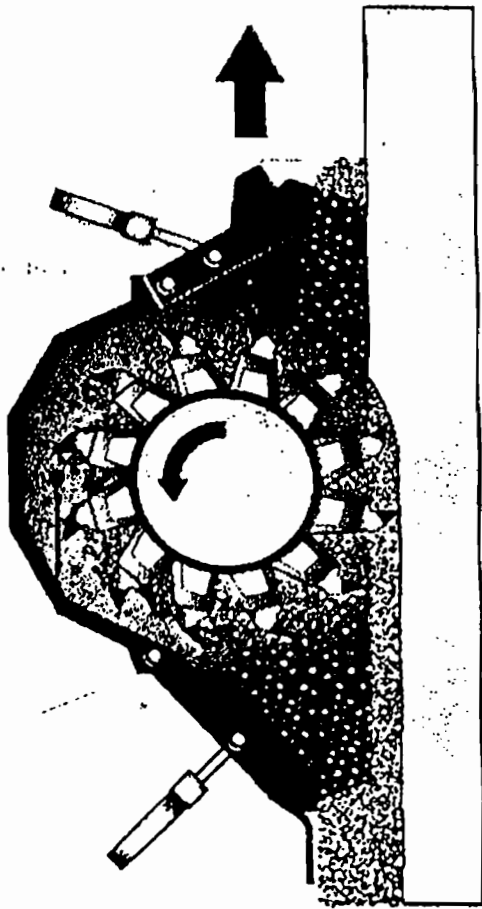
ROTOR DE ESTABILIZACION



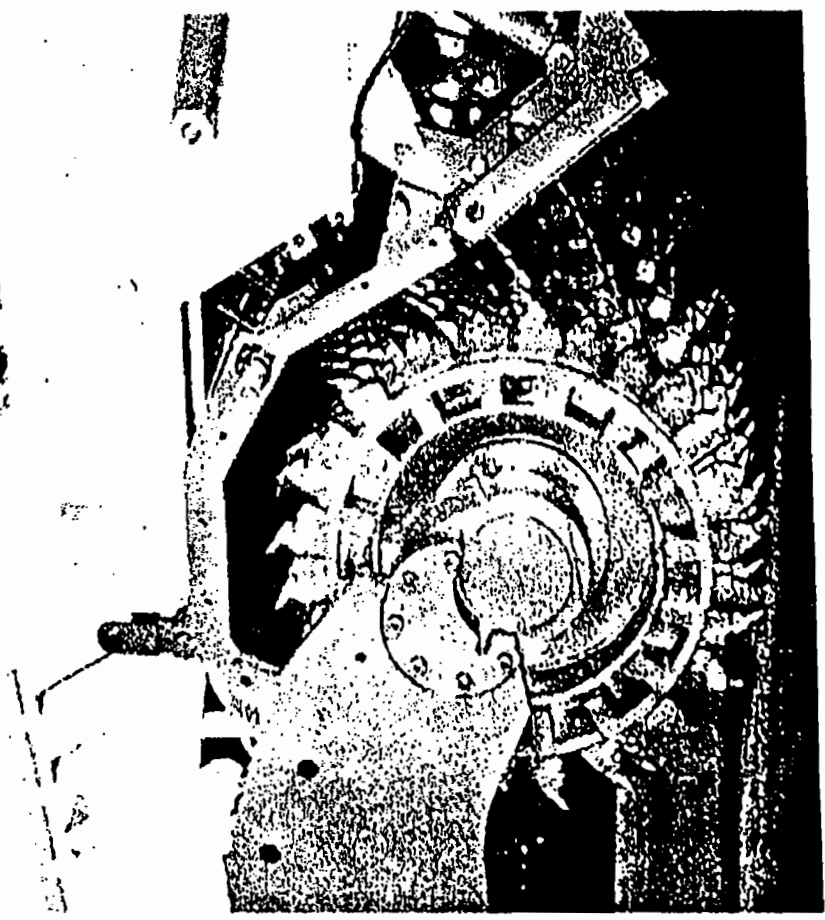
ROTOR DE RECUPERACION Y ESTABILIZACION



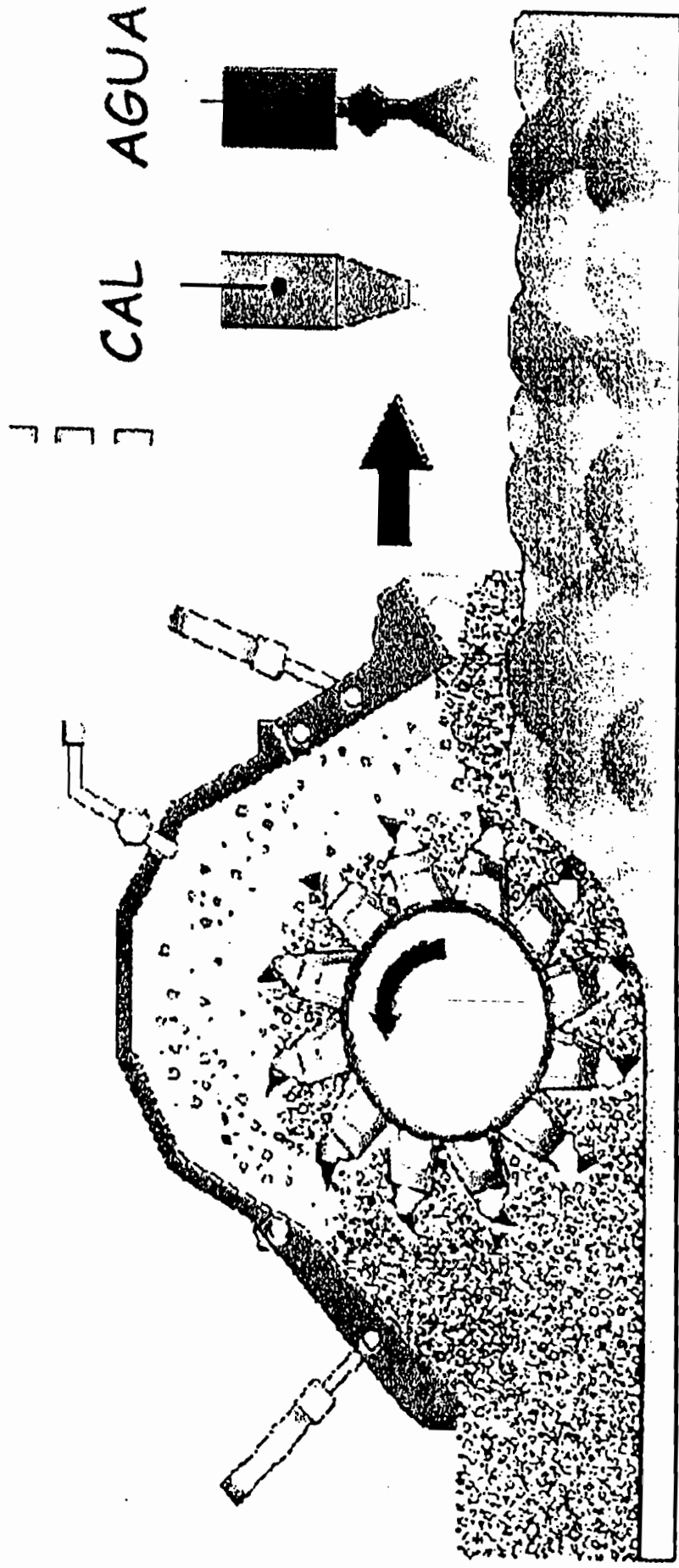
CAMARA DE MEZCLADO DE PROFUNDIDAD VARIABLE



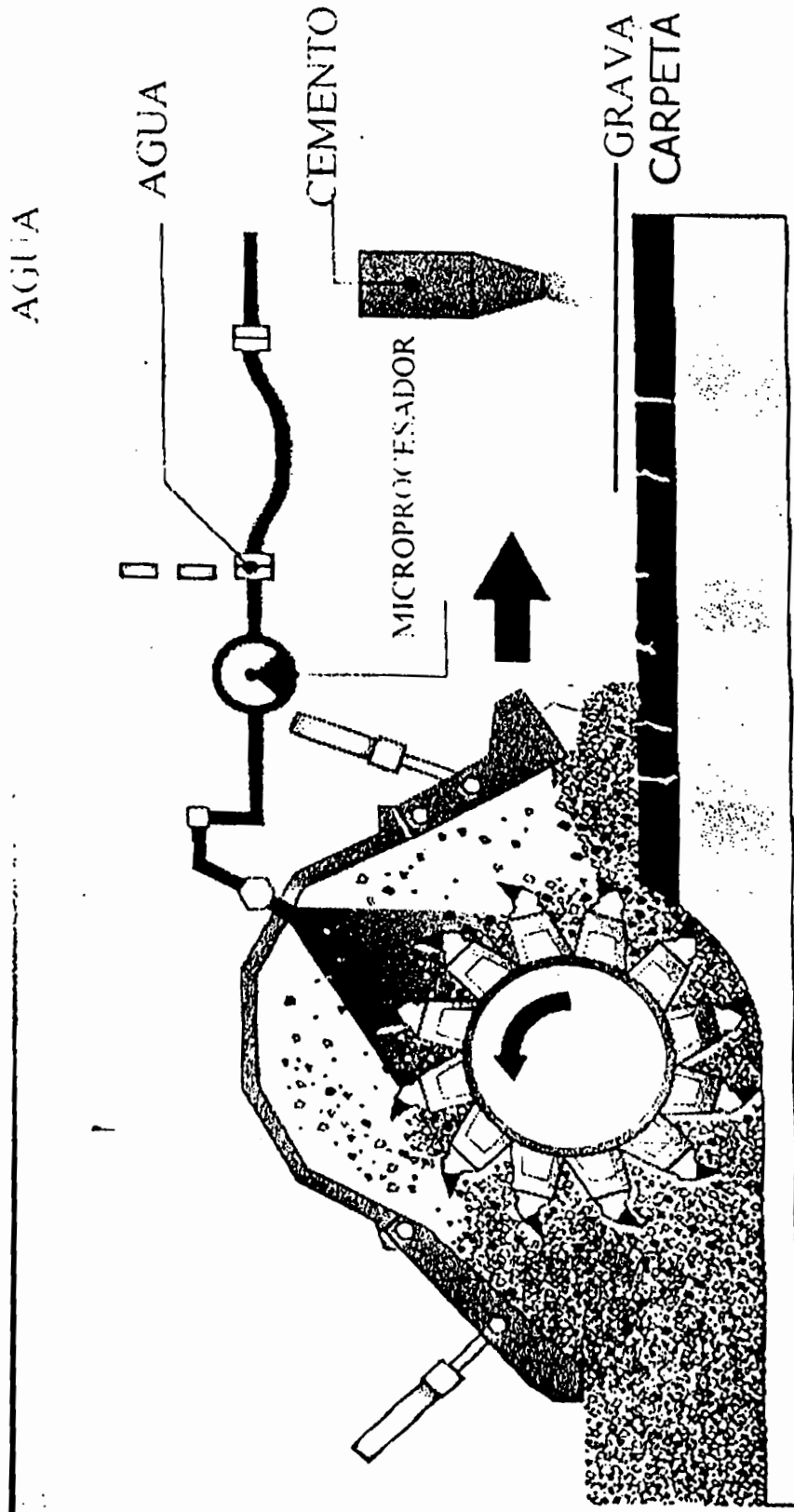
PEQUEÑO ESPACIO
DE MEZCLADO



PROCEDIMIENTO DE ESTABILIZACION CON CALHIDRA O CEMENTO PORTLAND

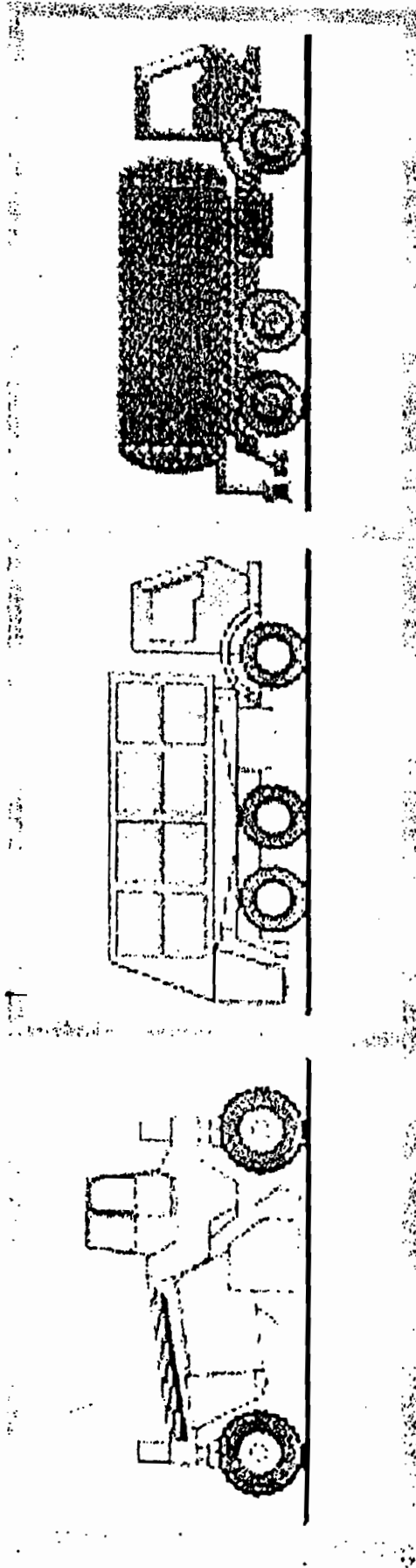


RECUPERADO INCORPORANDO GRAVA CEMENTO O CAL Y AGUA



MATERIAL TRATADO TRITURACION Y MEZCLA TERRENO DEFECTUOSO

ESQUEMA DEL TREN DE TRABAJO ESTABILIZANDO CON CEMENTO O CAL

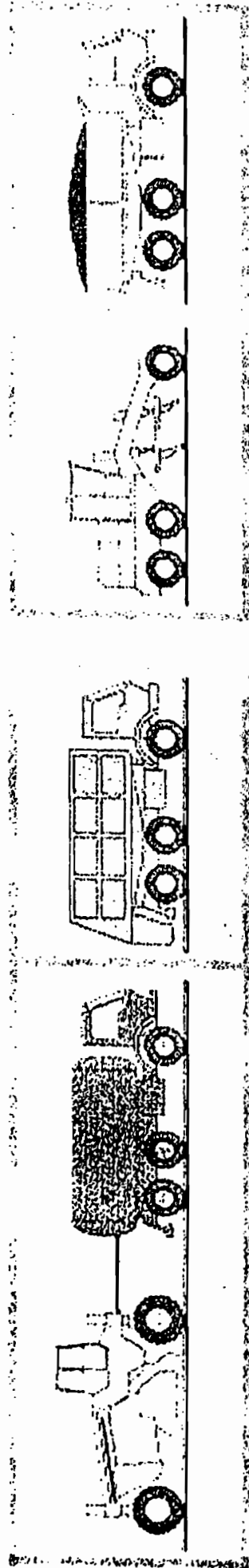


WR -2500
MEZCLA Y
TRITURADO

ESPACIR CEMENTO
O CAL DELANTE
DE LA MAQUINA

ESPARCIR AGUA
DELANTE DE LA
MAQUINA

TREN DE TRABAJO INCORPORANDO GRAVA, CEMENTO Y AGUA



TRITURANDO
Y RECUPERANDO

AGEGANDO
AGUA

ESPARCIENDO
CEMENTO O CAL
DELANTE DE
LA MAQUINA

CONFORMADO
DEL
AGREGADO

TENDIDO
DEL
AGREGADO