



UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE MÉXICO
FACULTAD DE ESTUDIOS SUPERIORES ARAGÓN

**“ESTUDIO DE INGENIERÍA GEOTÉCNICA PARA EL
DISEÑO DE VIALIDADES, PARQUE INDUSTRIAL
CUNDUACÁN, TABASCO”**

T E S I S
QUE PARA OBTENER EL TÍTULO DE:
I N G E N I E R O C I V I L
P R E S E N T A :
ROBERTO MÉNDEZ CASTILLO

ASESOR: **ING. JOSÉ MARIO ÁVALOS HERNÁNDEZ**

SAN JUAN DE ARAGÓN, EDO. DE MÉX.

2007.





Universidad Nacional
Autónoma de México

Dirección General de Bibliotecas de la UNAM

Biblioteca Central



UNAM – Dirección General de Bibliotecas
Tesis Digitales
Restricciones de uso

DERECHOS RESERVADOS ©
PROHIBIDA SU REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL

Todo el material contenido en esta tesis esta protegido por la Ley Federal del Derecho de Autor (LFDA) de los Estados Unidos Mexicanos (México).

El uso de imágenes, fragmentos de videos, y demás material que sea objeto de protección de los derechos de autor, será exclusivamente para fines educativos e informativos y deberá citar la fuente donde la obtuvo mencionando el autor o autores. Cualquier uso distinto como el lucro, reproducción, edición o modificación, será perseguido y sancionado por el respectivo titular de los Derechos de Autor.

Agradecimientos.

A la UNAM, por abrir sus puertas a la educación, a todos los profesores, autoridades y a sus instalaciones, por brindarme cada año de enseñanza, desde el inicio hasta el final de mi carrera y ser una persona con un amplio horizonte a lo que me rodea.

Mi más sincero agradecimiento al Ing. José Mario Ávalos Hernández, por permitirme ampliar mis conocimientos a través de la realización de este trabajo, así como su apoyo y motivación a lo largo de este tiempo.

ÍNDICE.	Pág.
INTRODUCCIÓN	1
I. ANTECEDENTES	2
I.1. CARACTERÍSTICAS REGIONALES	2
I.1.1. FISIOGRAFÍA	5
I.2. GEOLOGÍA	10
I.3. CLIMA, FAUNA Y VEGETACIÓN	15
I.4. SISMISIDAD	16
I.5. HIDROGRAFÍA	17
II. ESTUDIO DE CAMPO Y LABORATORIO.	18
II.1. RECONOCIMIENTO GEOLÓGICO DE LA ZONA DONDE SE CONSTRUIRÁ EL PARQUE INDUSTRIAL CUNDUACÁN TABASCO.	18
II.1.1. OBJETIVO	18
II.1.2. GEOLOGÍA DE LA ZONA DEL PARQUE INDUSTRIAL	19
II.2. GEOTECNIA	22
II.2.1. EXPLORACIÓN DEL SUBSUELO.	22
II.2.2. ESTUDIO DE BANCOS DE MATERIALES PARA TERRACERÍAS Y PAVIMENTACIÓN	23
II.3. ENSAYES PARA EL ESTUDIO DE TERRACERÍAS	25
II.4. ENSAYES PARA LA INVESTIGACIÓN DE BANCOS PARA PAVIMENTACIÓN	27
II.4.1. ENSAYES PARA LA DETERMINACIÓN DE LAS PROPIEDADES ÍNDICE Y MECÁNICAS.	28
II.5. ESTRATIGRAFÍA Y PROPIEDADES DEL SUBSUELO.	29

III.	INGENIERÍA DE PAVIMENTOS.	33
	III.1. TRÁNSITO DE DISEÑO	33
	III.1.1. CRITERIO Y PARÁMETROS DE DISEÑO	34
	III.2. RESULTADOS	38
IV.	INGENIERÍA DE CIMENTACIONES.	41
	IV.1. PARÁMETROS DE DISEÑO.	41
	IV.2. TIPOS DE CIMENTACIÓN	41
	IV.3. CAPACIDAD DE CARGA	42
	IV.4. RESULTADOS.	44
V.	RECOMENDACIONES PARA TERRACERÍAS, PAVIMENTOS Y CIMENTACIONES	46
	V.1. TERRACERÍAS	46
	V.1.1. CAPA SUBRASANTE	47
	V.1.2. BASE HIDRÁULICA	48
	V.1.3. CARPETA DE CONCRETO ASFÁLTICO	49
	V.1.4. RIEGO DE SELLO.	50
	V.1.5. CONCRETO HIDRÁULICO	50
	V.1.6. DRENAJE.	51
	V.1.7. GUARNICIONES.	51
	V.1.8. BANCOS	52
	V.2. RECOMENDACIONES PARA CIMENTACIONES	52
	V.3. NORMAS DE CALIDAD Y PROCEDIMIENTOS DE CONSTRUCCIÓN	55
	V.3.1. CUERPO DE TERRAPLENES Y CAPA SOBRSANTE	55

V.3.2. BASE DE PAVIMENTOS ASFÁLTICOS	57
V.3.3. RIEGO DE IMPREGNACIÓN	61
V.3.4. RIEGO DE LIGA	64
V.3.5. CARPETA DE CONCRETO ASFÁLTICO	66
V.3.6. CARPETA DE LOSAS DE CONCRETO HIDRÁULICO	73
CONCLUSIONES	79
ANEXO DE TABLAS	81
ANEXO DE FIGURAS	85
ANEXO FOTOGRÁFICO	157
BIBLIOGRAFÍA	202

ÍNDICE DE TABLAS

Pág.

TABLA 1. RESUMEN DE RESULTADOS DE LABORATORIO OBTENIDOS DE LOS MATERIALES EXISTENTES EN EL ÁREA DEL PARQUE INDUSTRIAL CUNDUACÁN, TABASCO.

81

TABLA 2. RESUMEN DE RESULTADOS DE LABORATORIO OBTENIDOS EN LOS BANCOS DE MATERIAL EXISTENTES EN EL ÁREA DEL PARQUE INDUSTRIAL DE CUNDUACÁN, TABASCO.

82

TABLA 3. RESUMEN DE RESULTADOS SOBRE PESOS VOLUMÉTRICOS "IN-SITU" OBTENIDOS EN EL ÁREA DEL PARQUE INDUSTRIAL CUNDUACAN, TABASCO.

83

TABLA 4. RESUMEN DE RESULTADOS ÍNDICE Y MECÁNICOS EFECTUADOS SOBRE LOS MATERIALES EXISTENTES EN EL ÁREA DEL PARQUE INDUSTRIAL CUNDUACAN, TABASCO.

84

ÍNDICE DE FIGURAS	Pág.
FIG. 1 UBICACIÓN DE LA REGIÓN DE ESTUDIO	85
FIG. 2 LOCALIZACIÓN DEL PREDIO EN ESTUDIO	86
FIG. 3 FISIOGRAFÍA DEL ESTADO DE TABASCO	87
FIG. 4 REGIONES GEOLÓGICAS DE LA REPÚBLICA MEXICANA	88
FIG. 5 REGIONALIZACIÓN SÍSMICA DE LA REPÚBLICA MEXICANA	88
FIG. 6 GEOLOGÍA REGIONAL DEL ESTADO DE TABASCO	89
FIG. 7 MUNICIPIO DE CUNDUACÁN, TABASCO	90
FIG. 8 CROQUIS GENERAL DEL TERRENO, UBICACIÓN DE LOS PCA's	91
FIG. 9 PERFIL ESTRATIGRÁFICO DEL SONDEO PCA-1	92
FIG. 10 PERFIL ESTRATIGRÁFICO DEL SONDEO PCA-2	93
FIG. 11 PERFIL ESTRATIGRÁFICO DEL SONDEO PCA-3	94
FIG. 12 PERFIL ESTRATIGRÁFICO DEL SONDEO PCA-4	95
FIG. 13 PERFIL ESTRATIGRÁFICO DEL SONDEO PCA-5	96
FIG. 14 PERFIL ESTRATIGRÁFICO DEL SONDEO PCA-6	97
FIG. 15 PERFIL ESTRATIGRÁFICO DEL SONDEO PCA-7	98
FIG. 16 PERFIL ESTRATIGRÁFICO DEL SONDEO PCA-8	99
FIG. 17 PERFIL ESTRATIGRÁFICO DEL SONDEO PCA-9	100
FIG. 18 PERFIL ESTRATIGRÁFICO DEL SONDEO PCA-10	101
FIG. 19 CORTE A-A ESTRATIGRÁFICO DEL SITIO EN ESTUDIO	102
FIG. 20 CORTE B-B ESTRATIGRÁFICO DEL SITIO EN ESTUDIO	103
FIG. 21 CORTE C-C ESTRATIGRÁFICO DEL SITIO EN ESTUDIO	104
FIG. 22 ENSAYE DE CONTENIDO NATURAL DE AGUA, MUESTRA PCA-1	105
FIG. 23 ENSAYE DE CONTENIDO NATURAL DE AGUA, MUESTRA PCA-2	106
FIG. 24 ENSAYE DE CONTENIDO NATURAL DE AGUA, MUESTRA PCA-3	107
FIG. 25 ENSAYE DE CONTENIDO NATURAL DE AGUA, MUESTRA PCA-4	108
FIG. 26 ENSAYE DE CONTENIDO NATURAL DE AGUA, MUESTRA PCA-5	109
FIG. 27 ENSAYE DE CONTENIDO NATURAL DE AGUA, MUESTRA PCA-6	110
FIG. 28 ENSAYE DE CONTENIDO NATURAL DE AGUA, MUESTRA PCA-7	111
FIG. 29 ENSAYE DE CONTENIDO NATURAL DE AGUA, MUESTRA PCA-8	112
FIG. 30 ENSAYE DE CONTENIDO NATURAL DE AGUA, MUESTRA PCA-9	113
FIG. 31 ENSAYE DE CONTENIDO NATURAL DE AGUA, MUESTRA PCA-10	114
FIG. 32 ENSAYE DE PORCENTAJE DE FINOS, %F, MUESTRAS POZOS A CIELO ABIERTO	115
FIG. 33 ENSAYE DE DENSIDAD DE SÓLIDOS, S _s	116
FIG. 34 ENSAYE DE LÍMITES DE CONSISTENCIA, L _w Y L _p , MUESTRA DE PCA-1, M-2	117
FIG. 35 ENSAYE DE LÍMITES DE CONSISTENCIA, L _w Y L _p , MUESTRA DE PCA-2, MC-1	118
FIG. 36 ENSAYE DE LÍMITES DE CONSISTENCIA, L _w Y L _p , MUESTRA DE PCA-3, M-3	119
FIG. 37 ENSAYE DE LÍMITES DE CONSISTENCIA, L _w Y L _p , MUESTRA DE PCA-4, M-2	120
FIG. 38 ENSAYE DE LÍMITES DE CONSISTENCIA, L _w Y L _p , MUESTRA DE PCA-5, M-3	121
FIG. 39 ENSAYE DE LÍMITES DE CONSISTENCIA, L _w Y L _p , MUESTRA DE PCA-6, M-1	122
FIG. 40 ENSAYE DE LÍMITES DE CONSISTENCIA, L _w Y L _p , MUESTRA DE PCA-7, M-3	123
FIG. 41 ENSAYE DE LÍMITES DE CONSISTENCIA, L _w Y L _p , MUESTRA DE PCA-8, M-2	124
FIG. 42 ENSAYE DE LÍMITES DE CONSISTENCIA, L _w Y L _p , MUESTRA DE PCA-8, MC-1	125
FIG. 43 ENSAYE DE LÍMITES DE CONSISTENCIA, L _w Y L _p , MUESTRA DE PCA-9, M-3	126
FIG. 44 ENSAYE DE LÍMITES DE CONSISTENCIA, L _w Y L _p , MUESTRA DE PCA-10, MC-1	127
FIG. 45 CARTA DE PLASTICIDAD. MUESTRAS DE LOS POZOS A CIELO ABIERTO DEL PROYECTO PARQUE INDUSTRIAL DE CUNDUACÁN, TAB. CARTA DE PLASTICIDAD, SUELOS DEL SITIO CUNDUACÁN, TAB.	128
FIG. 46 ENSAYE DE CONSOLIDACIÓN UNIDIMENSIONAL, MUESTRA DEL PCA-10	129
FIG. 47 ENSAYE DE CONSOLIDACIÓN UNIDIMENSIONAL, MUESTRA DEL PCA-10	129
FIG. 48 ENSAYE DE COMPRESIÓN AXIAL NO CONFINADA CÍCLICA. MUESTRA MC-1 DEL SONDEO PCA-10. CÁLCULO COMPRESIÓN SIMPLE	130
FIG. 49 ENSAYE DE COMPRESIÓN AXIAL NO CONFINADA CÍCLICA. MUESTRA MC-1 DEL SONDEO PCA-10. GRÁFICA ESFUERZO – DEFORMACIÓN	131

FIG. 50 ENSAYE DE COMPRESIÓN TRIAXIAL NO CONSOLIDADA NO DRENADA. MUESTRA MC-1 DEL SONDEO PCA-10. CÍRCULOS DE MOHR	132
FIG. 51 ENSAYE DE COMPRESIÓN TRIAXIAL NO CONSOLIDADA NO DRENADA. MUESTRA MC-1 DEL SONDEO PCA-10. GRÁFICA ESFUERZO – DEFORMACIÓN UNITARIA	133
FIG. 52 ENSAYE DE COMPACTACIÓN AASHTO ESTÁNDAR DEL SONDEO PCA-2, MUESTRA M-3	134
FIG. 53 ENSAYE DE COMPACTACIÓN AASHTO ESTÁNDAR DEL SONDEO PCA-8, MUESTRA M-3	135
FIG. 54 ENSAYE DE COMPACTACIÓN AASHTO ESTÁNDAR DEL SONDEO PCA-2	136
FIG. 55 ENSAYE DE VALOR RELATIVO DE SOPORTE ESTÁNDAR DEL SONDEO PCA-2, MUESTRA M-3	137
FIG. 56 ENSAYE DE VALOR RELATIVO DE SOPORTE ESTÁNDAR DEL SONDEO PCA-8, MUESTRA M-3	138
FIG. 57 ENSAYE DE VALOR RELATIVO DE SOPORTE INALTERADO DEL SONDEO PCA-2, MUESTRA MC-1	139
FIG. 58 CROQUIS DE LOCALIZACIÓN Y DATOS GENERALES DEL BANCO “SAMARIA”	140
FIG. 59 ENSAYE DE EQUIVALENTE DE ARENA DEL BANCO “SAMARIA”, MUESTRA 1	141
FIG. 60 ENSAYE DE GRANULOMETRÍA DEL BANCO “SAMARIA”, MUESTRA 1	142
FIG. 61 ENSAYE DE LÍMITES DE CONSISTENCIA DEL BANCO “SAMARIA”, MUESTRA 1	143
FIG. 62 CARTA DE PLASTICIDAD DEL BANCO “SAMARIA”	144
FIG. 63 ENSAYE DE COMPACTACIÓN AASHTO ESTÁNDAR. ENSAYE DEL BANCO “SAMARIA”, FRENTE 1	145
FIG. 64 ENSAYE DE VALOR RELATIVO DE SOPORTE MODIFICADO (VRS) DEL BANCO “SAMARIA”, AL 100%	146
FIG. 65 ENSAYE DE VALOR RELATIVO DE SOPORTE MODIFICADO (VRS) DEL BANCO “SAMARIA”, AL 95%	147
FIG. 66 ENSAYE DE VALOR RELATIVO DE SOPORTE MODIFICADO (VRS) DEL BANCO “SAMARIA”, AL 90%	148
FIG. 67 LOCALIZACIÓN Y DATOS GENERALES DE LA PLANTA DE ASFALTOS “ESCUDERO”	149
FIG. 68 ENSAYES EN MEZCLA ASFÁLTICA DE LA PLANTA DE ASFALTOS “ESCUDERO”	150
FIG. 71 ESTRUCTURACIÓN DEL PAVIMENTO FLEXIBLE PARA LAS VIALIDADES INTERIORES DEL PARQUE INDUSTRIAL CUNDUACÁN, TAB. TPDA 100 VEHÍCULOS.	153
FIG. 72 ESTRUCTURACIÓN DEL PAVIMENTO RÍGIDO PARA LAS VIALIDADES INTERIORES DEL PARQUE INDUSTRIAL CUNDUACÁN, TAB.	154
FIG. 73 JUNTAS COMUNES EN PAVIMENTOS RÍGIDOS	155
FIG. 74 GUARNICIONES PARA LAS VIALIDADES DEL PARQUE INDUSTRIAL CUNDUACÁN, TAB.	156

INTRODUCCIÓN.

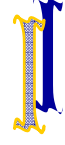
En el presente trabajo se muestra el estudio de ingeniería geotécnica para el diseño de vialidades en un Parque Industrial en el Municipio de Cunduacán en el Estado de Tabasco, ubicado en el Kilómetro 17+500 de la Carretera Reforma -Dos Bocas, Pichucalco Segunda Sección, con un frente de 450m y el cual se denominará Parque Industrial Cunduacán.

El estudio Geotécnico, tiene la finalidad de determinar las características del subsuelo, a fin de proyectar adecuadamente las nuevas estructuras de los pavimentos para las vialidades interiores del Parque Industrial Cunduacán.

El estudio de terracerías y pavimentos se fundamentan en la exploración, investigación y muestreo del subsuelo de bancos de materiales que se ubican en el predio y determinar cual de estos son los apropiados para terracerías, pavimentación; así como en los datos del lugar y el proyecto mismo.

La investigación no sólo incluyó la determinación de las condiciones del subsuelo del sitio del proyecto con fines de pavimentación, sino también en el estudio del subsuelo a fin de emitir recomendaciones generales para la cimentación de las futuras instalaciones.

Se describen los trabajos llevados a cabo en el campo, al igual que la investigación de préstamos para terracerías y bancos de materiales, se hace una descripción de los ensayos ejecutados en el laboratorio de mecánica de suelos. La presentación de las características generales y estratigrafía del subsuelo del predio donde se proyecta construir este parque industrial. Se presentan recomendaciones generales de construcción para terracerías y pavimentos, que se completan con normas de calidad.



ANTECEDENTES

I. ANTECEDENTES.

I.1. CARACTERÍSTICAS REGIONALES.

Tabasco es puerta de entrada al sureste mexicano, su situación geográfica y el desarrollo alcanzado hacen de la entidad la principal prestadora de servicios en la región. La industria petrolera, las agroindustrias, la ganadería, el desarrollo comercial y urbanístico, sus comunicaciones y la obra de gobierno, lo convierten en un estado con posibilidades de alentador desarrollo.

El Estado de Tabasco se localiza entre las coordenadas al norte 18°39', al sur 17°15' de latitud norte; al este 91°00', al oeste 94°07' de longitud oeste, ocupa una superficie de 24,475.24 km² que representa el 1.3% de la superficie del país; con una población aproximada de 1*889,367 habitantes distribuidos en 17 municipios. Se divide en 2 grandes regiones, la Región del Grijalva y la Región del Usumacinta.

En Tabasco la mayoría de los asentamientos humanos que conforman las principales localidades están ubicados en las márgenes de los ríos Grijalva, Usumacinta y varios más. La ciudad de Villahermosa en el Centro, además de funcionar como centro político-administrativo, cuenta con la mayor zona industrial de la región; asimismo, es el foco de atracción poblacional más relevante por los servicios que ofrece. Le siguen en importancia Cárdenas, Comalcalco y Huimanguillo, junto con las de Cunduacán, Jalpa de Méndez, Paraíso y Nacajuca, ciudades ubicadas en La Chontalpa, gran superficie dedicada a las labores agrícolas.

El municipio de Cunduacán se localiza en la subregión de la Chontalpa tabasqueña, región del Grijalva, teniendo como cabecera municipal a la ciudad de

Cunduacán, ubicada entre los paralelos 18°03' de latitud norte y 93° 10' de longitud oeste.

Colinda al norte con los municipios de Comalcalco y Jalpa de Méndez, al sur con el municipio de Centro y el estado de Chiapas, al este con los municipios de Nacajuca y Centro y al oeste con el municipio de Cárdenas.

La extensión territorial del municipio es de 623.9 km², los cuales corresponden al 2.54% respecto del total del estado, ocupando el 12° lugar en la escala de extensión municipal.

Su división territorial está conformada por una ciudad, 10 poblados, 31 rancherías, 59 ejidos y 13 colonias; en el municipio se ubican 9 centros de desarrollo regional (CDR) en los que se denota la mayoría de las actividades económicas y sociales; estos son: Cucuyulapa, Gregorio Méndez, Libertad, Tierra y Libertad, Tulipán, Yoloxóchitl Segunda, Piedra Segunda, Huimango Segundo y Cumuapa.

Esta región se encuentra comunicada por varias carreteras federales y estatales, caminos de terracería y brechas, así como la vía del ferrocarril, un aeropuerto internacional, varias aeropistas y el puerto de Frontera.

Entre las carreteras destacan cuatro rutas federales que comunican internamente a la entidad, lo mismo que con los estados vecinos. La carretera federal No. 180 recorre la zona costera del Golfo de México. A través de este eje la ciudad de Villahermosa queda comunicada por el oeste, noroeste y norte con Coatzacoalcos, Veracruz; Tampico y Matamoros; y por el este y noreste con Ciudad del Carmen, Campeche; y Mérida, Yucatán entre otras.

La ruta que va de Villahermosa a Campeche, vía Escárcega, une las poblaciones de Macuspana y Emiliano Zapata. En este tramo penetra en la porción noreste de

Chiapas y pasa por Catazajá, de donde parte un ramal hacia la zona arqueológica de Palenque. La carretera que parte del puerto La Ceiba y llega a la presa de Malpaso o Nezahualcóyotl, cruza la zona agrícola más importante del estado, en su recorrido pasa por las localidades de Paraíso, Comalcalco, Cárdenas, Huimanguillo y estación Chontalpa.

Se tiene comunicación con Tuxtla Gutiérrez, Chiapas, por medio de la carretera No. 195, la cual une también a las poblaciones de Teapa y Pichucalco, entre otras. De estos ejes se desprenden una serie de ramales pavimentados, revestidos, de terracería y brechas, que se distribuyen por todo el estado y lo comunican internamente.

Dentro del área de estudio la vía de comunicación de mayor importancia es la Carretera Circuito del Golfo, la cual comunica a la Ciudad de Villahermosa con el resto del país. Aproximadamente en el kilómetro 138, en las cercanías de esta capital, se encuentra una desviación pavimentada de 34 km., llamada Paso de la Isla que comunica a los campos petroleros de Reforma y al poblado del mismo nombre con la ciudad capital. Existen además numerosas terracerías que son transitables en cualquier época del año.

En lo que se refiere a la comunicación aérea se cuenta con el Aeropuerto Federal, el cual permite la comunicación de la ciudad capital del estado con el resto del país.

Otro medio de comunicación muy importante es el Ferrocarril del Sureste, ya que por este conducto Petróleos Mexicanos transporta maquinaria pesada y material de consumo. La estación está ubicada en el pueblo Juárez, Chis, a 35 km. al sur de Reforma.

I.1.1. FISIOGRAFÍA.

Provincia fisiográfica

El estado de Tabasco se encuentra dentro de dos provincias fisiográficas del país: La Llanura Costera del Golfo Sur, que abarca la mayor parte de la Entidad (95.57%); y la de las Sierras de Chiapas y Guatemala, en pequeñas porciones del sur (4.43%).

Provincia Llanura Costera del Golfo Sur.

Esta es una llanura formada por grandes cantidades de aluvión acarreado por los ríos más caudalosos del país -Papaloapan, Coatzacoalcos, Grijalva y Usumacinta-, los cuales atraviesan la provincia para desembocar en la parte sur del Golfo de México. Los ríos Grijalva y Usumacinta se unen cerca de Frontera, Tabasco, donde tienen desembocadura común.

La mayor parte de la superficie de esta región tiene una altitud muy próxima al nivel del mar y está cubierta por material aluvial. Su morfología está interrumpida principalmente por la discontinuidad fisiográfica de los Tuxtlas y algunos lomeríos bajos.

Existen manchones importantes de sabanas, de vegetación de popal (en la región de pantanos) y áreas con pastos cultivados.

La parte de la provincia que queda dentro de Veracruz está dominada por climas cálidos subhúmedos y la porción tabasqueña por cálidos húmedos. En el sur de Tabasco y en los Tluxtlas se dan condiciones de lluvias todo el año. La vegetación se ajusta a estos regímenes de precipitación, con selvas mediana perennifolia y

alta subcaducifolia en las zonas menos húmedas y altas perennifolia en las zonas más húmedas. En Tabasco hay manchones importantes de sabanas, de vegetación de popal (en la región de pantanos) y áreas con pastos cultivados. La mayor parte del territorio tabasqueño está integrado por una subprovincia de la Llanura Costera del Golfo Sur.

La Subprovincia Llanuras y Pantanos Tabasqueños abarca la mayor extensión del Estado con 23 076.49 km². Comprende fracciones de los municipios de Huimanguillo, Macuspana, Tacotalpa, Teapa y Tenosique; y la totalidad de los de Batanean, Cárdenas, Centla, Centro, Comalcalco, Cunduacán, Emiliano Zapata, Jalapa, Jalpa, Jonuta, Nacajuca y Paraíso.

En la parte central de esta subprovincia se unen las cuencas bajas de los ríos Grijalva y Usumacinta, los más caudalosos del país, que confluyen a corta distancia al sur de Frontera, Tabasco, donde encuentran salida común al Golfo de México; ambos ríos tienen su origen en territorio guatemalteco. El Usumacinta penetra a la subprovincia con dirección sureste-noroeste desde el vecino país, en tanto que el Grijalva atraviesa el estado de Chiapas antes de llegar a ella. Juntos, con sus escurrimientos medios anuales de 58 900 y 46 300 millones de metros cúbicos, aportan cerca del 27% de los recursos hidrológicos del país.

En la llanura costera de Tabasco los ríos han tenido cursos inestables, desde el siglo XVII sus cauces han sufrido varios cambios abruptos en sus recorridos, es por esto que las aluviones recientes cubren en forma pareja la mayor parte de la llanura. Las zonas inundables abarcan amplias extensiones en el oriente, otras menores en la zona costera de Paraíso y en el oeste del estado.

Al oriente del puerto de Coatzacoalcos, Veracruz, y en la región de Villahermosa, se presentan respectivamente una zona de lomeríos y otra, de muy poca elevación, de depósitos de aluviones antiguos. Estos han sido interpretados como

superficies fósiles del Terciario. Las oscilaciones del nivel del mar, debido a las glaciaciones del Pleistoceno, y la erosión fluvial habrán barrido con tales superficies, dejando pequeños remanentes. En ella se presentan suelos muy antiguos con profundos horizontes plínticos.

La llanura aluvial se caracteriza por formar parte de una extensa planicie, la cual presenta una altura promedio de 12 msnm con una escasa pendiente la línea de costa, está constituida por sedimentos de relleno de aproximadamente 50 metros de potencia, y sobreyacen a estratos del Pleistoceno.

Gran parte de los suelos de esta subprovincia tuvieron su origen en la depositación de aluviones, causado por el cambio de curso que han tenido los ríos durante el Cuaternario. Otros son de origen residual y se formaron a partir de rocas sedimentarias, como: areniscas del Mioceno, calizas del Mioceno y Oligoceno, conglomerados Cuaternarios y algunas lutitas-areniscas del Eoceno; una última porción son de origen litoral, lacustre o coluvie-aluvial. La mayoría de los suelos son jóvenes y de origen aluvial, entre ellos se encuentran los Gleysoles, Vertisoles, Cambisoles, Regosoles y Fluvisoles; y los suelos maduros como los Acrisoles y Luvisoles.

El relieve plano o ligeramente ondulado, la depositación de materiales finos de baja permeabilidad, las abundantes lluvias y los numerosos ríos, han propiciado que el manto freático se encuentre muy cerca de la superficie de los suelos, o bien, que ocurra una completa inundación de los mismos. El drenaje imperfecto y las inundaciones han dado lugar al proceso conocido como gleyzación, que es la reducción o ausencia de oxígeno, la cual ocasiona la formación de colores gris azulado o gris verdoso en el suelo, que corresponden al paso del hierro férrico a hierro ferroso; así también, aumenta la acidez, pero ésta disminuye con la profundidad, pues las sales solubles tienden a ser trasladadas de la parte superior a la inferior del perfil.

Provincia Sierras de Chiapas y Guatemala.

Esta provincia la comparten México y Guatemala, en ella se encuentra el río Usumacinta, que determina parte de la línea divisoria internacional. Las sierras plegadas que la constituyen son de rocas sedimentarias marinas del Mesozoico, principalmente calizas. Estas sierras tienen sus ejes estructurales orientados predominantemente este-oeste y están afectadas por afallamiento.

En México esta región abarca parte de los estados de Tabasco y Chiapas, limita con la Llanura Costera del Golfo Sur en el norte y con la Cordillera Centroamericana en el sur. La Depresión Central y el Cañón del Sumidero en Chiapas están asociados al afallamiento anteriormente mencionado.

En Tabasco esta región está representada por pequeñas porciones de las subprovincias Sierras del Norte de Chiapas y Sierras Bajas del Peten.

La Subprovincia Sierras del Norte de Chiapas en territorio tabasqueño ocupa dos pequeñas porciones del sur, que en conjunto abarcan una extensión de 985.97 km² y comprenden sólo parte de los municipios de Huimanguillo, Macuspana, Tacotalpa y Teapa. En ella dominan las rocas calizas pero también abundan diversos tipos de aluviones antiguos, sus cumbres más elevadas oscilan entre 1000 y 2001 m de altitud. Además hay afloramientos de rocas lávicas, lo mismo que un cuerpo intrusivo asociados con el volcán Chichonal cerca de Pichucalco, el cual hizo erupción en marzo y abril de 1982.

Los rasgos de carso están muy desarrollados en las amplias zonas de afloramientos calcáreos, como al norte de San Cristóbal de las Casas, donde hay una gran área con dolinas, mogotes y cerros bajos dómicos de carso tropical. En el sur de Tabasco se encuentran lomeríos predominantemente calcáreos, en los que se manifiestan rasgos muy desarrollados de carso tropical de cerros cónicos.

Los suelos en esta subprovincia, integrada fundamentalmente por sierras y lomeríos, son en su mayoría de origen residual, formados in situ, a partir de rocas sedimentarias e ígneas, así como de material aluvial.

De ellos, el 73.74% son maduros (Acrisoles y Luvisoles) y el resto jóvenes (Rendzinas y Fluvisoles), todos con un grado considerable de acidez debido a la pérdida de nutrientes, resultado del lavado a que son sometidos por las frecuentes lluvias.

La Subprovincia Sierras Bajas del Peten de pliegues calcáreos atraviesa casi todo Guatemala, con leve flexión central al sur. En territorio mexicano tiene escasa penetración en forma de pequeños pliegues, los cuales constituyen en Tabasco los sistemas de topoformas denominadas Sierras plegadas con dolinas, Valle de laderas tendidas y Cañón. Estos se localizan en el municipio de Tenosique, donde comprenden una superficie de 412.78 km².

Debido fundamentalmente a las condiciones topográficas imperantes en esta región, los suelos en el 90% de su superficie son jóvenes y en la porción restante, integrada por los pocos valles existentes, son maduros. De los 412.78 km² que abarca la subprovincia en Tabasco, 77.17% están cubiertos por suelos muy someros, ya que el relieve montuoso y las altas precipitaciones no permiten que los residuos, producto del intemperismo, se acumulen. No obstante que sustentan vegetación secundaria de selva alta, dichos residuos son acarreados hacia las partes bajas, en las que se hallan suelos profundos.

Por su abundancia, los más importantes son Litosoles, Luvisoles, Regosoles y Gleysoles.

El sitio en estudio en Cunduacán se encuentra en su totalidad dentro de la Provincia Fisiográfica Llanura Costera del Golfo Sur. El área de estudio se

encuentra también dentro de la subprovincia denominada Llanuras y Pantanos Tabasqueños, la cual comprende en su totalidad los municipios de Cárdenas, Centro y Cunduacán; en esta subprovincia se distinguen dos zonas fisiográficas, una de lomeríos y otra de muy poca elevación, conformada por depósitos de aluviones antiguos que han sido interpretados como superficies fósiles del Terciario. Estos depósitos fueron formados debido a las oscilaciones del nivel del mar (que fueron a su vez originadas por las glaciaciones del Pleistoceno), así como a la erosión fluvial, que barrera con tales superficies dejando pequeños remanentes; en ellos se presentan suelos muy antiguos con profundos horizontes plínticos.

I.2. GEOLOGÍA

Se mencionó que el Estado de Tabasco se encuentra dentro de dos provincias fisiográficas del país: La provincia de la Llanura Costera del Golfo Sur; y la provincia de las Sierras de Chiapas y Guatemala.

La geología del Estado de Tabasco, está determinada por eventos estratigráficos y estructurales del Cretácico en el Mesozoico que dio como resultado rocas sedimentarias, del Terciario en el Cenozoico que dio como resultado rocas ígneas extrusivas y rocas sedimentarias, y del Cuaternario también en el Cenozoico cuya actividad dio como resultado la formación de los suelos que conocemos actualmente en la superficie de las llanuras; todo ello ha dado lugar a la base petrológica sobre la que se ha configurado el actual paisaje del Estado.

Los factores geológicos que han influido en el modelado del relieve de esta entidad son: el tectonismo en sus fases de plegamiento y dislocación del paquete rocoso, que se manifiesta en las sierras de Chiapas y Guatemala; y el relleno de

cuencas marinas y lacustres con aportes de materiales terrestres, transportados por una compleja red de corrientes superficiales, en la Llanura Costera.

El límite entre ambas provincias está claramente marcado por un cambio de relieve local, manifiesto por un grueso paquete de calizas competentes, plegadas y fracturadas intensamente. La porción serrana está formada por cordones montañosos orientados hacia el noroeste, separados por valles sinclinales intermontanos angostos, que conservan la misma orientación de las estructuras de plegamiento y dislocación.

La Llanura Costera del Golfo Sur en esta entidad está plenamente desarrollada, con una red de drenaje de grande a mediana densidad, bien integrada, excepto en algunas porciones al sur y sureste de Villahermosa. En esta provincia, que ocupa la mayor parte de Tabasco, destacan los fenómenos relacionados con depósitos fluviales, lacustres, palustres y litorales. En Tabasco las rocas más antiguas que afloran son del Mesozoico (Cretácico Superior), por su constitución litológica indican la existencia de una plataforma donde las aguas someras y tranquilas propiciaron el depósito de sedimentos carbonatados biogenéticos. Los depósitos del Cuaternario son los más extensos en la Llanura Costera del Golfo, entre ellos destacan los palustres, los aluviales, los litorales y los lacustres. Todos éstos se manifiestan como testigos del desarrollo de los ambientes actuales, desde el Plioceno hasta el presente.

Tabasco no cuenta con una tradición minera debido a las condiciones físicas de su territorio, que en su mayor parte está constituido por rocas sedimentarias relativamente jóvenes, las cuales conforman extensas llanuras aluviales y planicies costeras. Aun sus porciones montañosas, constituidas por rocas sedimentarias marinas y continentales, no reúnen las condiciones para el desarrollo de procesos de explotación económica. Sin embargo, la industria de la construcción aprovecha algunos de los bancos calcáreos para explotar la caliza y

producir cal hidratada, que se utiliza en grandes cantidades para la construcción de los principales centros de población de esta entidad, así como de los estados vecinos.

En décadas recientes los estudios realizados por Petróleos Mexicanos (PEMEX), han dado resultados espectaculares en lo que se refiere a la producción petrolera, al ser descubiertos campos gigantes de hidrocarburos en territorio tabasqueño y chiapaneco, ambos en la zona fronteriza. Las perforaciones fluctúan desde 2 700 hasta 5 500 m y se han realizado en campos productores de aceite crudo, gas y condensados. La mayor producción proviene de rocas dolomitizadas del Jurásico y Cretácico dentro del talud del gran banco calcáreo.

Llanura Costera del Golfo Sur

Esta provincia se caracteriza por su relieve escaso, casi plano, con altitudes menores de 100 metros, las cuales están cortadas por amplios valles, resultado de la acumulación de grandes depósitos fluviales en diferentes medios, como el lacustre, palustre y litoral. Este relieve presenta extensas planicies de inundación y lagunas, entre las que destacan La Machona, Mecoacán, Sitio Grande y El Rosario.

La llanura costera es una planicie sedimentaria cuyo origen está íntimamente relacionado con la regresión del Atlántico, iniciada desde el Terciario Inferior y debida al relleno gradual de la cuenca Oceánica, donde fueron acumulados grandes volúmenes de materiales rocosos provenientes del continente. El rejuvenecimiento continuo de la plataforma costera ha permitido la erosión subsecuente de los depósitos marinos terciarios, que actualmente tienen poca elevación sobre el área.

En esta provincia, dentro de territorio tabasqueño, los depósitos más antiguos son del Terciario Inferior (Paleoceno) y aparecen en los bordes de contacto con la provincia Sierras de Chiapas y Guatemala. Estos depósitos son de alternancia rítmica de capas clásticas (lutitas-areniscas), afloran en la porción sur-central del estado, sobreyacen concordantemente sobre rocas carbonatadas del Cretácico Superior y marcan el cambio de un ambiente marino de plataforma a un ambiente litoral.

Por sus yacimientos de petróleo la región sur tiene una gran importancia. Así, en lo que se refiere a la extracción de gas natural, se han logrado significativos incrementos, pasando de una producción anual del 24 por ciento en el segundo lustro de los cincuenta hasta el 39.69 por ciento actual, respecto a la producción del país. Cabe hacer mención que la producción máxima de esta región fue en los años ochenta con un 66.5 por ciento del total nacional.

Sierras de Chiapas y Guatemala.

Las Sierras de Chiapas y Guatemala presentan, desde el punto de vista estructural, algunos aspectos complejos, pues el patrón de estructuras conformadas sobre las secuencias rocosas del Mesozoico y Cenozoico, indican una evolución paleogeológica compleja. Esta provincia ha sido configurada a partir de montañas plegadas formadas por un grueso paquete de calizas del Cretácico Superior y por rocas del Terciario Inferior. La altitud de estos elementos topográficos varía de 200 a 500 metros. Estos elementos han sido afectados por una intensa erosión fluvial, controlada en parte por los sistemas de fallas transcurrentes, y aparecen disectados por profundos cañones y gargantas.

Los estudios geológicos realizados por Pemex, confirmados por perforaciones profundas, han conducido a la postulación de que grandes cuencas salinas ocupaban gran parte de la Llanura Costera y parte de la Sierra de Chiapas durante

el Jurásico Superior. Estos depósitos salinos jugaron un papel muy importante en la deformación de las rocas del Mesozoico y Cenozoico, y han influido fuertemente en el desarrollo de trampas estructurales, donde se acumularon los aceites, gases y condensados que Pemex explota.

En esta provincia se localizan las rocas más antiguas que afloran en Tabasco, mismas que pertenecen al Cretácico Superior. Son rocas carbonatadas (calizas) de origen marino, de plataforma, con fósiles índices del Albiano y se encuentran dolomitizadas y fuertemente fracturadas.

Durante el Terciario Inferior (Eoceno), en un ambiente litoral, se depositaron discordantemente sobre los sedimentos del Paleoceno algunas alternancias de capas clásticas de espesor variable (areniscas, lutitas, limolitas y conglomerados), que contienen intercalaciones de calizas. Estos depósitos indican inestabilidad en los terrenos de donde provenía el material terrígeno.

En el Oligoceno (Terciario Inferior) las aguas marinas reinciden sobre el territorio tabasqueño para dejar depósitos de calizas de plataforma, con gran influencia terrígena, que aparecen discordantes sobre los sedimentos del Eoceno.

El aspecto geológico-económico de mayor relevancia lo constituye el potencial de hidrocarburos, almacenado en las formaciones del Jurásico y Cretácico, no obstante que las porciones de la provincia incluidas en Tabasco son de reducida extensión; las formaciones a su vez, son prolongaciones de las estructuras que se proyectan desde Chiapas y Guatemala y subyacen a los sedimentos del Terciario en la Llanura Costera. Otro aspecto de la geología económica que tiene importancia, lo constituye el aprovechamiento de ciertas rocas calcáreas útiles para la fabricación de cal hidratada, como material de ornamentación y para usos industriales.

I.3. CLIMA, FAUNA Y VEGETACIÓN.

Tabasco se localiza en la zona del trópico; allí los rayos del Sol penetran con mayor intensidad, lo que provoca que el clima en la región sea cálido húmedo con abundantes lluvias en verano, las temperaturas son elevadas con una media anual de 26.9°C; siendo los meses más cálidos abril y mayo (época de estiaje con temperaturas máximas de hasta 42°C) disminuyendo en los meses de diciembre y enero; esta región conjuga una serie de factores, tales su ubicación en la zona tropical, su escasa elevación con respecto al nivel del mar y su cercanía al Golfo de México, determinan el desarrollo de climas cálidos con influencia marítima, en los que la variación de la temperatura es moderada. La invasión de las masas de aire en la entidad es directa y provoca gran parte de la precipitación total anual.

La precipitación es una de las características de tipo climatológico que influyen en la determinación del clima, registrándose en la zona una precipitación media anual de 1,932 mm/año. En la zona se precipita un volumen de 4,290.0 Mm³/año. Las corrientes superficiales más importantes son los ríos: Samaría, y Grijalva. En el Estado llueve la mayor parte del año, abarcando este periodo, del mes de junio al de marzo. Las lluvias se intensifican en el verano, cuando se dan los grandes aguaceros, mientras que en otoño e invierno se presentan los nortes, que son tormentas acompañadas de fuertes vientos provenientes del Golfo de México. Es en esta época cuando se presentan las inundaciones.

Generalmente, sólo se considera época de sequía a los meses de abril y mayo. En el Estado existen tres tipos de climas, Cálido Húmedo con lluvias todo el año, este se registra en las regiones montañosas siendo el más húmedo; Cálido Húmedo con abundante lluvias de Monzón, este se registra en las llanuras costeras del Golfo Sur, se da a notar cuando en el verano empiezan a llegar las lluvias, aumentando su nivel los ríos. Cálido Húmedo con lluvias en Verano, este se

registra, en las pequeñas parte de los municipio, los que colindan con las partes limítrofes con el Estado de Campeche.

Las mayores velocidades del viento se concentran en los meses de noviembre y diciembre con velocidades que alcanzan los 30km/h. presentándose en el mes de junio los menores con velocidades de 18km/h.

La vegetación original de la región es selva media y alta perennifolia, la vegetación secundaria la constituyen los cultivos agrícolas, los pastizales y los acahuales. Existe también vegetación hidrófila, conocida como popal, cuya presencia se debe a las deficiencias de drenaje de los terrenos.

La fauna la constituyen las especies siguientes: tlacuache, hurón, cacomixtle, ardilla, conejo, tuza, mono araña y sarahuato. Se conservan aves silvestres como pato y pijije y en las áreas pantanosas, diversas especies de quelonios, iguana, lagarto, culebra, tortuga, paloma, garza, tlacuache, comadreja y mapache.

I.4. SISMISIDAD.

Por lo que se refiere a sismicidad el municipio, de Cunduacán se encuentra alojada en la zona A según el mapa de la regionalización sísmica de la República Mexicana¹ (figura 5) o sea la de actividad sísmica baja en el país con sismos escasos.

¹ Esteva M. Luis “**Regionalización Sísmica de México para Fines de Ingeniería**”, Instituto de Ingeniería, UNAM, Informe 246, México, 1969.

I.5. HIDROGRAFÍA

La red hidrográfica regional reconoce como arterias principales a los ríos Usumacinta y Mezcalapa o Grijalva; los cuales constituyen las corrientes más importantes que surcan el sureste de México.

El Río Mezcalapa bordea por el poniente y por el norte el área de Reforma, su curso se encuentra orientado de Sur a Norte, pero al abandonar las estribaciones montañosas de la Sierra de Chiapas, este cambia rápidamente hacia el Este en el lugar llamado Nueva Zelandia, situado aproximadamente a 8km al sur del poblado de Cárdenas.

El Nuevo Mezcalapa hacia el Este se divide a su vez en dos corrientes que son: el Río González que después de recorrer unos 50 km hacia el oriente, cambia su curso hacia el noroeste para desembocar en la Laguna de Ponyusú; y el Río Mezcalapa, que sigue su curso hacia el este hasta la Ciudad de Villahermosa, donde empieza a desviarse hacia el noroeste y después de unirse con los Ríos Chilapa y Usumacinta, adquiere una dirección prácticamente hacia el norte hasta desembocar en el Golfo de México.

Las afluentes principales del Río Mezcalapa son los Ríos Sayula, Platanar, Pichucalco y Teapa o de la Sierra, los que al llegar a la Planicie Costera, en épocas de lluvias rebasan sus cauces e inundan la mayor parte de esta. Las aguas de los ríos conocidos como de la Sierra y Mezcalapa, se unen a 4km de la Ciudad de Villahermosa, en un lugar llamado Las Cruces para formar el Río Grijalva.



ESTUDIO DE CAMPO Y LABORATORIO

II. ESTUDIO DE CAMPO Y LABORATORIO.

Este predio tiene una superficie aproximada de 50 hectáreas y es de forma semirectangular, su mayor dimensión esta orientada en dirección noreste. El terreno limita al suroeste con la carretera y en las otras direcciones con predios particulares, en su límite noreste existe un camino vecinal que da acceso al mismo, es atravesado por varios ductos de Petróleos Mexicanos que cruzan el terreno en forma paralela a la carretera, a una distancia aproximada de 20 metros de la misma en dirección sureste-noroeste. Además de esta característica, el predio no presenta ninguna otra estructura de consideración y esta cubierto en su mayor parte por pastizales, y existe un pequeño escurrimiento pluvial en el extremo norte. En cuanto a su topografía, esta es sensiblemente plana, con ligera pendiente descendente en dirección noreste, siendo el desnivel máximo en todo el terreno de 2.5 metros aproximadamente.

II.1. RECONOCIMIENTO GEOLÓGICO DE LA ZONA DONDE SE CONSTRUIRÁ EL PARQUE INDUSTRIAL EN CUNDUACÁN, TAB.

II.1.1. OBJETIVO.

El reconocimiento geológico superficial tuvo como objetivo definir el tipo, distribución y características de los materiales que se encuentran en el predio donde se construirá un parque industrial, así como realizar una evaluación preliminar de la aptitud de los materiales para su utilización en las terracerías del proyecto, tanto los del área misma de estudio como de otros bancos cercanos.

II.1.2. GEOLOGÍA DE LA ZONA DEL PARQUE INDUSTRIAL.

La geomorfología en esta zona está representada por una gran planicie costera, constituida en general por material granular como ya se describió anteriormente, así mismo se aprecian algunos lomeríos que alcanzan los 20 msnm.

La mayor parte de la superficie de esta región presenta una altitud muy próxima al nivel del mar, quedando cubierta por material aluvial; morfológicamente está integrada a la planicie denominada Llanura Costera del Golfo Sur.

La zona de estudio se encuentra dentro de la Llanura Costera del Golfo Sur, limitada por las sierras de Chiapas y Guatemala.

El desarrollo estructural y estratigráfico de la zona de interés está determinado por eventos del Mesozoico y Cenozoico, mismos que han dado lugar a la base petrológica sobre la que se ha configurado el actual paisaje.

Los factores que han influido en el modelado del relieve de esta zona son el tectonismo en sus fases de plegamiento y dislocación del paquete rocoso, el cual se manifiesta en las Sierra de Chiapas y Guatemala; otro de los factores que han influido en el modelado del relieve es el relleno de cuencas marinas y lacustres con aportes de materiales continentales transportados por una compleja red de corrientes superficiales en esta llanura.

Estratigrafía.

Las rocas que integran la columna estratigráfica están representadas principalmente por calizas del Sistema Cretácico, arenas y lutitas del Sistema Terciario, y en ellas es posible diferenciar, de acuerdo a su contenido faunístico y sedimentológico, las condiciones que controlaron su depósito.

Sistema Cretácico.

Cretácico Inferior. Estas rocas están constituidas principalmente por wackestone de biocláston e intracláston de color crema a café claro con fracturas selladas por calcita, y packstone de biocláston e intracláston de color crema, con aspecto poroso, ligeramente dolomitizado y con escasas fracturas selladas por calcita.

Cretácico Medio. Tiene un espesor de 769 m y consiste de una secuencia calcárea representada por calizas que van de mudstone a wackestone de miliólidos de color crema a café claro, compactas, con fracturas selladas por calcita y aceite viscoso.

Sistema Terciario

Eoceno. Tiene 675 m de espesor y está constituido por lutitas calcáreas de color gris a gris verdoso, semiduras a duras, con esporádicas intercalaciones de mudstone de color crema a café claro, compactas, con fracturas selladas por calcita y aceite viscoso.

Oligoceno. Con un espesor de 492 m, está constituido por lutitas de color gris y gris verdoso a obscuro, semiduras a duras y ligeramente calcáreas. Las rocas oligocénicas se caracterizan por la abundancia de microfauna, a diferencia del Mioceno medio en donde ésta es muy escasa.

Mioceno Inferior. Su espesor varía entre 2000 y 2528 m y se encuentra subyaciendo en forma discordante a la formación Paraje Solo; está representado por lutitas de color gris a gris obscuro, semiduras a duras y ligeramente calcáreas, con pequeños cuerpos de arena de color gris claro de grano fino a medio.

Formación Paraje Solo. Esta formación llega a aflorar en los campos de Reforma, Chis., como una alternancia de lutitas y areniscas; las cuales se describen como lutitas arenosas y calcáreas, de color gris verdoso a gris oscuro, de suaves a semiduras. Las areniscas son de grano grueso y gradúan en ocasiones a gravilla de cuarzo; se presentan también cuerpos de arena de grano fino a medio color gris claro, y capas de areniscas cementadas por material calcáreo con presencia de material carbonoso y fragmentos de moluscos.

El espesor de esta formación es muy variable y estratigráficamente es difícil separarla de la Formación Filisola, que se encuentra subyaciéndole, pues sus características litológicas son muy similares, requiriéndose el criterio micropaleontológico para hacer dicha diferenciación.

Otra característica importante en la sedimentación de esta unidad son los cambios laterales de los espesores de los cuerpos arenosos y arcillosos, los cuales son característicos de ambientes marinos transgresivo-regresivos y que corresponden a formaciones depositadas en cuencas terciarias marinas.

Debido a que la cuenca de depósito es del tipo transgresivo-regresivo, los estratos de arcilla y lutitas se presentan intercalados con arenas, gravillas y gravas, los cuales en algunas áreas presentan un espesor saturado de agua dulce cercano a 1000 m; la recarga por agua de lluvia se infiltra en los afloramientos calcáreos de la Sierra de Chiapas y se transmite al acuífero en las estribaciones de la misma.

Geología estructural.

Superficialmente la mayor parte de esta provincia está cubierta por depósitos del Cuaternario que no han sufrido deformaciones. En el subsuelo de esta región tabasqueña se han descubierto grandes estructuras subyacentes bajo los sedimentos del sistema Terciario, de la serie del Mioceno, cuya fitología

corresponde con areniscas, las cuales están conformando las trampas estructurales en las que son almacenados los hidrocarburos que explotan en la entidad.

Geología del subsuelo

Los datos más confiables considerados para el análisis de las formaciones en el subsuelo, son los obtenidos en la perforación de pozos, en especial de los exploratorios, los cuales proporcionan nuevos datos que amplían o modifican los conocimientos que se tienen de las cuencas geológicas.

Los primeros estudios sismológicos efectuados en el área dieron como resultado una nariz estructural; posteriormente, con nuevos estudios sismológicos, se detectó un anticlinal cerrado y limitado por fallas al poniente y al norte, y abierto al sur.

II.2. GEOTECNIA.

II.2.1. EXPLORACIÓN DEL SUBSUELO.

Los trabajos de exploración y muestreo del subsuelo con fines de diseño de pavimentos, en el sitio donde se proyecta construir el Parque Industrial de Cunduacán, Tab., consistieron en la excavación de 10 pozos a cielo abierto (PCA's).

La ubicación de los PCA's, fue definida a partir de la información geológica, y de la posible ubicación de las vialidades y en el campo fueron localizados con ayuda por topográfica. La ubicación definitiva de estos sondeos se presenta en la Fig. 8. Debe observarse que los PCA's únicamente se ubicaron sobre las vialidades que formarán parte del proyecto.

Todos los PCA's fueron ejecutados utilizando herramientas manuales y en todos los casos, al alcanzar la profundidad de proyecto, un ingeniero especialista realizó un levantamiento (estratigrafía) de la pared de los PCA's, elaboró el registro de campo correspondiente y decidió además sobre el tipo de muestreo a realizar.

De todos los PCA's se obtuvieron muestras representativas (alteradas) de cada estrato detectado, con el objeto de determinar en el laboratorio sus características índice y, cuando el ingeniero a cargo de los trabajos lo consideró conveniente, se realizó también un muestreo de tipo "inalterado", a fin de determinar los parámetros de resistencia para diseño de pavimentos del material de cimentación.

En los pozos a cielo abierto fue posible determinar las características superficiales, así como el peso volumétrico "in situ", γ_m , de algunas de los estratos. El estrato de tierra vegetal prácticamente no existe.

En todo momento los trabajos de campo se ajustaron estrictamente a lo que se especifica en² tanto por lo que se refiere a la excavación de los PCA's como a su muestreo alterado e "inalterado".

II.2.2. ESTUDIO DE BANCOS DE MATERIALES PARA TERRACERÍAS Y PAVIMENTACIÓN.

Como parte de los trabajos llevados al cabo, se investigó y muestrearon tres bancos de materiales para la formación de terracerías, bases de caminos y elaboración de concretos y mezclas asfálticas, para el proyecto del Parque Industrial; incluyó el muestreo del banco de materiales en el sitio, el cual se ha utilizado en ocasiones para construcción de terracerías.

² Comisión Nacional del Agua "Manual de Mecánica de Suelos", Primera Reimpresión, México, D.F., 1990.

Inicialmente se ubicó el Banco "Samaria", localizado cercano a la Cd. de Cunduacán, hacia el suroeste, a un costado de la carretera Coatzacoalcos-Villahermosa, en el km 132+220, tomando una desviación hacia el sur, a 300 m de distancia (Fig. 58). Tiene una distancia total de acarreo de 9.0 km hasta el predio del proyecto.

Los frentes actualmente en explotación producen fundamentalmente grava-arenosa con arcilla gris claro de compacidad compacta adecuada para concretos, bases, sub-bases y sub-rasantes.

Se visitó también la planta "Escudero", localizada a 12 km de la obra, ubicada a un costado de la carretera Coatzacoalcos-Villahermosa, en el km 157+400, en el ejido Lázaro Cárdenas. En este sitio se tienen almacenes de grava y arena para la formación de concretos, producto de la trituración de roca; este material, según la información que nos fue suministrada, se obtiene de Bancos próximos a la Cd. de Cunduacán. En este caso la grava es el producto de la trituración de roca caliza y se aprecia sana, de alta resistencia y seguramente constituye un excelente material para la formación de carpeta asfáltica.

Se tomaron muestras del almacén de la planta dosificadora, las cuales se estudiaron en el laboratorio central de Mecánica de Suelos. Se estudió 1 mezcla de estos materiales elaborada en laboratorio en proporción de volúmenes: 30% de material con tamaños de 1 1/2" a 1/2", 30% de material con tamaños de 1/2" a la malla No.4, y 40% de arena producto de la trituración.

En relación con este último material debe mencionarse que se poseen antecedentes de que ha sido utilizado para la formación de carpeta asfáltica en Cunduacán, Cárdenas y Huimanguillo. Los análisis realizados indican que este material pétreo es adecuado para la formación de la carpeta asfáltica y para dar el

riego de sello; se recomienda la roca triturada que se tiene en la "Planta de Asfalto Escudero", sitio en donde se puede producir también concreto asfáltico.

En las Figs. 59 a la Fig. 66 se muestran las características de los materiales que se explotan en los bancos estudiados.

II.3. ENSAYES PARA EL ESTUDIO DE TERRACERÍAS.

La totalidad de las muestras obtenidas en los PCA's del sitio y los Bancos de préstamo fueron remitidas al laboratorio central de Mecánica de Suelos en la Cd. de México en donde fueron sometidas a ensayos de calidad y de resistencia con fines de diseño de terracerías, pavimentos y cimentaciones. Formaron parte de los ensayos de laboratorio programados lo siguiente:

A las muestras de suelos obtenidas en los pozos a cielo abierto se les determinó:

- Descripción y clasificación de acuerdo al SUCS.
- Contenido natural de agua, w .
- Análisis granulométrico por mallas.

A muestras de suelos típicos se les determinó, además:

- Granulometría por mallas o porcentaje de partículas finas (fracción que pasa la malla No. 200), F , y partículas arenosas (fracción que pasa la malla No. 4), S .
- Límites de consistencia, líquido, L_w , y plástico. L_p .
- Expansión volumétrica.
- Equivalente de arena.

- Densidad y absorción.
- Peso volumétrico natural, seco suelto y máximo.
- Contracción lineal.
- Valor relativo de soporte estándar, VRS.

Debe mencionarse que este programa de ensayos de laboratorio fue diseñado en consideración estricta de los requerimientos del proyecto y fundamentalmente a las características de los materiales del subsuelo del sitio y de los bancos, determinadas en los trabajos geológico y geotécnico de campo.

En la tabla 1 de este documento se presenta un resumen de los resultados de los ensayos llevados al cabo en el laboratorio sobre las muestras de los materiales obtenidos en los PCA's en el área del Parque Industrial, mientras que en la Tabla 2 se presenta un resumen de resultados conseguidos en los ensayos de laboratorio ejecutados sobre las muestras obtenidas en los Bancos de Material existentes en el área del Parque Industrial, que fueron ubicados para la formación de pavimentos en las vialidades que formaran parte de este proyecto.

Puede verse que el total de ensayos que se resumen en la Tabla 1 fue de 44, mientras que en la Tabla 2 se presentan 31 ensayos adicionales sobre las muestras de los bancos.

Para la ejecución de las pruebas índice se observó en todo momento la Norma representa³ este informe mientras que para los ensayos de calidad y resistencia para pavimentos se observó la norma de la SCT⁴.

³ Comisión Nacional del Agua, idem (1)

⁴ Secretaría de Comunicaciones y Transportes, “**Muestreo y Prueba de Materiales**”, Normas de Construcción, Tomo IX, Parte Primera, Primera Edición, México, 1981.

Los perfiles estratigráficos de los Pozos a Cielo Abierto se presentan en las Figs. 9 a 18, mientras que en las Figs. 22 a 57 se muestran resultados específicos de ensayos de laboratorio de todo tipo.

II.4. ENSAYES PARA LA INVESTIGACIÓN DE BANCOS PARA PAVIMENTACIÓN.

A las muestras del Banco "Samaría" para subrasante, sub-base y base se les determinaron:

- Límites de consistencia líquido y plástico, LL y Lp.
- Granulometría.
- Equivalente de arena, EA.
- Contracción lineal.
- Peso volumétrico suelto.
- Expansión volumétrica.
- Densidad y absorción de partículas mayores de 3/8", Dens y Abs
- Peso volumétrico máximo, γ_d máx, contenido de agua óptimo, ω_0 , valor relativo de soporte estándar, VRS, y expansión, exp, a cuatro días de saturación en prueba AASHTO estándar.

Los resultados de los ensayos en los materiales para base se presentan en las figs. 59 a 66.

A los agregados pétreos procedentes del Banco "Samaria" se les efectuaron ensayos para determinarles:

- Granulometría por mallas, de gruesos y finos.
- Equivalente de arena, EA. Contracción lineal.

- Afinidad con el cemento asfáltico No. 6, en la prueba de desprendimiento por fricción, y la prueba de cubrimiento de la partícula por el método inglés.
- Densidad y absorción de gruesos, Dens y Abs.
- Forma de las partículas o índice de lajeo, IL.

Finalmente, se evaluaron ensayos a una mezcla de materiales de la Planta de Asfaltos "Escudero" (Fig. 68 a Fig 70), sobre:

- Granulometría.
- Desgaste de partículas.
- Afinidad con cemento asfáltico.
- Densidad y absorción de gruesos.
- Forma de las partículas o índice de lajeo, IL.
- Equivalente de arena, EA.

II.4.1. ENSAYES PARA LA DETERMINACIÓN DE LAS PROPIEDADES ÍNDICE Y MECÁNICAS.

Las muestras obtenidas durante la exploración fueron clasificadas en forma manual y visual, y en el laboratorio de mecánica de suelos se sometieron a ensayos tipo índice y mecánicos.

El contenido de agua y la clasificación SUCS se determinaron sobre todas las muestras obtenidas en los trabajos de campo; los ensayos índice se realizaron en muestras de suelos típicos.

Para conocer la consistencia natural del suelo, los parámetros de resistencia al esfuerzo cortante y compresibilidad, se efectuaron en las muestras "inalteradas", que fueron seleccionadas de acuerdo a la programación realizada por el ingeniero de proyecto, las siguientes pruebas mecánicas:

- a) Consistencia natural mediante pruebas de compresión simple con dos ciclos de carga y descarga, q_u .
- b) Resistencia al corte en compresión triaxial no consolidada no drenada, C_{uu} cohesión, ϕ_{uu} ángulo de fricción interna.
- c) Compactación AASHTO estándar.
- d) Valor Relativo de Soporte estándar.

Los procedimientos empleados para la ejecución de estas pruebas de laboratorio, son los que se indican⁵ y ⁶.

Todas las pruebas se efectuaron en estricto apego a lo que se especifica⁷ que por otra parte es la que posee más amplio reconocimiento a nivel nacional como norma para la ejecución de los trabajos de laboratorio de mecánica de suelos.

En la Fig. 45 se muestra la carta de plasticidad de los suelos finos.

Las curvas esfuerzo-deformación del ensaye de compresión axial no confinada se presentan en las Figs. 48 y 49.

En la Fig. 50 se dibujan los círculos de Mohr de la prueba de compresión triaxial no consolidada no drenada (UU).

II.5. ESTRATIGRAFÍA Y PROPIEDADES DEL SUBSUELO.

La siguiente descripción estratigráfica del área de proyecto del Parque Industrial Cunduacán, Tab., se fundamenta en los trabajos de campo y laboratorio, así como

⁵ Ibidem (2)

⁶ Zeevaert, L., “**Foundation Engineering for Difficult Subsoil Conditions**”, Second edition, Van Nostrand Reinhold Co., New York, USA, 1983.

⁷ Secretaría General de Obras del Departamento del Distrito Federal, “**Manual de Exploración Geotécnica**”, México, D.F., 1988.

en las Figs. 9 a 21 donde se muestran los perfiles estratigráficos y de propiedades índice (contenido de agua, porcentaje de finos, y otros datos), de los Pozos a Cielo Abierto.

Los rangos de variación de las propiedades índice y mecánicas se obtuvieron del análisis de los resultados de laboratorio (Figs. 22 a 66, así como en las Tablas 1, 3 y 4).

En función de los resultados de los sondeos, es posible confirmar el conocimiento general del subsuelo. El tipo de depósito explorado coincide en términos generales con los de la información geológica de la región, destacándose notoriamente las arcillas de alta plasticidad.

Atendiendo a la compacidad que muestran los materiales del sitio, se puede apreciar que en el área en estudio existen mezclas de arcillas y arenas de alta compacidad media por la alta plasticidad.

Analizando las propiedades índice de los materiales del subsuelo, se observa que el contenido de agua varía de 26% a 69%, presentándose los valores más altos en los estratos inferiores. En general, los materiales presentan contenidos naturales de humedad cercano a su límite plástico.

El nivel freático no se encontró hasta la profundidad máxima de perforación de los sondeos, aunque los suelos se encontraban húmedos en el fondo de los PCA, cuya profundidad máxima fue de 3.0 m en promedio.

Los trabajos de campo y laboratorio descritos en los incisos anteriores permitieron determinar la estratigrafía general del subsuelo. En términos generales, la caracterización del subsuelo desde el punto de vista geotécnico puede resumirse en las siguientes unidades:

- a) En los primeros 0.20 a 0.40 m se encontró una arcilla de color negra, con materia orgánica y algunas raicillas aisladas, definida como capa vegetal.
- b) Arcilla con poca arena y algunos grumos, de plasticidad alta, del grupo CH de acuerdo al SUCS. Predomina el color café grisáceo, de consistencia blanda. El espesor excavado de este suelo fue mayor a 3.0m y presenta un contenido de agua del orden de 35 a 40% .
- c) Finalmente, una arena arcillosa fina, de color amarillo claro, del grupo SC; su contenido de agua resultó en promedio de 20% y un contenido de finos del orden del 25%.

En las pruebas de resistencia a la compresión no confinada se obtuvieron resultados que presentan valores de 0.9656 kg/cm².

Por otra parte, para el caso de respuesta elástica de los sedimentos arcillosos y limosos se calcularon los siguientes parámetros de acuerdo con los ciclos de carga y descarga del ensaye de resistencia al corte en compresión simple.

- El Módulo de respuesta elástica, el cual quedó definido por la siguiente relación:

$$M_e = \epsilon_{ro} / \sigma_{ro}$$

en donde ϵ_{ro} es la respuesta total de la deformación unitaria debido al alivio de esfuerzo σ_{ro} en la descarga.

- La relación de la deformación unitaria viscoplástica a la respuesta elástica definida por:

$$K_{vp} = \epsilon_{vp} / \epsilon_e$$

- El exponente C^* de la ley fenomenología de la respuesta expresada por:

$$\epsilon_r = a(\sigma)C^*$$

Los parámetros de la respuesta elástica se presentan en la Tabla 4.

Para la respuesta al esfuerzo cortante de los sedimentos arcillosos se calcularon los siguientes parámetros de acuerdo al ensaye de resistencia al corte en compresión triaxial no consolidada no drenada.

$$\phi = 5 \text{ grados}$$

$$c = 0.32 \text{ kg/cm}^2$$

En general, el conjunto de la masa del subsuelo explorada es poco resistente y de compresibilidad alta.

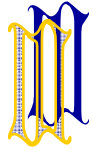
Como complemento a las propiedades descritas, enseguida se resumen las características de interés para el diseño de pavimentos.

PROPIEDADES ESTADÍSTICAS DEL SUBSUELO OBTENIDAS EN LOS PCA'S.

PROPIEDAD	INTERVALO	PROMEDIO
F (%)	38.38 – 99.57	89.97
Lw (%)	29 – 95	70.86
Pi (%)	8 – 78	52.77
w (%)	26 – 69	40.48
γ_d (kg/m ³)	1,317 – 1,745	1,561.0
VRS (%)	2.86 – 3.75	3.45
Exp (%)	0.08	0.08

DEFINICIÓN DE PARÁMETROS

- F = Porcentaje de finos
- Lw = Límite de líquido
- Pi = Índice plastic
- w = Contenido natural de agua
- γ_d = Peso volumétrico seco
- VRS = Valor relativo de Soporte Estándar
- Exp = Expansión volumétrica



INGENIERÍA DE PAVIMENTOS

III. INGENIERÍA DE PAVIMENTOS.

III.1. TRÁNSITO DE DISEÑO.

Para el diseño de pavimentos se estimó el volumen de tránsito medio diario anual así como el tipo de vehículos que se espera compondrán dicho tránsito, debe mencionarse que, tratándose de un Parque Industrial se espera que el tránsito este compuesto en gran medida por vehículos pesados que acarrearán materias primas y productos terminados.

Tratando de optimizar el diseño de pavimentos se considerará una intensidad del tráfico que podría circular por dichas vialidades; se consideró un tránsito promedio diario anual de 100 vehículos, tomando en consideración que los métodos de diseño se ajustan a una forma especial de estimar las cargas de los vehículos y su composición.

El cálculo del tránsito equivalente acumulado se realizó de acuerdo a lo que se especifica⁸. En la composición del tránsito diario medio anual se supuso que los vehículos más ligeros como automóviles y camiones y los vehículos pesados, compuestos principalmente por tractores y semi-remolques, irán en su mayor parte cargados. Para el cálculo del número de ejes equivalentes se consideraron los coeficientes de daño que se recomiendan⁹; se supusieron 10 años de servicio con una tasa anual de crecimiento del 7%.

El coeficiente de distribución fue de 0.5 tanto para las vialidades principales como para las secundarias. Se presentan los resultados obtenidos en función de ejes equivalentes de 8.2 Ton para el diseño de la carpeta así como para base y subrasante.

⁸ Corro S., Magallanes R. y Prado G., “**Instructivo para Diseño estructural de Pavimentos Flexibles para Carreteras**”, Series del Instituto de Ingeniería No.444, México, Nov. de 1981.

⁹ Ibidem (8)

Los datos de partida fueron los siguientes:

- a) Tránsito promedio diario (TPD) de 100 vehículos.
- b) Vida de diseño = 10 años.
- c) Tasa anual de crecimiento = 7%
- d) Tránsito promedio diario de camiones (TPDC) = 60% de TPD de diseño.
- e) Coeficiente de distribución de cada carril = 0.50.
- f) Factor de carga (FC) = 1.2, recomendado para fuertes volúmenes de tránsito pesado.

Se obtuvo el factor de proyección utilizando la expresión:

$$FP = (1 + R)^n$$

En la cual:

R = tasa de crecimiento anual = 7%

n = número de años = 10.

Utilizando el factor de proyección y el tránsito promedio diario anual supuesto se obtuvo el número total de autotransportes en la vialidad. Con este último dato se calculó la distribución de ejes normalizados de 8.2 ton para las zonas de tránsito ligero, tránsito medio y tránsito pesado, así como para carpeta y base, y para sub-base y terracerías.

III.1.1. CRITERIO Y PARÁMETROS DE DISEÑO.

Como se mencionó en el capítulo referente a ensayos de laboratorio, fue posible obtener del material que se pretende utilizar como soporte algunas muestras de suelos sobre las cuales se realizaron determinaciones del valor relativo de soporte (VRS) estándar; a partir de estas determinaciones se encontró que la arcilla con poca arena del sitio para el parque industrial no puede ser empleada en la formación de las terracerías; sin embargo los materiales del banco de préstamo,

como son arena y gravas, constituyen un excelente material de desplante para las terracerías.

Las determinaciones de VRS* realizadas permitieron asignar a este material el VRS^z para diseño utilizando la expresión:

$$VRS^z = VRS^*(1-0.84V)$$

En la cual:

VRS* = valor relativo de soporte medio de la capa subrasante.

V = coeficiente que toma en cuenta la variación del VRS en campo comparado con el obtenido en el laboratorio y que para el presente caso se consideró igual a 0.4.

Para determinar los espesores de las capas que constituirán el pavimento de este Parque Industrial se utilizó el criterio propuesto por el Instituto de Ingeniería de la UNAM¹⁰, así como los coeficientes de equivalencia del Instituto del Asfalto de los Estados Unidos de Norteamérica¹¹; asimismo se revisaron las características de los materiales recomendados para formar las diversas capas del pavimento de acuerdo a las Normas estipuladas en la Parte Octava de las Especificaciones de Construcción de la SCT¹².

De acuerdo con la expresión anterior se asignó al material del terreno natural un VRS^z igual a 2.32%, a la subrasante un VRS^z de 48.40% y a la capa base un VRS^z igual a 51.09%. Cabe mencionar que el criterio empleado, limita el valor del VRS^z de diseño para los materiales de terracería y sub-base a valores comprendidos entre 2 y 20%, por lo que este último valor es el que se le asignó a

¹⁰ Idem (8)

¹¹ The Asphalt Institute. "The Asphalt Handbook", 4a Reimpresión College Park, Maryland, 1965.

¹² Secretaría de Comunicaciones y Transportes, "Normas de Materiales", Normas de Construcción, Tomo VIII, Primera Edición, México, 1981.

las terracerías que deberán construirse dado el bajo valor de soporte para el terreno natural.

Utilizando un valor relativo de soporte de diseño de 2.32% para el material de cimentación y considerando un nivel de confianza de 0.8, se usaron las gráficas¹³ a fin de obtener el espesor total del pavimento que deberá ser colocado sobre el suelo de cimentación.

Posteriormente, considerando que el material de terracerías, subrasante y base hidráulica estará constituido por el producto de la explotación del Banco "Samaría", se obtuvo el espesor de grava equivalente del cual se desprende el espesor real de la carpeta.

Este procedimiento de diseño se utilizó para determinar los espesores de las capas que forman la estructura del pavimento para la densidad de tránsito considerada; los espesores determinados se describen en el siguiente capítulo.

Como ha quedado asentado en la descripción de la estratigrafía, los materiales que forman el subsuelo son de origen aluvial y están constituidos por arcillas de alta plasticidad y alta compresibilidad (MH) y una alta resiliencia.

Para efectuar el análisis del tránsito de las vialidades con fines de diseño de un pavimento rígido se utilizaron los datos del número de lotes proyectados y del tipo de industria que en ellos se alojará. El diseño de un pavimento rígido se realizó utilizando el método de la Asociación de Cementos Portland de los E.U.A. (PCA).

¹³ Idem (8)

El volumen de tránsito mezclado (TD) se determina mediante la expresión:

$$TD = \left\{ \frac{(100P)}{100 + T_{ph}(J - 1)} \right\} \times \left(\frac{5000N}{KD} \right)$$

En donde:

TD = Tránsito mezclado para diseño. En este caso se calcula mediante la metodología del PCA.

P = Número de vehículos por carril y por hora.

N = Número de carriles en ambas direcciones.

T_{ph} = Porcentaje de camiones durante horas de máxima fluencia.

J = Número de vehículos de pasajeros equivalente a un camión.

K = Volumen horario de diseño.

D = Tránsito máximo en una dirección durante las horas de máxima fluencia.

La aplicación de la expresión anterior conduce a:

$$TD = 133 \text{ camiones por día.}$$

Y el número de camiones pesados por carril de diseño en un periodo de 10 años es el siguiente:

$$Vpd = 466,032 \text{ vehículos pesados en la vida de diseño}$$

Este valor de vehículos pesados ha de ser distribuido en el número de vehículos que corresponda a cada tipo esperado de eje circulante en el proyecto. Esto solo podrá hacerse con información directa de aforos o extrapolando una información del pronóstico establecido en el proyecto, como es el caso del presente estudio. Se suponen las cargas de los ejes que circularán y los factores de distribución de cada uno de ellos, que permitieron llegar a establecer el número esperado de repeticiones de la carga en el periodo de diseño (10 años).

Adicionalmente, se determinaron los datos de diseño estructural del pavimento, obteniéndose el módulo "k" de la subrasante igual a 5.6kg/cm^3 , el factor de seguridad de 1.2 y el módulo de resistencia a la tensión en flexión $MR = 30\text{kg/cm}^2$.

Con los datos anteriores en el procedimiento de la PCA se obtiene que se colocará sobre la subrasante una capa sub-base tipo hidráulica con espesor de 10cm.

El método de la PCA proporciona con base en los datos de la subrasante y espesor de la sub-base un módulo "k" de la sub-base = 6.1kg/cm^3 , que generará como resultado, mediante el procedimiento de tanteos de la PCA se obtenga un espesor de losa de concreto hidráulico de 15cm, al tiempo que se consideró el efecto en la degradación de los materiales que formarán el concreto hidráulico que imponen las condiciones hidroclimatológicas de la región como son la precipitación pluvial, altas temperaturas y materiales pétreos deleznable.

Dependiendo del diseño de las losas de concreto, se considerarán juntas en el pavimento, tanto de contracción, expansión, construcción o de articulación. La fig. 73 muestra los tipos de juntas más comunes para pavimento rígidos, cuya construcción deberá apegarse a lo establecido en las Normas y Procedimientos de Construcción correspondientes.

III.2. RESULTADOS.

Atendiendo a las características generales del proyecto y a las recomendaciones del estudio de terrecerías, los pavimentos de las vialidades interiores del Parque Industrial de Cunduacán, Tab. podrán estructurarse con concreto asfáltico o con losas de concreto hidráulico.

La primera alternativa contempla la construcción de una carpeta asfáltica, empleando mezcla asfáltica elaborada en la Planta Dosificadora "Escudero", con

emulsión asfáltica de rompimiento medio, catálogo de clasificación EMC-65 (ver ficha técnica figuras 68 a 70).

Utilizando los parámetros y el procedimiento de diseño mencionados en los capítulos anteriores se obtuvieron los espesores para la estructura de pavimentos que se presentan en la Fig. 71 para la densidad de tránsito considerada.

Independientemente de que los niveles de proyecto requieran la construcción de terracerías, éstas serán imprescindibles debido al bajo valor relativo de soporte que tiene el terreno natural; por lo anterior será necesario construir una capa de terrecerías de cuando menos 0.55 m de espesor.

La capa subrasante estará apoyada directamente sobre las terrecerías, cuya construcción se sujetará a los lineamientos. La subrasante tendrá un espesor de 0.20m, constituida por materiales con tamaño máximo de 3.8cm (1 1/2"), obtenidos de los frentes arenosos del Banco "Samaria", compactados hasta alcanzar un grado de compactación comprendido entre 93 y 96% como mínimo respecto a la prueba de control AASHTO estándar ($E_c = 6.3 \text{ kgcm/cm}^3$).

Se construirá una base hidráulica (sobre la subrasante) con agregados procedentes del Banco "Samaría", con tamaño máximo de 3.8cm (1 1/2"), estabilizándose mecánicamente hasta alcanzar un grado de compactación comprendido entre 95 y 1 00% respecto a la prueba Proctor estándar.

La carpeta asfáltica se construirá empleando concreto asfáltico y materiales pétreos procedentes de los frentes de grava-arena de la Planta de asfaltos "Escudero", mediante el empleo de los materiales triturados de la misma. En función de los resultados meramente numéricos del procedimiento de cálculo y debido a las condiciones climatológicas que prevalecen en la región, se recomienda que el espesor de la carpeta asfáltica sea de cuando menos 7.0cm, lo

que permitirá garantizar la vida útil prevista para este elemento, brindando la durabilidad estimada y seguridad a los usuarios de tales vialidades.

De acuerdo como se presenta en la figura 71, para la densidad de 100 vehículos por día resulta un espesor total de pavimento sobre el suelo de cimentación de 0.70 m, que al utilizar los coeficientes de equivalencia estructural del Instituto Norteamericano del Asfalto se obtiene el espesor equivalente de la carpeta y las demás capas, de forma que estarían constituidas de la siguiente forma:

Espesor mínimo de terracerías	=	55.0cm
Espesor de sub-rasante	=	20.0cm
Espesor de base hidráulica	=	12.5cm
Espesor de carpeta asfáltica	=	7.0cm

Las normas de calidad de los materiales y los procedimientos generales de construcción correspondientes se incluyen.



INGENIERÍA DE CIMENTACIONES

IV. INGENIERÍA DE CIMENTACIONES.

IV.1. PARÁMETROS DE DISEÑO.

Conforme a lo descrito anteriormente, ha sido posible caracterizar los materiales superficiales en el predio a partir de los trabajos de campo y laboratorio realizados, con cuyos resultados se puede determinar los parámetros elásticos de estos materiales; en la Tabla 4 se presentan los valores para fines de diseño a partir de la estratigrafía simplificada que se consideró para este fin.

IV.2. TIPOS DE CIMENTACIÓN.

Los tipos más usuales de cimentación son las zapatas aisladas y corridas, las losas y los cajones de cimentación.

Las zapatas aisladas son apropiadas en terrenos de baja compresibilidad y cuando los asentamientos diferenciales entre columnas pueden ser incluidos en el diseño estructural del edificio sin incrementar el costo de la superestructura.

Las zapatas continuas serán recomendables cuando los asentamientos diferenciales en zapatas aisladas son inaceptables, ya que aportan una continuidad estructural que reduce este tipo de asentamientos.

Las losas de cimentación se emplean cuando la resistencia del terreno es muy baja o las cargas son muy altas; las losas transmitirán las cargas de las columnas del edificio y se buscará proporcionar a la cimentación la rigidez suficiente para la transmisión uniforme de las presiones al subsuelo. Las losas pueden ser planas, con contratrabes, pedestales, etc.

IV.3. CAPACIDAD DE CARGA.

En este Inciso se realiza una revisión de la capacidad de carga para la alternativa de cimentación superficial.

A continuación se presenta el procedimiento de análisis empleado y los resultados obtenidos.

Criterio de análisis.

Se definen cimentaciones superficiales desplantadas sobre estrato de limo-arenoso.

El análisis efectuado se realizó inicialmente de acuerdo a la teoría propuesta por L. Zeevaert¹⁴; según dicha teoría la capacidad de carga última de un cimiento está determinada por la expresión:

$$q_{ult} = \alpha_1 c N_c + \alpha_1' \sigma_{oz} N_q + \alpha_2 \frac{1}{2} \gamma B N_\gamma$$

en donde:

- q_{ult} = Capacidad de carga última del terreno
- c = Resistencia al corte no drenada del estrato de apoyo
- N_c, N_q, N_γ = Factores de capacidad de carga¹⁵
- $\alpha_1 \alpha_1' \alpha_2$ = Factores de forma de la cimentación
- σ_{oz} = Presión vertical efectiva a nivel de desplante
- γ = Peso volumétrico por debajo del nivel de desplante
- B = Ancho de la cimentación

¹⁴ Idem (6)

¹⁵ Bowles, J.E., "Foundation Analysis and Design", third Edition, Mc Graw-Hill Book Co., 1980.

Los factores de capacidad de carga dependen exclusivamente del valor medio del ángulo de fricción interna del material de apoyo; para el caso del sitio en estudio es de 5 grados. También se utilizó el valor medio de la cohesión del material, que es de 0.32 kg/cm².

Los restantes factores que intervienen dentro de la expresión de Zeevaert pueden determinarse mediante el empleo de las expresiones deducidas por el mismo autor¹⁶.

La capacidad de carga admisible se obtuvo dividiendo el valor anterior por un factor de seguridad igual a 3.

En segundo lugar se realizó al análisis del valor de la capacidad de carga admisible definido en los lineamientos marcados¹⁷ acerca de los estados límite y de servicio de falla para cimentaciones someras desplantadas en suelos sensiblemente homogéneos.

Ante carga estática (falla local), la capacidad de carga admisible esta determinada por la expresión:

$$q_{adm} = c^{\wedge} NcF_R + Pv$$

en donde:

q_{adm} = Capacidad de carga admisible, kg/cm²

c^{\wedge} = 2/3 de la cohesión (kg/cm²)

Nc = Factor de capacidad de carga, igual a:
 $5.14[1+0.25(D_f/B)+0.25(B/L)]$

D_f = Profundidad de desplante del cimiento, cm

B = Ancho del cimiento, cm

¹⁶ Idem (6)

¹⁷ Departamento del distrito Federal, “**Normas Técnicas Complementarias para Diseño y construcción de Cimentaciones**”, 12 de Noviembre de 1987.

- L = Longitud del cimiento, cm
F_R = Factor de resistencia, 0.70
P_v = Presión vertical efectiva al nivel de desplante

Ante cargas accidentales (falla general) no se toma en cuenta la disminución en la cohesión, c , cuyo valor se emplea en la expresión anterior en lugar de c^{\wedge} .

IV.4. RESULTADOS.

Los criterios de análisis y las consideraciones anteriores condujeron a los siguientes resultados sobre la capacidad de carga general para las cimentaciones que lleguen a proyectarse.

Aplicando la teoría de Zeevaert se obtuvieron los resultados para zapatas cuadradas y losas de cimentación desplantadas sobre rellenos estructurales; como puede verse, para este caso la capacidad de carga admisible es de 8.73 y 10.83 Ton/m², para cargas estáticas y combinación de accidentales respectivamente. Para zapatas corridas, la capacidad de carga admisible es de 10.47 y 13.61 Ton/m², para cargas estáticas y combinación de accidentales respectivamente.

Así mismo se obtuvo los valores de la capacidad de acuerdo a las especificaciones del Reglamento de Construcciones del Distrito Federal. La capacidad de carga admisible se obtuvo aplicando a la capacidad de carga última un factor de resistencia igual a 0.70. El valor obtenido de la capacidad de carga admisible (falla local) fue de 12.73 Ton/m². Asimismo es conveniente citar que la capacidad de carga admisible obtenida¹⁸, estará limitada a los valores anteriormente mencionados a fin de mantener los hundimientos verticales probables dentro de un margen aceptable.

¹⁸ Idem (17)

Finalmente, debe mencionarse que la profundidad de desplante para cimentaciones deberá ser 0.70 m como mínimo.

Para otras condiciones especiales, como cargas excéntricas, a volteo, fuerzas horizontales, etc., deberá cuidarse que los esfuerzos máximos en el contacto con el suelo no rebasen la capacidad de carga admisible, y que el diseño se haga en forma que se eviten esfuerzos de tensión.



RECOMENDACIONES PARA TERRACERÍAS, PAVIMENTOS Y CIMENTACIONES

IV. RECOMENDACIONES PARA TERRACERÍAS, PAVIMENTOS Y CIMENTACIONES.

Con base en los resultados y análisis de este estudio se concluye y recomienda lo siguiente:

V.1. TERRACERÍAS.

- a) Los suelos de préstamo (limos-arenosos, arenas y gravas) podrán utilizarse en la estructuración de las terracerías, mediante su conformación y compactación; así mismo podrán emplearse en la formación de la capa subrasante.
- b) Los trabajos de construcción en el sitio de proyecto deberán iniciarse con el desmonte, despalme y desenraice de las áreas que ocuparán las vialidades. Es importante hacer notar que deberá retirarse totalmente el estrato superficial de arcilla negra con materia orgánica, cuyo espesor es del orden de 20 a 40cm.
- c) Para realizar esta labor se podrán utilizar motoconformadoras y escrepas o bien trascabos y camiones de volteo. Esta condición puede imponer la necesidad de reestructurar los suelos actuales mediante compactación, en cuyo caso será necesario dar a la superficie descubierta 4 a 6 pasadas del equipo de compactación.
- d) Posteriormente se procederá a dar los niveles de proyecto. Conforme a las condiciones geológicas y a la investigación de bancos de la zona, se proponen como materiales complementarios para la formación de los terraplenes los obtenidos del Banco "Samaria" cuyas características se describen en las Figs. 58 a la 66.

- e) Los materiales que se utilicen en la formación del cuerpo de los terraplenes deberán compactarse entre el 85 y el 90% de su peso volumétrico seco máximo, con el contenido de agua óptimo (4.45%), de acuerdo a la prueba AASHTO estándar ($E_c = 6.03 \text{ kg-cm/cm}^3$).
- f) Estos materiales se compactarán utilizando el equipo apropiado, tal como del tipo "Tamper" y, si es necesario rodillo neumático.
- g) En caso necesario se construirán terraplenes de prueba, los cuales no deberán formar parte de las terracerías del proyecto, en los cuales se determinará el número de pasadas para alcanzar el porcentaje de compactación especificado, todo ello para hacer posible los ajustes a los procedimientos y normas de compactación, por parte del consultor de mecánica de suelos.
- h) Los taludes de los cortes en el terreno natural, en caso de requerirse, podrán ser verticales, y los de los terraplenes serán 1:1, protegidos con pasto.
- i) Durante la construcción de las terracerías deberá llevarse un control riguroso de la calidad de los materiales, así como de estas recomendaciones de construcción, y de las Normas y procedimientos generales de construcción, sobre todo en lo referente a compactación, apoyándose en la opinión del consultor.

V.1.1. CAPA SUBRASANTE.

Los frentes de grava-arenosa con arcilla del Banco "Samaría" se utilizarán en la construcción de la capa subrasante, que deberá coronar las terracerías en todas las vialidades.

La capa subrasante tendrá un espesor compacto de 0.20 m, estabilizada mecánicamente con rodillo liso o neumático del mayor peso posible hasta alcanzar un grado de compactación comprendido entre el 93 y 96% de su peso volumétrico seco máximo, con el contenido de agua óptimo (4.45% según ensaye de la Fig. 63).

No deberá permitirse el tránsito de vehículos sobre la capa subrasante.

V.1.2. BASE HIDRÁULICA.

La base hidráulica se construirá con los frentes de grava-arenosa con arcilla del Banco "Samaria".

El material que se utilice deberá compactarse hasta alcanzar como mínimo el 95-100% de su peso volumétrico seco máximo; la base tendrá un espesor de 12.5 cm.

Sobre la base terminada, superficialmente barrida y seca se aplicará un riego de impregnación en toda el área de la vialidad, utilizando para ello producto asfáltico FM-1 a razón de 1.2 lt/m², de tal modo que se cumpla con las características específicas en la segunda columna de la Tabla C del inciso 5-2.4 del Tomo VIII de las Especificaciones Generales de Construcción de la SCT. Para la correcta aplicación del riego deberán seguirse los lineamientos del Apartado 6-4 del Tomo X de las mismas especificaciones¹⁹.

¹⁹ Secretaría de Comunicaciones y Transportes, "**Pavimentos**", Normas de Construcción, Tomo X, Primera Edición, México, 1981.

V.1.3. CARPETA DE CONCRETO ASFÁLTICO.

- a) Se recomienda que la carpeta de los pavimentos proyectados se construya a base de concreto asfáltico premezclado aprovechando que en la zona urbana de Cunduacán existe una planta dosificadora de asfalto.
- b) De acuerdo con la información que fue posible obtener, la dosificadora de asfalto de "Escudero" utiliza como agregado roca obtenida del banco de materiales "La Luz" ubicado en la carretera de Malpaso-Eñ Bellote, km 122+300 y la emulsión asfáltica de rompimiento medio catiónico EMC-65 que se produce en la planta de la Cd. de Villahermosa de este grupo empresarial ubicada en el km 156+400 de la carretera Cárdenas-Villahermosa.
- c) Previamente a la colocación de la carpeta y sobre la base impregnada se aplicará un riego de liga con producto asfáltico rebajado FR-3 a razón de 0.4 lt/m^2 en toda el área que ocupará la carpeta, dejándola expuesta el tiempo que sea necesario para favorecer la pérdida de solventes. El producto asfáltico deberá cumplir con lo señalado en la Tabla B del inciso 5-2.4 del Tomo VIII de las Especificaciones Generales de Construcción de la SCT.
- d) El concreto asfáltico tendido deberá compactarse al 95% de su peso volumétrico seco máximo determinado por el método Marshall.
- e) Se recomienda controlar la calidad de la carpeta construida mediante sondeos para verificar espesores y compactación de la carpeta terminada. Las tolerancias en espesores y compactación serán las especificadas en el Capítulo 3.03.01.081 del Libro III de las Especificaciones Generales de Construcción de la SCT.

V.1.4. RIEGO DE SELLO.

- a) Se efectuará mediante un riego de producto asfáltico FR-3 o emulsión asfáltica catiónica de rompimiento rápido a razón de 1.2 lt/m² y material pétreo de los bancos cercanos a la Ciudad de Cunduacán; el material pétreo se hará intervenir en una cantidad aproximada de 10 lt/m² de superficie de la carpeta expuesta.
- b) El producto asfáltico deberá cumplir con las normas de calidad establecidas en el inciso 4-3.2 y el material pétreo con lo establecido en la Tabla B del inciso 5-2.4 del Tomo VIII de las Especificaciones Generales de la Construcción de la SCT y deberá colocarse de acuerdo al procedimiento indicado en el Apartado 12-4 del Tomo X.

V.1.5. CONCRETO HIDRÁULICO.

- a) Para la fabricación del concreto hidráulico que se requiera, se deberá emplear cemento Portland tipo I el cual deberá cumplir con los requisitos químicos y físicos que se presentan en la Parte Octava de las Especificaciones Generales de la Construcción de la SCT²⁰.
- b) Los agregados finos y grueso para la fabricación de concreto hidráulico deberán ser el producto del cribado de los materiales provenientes del Banco "Samaria" (Fig. 60) y deberán cumplir con los requisitos de calidad que se especifican en la Parte Octava de las Normas Generales de la Construcción de la SCT.

²⁰ Idem (12)

V.1.6. DRENAJE.

- a) Las cunetas que se proyecten a lo largo de las vialidades deberán construirse con una inclinación de 3:1, con un ancho de 0.82 m en el sentido transversal.
- b) Todas las cunetas y canales a cielo abierto deberán revestirse con losas de concreto, debiéndose ubicar al pie de los taludes de los cortes.
- c) La pendiente transversal o bombeo de las vialidades deberá ser de 2% como mínimo.
- d) Se proveerán tanques desarenadores en los cambios de pendientes de calles, canales y cunetas.
- e) Se estima muy importante el resolver el drenaje de los escurrimientos superficiales hacia algún dren general que pase cerca del predio del proyecto, a fin de que los pavimentos proyectados puedan tener un comportamiento satisfactorio durante su vida útil.

V.1.7. GUARNICIONES.

- a) Se recomienda construir guarniciones de concreto.
- b) Las guarniciones de las vialidades interiores serán de concreto con f'_c de 200 kg/cm^2 , con las dimensiones que se presentan en la Fig. 74. Las juntas para dilatación se construirán a cada 6 m y se rellenarán con cartón asfaltado.

V.1.8. BANCOS.

- a) Los bancos estudiados fueron analizados desde el punto de vista geotécnico para la utilización de los materiales de préstamo en la conformación de las terrecerías y pavimentos, siendo así como se describen en las correspondientes recomendaciones. El utilizar como préstamo los materiales del sitio en estudio no es una alternativa susceptible de explotación desde el punto de vista de Geotécnica por la deficiente calidad de los materiales del sitio.

V.2. RECOMENDACIONES PARA CIMENTACIONES.

Para las cimentaciones que requieran las instalaciones futuras del Parque Industrial Cunduacán, Tab., predio objeto del proyecto en estudio, se hacen las siguientes recomendaciones generales:

- a) En función de las características geotécnicas de resistencia al esfuerzo cortante del subsuelo del sitio en estudio, en principio se considera que las cimentaciones serán del tipo superficial, constituida por zapatas aisladas, zapatas corridas o losas de cimentación con o sin contratraveses, lo anterior será función de la estructuración de las instalaciones, el nivel de descargas al subsuelo, y restricciones propias de cada proyecto particular.
- b) La cimentaciones, previa identificación y verificación de las condiciones locales del terreno de desplante, se diseñará para una presión de contacto de 8.73 Ton/m² para carga estática, y de 10.83 Ton/m² ante la combinación de cargas accidentales; el desplante de las cimentaciones se estima sea de 0.70 m mínimo.

- c) Se podrá emplear para el análisis y el diseño estructural de las cimentaciones un módulo de reacción vertical $K = 562.79 \text{ Ton/m}$ para cargas estáticas, y $K = 551.19 \text{ Ton/m}$ para cargas accidentales, aplicando los conceptos que sobre el proceso de interacción suelo estructura se consignan²¹.
- d) Para solicitaciones en que los cimientos estén sujetos a volteo y excentricidad de cargas, el esfuerzo máximo de compresión no excederá el valor de la capacidad de carga señalado en b). Los cimientos se dimensionarán de modo tal que se anulen con peso esfuerzos de tensión, o bien, sean tomados por anclajes.
- e) Si se detectan boleos de más de 4" de diámetro que no se puedan disgregar o zonas pequeñas de relleno al nivel de desplante de las cimentaciones, se deberá retirar este material, rellenando los huecos que se tengan con concreto simple con resistencia a la compresión mínima de 200 kg/cm^2 a los 28 días de edad, nivelando la superficie adecuadamente hasta el nivel de desplante indicado por proyecto.
- f) Las excavaciones para las cimentaciones podrán realizarse con taludes verticales. Tan pronto se alcance el fondo de cada excavación y a fin de que quede por debajo del nivel de desplante indicado, se deberá colar una plantilla de concreto simple, en un espesor de 5cm, con $f'c$ de 100 kg/cm^2 .
- g) Las cimentaciones desplantadas en la superficie de un relleno estructural (terracería) serán admisibles si se toman medidas de diseño y constructivas contra erosión y alteraciones del subsuelo de relleno.

²¹ Zeevaert, L. (6)

- h) Se recomienda colocar sobre el relleno limo-arenosos compactado una capa de material de sub-base con un espesor mínimo de 20cm, con tamaño máximo de los materiales de 1" y el 15% máximo de finos limosos no plásticos. La capa de sub-base se compactará hasta alcanzar un grado de compactación comprendido entre el 95 y el 100% de su peso volumétrico seco máximo, PSVM, respecto a la prueba AASHTO estándar.
- i) No se prevé la necesidad de instrumentación ni de mediciones especiales para el presente estudio.
- j) Los cimientos se construirán después de efectuar los trabajos de excavación, nivelación y/o tratamiento de la superficie, siguiendo la secuencia constructiva recomendada a continuación:
- Excavación del material natural, }en el área bajo la cimentación hasta alcanzar 5 cm por debajo del nivel de desplante.
 - Verificación de las condiciones de calidad del suelo al nivel de desplante. Construcción de las cimentaciones.
 - Las excavaciones que queden se rellenarán empleando material seleccionado producto de las excavaciones. La prueba de control será la ASSHTO estándar y el grado de compactación el 90% respecto al peso volumétrico seco máximo. Las capas de material sin compactar será de 25 cm de espesor, compactado con equipo manual tipo bailarina o rodillo liso pequeño.
 - Efectuar calas volumétricas para el control adecuado de la compactación de los rellenos finales.

Durante la construcción de las cimentaciones y rellenos, se recomienda la supervisión de un Ingeniero especialista en Geotécnia, para poder resolver en forma adecuada cualquier anomalía o desviación del proyecto particular planteado.

V.3. NORMAS DE CALIDAD Y PROCEDIMIENTOS DE CONSTRUCCIÓN.

V.3.1 CUERPO DE TERRAPLENES Y CAPA SOBRASANTE

1. Normas de Calidad.

Los materiales que se empleen serán los procedentes de los cortes adyacentes a la vialidad o bien en caso de requerirse volúmenes complementarios de bancos comerciales de préstamo, cuyo material tenga tamaño máximo de 1 ½ " para el cuerpo de los terraplenes, disgregados enérgicamente durante el proceso de compactación.

2. Procedimiento de construcción.

Los trabajos de construcción en el sitio de proyecto deberán iniciarse con el desmonte, despalle de la capa de tierra vegetal y retirarse todo el relleno de material perjudicial, tal como materia orgánica, que se encuentre entre los "ceros" de las terracerías, en las áreas que ocuparán las vialidades; la pedacería de roca no necesariamente deberá ser retirada. El terreno así preparado deberá haber sido uniformizado en cuanto a distribución de pedacería se refiere.

Una vez alcanzado el nivel de excavación de proyecto, se procederá a compactar la superficie del terreno natural utilizando **rodillo liso vibratorio o neumático arrastrado por tractor** del mayor peso posible (10 a 14 Ton), dando de 4 a 5 pasadas.

Posteriormente se procederá a dar los niveles de proyecto formando el cuerpo de los terraplenes compactado con material arena-limosa o limo-arenoso de préstamo; este material se tenderá en capas de 25 cm de espesor compacto y se compactará utilizando **rodillo neumático arrastrado por tractor**, debiendo obtenerse un grado de compactación que quede comprendido entre el 90 y el 95% de su peso volumétrico seco máximo respecto a la prueba AASHTO estándar, con el contenido de agua óptimo.

La capa subrasante tendrá un espesor de 20 cm compacto y será formada con el material que se mencionó anteriormente para el terraplén, estabilizada mecánicamente con rodillo liso o neumático arrastrado por tractor hasta alcanzar un grado de compactación que deberá estar comprendido entre el 93 y el 96% respecto a su peso volumétrico seco máximo en el laboratorio de control, en la prueba AASHTO estándar, con el contenido de agua óptimo. No deberá permitirse el tránsito de vehículos sobre la capa subrasante.

Se deberán construir terraplenes de prueba, los cuales no deberán formar parte de las terracerías del proyecto, en los cuales se determinará en número de pasadas necesario para alcanzar el porcentaje de compactación especificado.

3. Tolerancias

Para dar por terminada la construcción de estas capas se verificará el alineamiento, sección, compactación, espesor y acabado, de acuerdo con lo fijado en el proyecto y las siguientes tolerancias:

- | | |
|---|---------------------|
| a. Nivel de superficie: | $\pm 1cm$ |
| b. Pendientes, diferencia con respecto a las de proyecto: | $\pm \frac{1}{2}\%$ |
| c. Profundidad máxima de las depresiones, observadas colocando una regla de 3m de longitud, en forma paralela y normal al eje de construcción: | 1.5cm |
| d. Compactación máxima obtenida en cuando menos el 80% de valores determinados en un mínimo de 20 puntos de control, fijados mediante el criterio de números aleatorios, respecto al grado de compactación especificado en el proyecto: | >90% |

V.3.2 BASE DE PAVIMENTOS ASFÁLTICOS

1. Normas de calidad.

Los materiales que se empleen como base de pavimentos asfálticos serán los procedentes de bancos de materiales, limo-arenoso o grava-arcillosa, provenientes de bancos cercanos al sitio en cuestión con tamaño máximo de 1½", y deberán cumplir con lo siguiente:

- a) De granulometría

La curva granulométrica del material deberá quedar comprendida entre los límites que se indican a continuación, debiendo tener un tamaño máximo de las partículas de 38mm (1 ½ ").

Denominación de la malla	% que pasa
2"	100
1½ "	70-100
¾ "	58-85
3/8"	40-65
No. 4	30-50
10	20-35
20	15-25
40	10-20
60	8-16
100	7-13
200	5-10

b) De límite líquido, contracción lineal y equivalente de arena que se indica en seguida:

Límite líquido	30% máximo
Contracción lineal	4.5% máximo
Equivalente de arena	30% mínimo
Valor relativo de soporte	80% mínimo

En el caso de que los materiales naturales no cumplan con los requisitos anteriores se mezclarán con cemento Portland en una proporción en peso del orden de 6%, no admitiéndose en ningún caso finos (material que pasa de la malla Núm. 200), en una cantidad mayor de 25%.

2. Procedimientos de construcción

La construcción de estas capas se iniciará cuando las terracerías estén terminadas dentro de las tolerancias fijadas.

La descarga de los materiales que se utilicen en su construcción deberá hacerse sobre la subrasante en la forma y en los volúmenes que ordene la Residencia.

Los procedimientos de ejecución, así como sus proporcionamientos serán los siguientes:

- a) Los materiales extraídos de bancos de préstamo, deberán tener un tamaño máximo de 1½".
- b) Los materiales de bancos se mezclarán en seco con objeto de uniformizarlos.
- c) Cuando se empleen motoconformadoras para el mezclado y el tendido, se extenderá parcialmente el material y se procederá a incorporarle agua por medio de riegos y mezclados sucesivos, para alcanzar la humedad que se fije y hasta obtener homogeneidad en granulometría y humedad. A continuación se extenderá en una capa de materiales sin compactar, cuyo espesor no deberá ser mayor de 25 cm.
- d) Cuando se emplee otro equipo para el mezclado y tendido, tanto el equipo como el procedimiento de construcción deberán ser previamente autorizados por la Residencia.
- e) Cada capa extendida se compactará hasta alcanzar un grado de compactación comprendido entre 95 y 100% respecto a la prueba Porter

estándar, empleando para ello rodillo liso vibratorio. Se darán riegos superficiales de agua, durante el tiempo que dure la compactación, únicamente para compensar la pérdida de humedad por evaporación.

3. Tolerancias

Para dar por terminada la construcción de estas capas se verificará el alineamiento, sección, compactación, espesor y acabado, de acuerdo con lo fijado en el proyecto y las siguientes tolerancias:

- | | |
|---|-------------|
| a. Nivel de superficie: | $\pm 1cm$ |
| b. Pendientes, diferencia con respecto a las de proyecto: | $\pm 0.5\%$ |
| c. Profundidad máxima de las depresiones, observadas colocando una regla de 3m de longitud, en forma paralela y normal al eje de construcción: | 1.5cm |
| d. Compactación máxima obtenida en cuando menos el 80% de valores determinados en un mínimo de 20 puntos de control, fijados mediante el criterio de números aleatorios, respecto al grado de compactación especificado en el proyecto: | >95% |

e. Control estadístico de espesores:

Coeficiente de Variación:
 $CV = 12\%$, máximo
 $[e^{\wedge}-e] < 0.2e$

En donde:
 $CV = s/e^*$
s= desviación estándar
 e^* = espesor promedio
 e^{\wedge} = espesor real de cada escala
e= espesor de proyecto

V.3.3 RIEGO DE IMPREGNACIÓN

Una vez terminada la base se deberá aplicar un riego de impregnación con un asfalto rebajado del tipo FM-1, a razón de 1.2 lt/m², debiéndose cumplir los siguientes requisitos:

1. Materiales.

Los materiales asfálticos que deberán emplearse para riego de impregnación serán de fraguado medio, del tipo FM-1, con las características de calidad que se indican a continuación:

PRUEBAS AL MATERIAL ASFÁLTICO TIPO	FM-1
Punto de inflamación (copa abierta de Tag)	38°C mínimo
Viscosidad Saybolt-Furol a 50°C	75-1500 seg.
Destilación: por ciento del total destilado a 360°C.	
Hasta 225°C	20% mínimo
Hasta 260°C	25-65 %
Hasta 315°C	70-90 %

Residuo a 360 °C	60% mínimo
Agua por destilación	0.2% máximo

PRUEBAS DE RESIDUO DE LA DESTILACIÓN	FR-3
--------------------------------------	------

Penetrabilidad	120-300 grados
Ductilidad	100 cm mínimo
Solubilidad en tetracloruro de carbono	99.5% mínimo

2. Procedimientos de construcción.

Se procederá al barrido de la superficie por tratar para eliminar todo el material suelto, polvo y materias extrañas que se encuentren en ella antes de aplicar el riego de impregnación. El barrido se dará por terminado cuando lo indique la Residencia.

Si la superficie se ha deteriorado o destruido, por no haber sido impregnada a su debido tiempo deberá reacondicionarse para dejarla de acuerdo con lo fijado en el proyecto y/o lo ordenado por la Residencia.

Una vez barrida la superficie, se procederá a dar el riego de material asfáltico por medio de una petrolizadora aprobada por la Residencia, de tal modo que se cumpla con las características especificadas en la segunda columna de la Tabla C del Inciso 5-2.4 del Tomo VIII de las Especificaciones Generales de Construcción de la SCT. Para la correcta aplicación del riego deberán seguirse los lineamientos del Apartado 64 del Tomo X de las mismas especificaciones²².

Por ningún motivo deberá regarse material asfáltico cuando la base se encuentre mojada.

²² Idem 19.

El riego de material asfáltico, deberá hacerse de preferencia cuando la temperatura ambiente oscile entre 18 y 25 grados Centígrados.

El material asfáltico se aplicará a razón de 1.2 lt/m² y podrá ser regado en dos aplicaciones.

La superficie impregnada deberá presentar un aspecto uniforme y el material asfáltico deberá estar firmemente adherido; la penetración de riego deberá ser mayor de 4 mm aunque en algunos casos la Residencia puede aceptar como satisfactoria una penetración menor, siempre que haya buena adherencia entre el material asfáltico y el de la capa superficial que se impregnó.

Cuando a pesar del barrido se presente una superficie de textura muy cerrada y muy seca, puede darse un riego ligero de agua para desalojar el aire retenido principalmente por las partículas más finas y que impide que la aplicación del riego del material asfáltico sea satisfactoria; se dejará evaporar este riego de agua casi totalmente y cuando la superficie se observe seca, se dará el riego de impregnación.

Una superficie bien terminada no debe tener depresiones; sin embargo, el material asfáltico regado pudiera formar charcos; cuando esto suceda, el exceso de material asfáltico que se haya acomodado en ésta forma se quitará por medio de cepillos.

La superficie impregnada de la base deberá cerrarse al tránsito durante las 24 siguientes a su terminación o durante tiempo que juzgue necesario la Residencia.

V.3.4 RIEGO DE LIGA.

Previamente a la colocación de la carpeta y sobre la base impregnada se aplicará un riego de liga con producto asfáltico rebajado FR-3 a razón de 0.4 lt/m² en toda el área que ocupará la carpeta, dejándola expuesta el tiempo que sea necesario para favorecer la pérdida de solventes. El producto asfáltico deberá cumplir con lo señalado en la Tabla B del Inciso 5-2.4 del Tomo VIII de las Especificaciones Generales de Construcción de la SCT, debiendo cumplir con los siguientes requisitos de calidad:

1. Normas de Calidad.

Los materiales asfálticos que se deberán emplear para realizar el riego de liga, serán rebajados de fraguado rápido, del tipo FR-3 con las características de calidad que se indican a continuación:

PRUEBAS AL MATERIAL ASFÁLTICO TIPO	FR-3
Punto de inflamación (copa abierta de Tag)	27 °C mínimo
Viscosidad Saybolt-Furol a 60 °C	250-500 seg.
Destilación: por ciento del total destilado a 360 °C.	
Hasta 225 °C	25% mínimo
Hasta 260 °C	55% mínimo
Hasta 315 °C	83% mínimo
Residuo a 360 °C	73% mínimo
Agua por destilación	0.2% máximo

PRUEBAS DE RESIDUO DE LA DESTILACIÓN

Penetrabilidad	80-120 grados
Ductibilidad	100cm mínimo
Solubilidad en tetracloruro de carbono	99.5% mínimo

2. Procedimientos de Construcción.

Se procederá al barrido de la base impregnada para eliminar todo el material suelto, polvo y materias extrañas que se encuentren en ella antes de aplicar el riego de liga. El barrido se dará por terminado cuando lo indique la Residencia.

Si la superficie se ha deteriorado o destruido, deberá restaurarse para dejarla de acuerdo con lo fijado en el proyecto.

Una vez barrida la superficie, se procederá a dar el riego de material asfáltico por medio de una petrolizadora.

Por ningún motivo deberá regarse material asfáltico cuando la base se encuentre mojada.

El riego de material asfáltico, deberá hacerse de preferencia en las horas más calurosas del día.

El material asfáltico se aplicará a razón de 0.4 lt/m² y se procurará hacerlo en una sola aplicación.

Para dar por terminada ésta etapa de construcción, la superficie deberá presentar un aspecto uniforme y el material asfáltico deberá estar firmemente adherido. Una superficie bien terminada no debe tener depresiones; sin embargo, el material

asfáltico regado pudiera formar charcos, en cuyo caso se quitará el exceso de material asfáltico que se haya acomodado en ésta forma, por medio de cepillos.

V.3.5 CARPETA DE CONCRETO ASFÁLTICO

Las vialidades del parque industrial podrán construirse con mezcla elaborada en planta y en caliente (concreto asfáltico), conforme a los siguientes requisitos:

1. Materiales pétreos.

Se emplearán preferentemente materiales cuya curva granulométrica deberá quedar comprendida entre los siguientes límites:

Denominación de la malla	% que pasa
1"	100
¾ "	90-100
½ "	75-100
3/8 "	65-100
¼ "	54-82
No. 4	47-70
8	35-52
16	25-40
30	20-29
50	13-22
100	10-16
200	5-10

Los agregados pétreos, además, deberán cumplir con los siguientes requisitos:

- | | |
|-----------------------------------|--|
| a) Contracción lineal | 2%, máximo |
| b) Equivalente de arena | 55%, mínimo |
| c) Desgaste "Los Ángeles" | 40%, máximo |
| d) Afinidad con cemento asfáltico | 25%, desprendimiento por fricción,
máximo |

2. Materiales asfálticos.

El cemento asfáltico que se emplee será número 6, en una proporción aproximada de 6%, en peso respecto al material pétreo seco y suelto, con las normas de calidad que se indican en seguida:

PRUEBAS AL CEMENTO ASFÁLTICO TIPO	NUM6
Penetración, 100 g, 5 s, 25 °C	80 -100 grados
Punto de inflamación (copa abierta Cleveland)	232 °C mínimo
Viscosidad Saybolt-Furol a 135 °C	250-500 seg
Ductilidad a 25 °C	100cm, mínimo
Solubilidad de tetracloruro de carbono	99.5%, mínimo
Punto de reblandecimiento	45 - 52 °C

3. Mezcla asfáltica

La mezcla elaborada con cemento asfáltico deberá cumplir con los requisitos señalados a continuación, para el patrón Marshall:

CARACTERÍSTICAS

Número de golpes por cara	75
Estabilidad	800-1000kg
Flujo	2 - 4.5mm
Vacíos en la mezcla, respecto al volumen del espécimen	5%
Vacíos en el agregado mineral (VAM) respecto al volumen del espécimen de mezcla	14% mínimo

4. Procedimientos de construcción

Antes de proceder a la construcción de la carpeta asfáltica, la base hidráulica deberá estar debidamente preparada e impregnada.

El concreto asfáltico se elaborará en plantas fijas o estacionarias que deberán constar de:

- a) Secador de inclinación ajustable colocado antes de las cribas clasificadoras y con capacidad suficiente para secar una cantidad de material pétreo igual o mayor que la capacidad de producción de concreto asfáltico de la planta.
- b) A la salida del secador debe haber un pirógrafo para registrar automáticamente la temperatura del material pétreo.
- c) Cribas para clasificar el material pétreo cuando menos en dos tamaños, con capacidad suficiente para mantener siempre, en tolvas, material pétreo disponible para la mezcla.
- d) Tolvas para almacenar material pétreo que deben protegerlo de la lluvia y del polvo, con una capacidad tal que se asegure la operación de la planta

cuando menos durante quince minutos sin ser alimentadas; deberán estar divididas en compartimientos para almacenar, por tamaños, los materiales pétreos.

- e) Dispositivos que permitan dosificar los materiales pétreos de preferencia por peso. Los dispositivos deberán permitir un fácil ajuste de la mezcla en cualquier momento, para poder obtener la curva granulométrica de proyecto.
- f) Equipo para calentar en forma controlada el cemento asfáltico, que garantice que éste no será contaminado, provisto de un termómetro con graduación de 20 a 210 °C.
- g) Dispositivos que permitan dosificar el cemento asfáltico, con una aproximación de 2% en más o menos, de la cantidad fijada.
- h) Mezcladora, equipada con un dispositivo para control de tiempo de mezclado.
- i) Recolector de polvo.
- j) Dispositivo para agregar finos.

El material pétreo deberá ser calentado y secado para que la humedad que contenga sea inferior a 1%, antes de introducirlo a la mezcladora. La temperatura del material pétreo deberá estar comprendida entre 120 y 150 °C, al salir de la planta de elaboración.

La mezcla asfáltica deberá transportarse en vehículos con caja metálica, cubierta con una lona que lo preserve del polvo, materias extrañas y de la pérdida de calor

durante el trayecto. La superficie interior de la caja deberá estar siempre libre de residuos de mezclas asfálticas.

La mezcla asfáltica deberá tenderse con extendedora de propulsión propia, con dispositivo para ajustar el espesor y el ancho la mezcla tendida, y dotada de un sistema que permita la repartición uniforme de la mezcla sin que se presenten segregaciones. También deberá contar con un calefactor en la zona de acabado final.

La mezcla deberá vaciarse sobre la caja receptora de la extendedora y ser inmediatamente tendida en el espesor y ancho fijados en el proyecto. La velocidad de la máquina debe regularse de manera que el tendido siempre sea uniforme en espesor y acabado. Las juntas de construcción longitudinales, en caso de que el tendido se haga en dos o más fajas, deberán impregnarse de preferencia con cemento asfáltico o con material asfáltico de fraguado rápido, antes de proceder al tendido de la siguiente faja. Las juntas transversales deberán recortarse aproximadamente a 45°, antes de iniciar el siguiente tendido y también deberán impregnarse con cemento asfáltico o con material asfáltico de fraguado rápido, antes de proceder al tendido del siguiente tramo. Con la frecuencia necesaria deberán limpiarse perfectamente todas aquellas partes de la máquina en que hayan podido quedar residuos de mezcla.

La Residencia fijará la longitud máxima de los tramos en que podrá tenderse el concreto asfáltico, de acuerdo con el equipo de compactación de que se disponga y de la temperatura ambiente durante la jornada laboral.

La mezcla asfáltica deberá tenderse a una temperatura mínima de 110°C y no deberá realizarse esta operación bajo condiciones de lluvia o humedad de la base impregnada.

Después de tendida la mezcla asfáltica, inmediatamente deberá plancharse uniforme y cuidadosamente por medio de una planchadora tipo tándem adecuadamente para dar un acomodo inicial a la mezcla; el planchado deberá efectuarse longitudinalmente a media rueda. A continuación se compactará utilizando compactadores de llantas neumáticas adecuados para alcanzar un mínimo de 95% de peso volumétrico máximo respecto al patrón de compactación Marshall; inmediatamente después se empleará una plancha de rodillo liso adecuada para borrar las huellas que dejen los compactadores de llantas neumáticas.

Durante la compactación, el rodillo liso tipo tándem o el compactador neumático deberán moverse paralelamente al eje, realizando el recorrido de las orillas de la carpeta hacia el centro, en las tangentes y del lado interior hacia el exterior, en las curvas.

La temperatura de la mezcla, al iniciarse el acomodo deberá ser de 100-110 °C; en general, la compactación deberá terminarse a una temperatura mínima de 70 °C.

En las orillas de la capa extendida y compactada se formará un chaflán cuya base será igual a vez y media el espesor de la capa; para ello se utilizará mezcla asfáltica adicional colocada inmediatamente después del tendido, o bien haciendo los ajustes necesarios en los extendedores. El chaflán se compactará con el equipo adecuado.

5. Tolerancias

Se recomienda controlar la calidad de la carpeta construida mediante sondeos para verificar espesores y compactación de la carpeta terminada. Las tolerancias en espesores y compactación serán las especificadas en el Capítulo 3.03.01.081 del Libro III de las Especificaciones Generales de Construcción de la SCT.

Para dar por terminada la construcción de la base asfáltica, se verificará el alineamiento, la sección, la compactación, el acabado y el espesor, de acuerdo con lo fijado en el proyecto y con las siguientes tolerancias:

a. Profundidad máxima de las depresiones, observadas colocando una regla de 3m de longitud, en forma paralela y normal al eje de construcción: 1 cm

b. Grado mínimo de compactación obtenido cuando menos en el 80% de valores determinados en un mínimo de 20 puntos de control, fijados mediante el criterio de números aleatorios y respecto al peso volumétrico máximo determinado en la Prueba Marshall de diseño: 95%

c. Espesores determinados en las mismas calas efectuadas para la verificación de la compactación: en el 93% de los casos como mínimo

En donde:

e=espesor de proyecto

e_1, e_2, \dots, e_n = espesores reales encontrados en las calas

\hat{e} = espesor real promedio correspondiente a todos los puntos de

$$\sqrt{\frac{[(e_1 - \hat{e})^2 + (e_2 - \hat{e})^2 + \dots + (e_n - \hat{e})^2]}{n}} \leq 0.11\hat{e}$$

$$|e_r - e| \leq 0.2e$$

prueba.

n= número de verificaciones del espesor real hechas en el tramo.

V.3.6 CARPETA DE LOSAS DE CONCRETO HIDRÁULICO

El concreto hidráulico que constituirá las losas del pavimento deberá tener a los 28 días un módulo de resistencia a la tensión por flexión $MR = 32 \text{ kg/cm}^2$ y un revenimiento de 8cm. Preferentemente se utilizará mezcla elaborada con revolvedora mecánica y podrá ser colada a mano cumpliendo además con los siguientes requisitos:

1. Materiales

Los agregados pétreos procederán de los mismos bancos establecidos para los concretos estructurales de la planta y/o de los bancos comerciales en el área de Villahermosa-Cárdenas, aprobados por la Residencia.

El agregado grueso tendrá un tamaño máximo de 25.4mm y resistencia estructural superior a la resistencia del proyecto del concreto, con la siguiente granulometría:

Denominación de la malla	% que pasa
1½ "	100
1 "	95-100
½ "	25-60
Núm. 4	0-10
Núm. 8	0-5

Deberá estar exento de sustancias perjudiciales, tales como partículas deleznable, partículas suaves, polvo y carbón.

La granulometría del agregado fino será la siguiente:

El agregado grueso deberá satisfacer la prueba de intemperismo acelerado con una pérdida no mayor de 12 %.

Denominación de la malla	% que pasa
3/8 “	100
Núm. 4	95-100
Núm. 8	80-100
Núm. 16	50-85
Núm. 30	26-60
Núm. 50	10-30
Núm. 100	2-10

El agregado fino debe tener más del 45 % retenido entre dos mallas consecutivas y su módulo de finura quedará comprendido entre 2.3 y 3.1

También estará exento de sustancias perjudiciales, tales como partículas deleznable, materia orgánica y carbón.

El intemperismo acelerado del agregado fino, como pérdida en peso, no excederá de 95 %.

Se empleará preferentemente cemento Portland de los tipos 1 y 11 que cumplan con las normas de calidad vigentes en el ASTM.

El agua que se emplee en la fabricación del concreto deberá ser potable, y por lo tanto estar libre de materias perjudiciales tales como aceite, grasas, materia orgánica, etc, debiendo satisfacer los siguientes requisitos químicos:

Sulfates (convertidos $\text{Na}_2 \text{SO}_4$)	1 000 p.p.m., máximo
Cloruros (convertidos a Na Cl)	1 000 p.p.m., máximo
Materia orgánica (óxido consumido, en medio ácido)	50 p.p.m., máximo
Turbiedad	1 500 p.p.m., máximo

El material para el sellado de las juntas será elástico y resistente a los efectos del combustible; además deberá poseer propiedades adherentes con el concreto y permitir las dilataciones y contracciones de éste sin agrietarse. Los productos a base de alquitrán y hulla en general dan buenos resultados.

2. Procedimiento de construcción

La dosificación del concreto se hará de preferencia en peso y en su elaboración se emplearán procedimientos mecánicos adecuados.

El transporte del concreto cumplirá con los siguientes requisitos:

Si se lleva al lugar del colado con carretilla, vagoneta, cubetas o preferentemente en camiones, no debe transitarse sobre el acero de las pasajuntas; si las hubiere deberán construirse pasarelas apropiadas.

Cuando se transporte al lugar del colado con canales o tubos se dispondrán de tal manera que se prevenga la segregación de los materiales. El ángulo de caída deberá ser lo suficientemente pronunciado para lograr el fácil movimiento de la revoltura, pero sin que ésta se vaya a clasificar por exceso de velocidad. Los canales podrán ser metálicos o de madera forrados con lámina.

El concreto se colocará por los medios adecuados para evitar la segregación de los materiales, esparciéndolo en forma manual y/o mecánica y se compactará adecuadamente desde la superficie con vibradores de inmersión. La construcción

de las losas deberá efectuarse en las zonas delimitadas por juntas longitudinales tipo A. en forma alternada. La colocación y compactación del concreto se hará dentro de los 30 minutos siguientes de su elaboración.

El curado deberá hacerse inmediatamente después del acabado final, cuando el concreto empiece a perder su brillo superficial no debiendo interrumpirse durante los 14 días siguientes a la fecha del colado. Esta operación se efectuará aplicando en la superficie una capa con espesor uniforme de 1mm de producto fresco ($1\text{lt}/\text{m}^2$), que deje una membrana impermeable y consistente, preferentemente de color claro y que impida la evaporación del agua que contiene la mezcla del concreto.

La resistencia del concreto se medirá por el procedimiento de módulo de resistencia a la tensión por flexión, con cargas en los tercios de sus claros, correlacionados con la resistencia a la compresión (f_c), a los 28 días, la colocación y compactación del concreto deberán sujetarse a las normas establecidas por la ASTM.

3. Juntas

Solamente se construirán las juntas longitudinales de construcción (tipo A) mediante cimbras de madera o metal.

Las juntas deberán ajustarse a las dimensiones y características consignadas en el proyecto de pavimentos (Fig. 73); en su construcción deberán tomarse en cuenta las recomendaciones siguientes:

Las juntas de contracción (tipo B) se construirán de preferencia por el sistema de inserto. Las características geométricas del inserto se sujetarán a las dimensiones indicadas y podrá ser metálico, engrasado en toda su longitud, para facilitar su

extracción y evitar desmoronamientos una vez que haya transcurrido el tiempo necesario. Las juntas se inspeccionarán para asegurar que el corte se haya efectuado hasta la profundidad deseada. El concreto que se encuentra dentro de las juntas de expansión deberá extraerse, precediéndose al curado de las superficies laterales inmediatamente después de que se hayan resanado y revisado las partes finales de las juntas. Las juntas se sellarán, insistiendo en que deben encontrarse completamente limpias y secas en el momento de rellenarse. La construcción del pavimento se hará por fajas alternadas colocándose las intermedias, previo engrasado de las juntas longitudinales de las losas adyacentes. Tanto en las juntas longitudinales como en las transversales, deberá evitarse la desviación en su alineamiento.

Las barras lisas que se colocarán en las juntas de construcción indicadas en los planos, deberán estar apoyadas sobre monturas y silletas de alambren de 1/4" Φ y éstas a su vez anclarse suficientemente a la sub-base, a fin de evitar desplazamientos durante el colado. Las monturas quedarán completamente fijas con el objeto de que se mantenga la barra alineada y a nivel durante el proceso de construcción.

Las barras deben engrasarse uniformemente con un aceite mineral para evitar la adherencia con el concreto, asegurando con ello el movimiento libre de la junta. Así mismo, con el fin de evitar el desplazamiento de las barras, hay que tener cuidado al colocar y extender el concreto, no permitiendo que el operador vacíe directamente el concreto sobre las barras.

Deberán tomarse las precauciones convenientes para evitar que se dañen los bordes de las juntas contra impactos del equipo o la herramienta en las cercanías de la obra.

4. Tolerancias de construcción

Para dar por terminada la construcción de las losas de concreto hidráulico se verificarán el alineamiento, la sección en su forma, espesor, anchura y acabado, de acuerdo con lo fijado en el proyecto y/o lo ordenado por la Residencia con las siguientes tolerancias:

1) Pendiente transversal con respecto a la del proyecto	<0.5%
2) Profundidad máxima de las depresiones, observadas colocando una regla metálica de 3m de longitud, paralela el eje de construcción	0.5cm
3) En el 80 % como mínimo del número total de los espesores determinados	$e_r \geq e$
4) En el 20 % como máximo del número total de los espesores determinados, donde e_r es el espesor determinado y e es el espesor de	$e_r \geq e - 0.5\text{cm}$

Por otra parte se considera que un concreto hidráulico cumple con el requisito de resistencia fijada en el proyecto cuando se verifique lo siguiente:

- 1) Que el promedio del citado módulo de resistencia a la tensión por flexión o de su correlación con la prueba de compresión, de cada cinco especímenes consecutivos, sea igualo mayor que la resistencia fijada en el proyecto para los 28 días de edad ($MR = 32 \text{ kg/cm}^2$).
- 2) Que los mismos cinco especímenes a que se refiere el subpárrafo anterior, cuando menos cuatro tengan una resistencia igualo mayor que el 90 % de la resistencia fijada en el proyecto para los 28 días de edad.

WITZOW-SCHNOC

CONCLUSIONES

Es indudable que el país tiene un rezago económico importante, por lo cual existe la necesidad de fomentar la infraestructura de complejos industriales, pero de una manera organizada, haciendo una descentralización para que los beneficios lleguen a los lugares que más lo requieren. Por lo que considero que el Gobierno del Estado de Tabasco actúa de buena manera al crear el Parque Industrial "Cunduacan".

Los estudios de geotecnia que se presentan en esta tesis nos demostraron que la construcción del parque y las vialidades principalmente son de gran factibilidad. Con el estudio de Bancos de materiales para terracerías y pavimentación, se determino que los materiales se obtendrán de los frentes del Banco "Samaria" ubicado a 9 Km. del predio. Además se tiene cercana la Planta Dosificadora "Escudero" la cual proporcionara la mezcla asfáltica que se utilizara para la carpeta.

Para las vialidades interiores se determino una estructura de Pavimento Flexible. La terracería tendrá como mínimo un espesor de 0.55m debido al bajo valor relativo del soporte que tiene el terreno natural. Una capa subrasante de 0.20m con materiales arenosos del Banco "Samaria" compactados entre 93 y 96 % como mínimo. Se construirá una base hidráulica con agregados del mismo Banco con un grado de compactación entre el 95 y 100 % de la prueba Proctor, con un espesor de 0.12m. La carpeta asfáltica se construirá empleando concreto asfáltico y materiales pétreos, teniendo un espesor recomendado de al menos 0.07m, lo que permitirá garantizar su vida útil, brindando la durabilidad estimada y seguridad a los usuarios de estas vialidades.

La capacidad de carga general para las cimentaciones que lleguen a proyectarse; para zapatas cuadradas y losas de cimentación desplantadas sobre rellenos estructurales, la capacidad de carga admisible es de 8.73 y 10.83 Ton/m², para cargas estáticas y combinación de accidentales respectivamente.

Para zapatas corridas la capacidad de carga admisible es de 10.47 y 13.61 Ton/m². La profundidad de desplante para cimentaciones deberá ser como mínimo de 0.70m.

A través de este trabajo y las experiencias vividas me he dado cuenta, que no es fácil dominar todas las áreas de la Ingeniería Civil, por lo que considero que el ingeniero debe renovar sus conocimientos constantemente, ya que los avances técnicos y tecnológicos se adelantan día a día, por lo cual nunca se termina de aprender. Vivimos en un mundo que cambia, los ingenieros necesitamos ayudar a este planeta a cambiar armónicamente, pensando en las personas, animales y plantas, dando el mayor beneficio posible.

ANEXOS
ADES
YBLA

TABLA 1. RESUMEN DE RESULTADOS DE LABORATORIO OBTENIDOS DE LOS MATERIALES EXISTENTES EN EL ÁREA DEL PARQUE INDUSTRIAL CUNDUACÁN, TABASCO.

SONDEO	Muestra N°	PROF. m.		CAPA	SUCS	W %	GRANULOMETRIA			LIMITES CONSISTENCIA			DENSIDAD ABSORCIÓN			TERRACERIAS						
							G %	A %	F %	Lw %	Pi %	CL %	Ss	Abs	EA %	PVSN Kg/m ³	PVSS Kg/m ³	PVSM Kg/m ³	Wopt %	VRSE %	Exp. %	
PCA-1	1	0.40	2.60	SUBRASANTE	SC	33.35	0.00	61.62	38.38	29.23	14.50	4.00										
	2	2.60	3.40			27.73																
	3	3.40	4.20			26.33																
PCA-2	1	0.20	1.10	SUBRASANTE	SC	34.21																
	2	1.10	2.10			43.05																
	3	2.10	3.80			46.48																
PCA-3	MC-1	2.80	3.00	SUBBASE	CH	53.37	0.00	0.99	99.01	55.22	38.19	15.00										
	1	0.40	1.40			30.42																
	2	1.40	2.50			46.10																
PCA-4	3	2.50	3.20	SUBRASANTE	CH	57.62	0.00	10.67	89.33	94.69	78.66											
	1	0.30	1.60			32.57																
	2	1.60	3.10			47.16																
PCA-5	1	0.30	1.50	SUBRASANTE	CH	30.72	0.00	0.77	99.23	82.07	64.74											
	2	1.50	2.50			40.90																
	3	2.50	3.20			41.33																
PCA-6	1	0.35	1.70	SUBRASANTE	CH	31.08	0.00	16.93	83.07	66.67	47.51	15.40										
	2	1.70	3.00			30.78																
	3	3.00	3.20			37.98																
PCA-7	1	0.40	1.00	SUBBASE	CL	39.52	0.00	15.76	84.24	27.00	7.59											
	2	1.00	2.30			26.58																
	3	2.30	2.80			27.29																
	4	2.80	3.00			27.29																
PCA-8	1	0.40	1.60	SUBRASANTE	CH	44.23	0.00	1.05	98.95	86.27	70.56	20.10										
	2	1.60	2.50			69.20																
	3	2.50	2.80			29.64																
PCA-9	MC-1	2.30	2.50	SUBBASE	CH	58.36	0.00	0.36	99.64	84.91	65.75	18.90										
	1	0.20	0.70			29.19																
	2	0.70	2.40			39.15																
PCA-10	3	2.40	2.70	SUBRASANTE	CH	56.74	0.00	0.58	99.42	95.07	76.33											
	1	0.30	0.90			30.63																
	2	0.90	2.30			40.87																
	3	2.30	2.70			63.87																
	MC-1	2.30	2.50			49.89	0.00	0.43	99.57	69.49	47.53	17.10	2.62									

DEFINICIÓN DE PARÁMETROS.

- W = Contenido de agua natural
- G = Porcentaje de grava
- A = Porcentaje de arena
- F = Porcentaje de finos
- Lw = Límite líquido
- Pi = Índice de plasticidad
- CL = Contracción lineal
- Ss = Densidad de sólidos
- Abs = Absorción
- EA = Equivalente de arena
- PVSN = Peso volumétrico seco natural
- PVSS = Peso volumétrico suelto
- PVSM = Peso volumétrico seco máximo
- Wopt = Contenido de agua óptimo
- VRSE = Valor relativo de soporte estándar
- Exp = Expansión volumétrica

TABLA 2. RESUMEN DE RESULTADOS DE LABORATORIO OBTENIDOS EN LOS BANCOS DE MATERIAL EXISTENTES EN EL ÁREA DEL PARQUE INDUSTRIAL CUNDUACÁN, TABASCO.

BANCO	Ensaye No.	FRENTA No.	DIST. km	EMPLEO	SUCS	W %	GRANULOMETRIA					LIMITES			FOR. PARTICULA		DENSIDAD			TERRACERIAS					Afinidad Cemento		
							G %	A %	F %	T. máx.	Modulo Finura	Lw %	Pi %	CL %	Alargada %	Lajeada %	Ss	Abs %	EA %	PVSN Kg/m ³	PVSS Kg/m ³	PVSM Kg/m ³	Wopt %	VRSE %	Exp. %	Grueso %	Fino %
SAMARÍA	M-1	1	a) 9.00 b) 70.00	SUB-BASE BASE HIDRÁULICA CONCRETO HIDRÁULICO MEZCLA ASFÁLTICA	GP-GC		47.40	41.60	11.00	1*		20.25	7.73	0.10				52.92	2,184		2,141	4.45	11.32	0.00			
ESCUADERO (Planta de Acetato)			a) 12.00 b) 65.00	MEZCLA ASFÁLTICA	GP-GC										2.6	1.96	92										
CATSA I (Referencia nacional)	M-1	1	a) 75.00 b) 12.00	SUBBRASANTE SUB-BASE BASE HIDRÁULICA MEZCLA ASFÁLTICA	GP-GM		54.60	36.70	8.70	1*		14.63	5.01	0.20			1.66	51.43	2,372	1,549	2,200	4.06	58.97	0.08			
CATSA II (Referencia nacional)	M-1	2	a) 79.00 b) 10.00	SUBBRASANTE SUB-BASE BASE HIDRÁULICA	GP-GM		58.90	29.90	11.20	1*		15.91	5.60	0.10			1.68	57.72	2,425	1,617	2,124	4.64	79.26	0.00			

DEFINICIÓN DE PARÁMETROS.

- W = Contenido de agua natural
- G = Porcentaje de grava
- A = Porcentaje de arena
- F = Porcentaje de finos
- Lw = Límite líquido
- Pi = Índice de plasticidad
- CL = Contracción lineal
- Ss = Densidad de sólidos
- Abs = Absorción
- EA = Equivalente de arena
- PVSN = Peso volumétrico seco natural
- PVSS = Peso volumétrico suelto
- PVSM = Peso volumétrico seco máximo
- Wopt = Contenido de agua óptimo
- VRSE = Valor relativo de soporte estándar
- Exp = Expansión volumétrica

NOTAS.

- 1. Distancias medias de acarreo
- *a) Parque Industrial Cunduacán
- *b) Parque Industrial Tacotalpan

TABLA 3. RESUMEN DE RESULTADOS SOBRE PESOS VOLUMÉTRICOS “IN-SITU” OBTENIDOS EN EL ÁREA DEL PARQUE INDUSTRIAL CUNDUACAN, TABASCO.

SONDEO	PROF. m	Wm gr.	Volumen cm ³	PVN kg/m ³	Ws gr.	Ww gr.	W %	PVS kg/m ³
PCA-1	0.40	3,550.00	2,080.00	1,707	2,778.20	771.80	28.00	1,336
PCA-3	0.20	3,750.00	2,180.00	1,720	2,899.10	850.90	29.00	1,329
PCA-5	0.30	3,070.00	1,780.00	1,725	2,239.50	830.50	37.00	1,258
PCA-7	0.40	3,490.00	2,040.00	1,711	2,678.20	811.80	30.00	1,313
PCA-1 0	0.30	3,720.00	2,130.00	1,746	2,521.80	1,198.20	47.00	1,184

DEFINICIÓN DE PARÁMETROS

- Wm = Peso total de la muestra húmeda
- PVN = Peso volumétrico natural del material
- Ws = Peso total de la muestra en estado seco
- Ww = Peso total del agua contenida en la muestra
- W = Contenido de agua
- PVS = Peso volumétrico del material seco

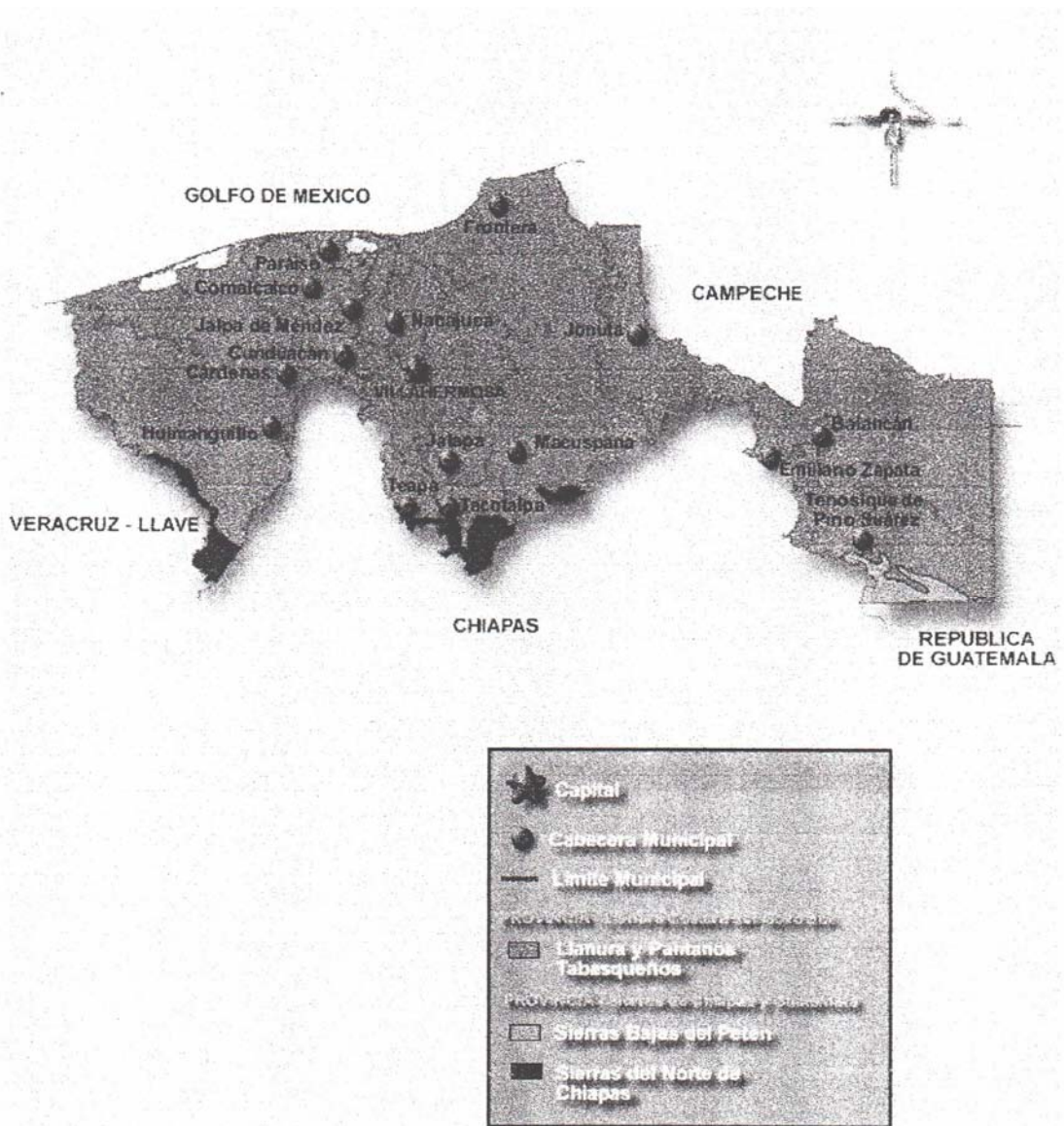
TABLA 4. RESUMÉN DE RESULTADOS ÍNDICE Y MECÁNICOS EFECTUADOS SOBRE LOS MATERIALES EXISTENTES EN EL ÁREA DEL PARQUE INDUSTRIAL CUNDUACAN, TABASCO.

SONDEO	MUESTRA	PROF. m	SUCS	ÍNDICE						MECÁNICAS				
				W %	F %	Lw %	Pi %	Ss	PVN Kg/m ³	qu Kg/cm ²	Me cm ² /Kg	Kvp	φ grados	C Kg/cm*
PCA-10	MC-1	2.30-2.50	CH	49.89	99.57	69.49	47.53	2.62	1,745	0.97			5.00	0.35

DEFINICIÓN DE PARÁMETROS.

- W = Contenido de agua natural
- F = Porcentaje de finos
- Lw = Límite de líquido
- Pi = Índice de plasticidad
- Ss = Densidad de sólidos
- PVN = Peso volumétrico natural
- qu = Comprensión axial No Confinada
- Me = Módulo elástico de deformación
- Kvp = Coeficiente viscoplástico
- φ = Ángulo de fricción interna
- C = Cohesión

ANEXO DE FIGURAS



FUENTE: INEGI Carta Fisiográfica, 1:1 000 000

FIGURA 3. FISIOGRAFÍA DEL ESTADO DE TABASCO.

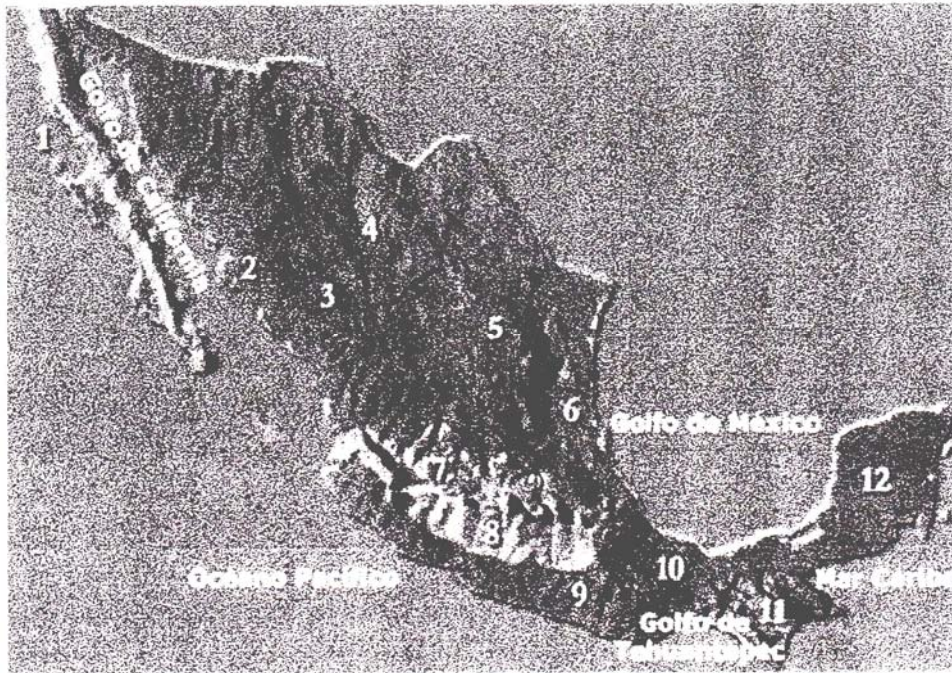


FIGURA 4. REGIONES GEOLÓGICAS DE LA REPÚBLICA MEXICANA.



FIGURA 5. REGIONALIZACIÓN SÍSMICA DE LA REPÚBLICA MEXICANA

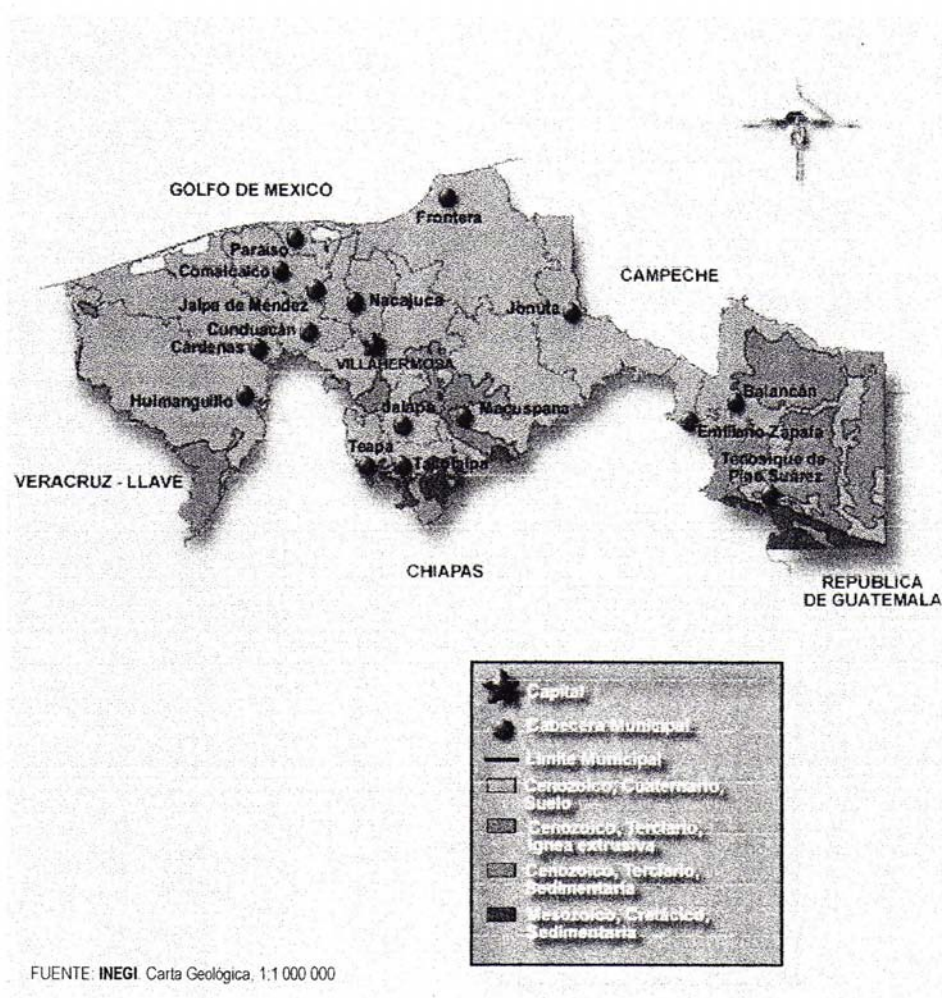


FIGURA 6. GEOLOGÍA REGIONAL DEL ESTADO DE TABASCO

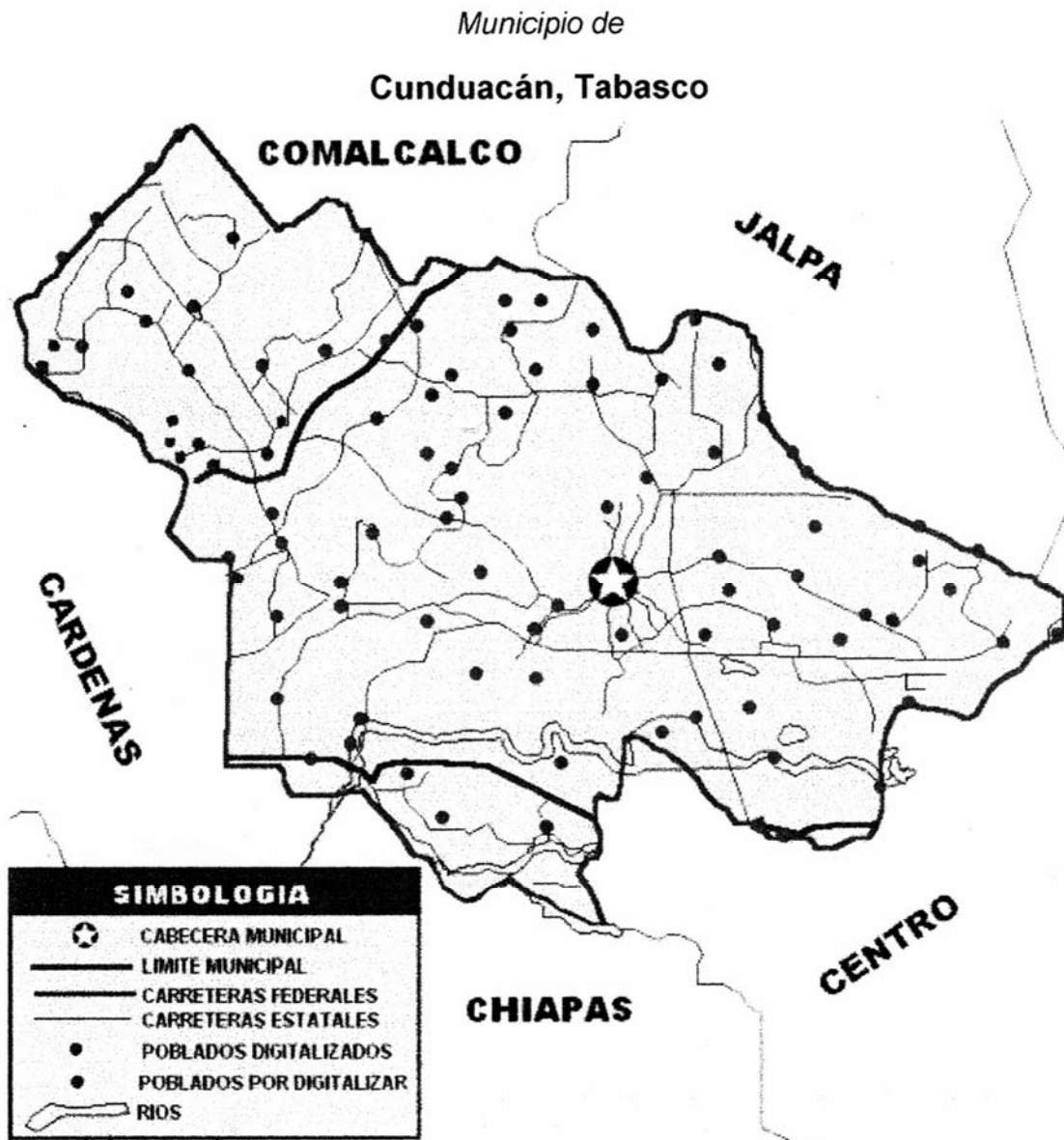
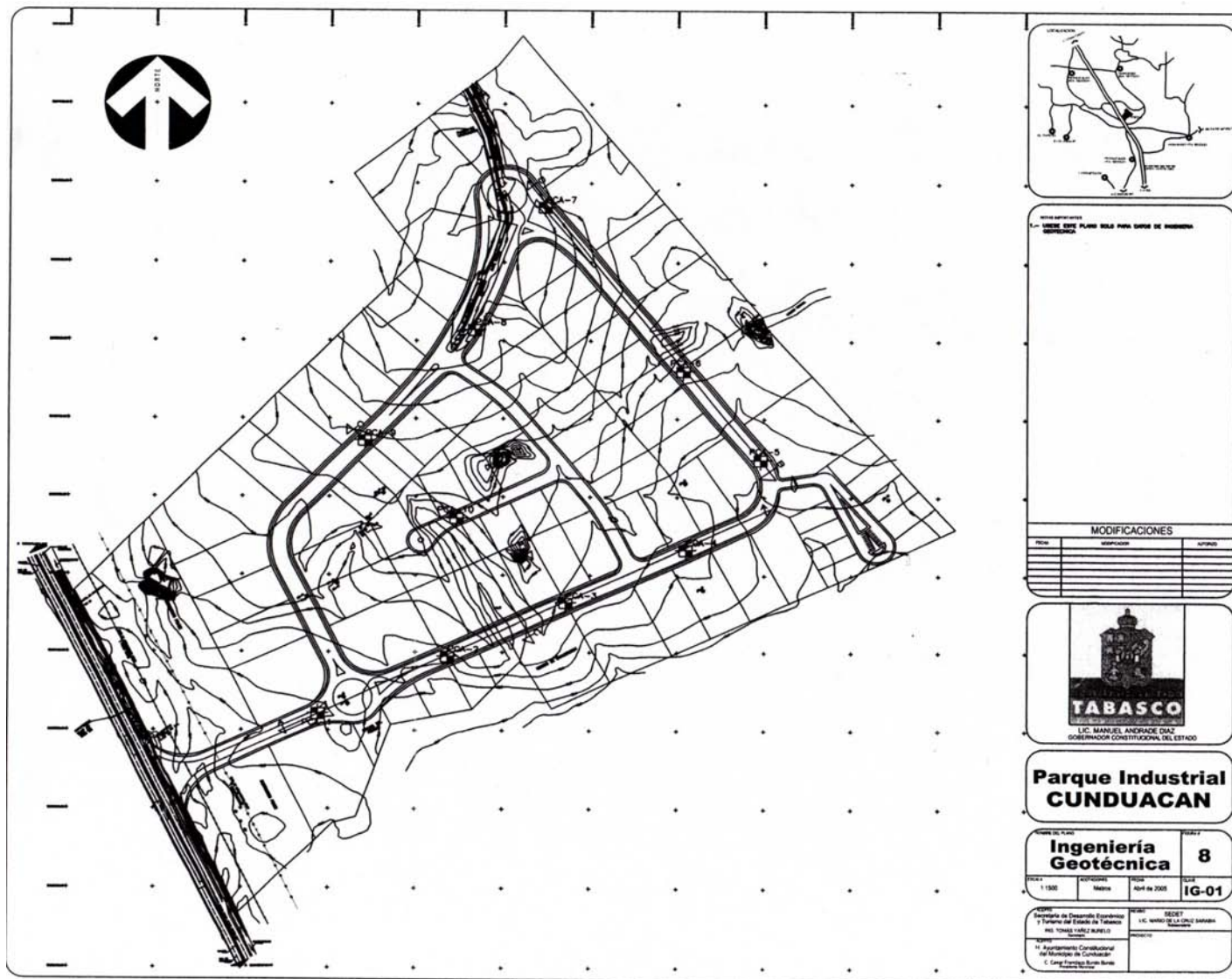


FIGURA 7. MUNICIPIO DE CUNDUACÁN, TABASCO.



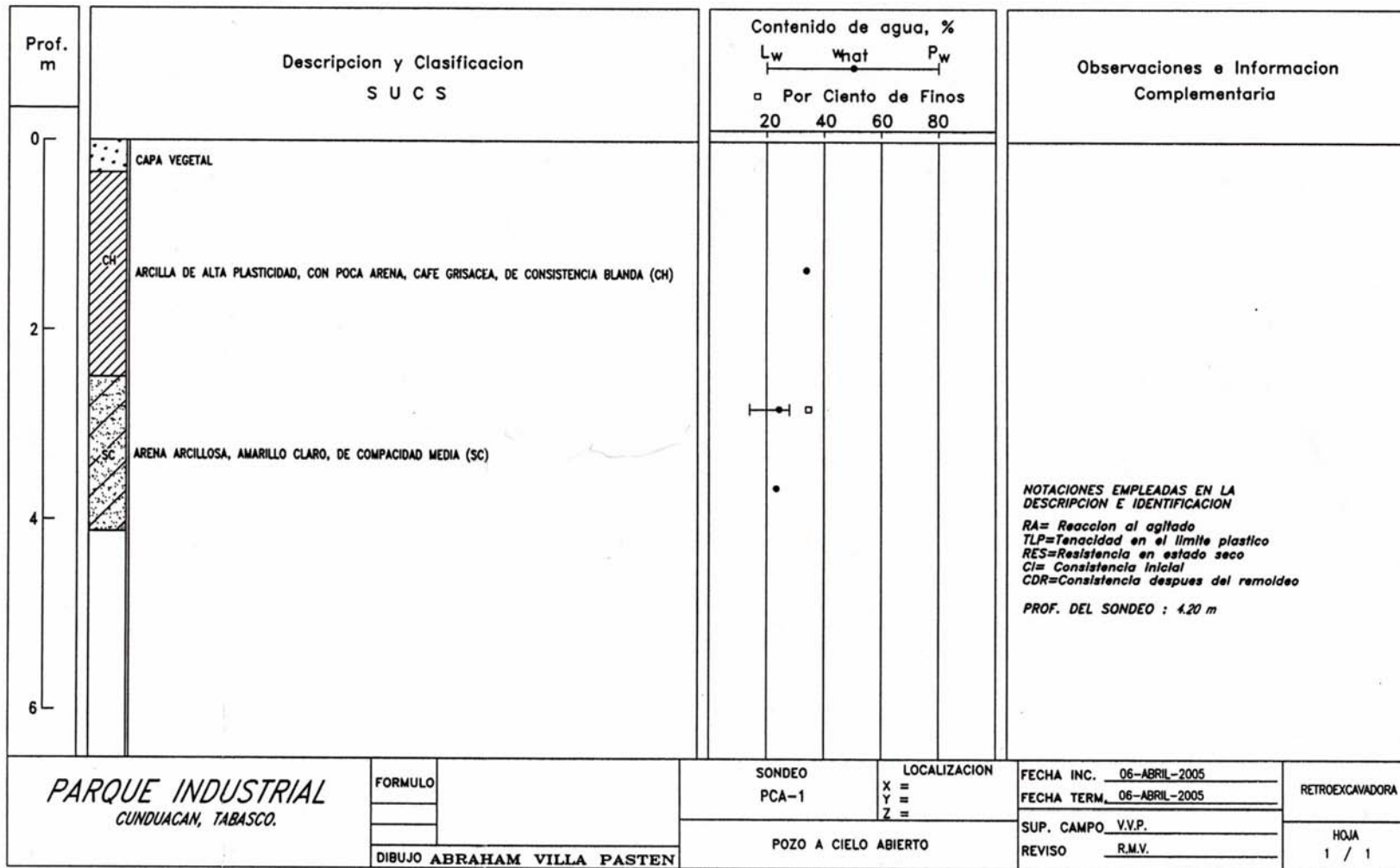


FIG.9 PERFIL ESTRATIGRÁFICO DEL SONDEO PCA-1

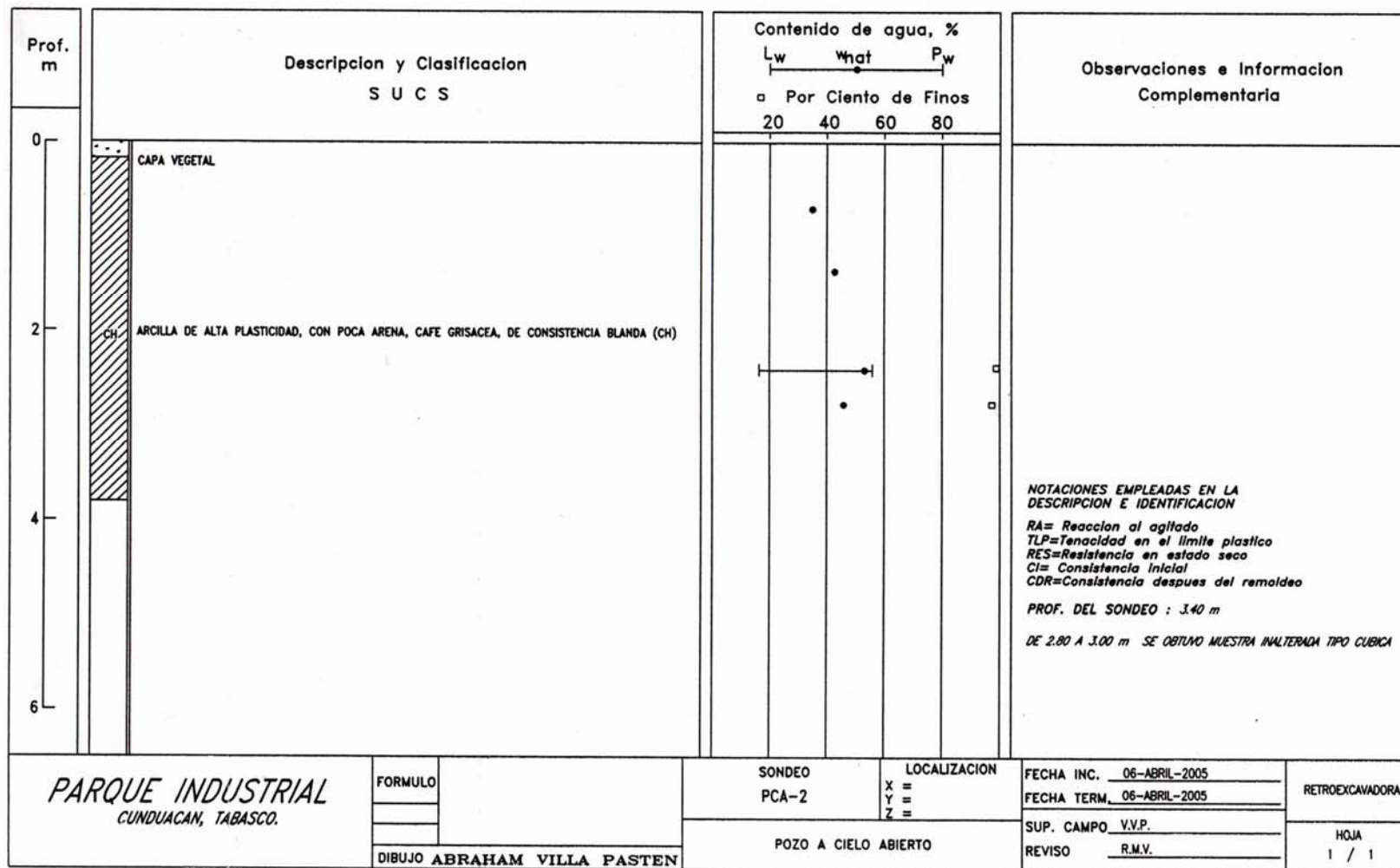


FIG.10 PERFIL ESTRTAIGRÁFICO DEL SONDEO PCA-2

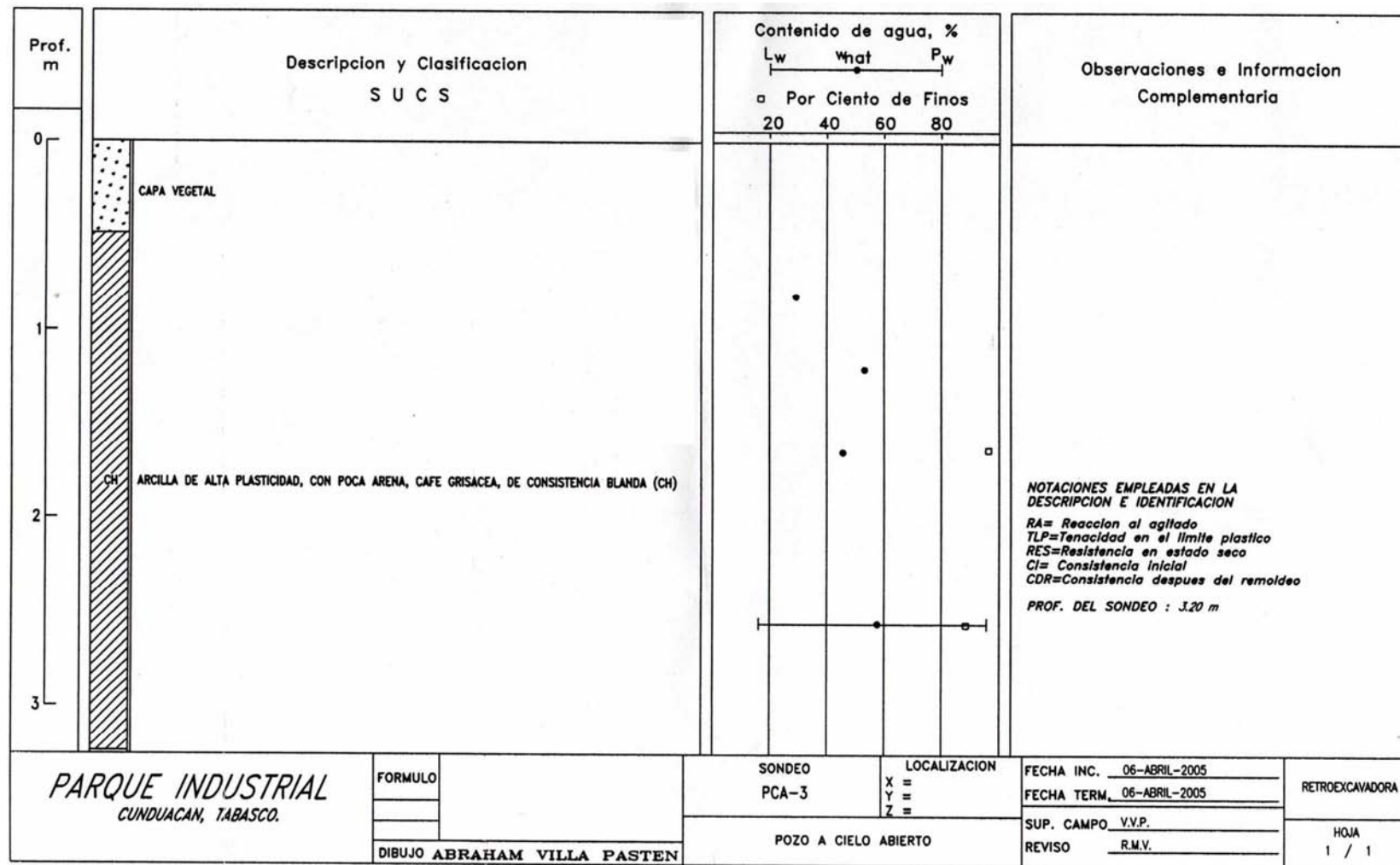


FIG.11 PERFIL ESTRATIGRÁFICO DEL SONDEO PCA-3

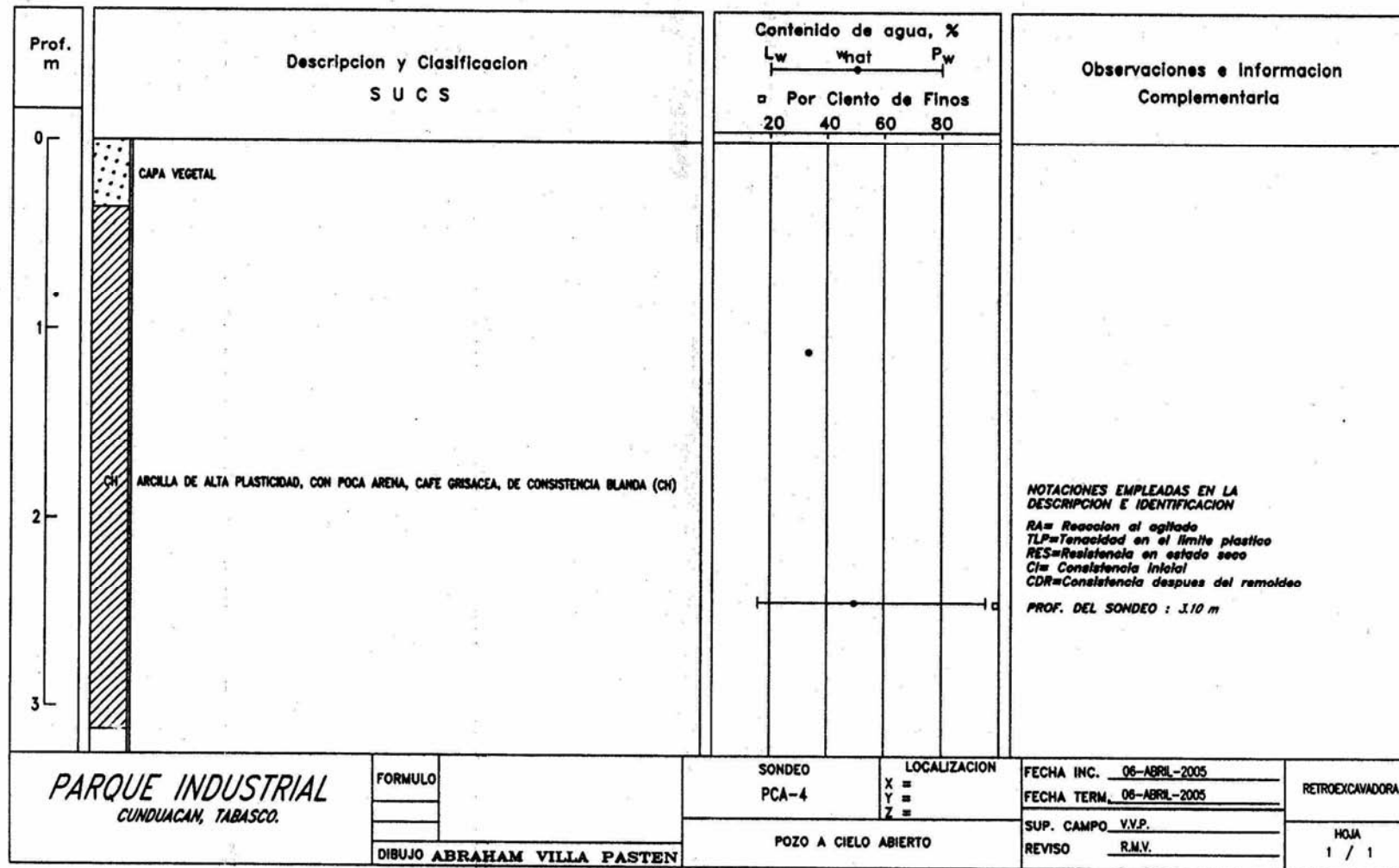


FIG.12 PERFIL ESTRATIGRÁFICO DEL SONDEO PCA-4

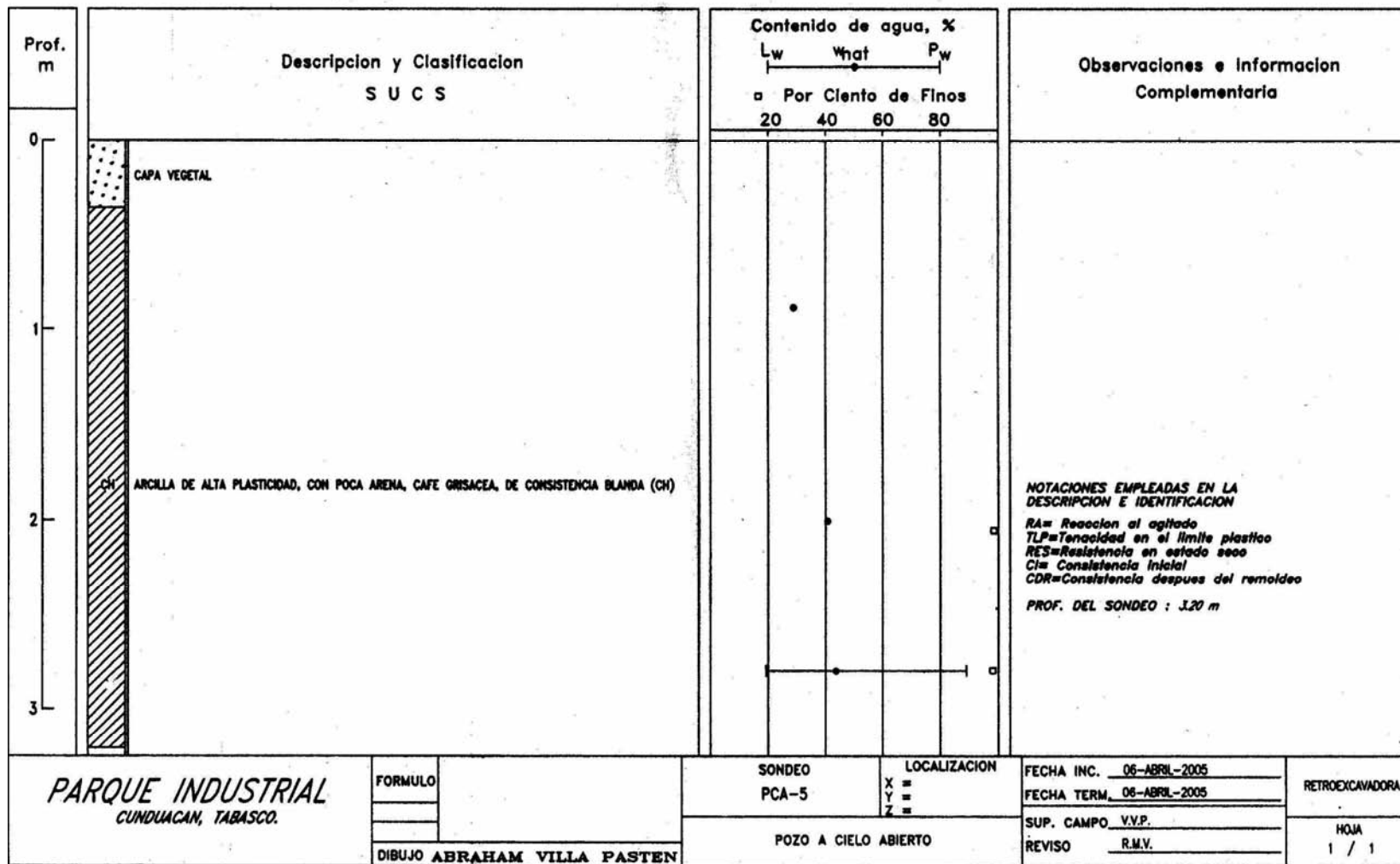


FIG.13 PERFIL ESTRTAIGRÁFICO DEL SONDEO PCA-5

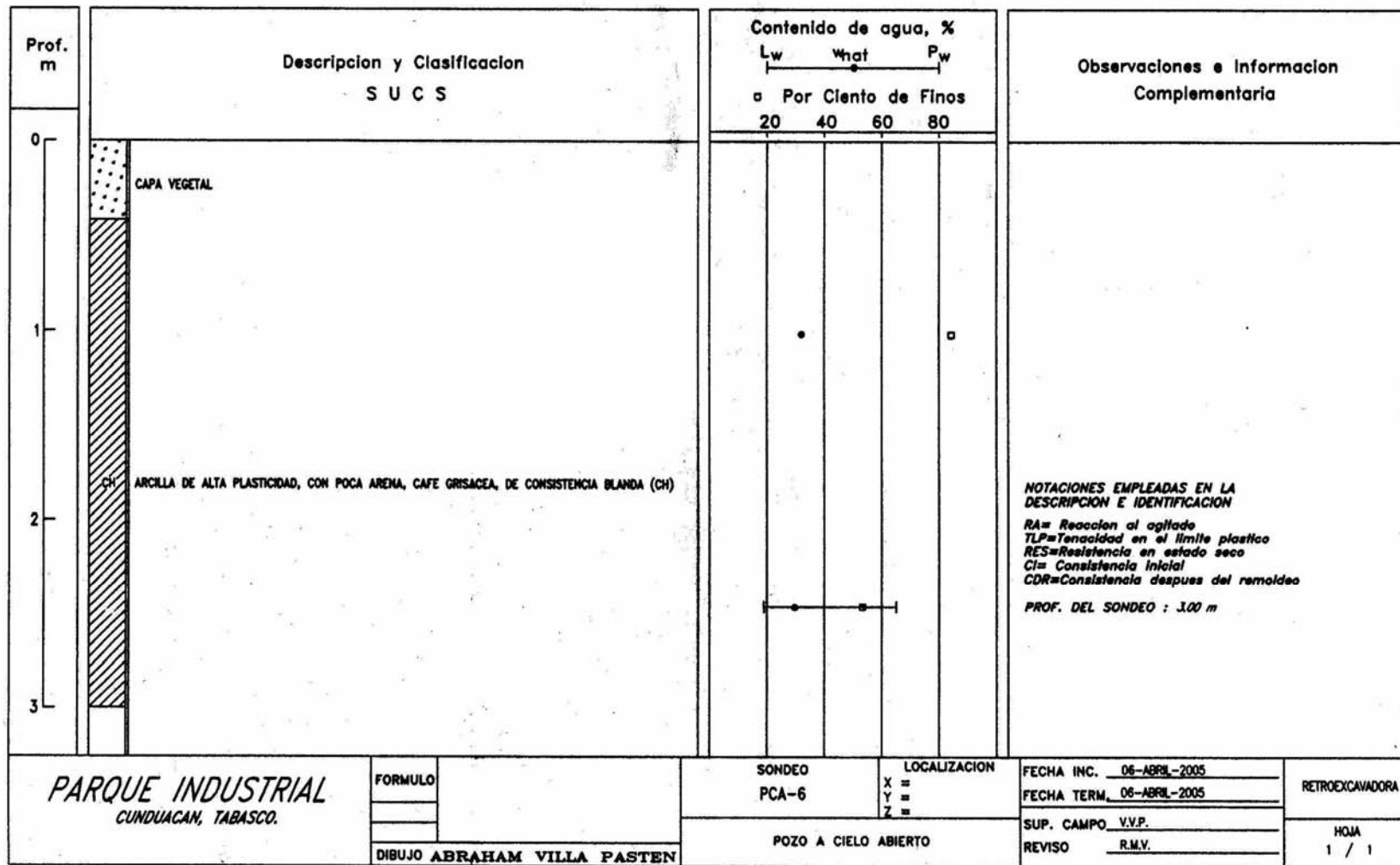


FIG.14 PERFIL ESTRTAIGRÁFICO DEL SONDEO PCA-6

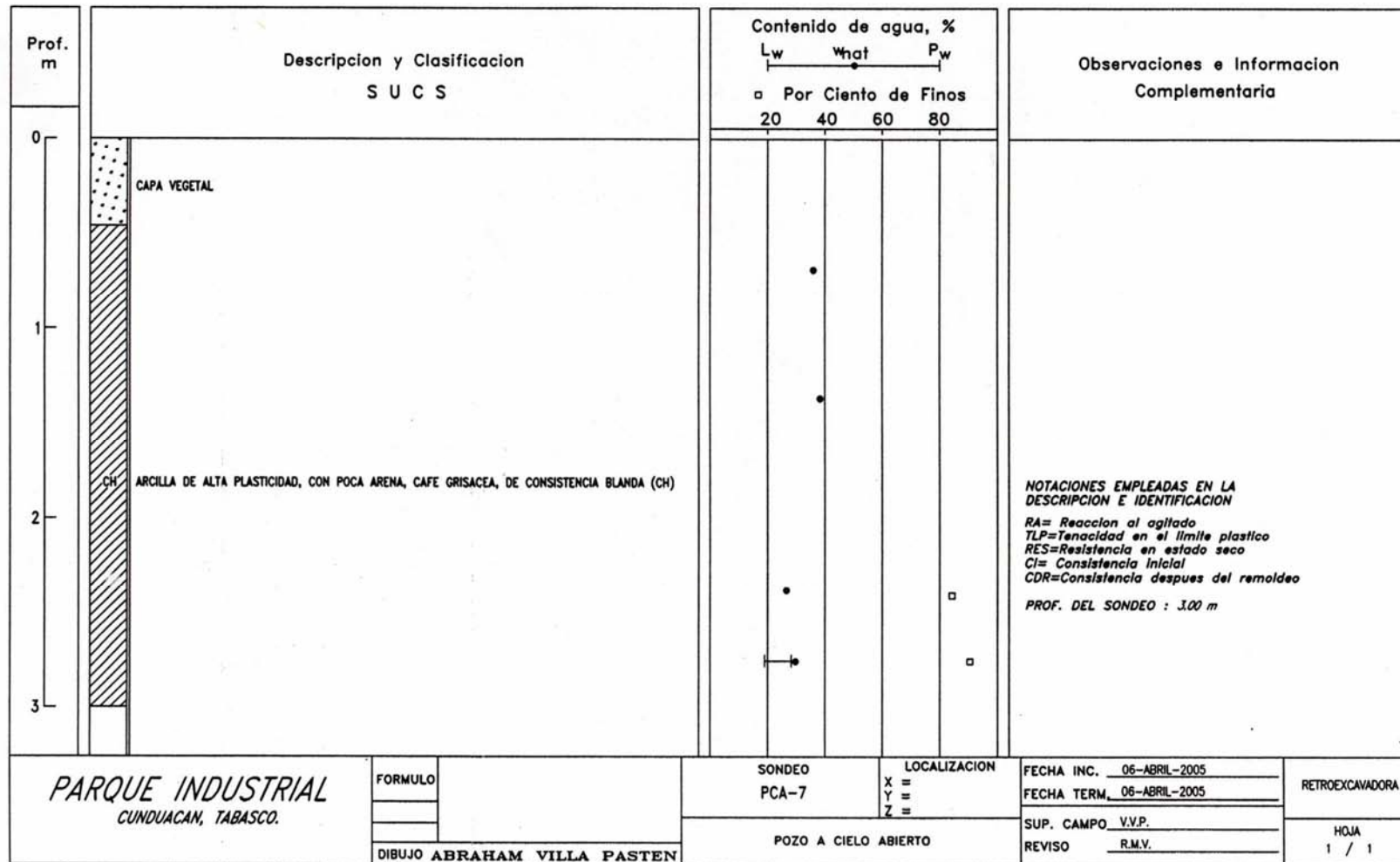


FIG.15 PERFIL ESTRTAIGRÁFICO DEL SONDEO PCA-7

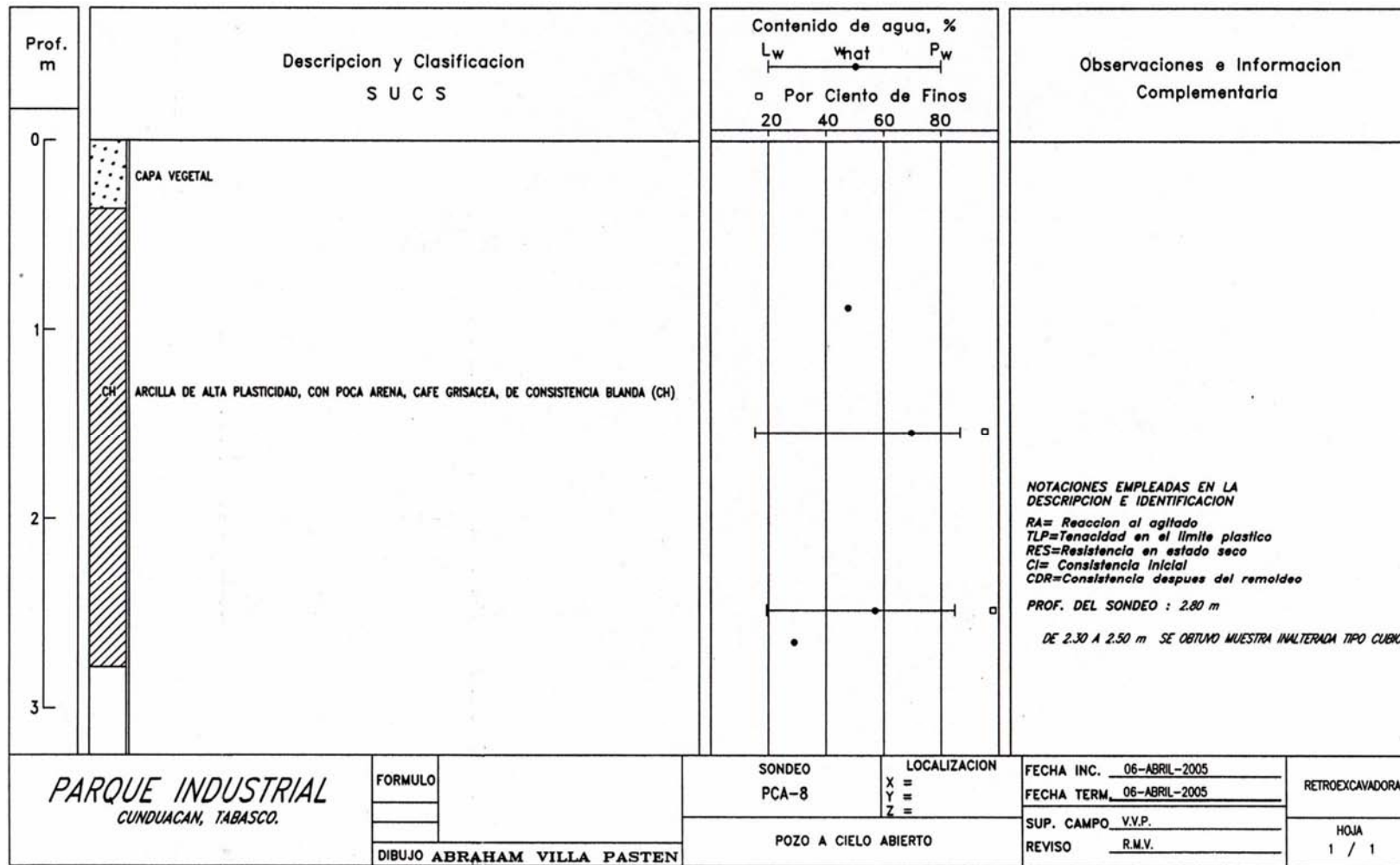


FIG.16 PERFIL ESTRATIGRAFICO DEL SONDEO PCA-8

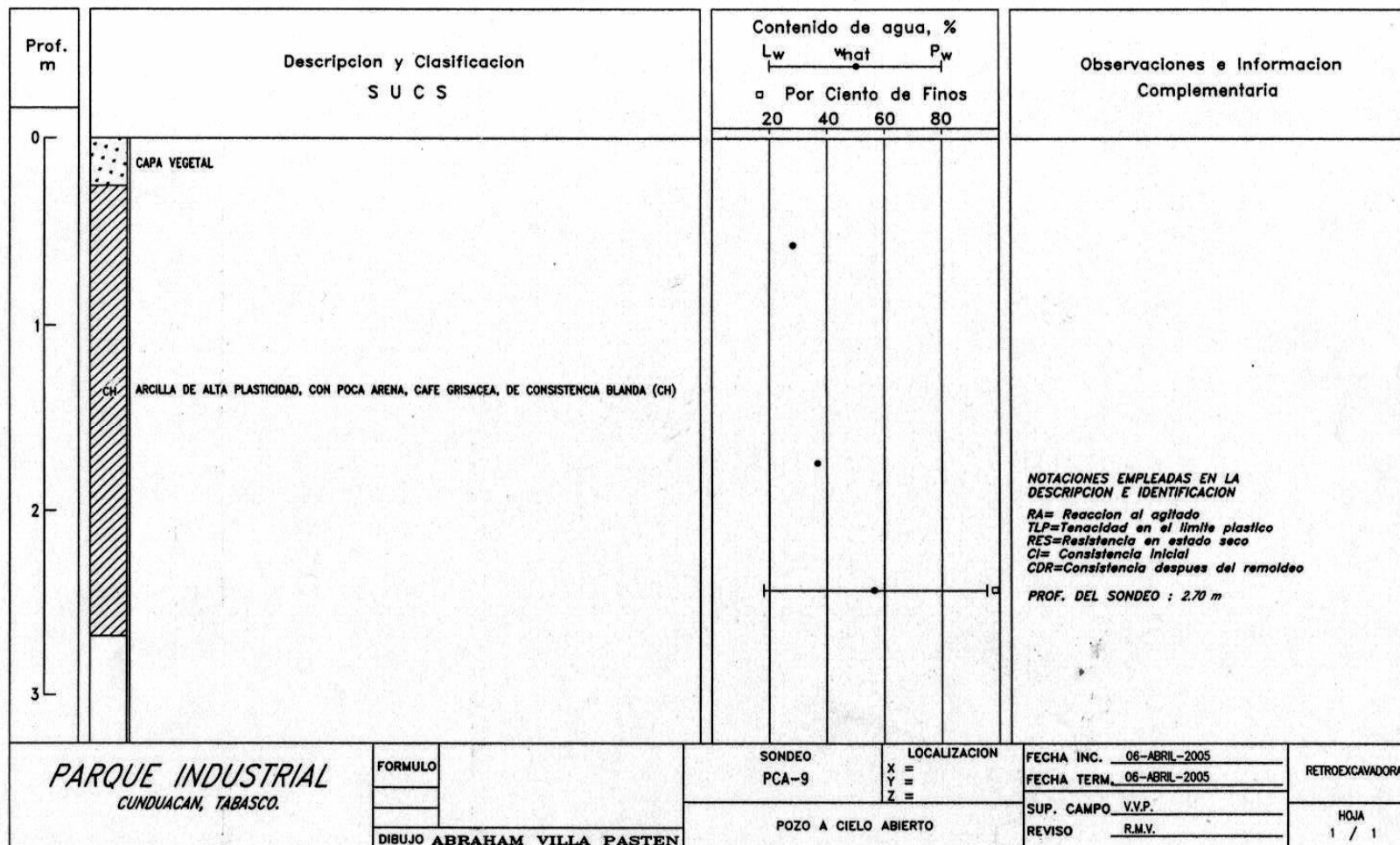


FIG.17 PERFIL ESTRATIGRÁFICO DEL SONDEO PCA-9

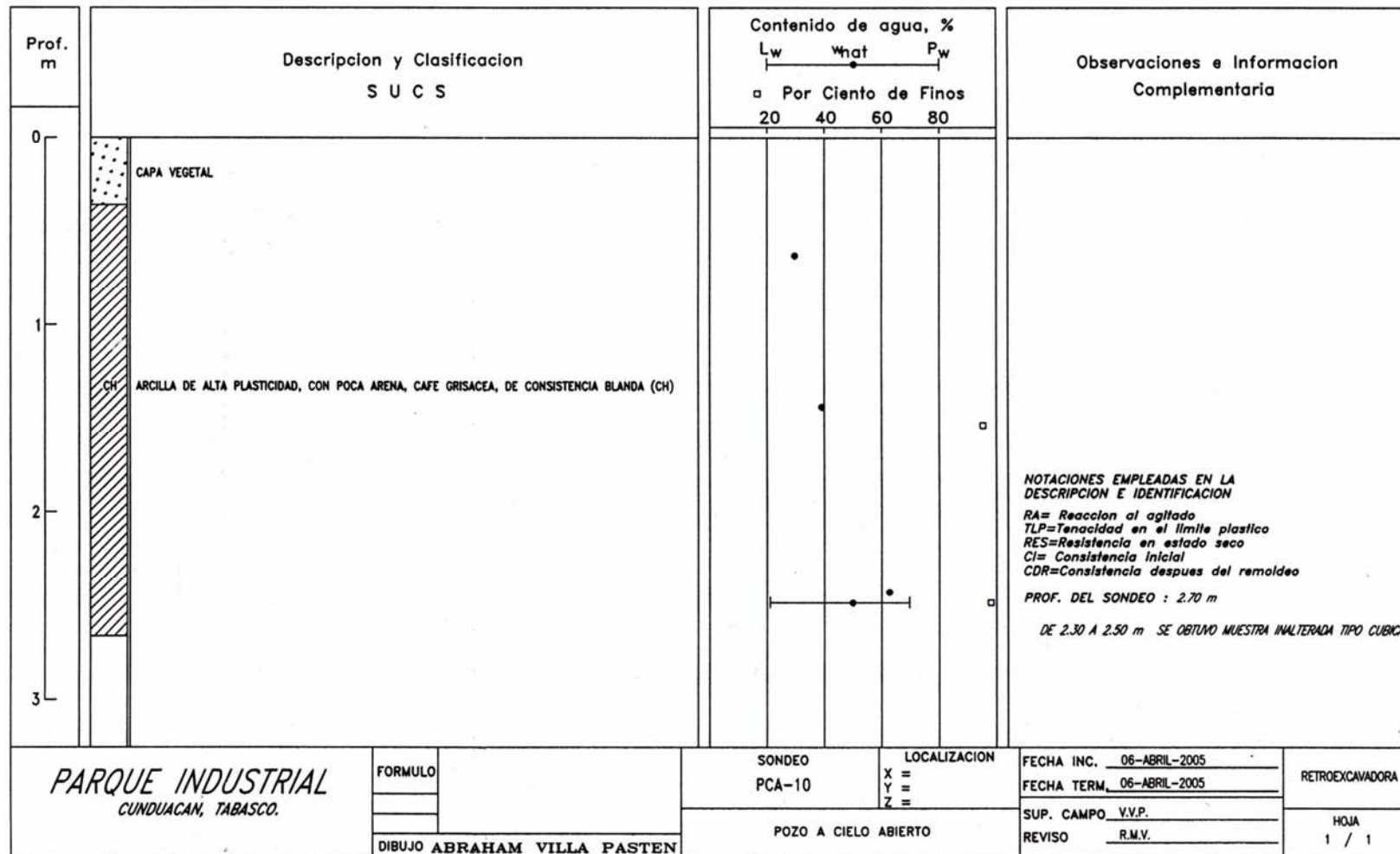


FIG.18 PERFIL ESTRATIGRAFICO DEL SONDEO PCA-10

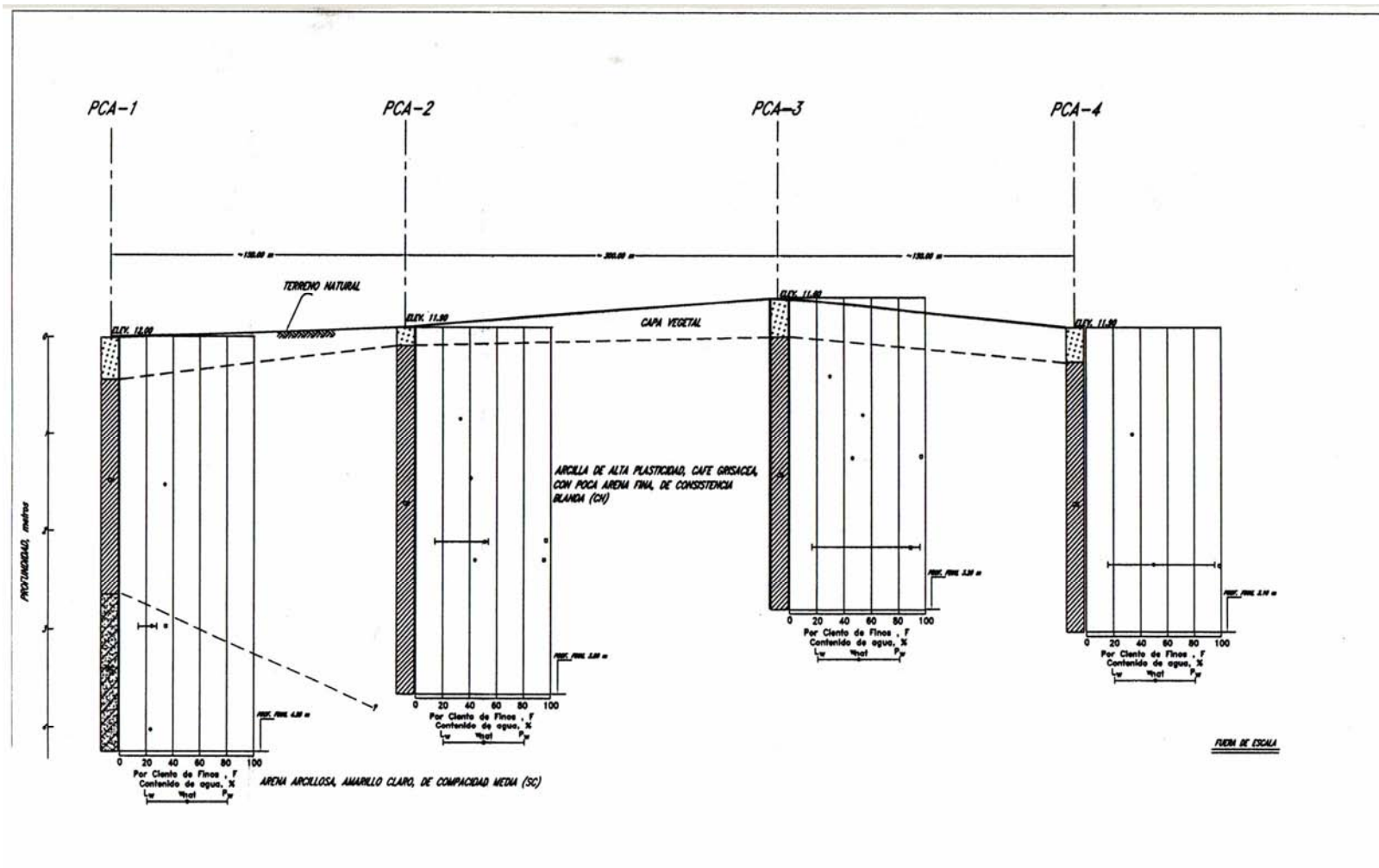


FIG.19 CORTE ESTATRIGRÁFICO A-A. PARQUE INDUSTRIAL CUNDUCAN, TABASCO

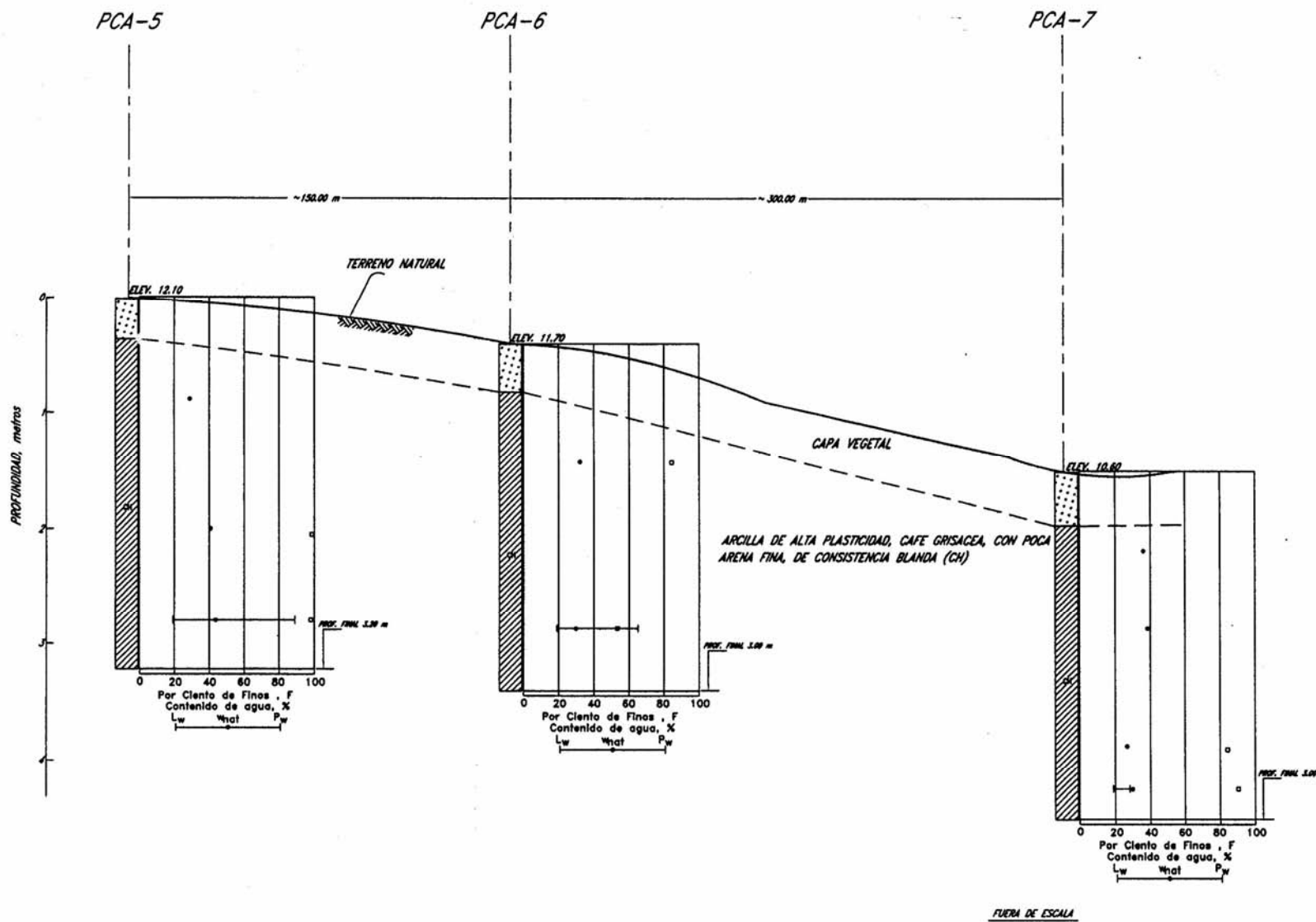
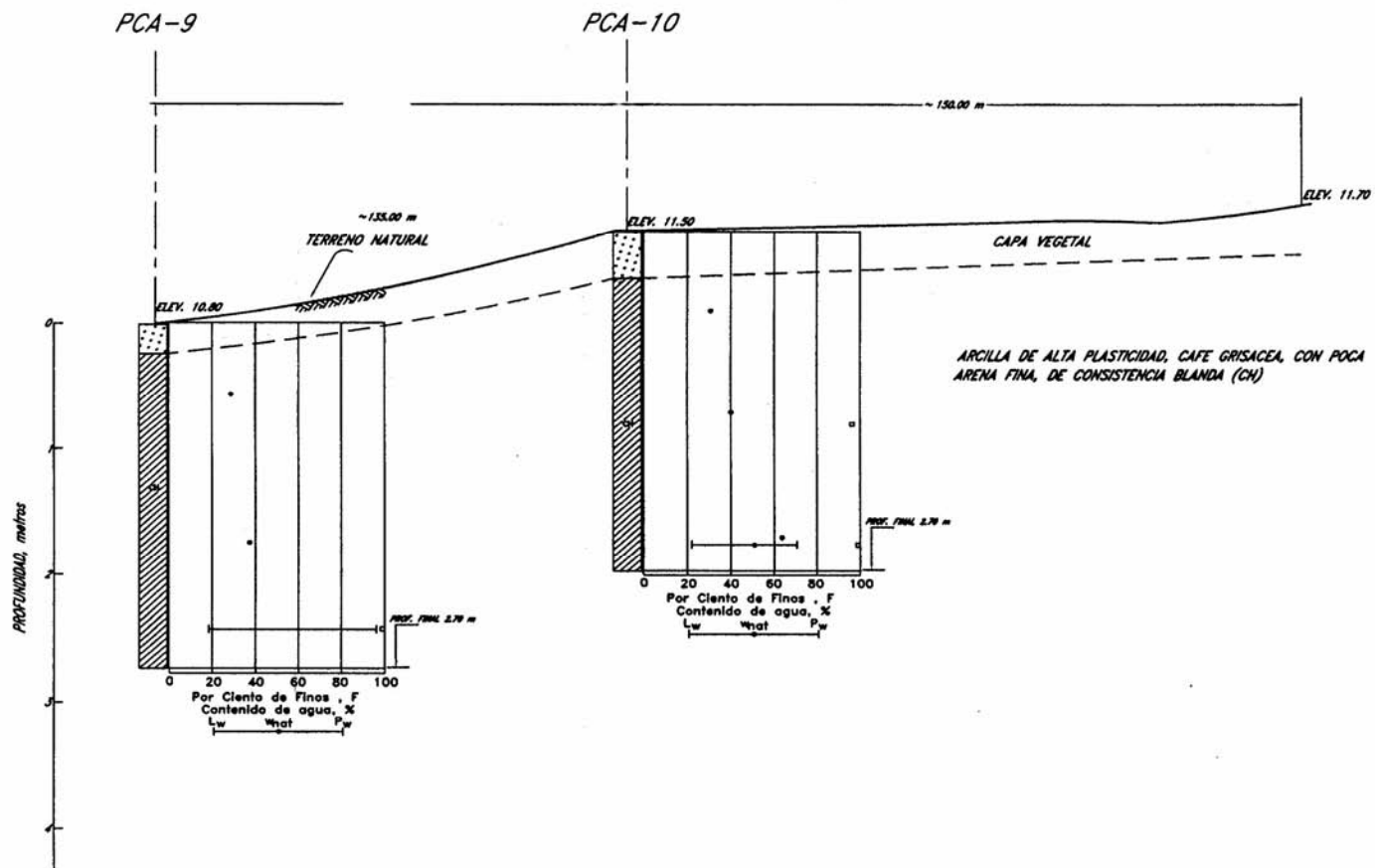


FIG.20 CORTE ESTATRIGRÁFICO B-B. PARQUE INDUSTRIAL CUNDUCAN, TABASCO



FUERA DE ESCALA

FIG.21 CORTE ESTATRIGRÁFICO C-C. PARQUE INDUSTRIAL CUNDUCAN, TABASCO

PROCEDENCIA: PARQUE INDUSTRIAL CUNDUACAN TABASCO

Sondeo	Muestra	Profundidad m.	Ws.+tara gr.	Ws. lavado + tara	W. tara gr.	W total del material	W finos	% finos
PCA - 1	2	2.60 - 3.40	74,90	47,50	3,50	71,40	27,40	38,38
PCA - 2	3	2.10 - 3.80	60,30	4,10	3,50	56,80	56,20	98,94
	MC - 1	2.80 - 3.00	53,90	4,00	3,50	50,40	49,90	99,01
PCA - 3	2	1.40 - 2.50	46,20	4,40	3,90	42,30	41,80	98,82
	3	2.50 - 3.20	36,80	7,50	4,00	32,80	29,30	89,33
PCA - 4	2	1.60 - 3.10	42,70	4,20	3,90	38,80	38,50	99,23
PCA - 5	2	1.50 - 2.50	63,50	3,70	3,60	59,90	59,80	99,83
	3	2.50 - 3.20	51,30	4,90	4,00	47,30	46,40	98,10
PCA - 6	1	0.35 - 1.70	53,60	11,90	3,40	50,20	41,70	83,07
	2	1.70 - 3.00	67,50	33,00	3,50	64,00	34,50	53,91
PCA - 7	3	2.30 - 2.80	66,30	13,40	3,50	62,80	52,90	84,24
	4	2.80 - 3.00	65,90	9,70	3,60	62,30	56,20	90,21
PCA - 8	2	1.60 - 2.50	50,90	4,00	3,50	47,40	46,90	98,95
	MC - 1	2.30 - 2.50	59,80	3,80	3,60	56,20	56,00	99,64
PCA - 9	3	2.40 - 2.70	54,80	3,80	3,50	51,30	51,00	99,42
PCA - 10	2	0.90 - 2.30	45,20	4,10	3,60	41,60	41,10	98,80
	MC - 1	2.30 - 2.50	49,70	3,80	3,60	46,10	45,90	99,57

FIG.32 PORCENTAJE DE FINOS

PROYECTO: PARQUE INDUSTRIAL CUNDUACAN TABASCO

SONDEO	MUESTRA	PROFUNDIDAD m.	MATRAZ	matraz+sólidos + agua	Peso matríz + agua	PESO DE SOLIDOS	matraz+sólidos + agua a T°	Temperatura del matríz	matraz+agua a t°	Volumen de sólidos	DENSIDAD DE SOLIDOS
PCA - 2	MC - 1	2.80 - 3.00	1	198,70	158,46	40,24	680,69	25.1°	655,76	15,31	2,63
PCA - 8	MC - 1	2.30 - 2.50	3	213,30	155,14	58,16	688,30	26.0°	652,25	22,11	2,63
PCA - 10	MC - 1	2.30 - 2.50	17	247,13	187,89	59,24	721,93	26.5°	685,28	22,59	2,62

FIG.33 DENSIDAD DE SÓLIDOS

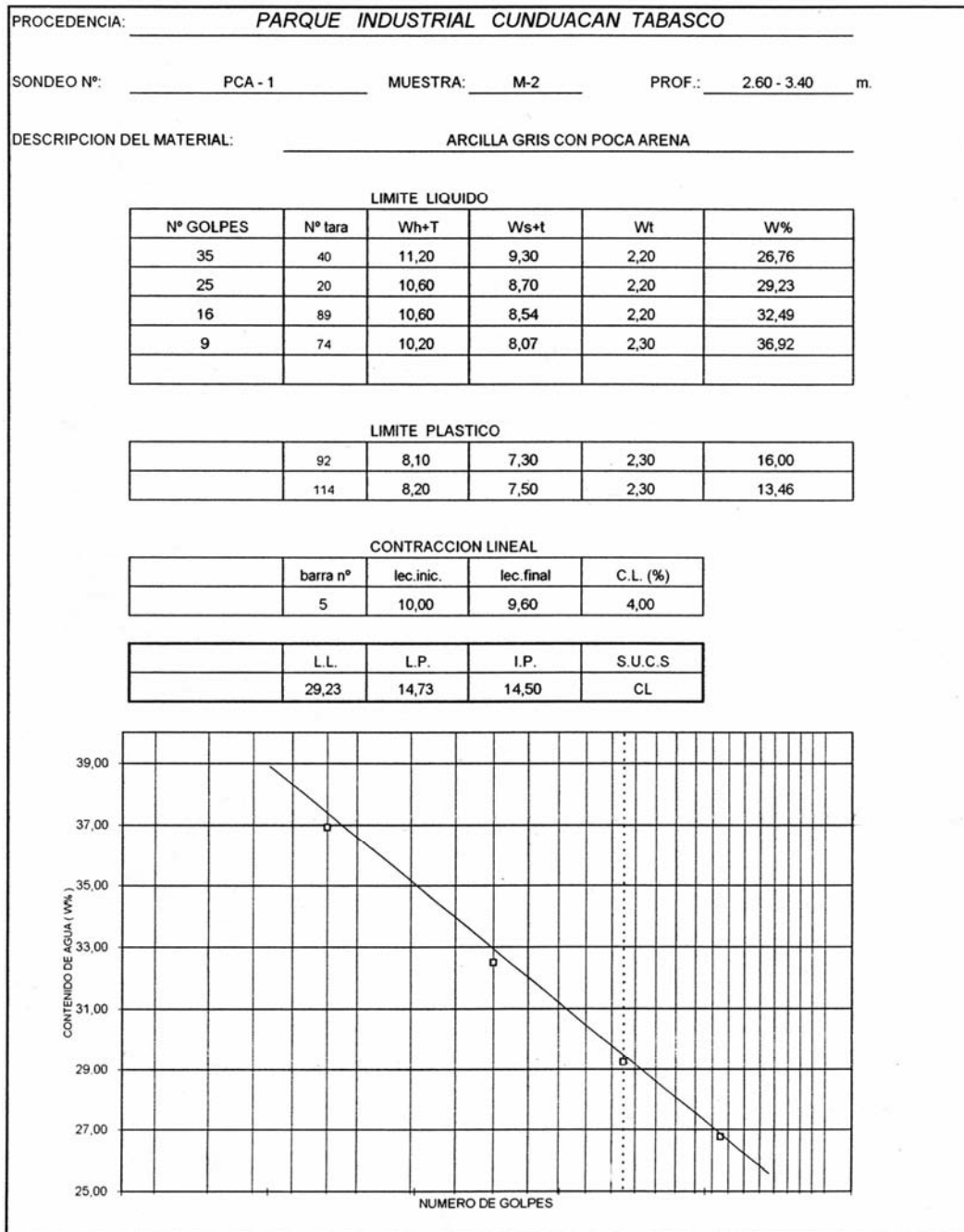


FIG.34 CALCULO DE LÍMITES DE CONSISTENCIA

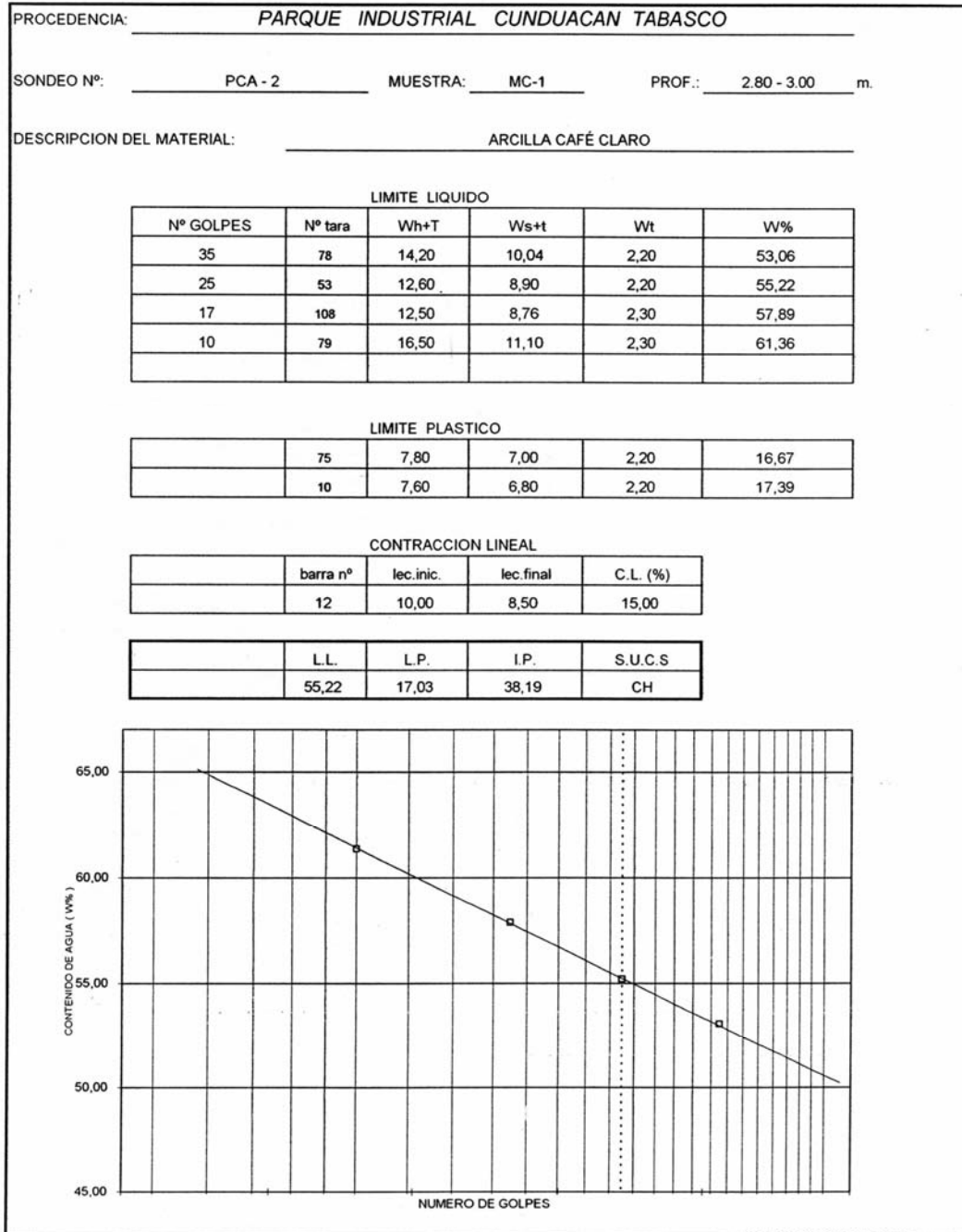


FIG.35 CALCULO DE LÍMITES DE CONSISTENCIA

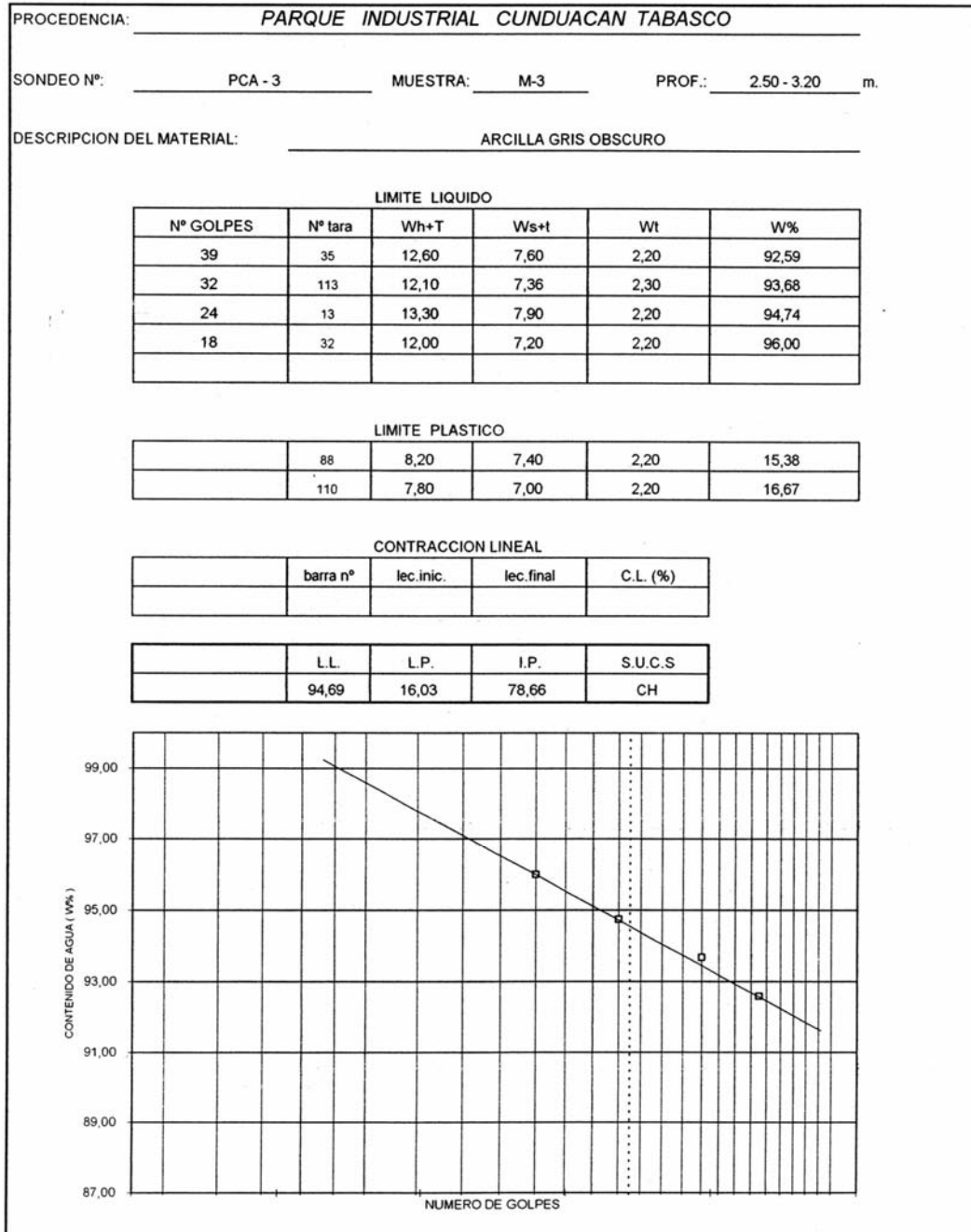


FIG.36 CALCULO DE LÍMITES DE CONSISTENCIA

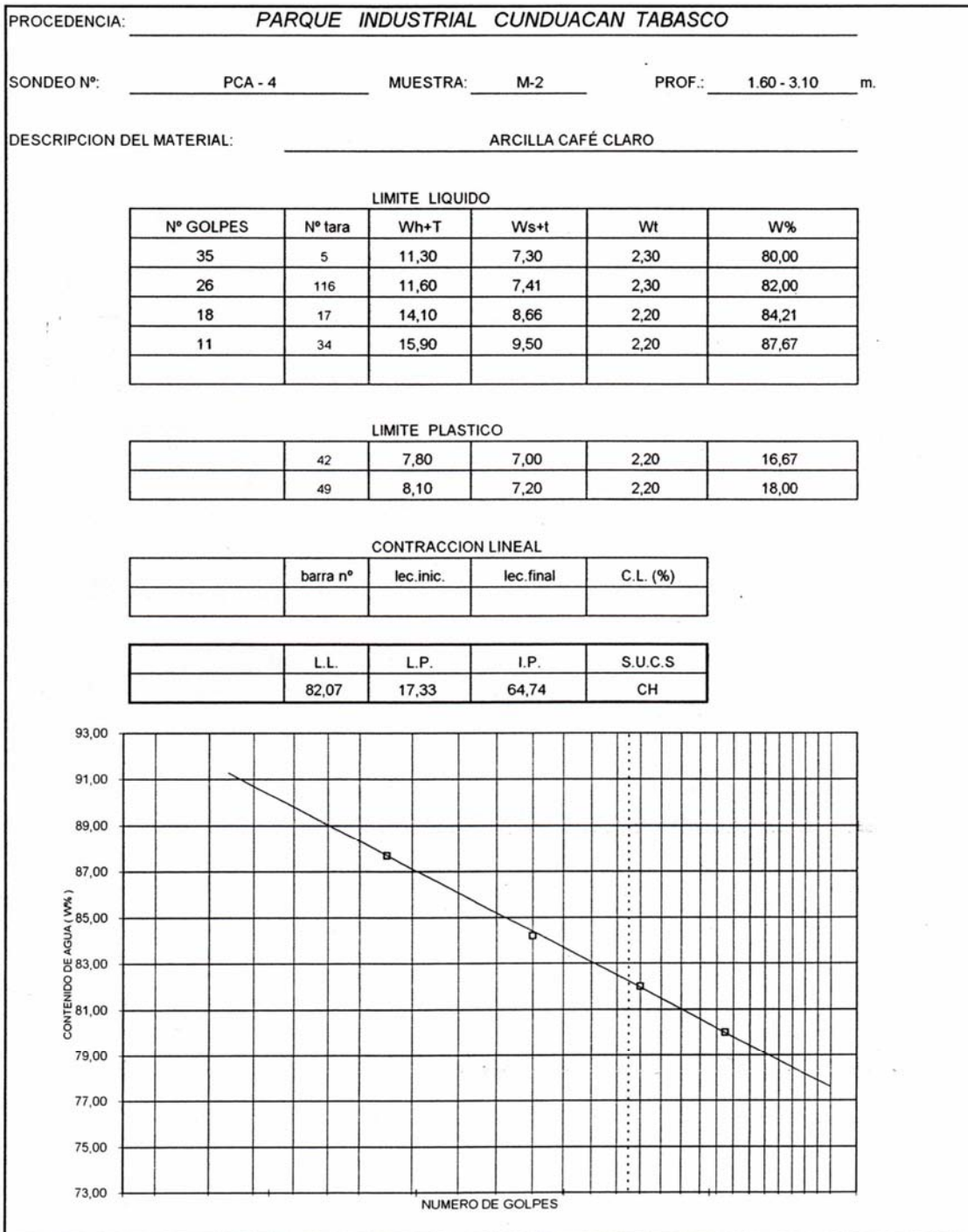


FIG.37 CALCULO DE LÍMITES DE CONSISTENCIA

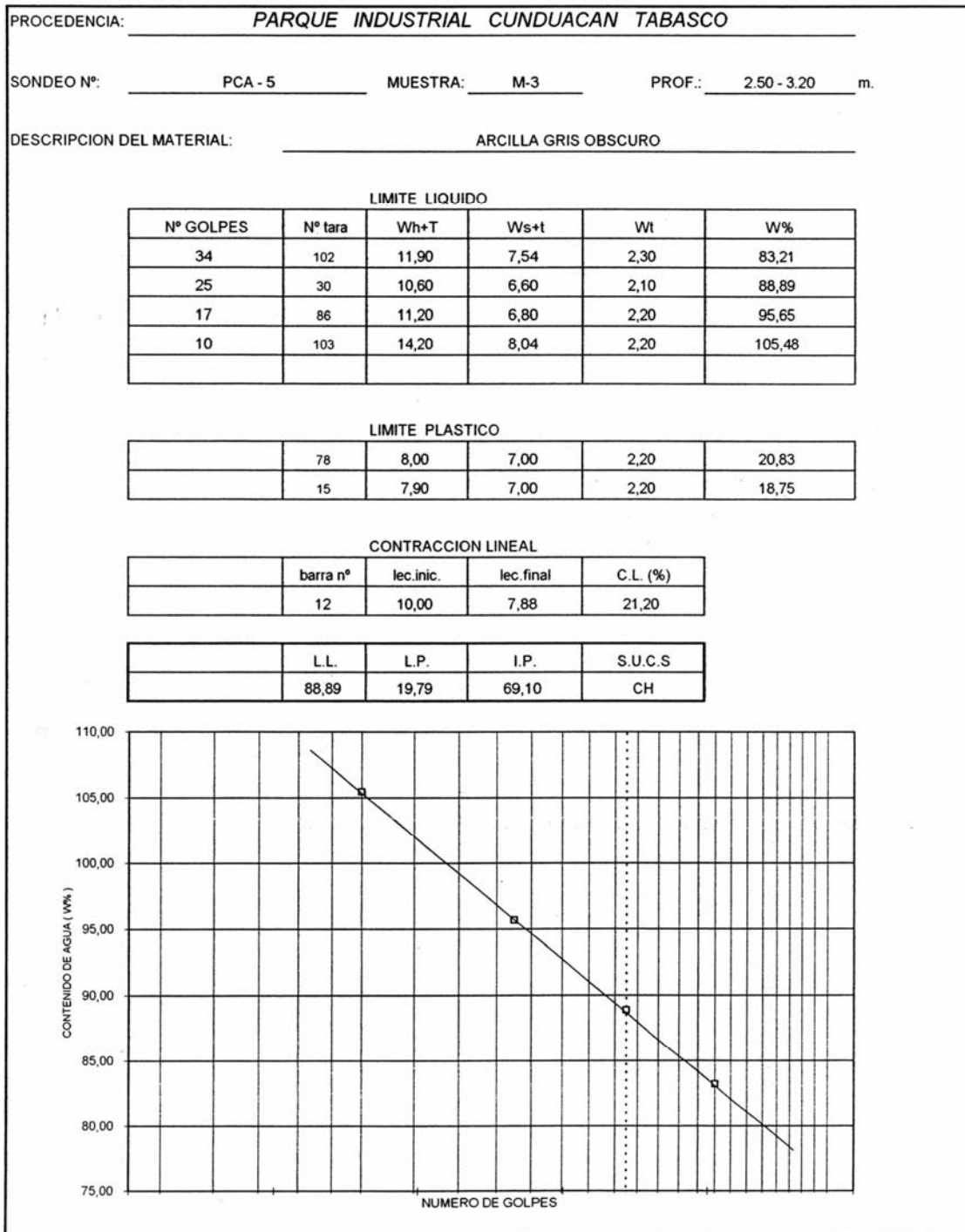


FIG.38 CALCULO DE LÍMITES DE CONSISTENCIA

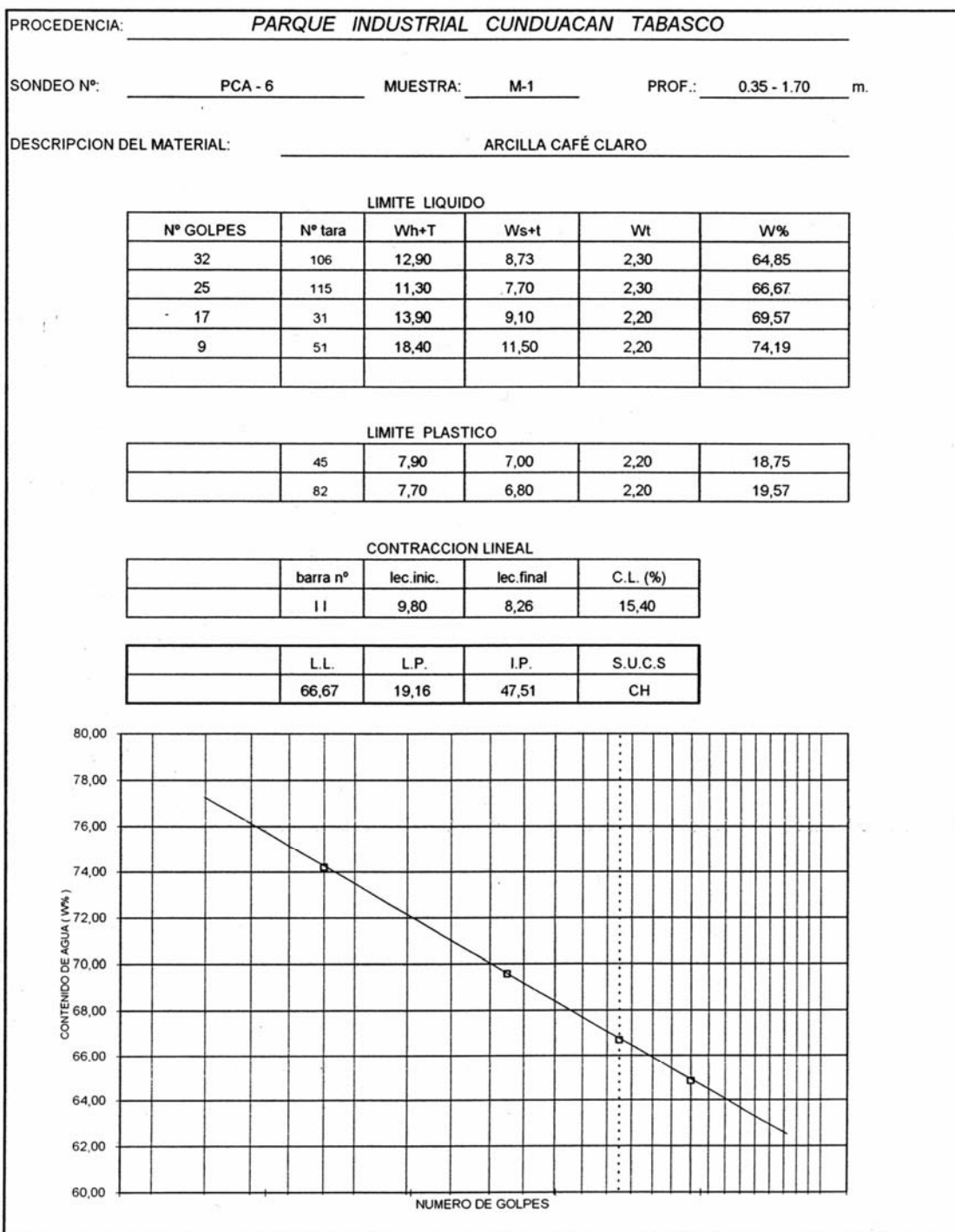


FIG.39 CALCULO DE LÍMITES DE CONSISTENCIA

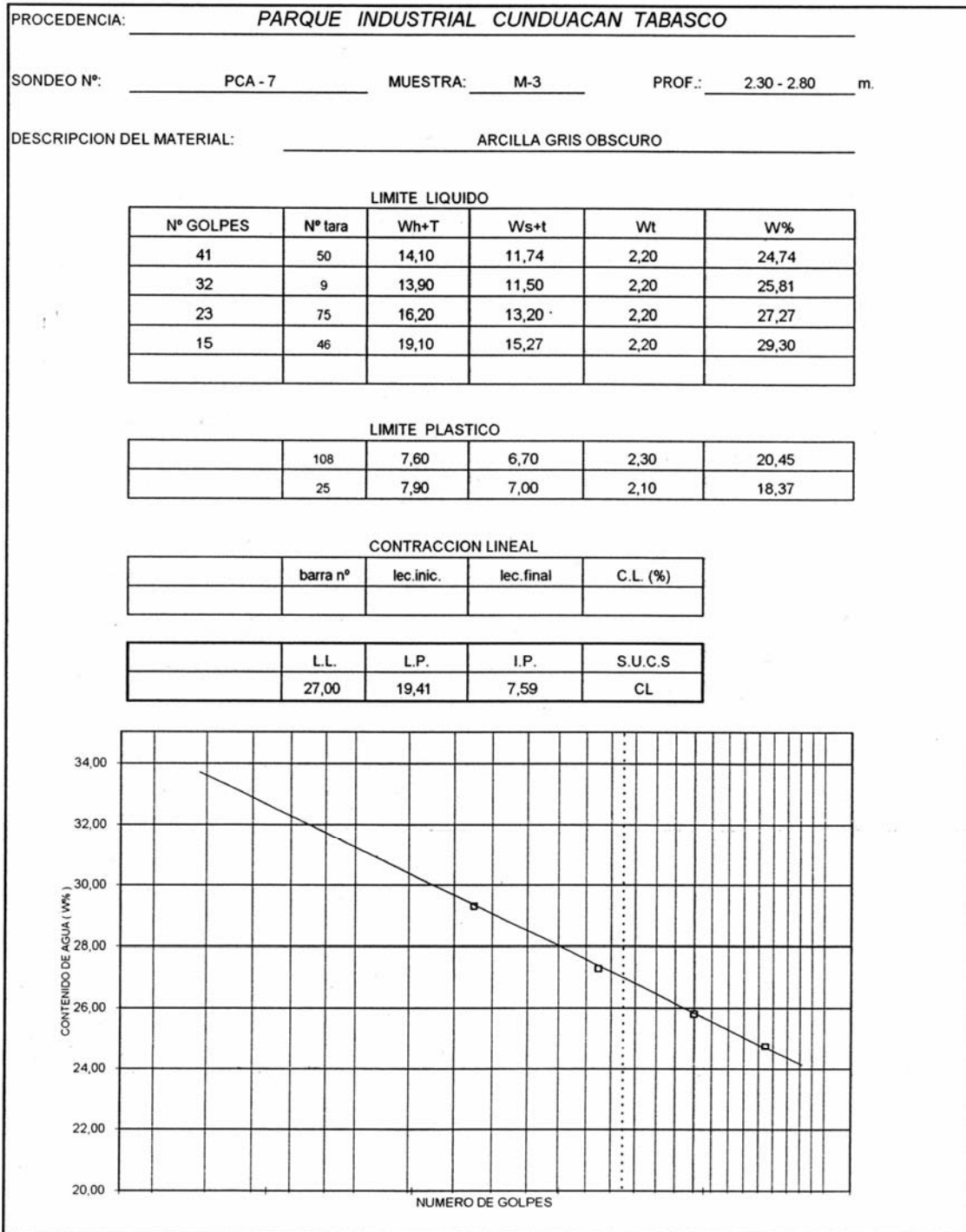


FIG.40 CALCULO DE LÍMITES DE CONSISTENCIA

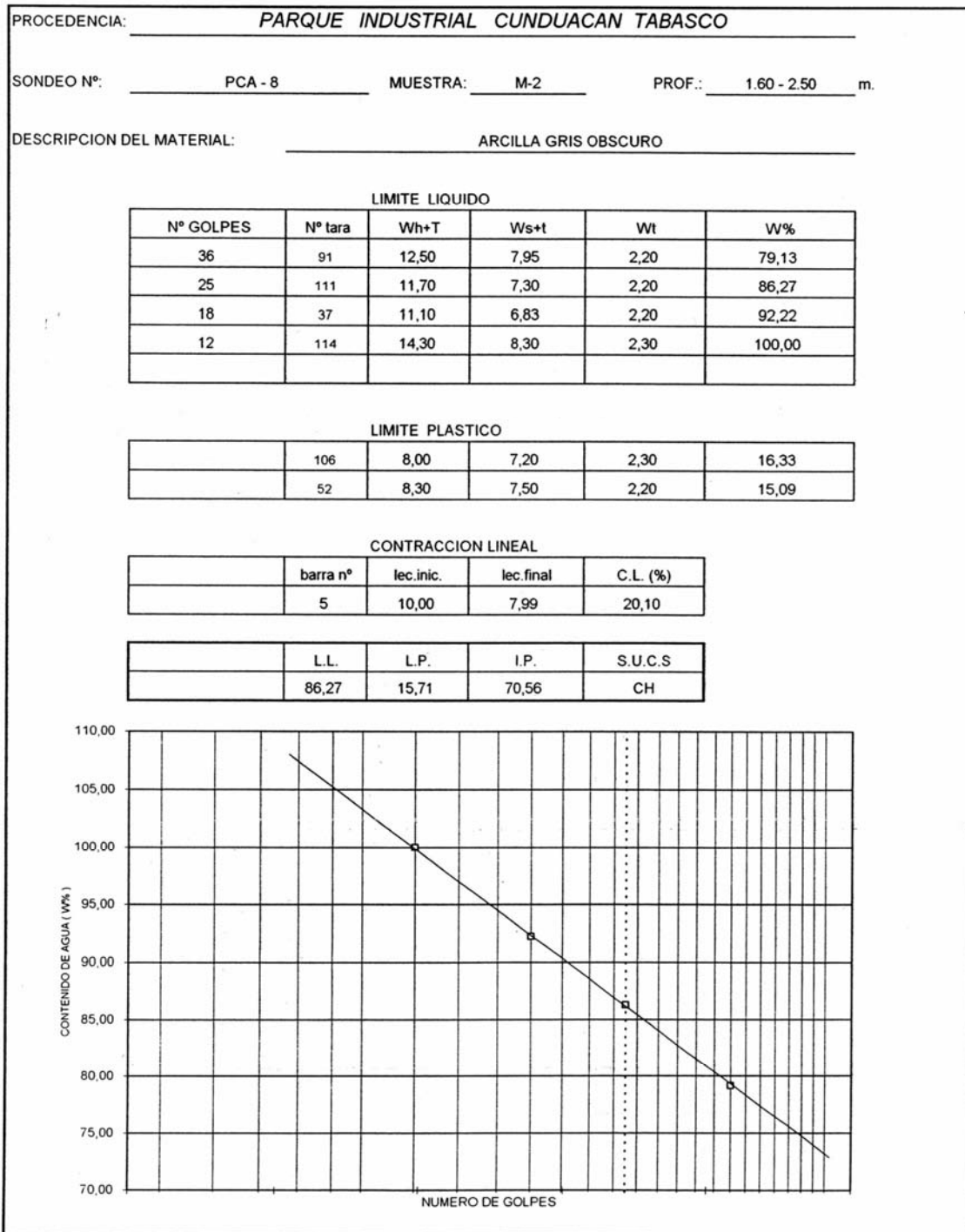


FIG.41 CALCULO DE LÍMITES DE CONSISTENCIA

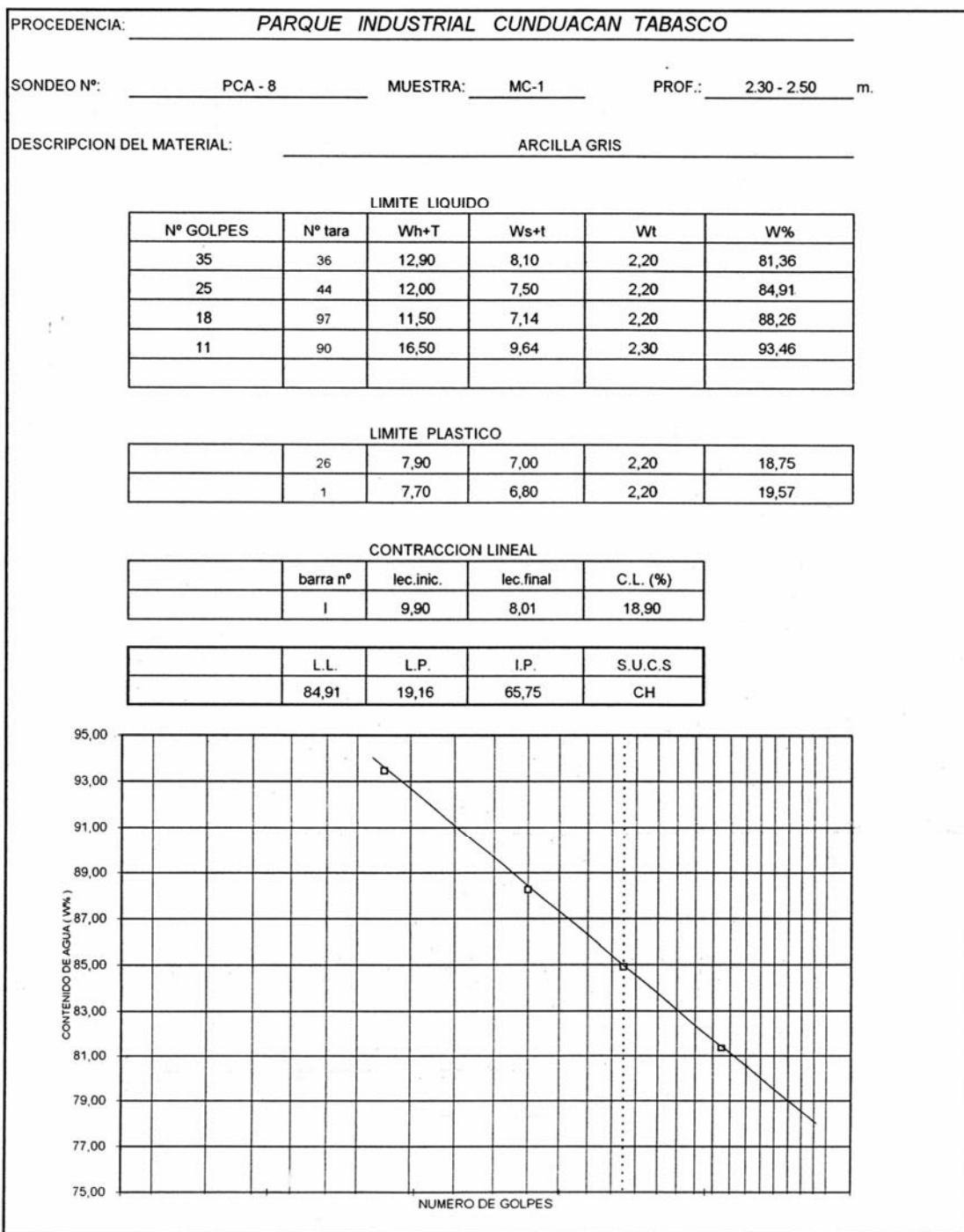


FIG.42 CALCULO DE LÍMITES DE CONSISTENCIA

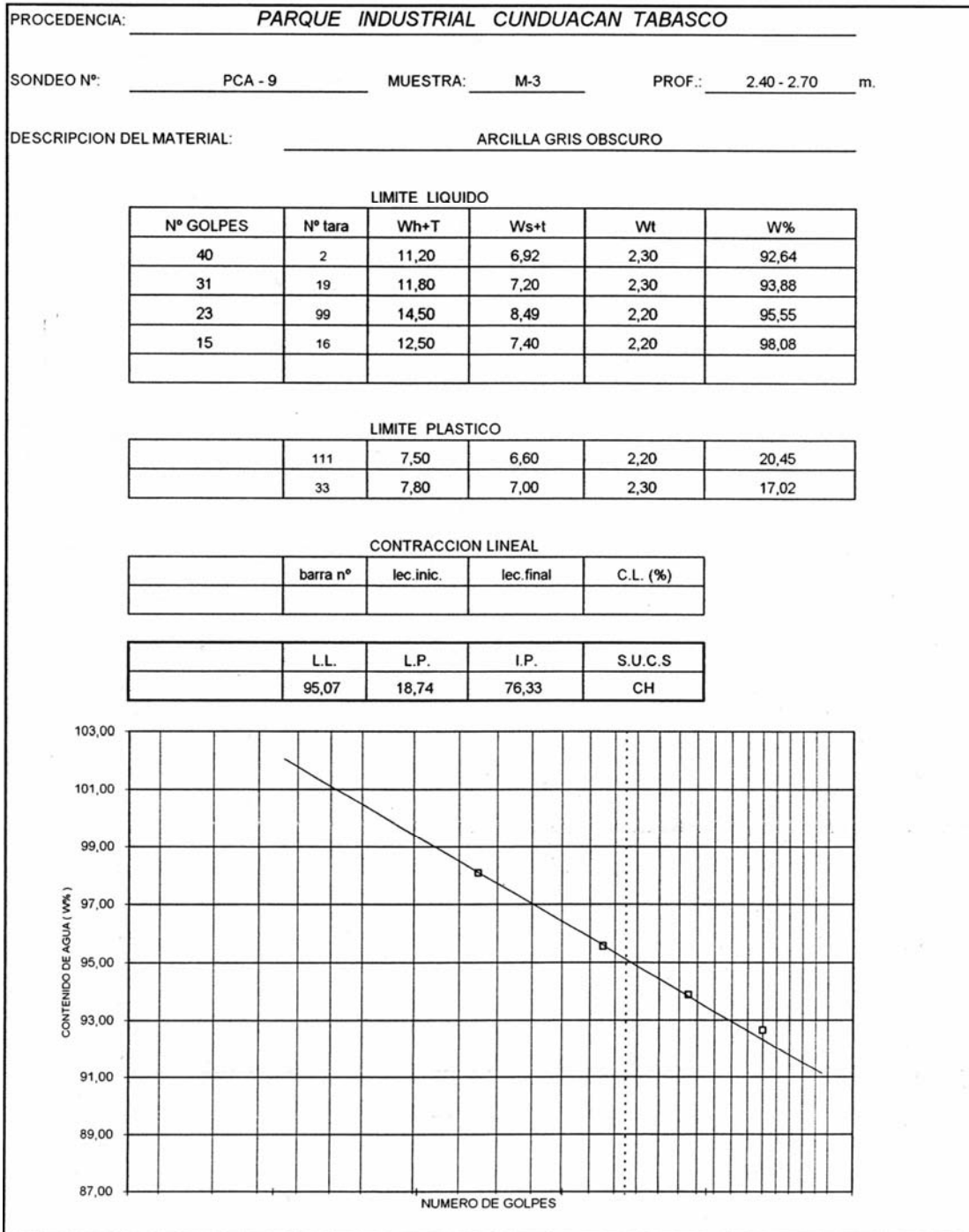


FIG.43 CALCULO DE LÍMITES DE CONSISTENCIA

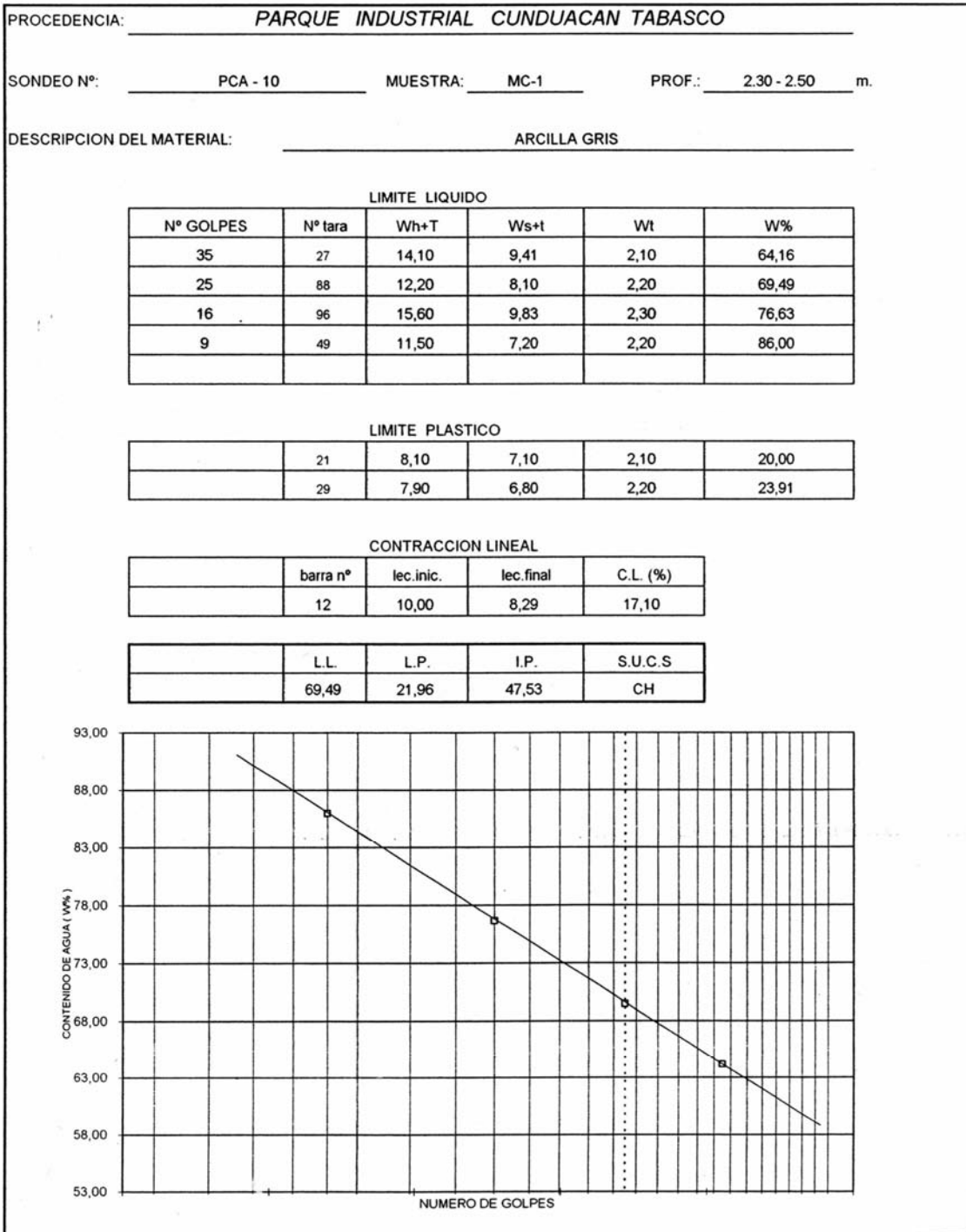


FIG.44 CALCULO DE LÍMITES DE CONSISTENCIA

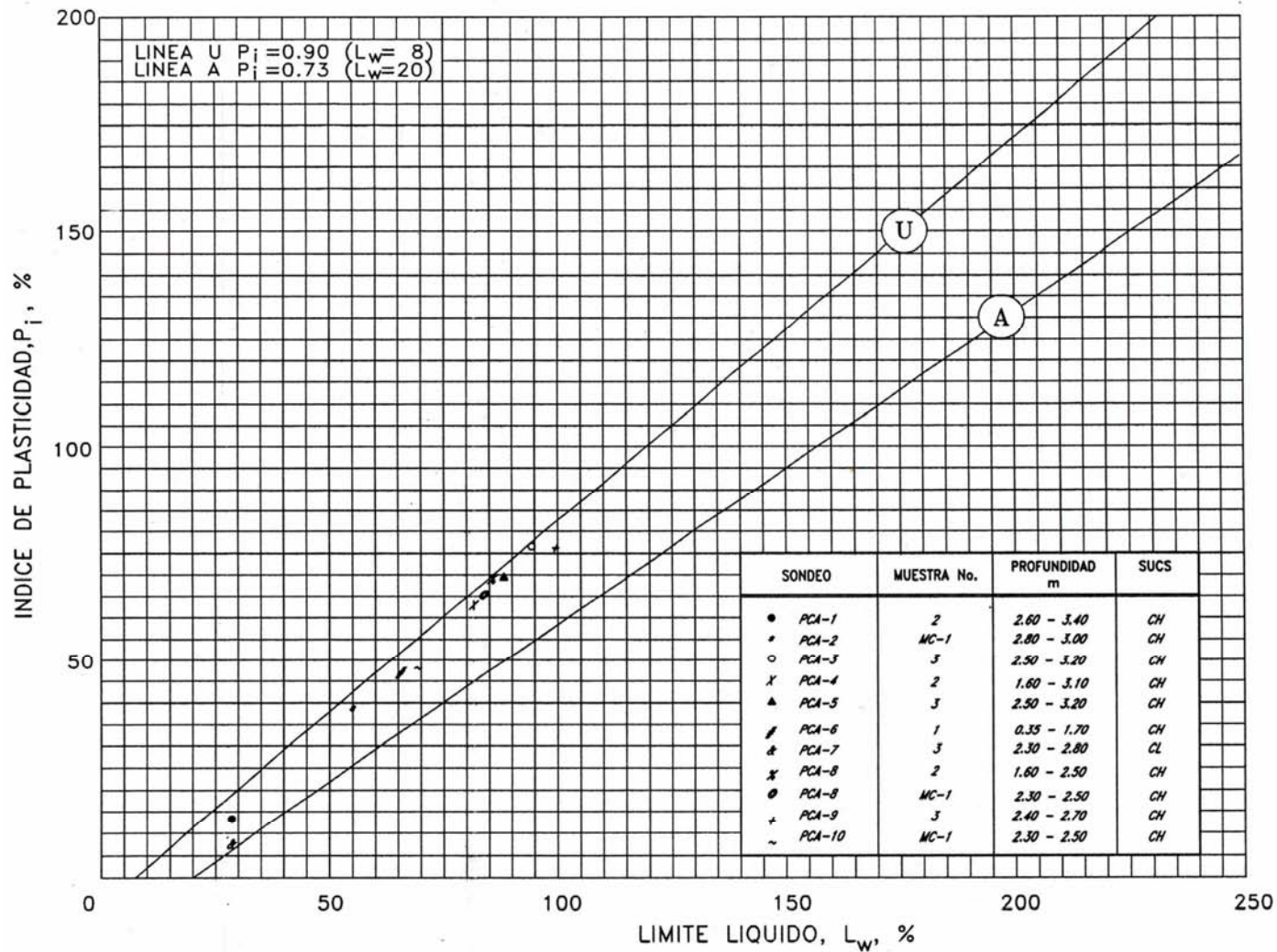


FIG.45 CARTA DE PLASTICIDAD. MUESTRAS DE LOS POZOS A CIELO ABIERTO DEL PROYECTO PARQUE INDUSTRIAL CUNDUACÁN, TABASCO

GRAFICAS DE CONSOLIDACION UNIDIMENSIONAL

OBRA: _____ SONDES: P.C.A. No. 10
 UBICACION: _____ MUESTRA: CUBICA
 CLASIF: Arcilla de alta plasticidad, color cafe verdoso PROF: 2.30 2.50

DENSIDAD DE SOLIDOS S _s --	RELACION DE VACIOS		CONTENIDO DE AGUA		GRADO DE SATURACION		PESO VOLUMETRICO		SUCS
	INICIAL e _i --	FINAL e _f --	INICIAL w _i %	FINAL w _f %	INICIAL G _{wi} %	FINAL G _{wf} %	HUMEDO γ _s Ton/m ³	SECO γ _d Ton/m ³	
2,415	2,250	1,014	51,40	41,81	55,17	99,57	1,125	0,743	CH

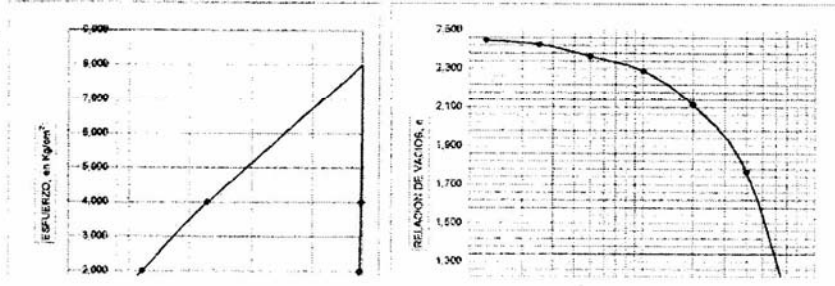


FIG.46 ENSAYE DE CONSOLIDACIÓN UNIDIMENSIONAL, MUESTRA DEL PCA-10, MC-1

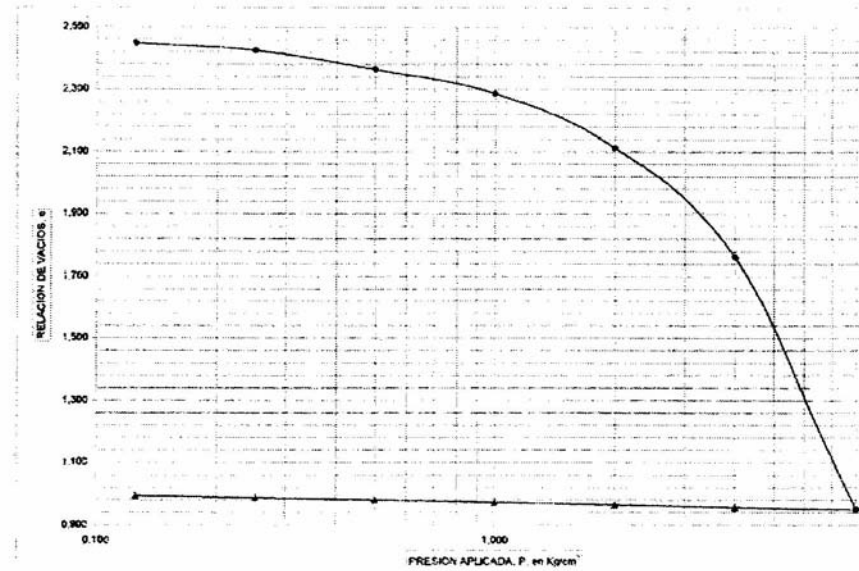


FIG.47 ENSAYE DE CONSOLIDACIÓN UNIDIMENSIONAL, MUESTRA DEL PCA-10

PROYECTO: <u>PARQUE IND. CUNDUACAN TABASCO</u>	CONS.: <u>0,576</u>
MUESTRA: <u>MC</u>	VEL.: <u>0,01667</u>
SONDEO: <u>PCA-10</u>	PROF.: <u>2.30-2.50</u>
DESCRIPCION DEL MATERIAL: <u>ARCILLA CAFÉ GRISACEO</u>	

Tiempo seg.	Def. mm.	Anillo Unidad	E %	Esf. Desv. Kg/cm ²
0	0,000	0,00	0,0000	0,0000
	0,273	2,00	0,3199	0,0992
	0,430	4,00	0,5018	0,1979
	0,600	6,00	0,6992	0,2963
	0,832	8,00	0,9703	0,3940
	1,040	10,00	1,2128	0,4913
	1,002	8,00	1,1724	0,3932
	0,930	6,00	1,0916	0,2952
	0,830	4,00	0,9774	0,1970
	0,708	2,00	0,8371	0,0986
	0,438	0,00	0,5208	0,0000
	0,600	3,00	0,7063	0,1482
	0,820	6,00	0,9608	0,2955
	1,040	9,00	1,2152	0,4422
	1,310	12,00	1,5291	0,5877
	1,740	15,00	2,0333	0,7309
	1,630	12,00	1,9096	0,5854
	1,530	9,00	1,7979	0,4396
	1,390	6,00	1,6385	0,2935
	1,130	3,00	1,3365	0,1472
	0,630	0,00	0,7491	0,0000
	0,970	4,00	1,1439	0,1967
	1,280	8,00	1,5030	0,3919
	1,610	12,00	1,8859	0,5856
	2,150	17,00	2,5161	0,8242
	2,500	20,00	2,9251	0,9656
	2,680	19,00	3,1415	0,9153
	2,800	18,00	3,2866	0,8658

DATOS INICIALES DEL ESPECIMEN	
Ds= 3,84 cm.	H1= 8,41 cm.
Dm= 3,84 cm.	H2= 8,41 cm.
Di= 3,84 cm.	Ss= 2,62
Ao= 11,581 cm ²	Wt= 2,60 gr.
Vo= 97,398 cm ³	Wt+sh= 169,20 gr.
Wo= 167,20 gr.	Wt+ss= 116,70 gr.

DATOS FINALES DEL ESPECIMEN	
ei= 1,236	Si= 98,61 %
ef= 1,236	Sf= 97,50 %
Pvhi= 1,717 T/m ³	Wi= 46,54 %
Pvhf= 1,711 T/m ³	Wf= 46,01 %

Operador: JAVIER ESPEJO
Calculó: YADIRA ESPEJO

Fecha: 28-abr-05

FIG.48 CÁLCULO DE COMPRESIÓN DE AIRE

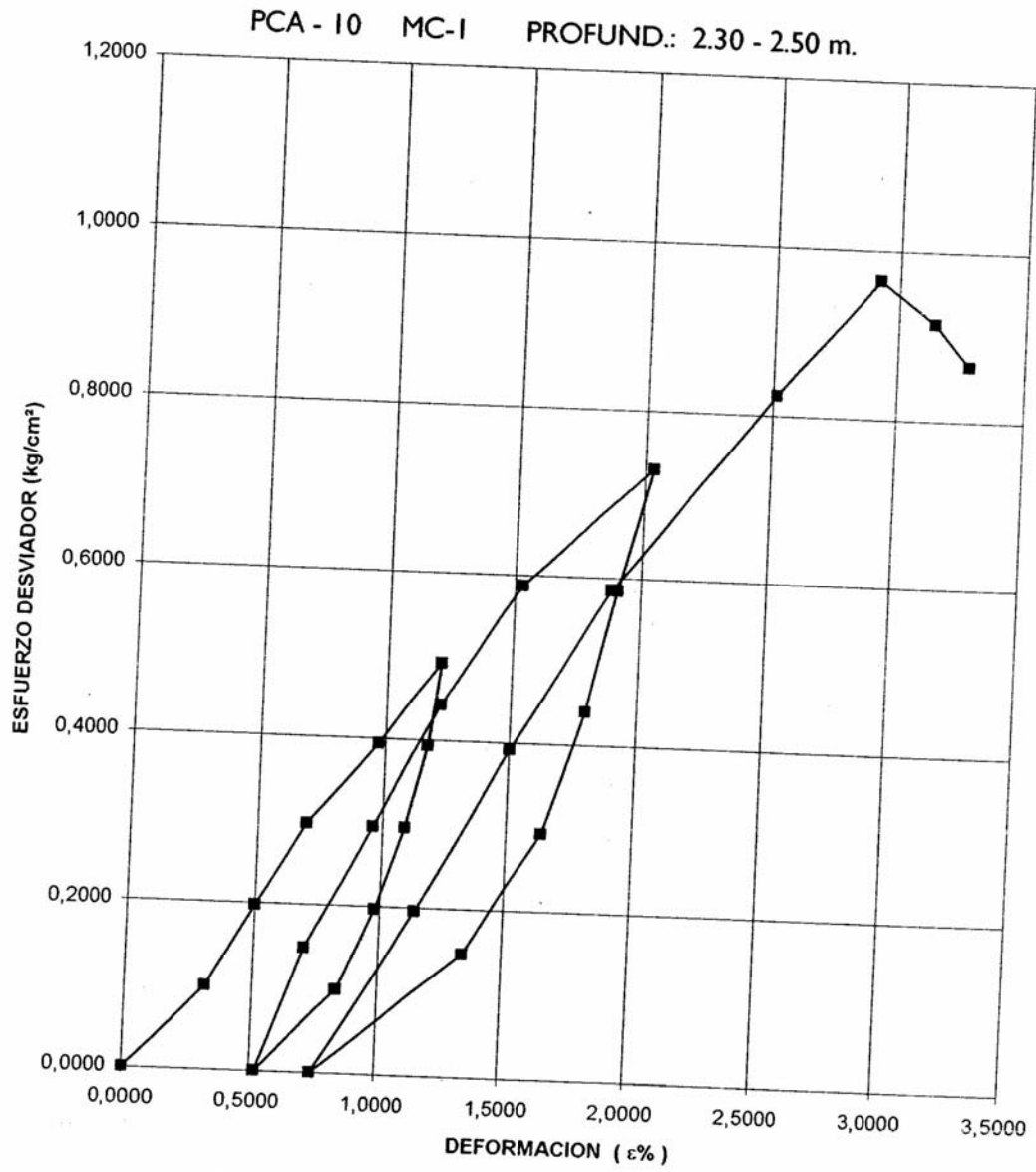


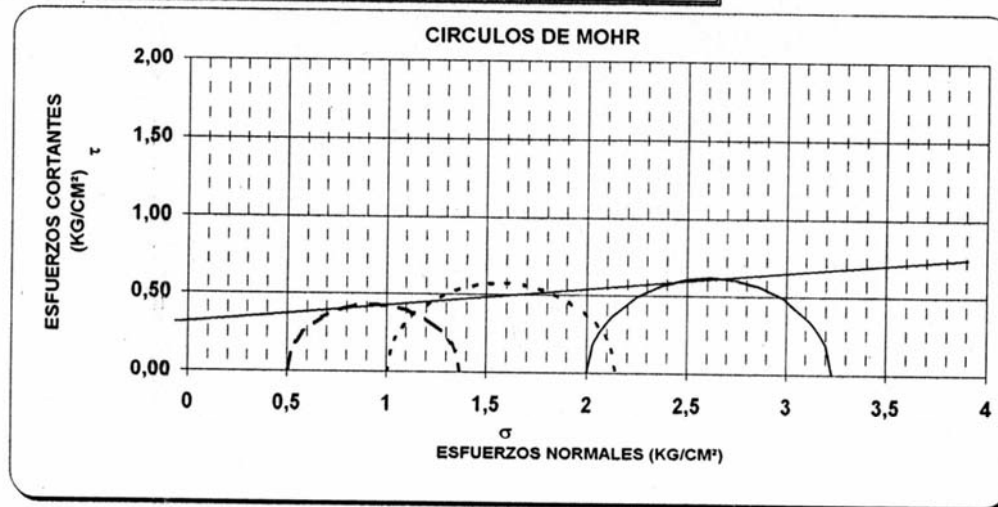
FIG.49 PARQUE INDUSTRIAL CUNDUCAN TABASCO

PRUEBA TRIAXIAL UU

OBRA: PARQUE INDUSTRIAL CUNDUACAN TABASCO
 SONDEO: PCA - 10
 MUESTRA: MC-1 PROF.: 2.30 - 2.50

DESCRIPCIÓN DEL SUELO :
 ARCILLA CAFÉ GRISACEO

ENSAYO Num.	PRESION CONF. (kg/cm ²)	ESF. A LA FALLA (kg/cm ²)	PESO VOLUM. NATURAL (ton/m ³)	Gwi (%)	ei	VALORES PROMEDIO	
						Ss=	2,62
1	0,50	0,87	1,728	99,6	1,217	wi=	44,56 %
2	1,00	1,14	1,757	99,7	1,136	wf=	44,36 %
3	2,00	1,23	1,751	99,5	1,148	Gw=	99,57 %
						Gwf=	99,31 %
						PVN=	1,745 ton/m ³
						PVF=	1,743 ton/m ³
						ei=	1,17
						ef=	1,17
DATOS FINALES							
		ef	Gwf	wf	pvhf		
1	0,50	1,220	99,368	46,28	1,726		
2	1,00	1,140	99,323	43,20	1,754		
3	2,00	1,151	99,235	43,59	1,749		



C= _____ kg/cm²
 Ø= _____ grados
 E= _____ kg/cm²

FIGURA 50

FIG.51

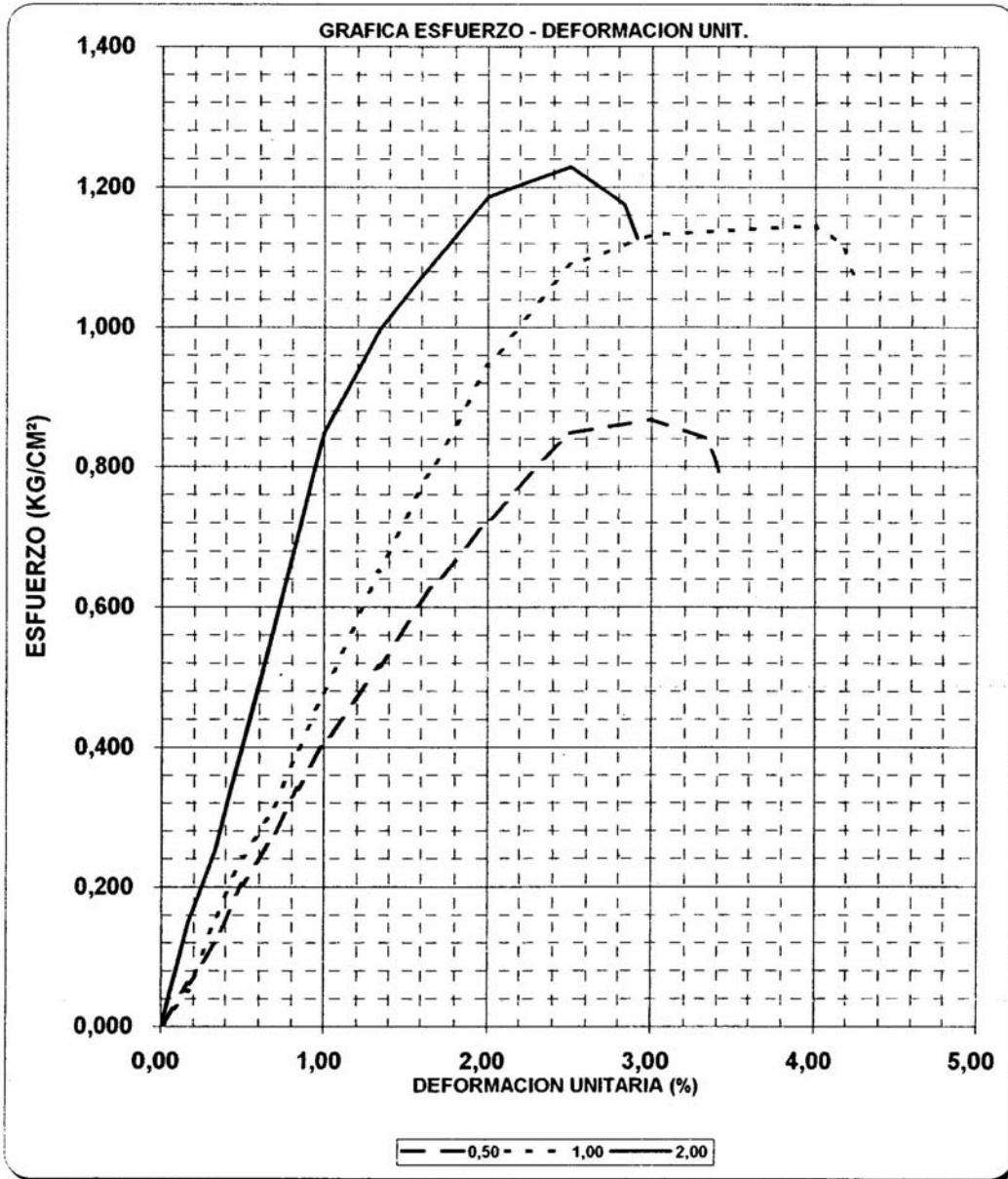
PRUEBA TRIAXIAL UU

OBRA: PARQUE INDUSTRIAL CUNDUACAN TABASCO

SONDEO: PCA - 10

MUESTRA: MC-1

PROF: 2.30 - 2.50



OBRA: PARQUE INDUSTRIAL CUNDUACAN TABASCO
 MUESTRA: M-3 PROFUNDIDAD: 2.10 - 3.80 m.
 SONDEO: PCA - 2

MOLDE N°: I
 PESO T: 2,080 Kgs. PESO VOLUMETRICO SECO MAXIMO: 1620,94 kg/cm³
 VOLUMEN: 0,952 Its HUMEDAD OPTIMA: 27,01 %

W=Wh+T	Wh=W-T	Tara	W T	Wh+T	Ws+T	W	Ws2	P.VOLS
gs	gs	N°.	gs	gs	gs	%	Kgs	Kg/m3
3540	1460	44	3,50	98,80	82,00	21,40	1202,62	1263,26
3700	1620	1	3,60	97,70	80,00	23,17	1315,28	1381,60
4040	1960	134	3,40	110,60	87,80	27,01	1543,13	1620,94
3800	1720	32	3,60	95,30	73,80	30,63	1316,73	1383,12
3600	1520	105	3,90	90,60	69,00	33,18	1141,31	1198,86

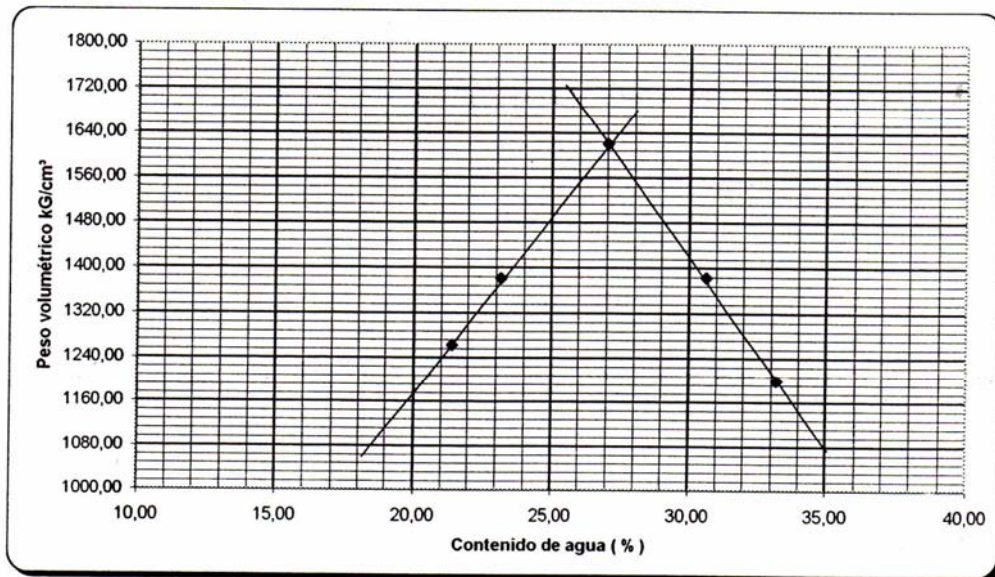


FIG.52 COMPACTACIÓN PROCTOR

OBRA: PARQUE INDUSTRIAL CUNDUACAN TABASCO
 MUESTRA: M-3 PROFUNDIDAD: 2.50 - 2.80 m.
 SONDEO: PCA - 8
 MOLDE N°.: I
 PESO T: 2,080 Kgs. PESO VOLUMETRICO SECO MAXIMO: 1744,95 kg/cm³
 VOLUMEN: 0,952 lts HUMEDAD OPTIMA: 27,62 %

W=Wh+T	Wh=W-T	Tara	W T	Wh+T	Ws+T	W	Ws2	P.VOLS
gs	gs	N°.	gs	gs	gs	%	Kgs	Kg/m3
3580	1500	102	4,00	99,10	83,00	20,38	1246,06	1308,88
3850	1770	142	3,40	94,30	76,95	23,59	1432,16	1504,37
4200	2120	158	3,50	110,70	87,50	27,62	1661,19	1744,95
4000	1920	88	3,90	101,20	77,65	31,93	1455,29	1528,67
3700	1620	5	3,60	102,00	75,00	37,82	1175,49	1234,76

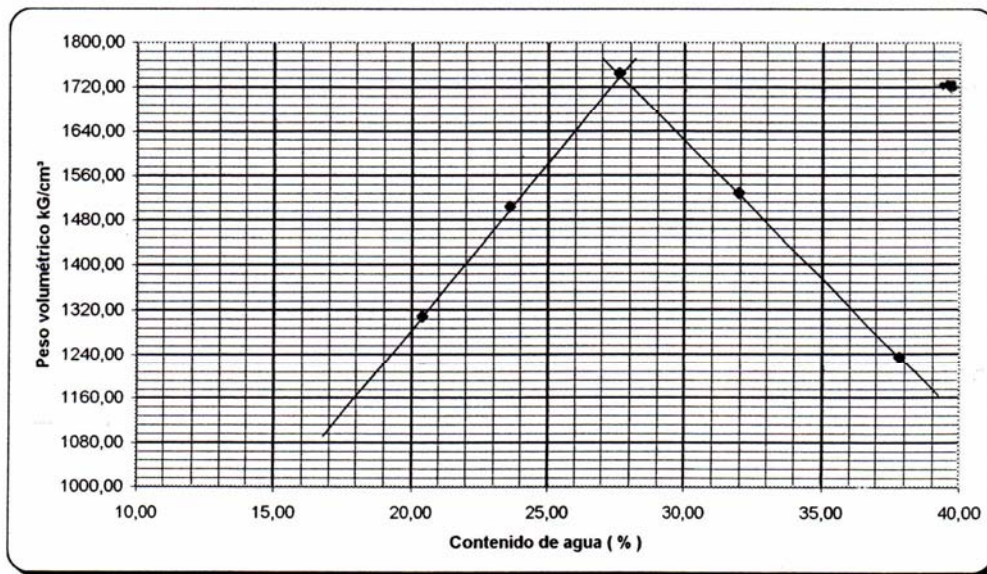


FIG.53 COMPACTACIÓN PROCTOR

OBRA: PARQUE INDUSTRIAL CUNDUACAN TABASCO
 MUESTRA: MC-1 PROFUNDIDAD: 2.80 - 3.00
 SONDEO: PCA - 2
 MOLDE N°.: I
 PESO T: 2,080 Kgs. PESO VOLUMETRICO SECO MAXIMO: 1604,44 kg/cm³
 VOLUMEN: 0,952 Its HUMEDAD OPTIMA: 27,01 %

W=Wh+T	Wh=W-T	Tara	W T	Wh+T	Ws+T	W	Ws2	P.VOLS
gs	gs	N°.	gs	gs	gs	%	Kgs	Kg/m3
3580	1500	114	3,80	81,90	68,00	21,65	1233,03	1295,20
3760	1680	145	3,50	78,60	64,10	23,93	1355,63	1423,98
4020	1940	155	3,50	87,20	69,40	27,01	1527,43	1604,44
3850	1770	143	3,50	96,40	74,90	30,11	1360,37	1428,96
3700	1620	50	3,50	89,10	68,00	32,71	1220,68	1282,22

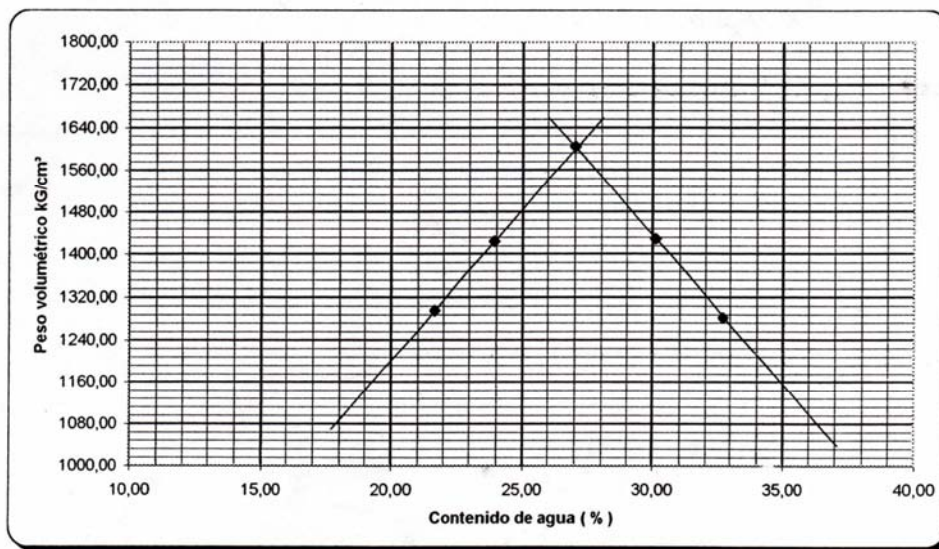


FIG.54 COMPACTACIÓN PROCTOR

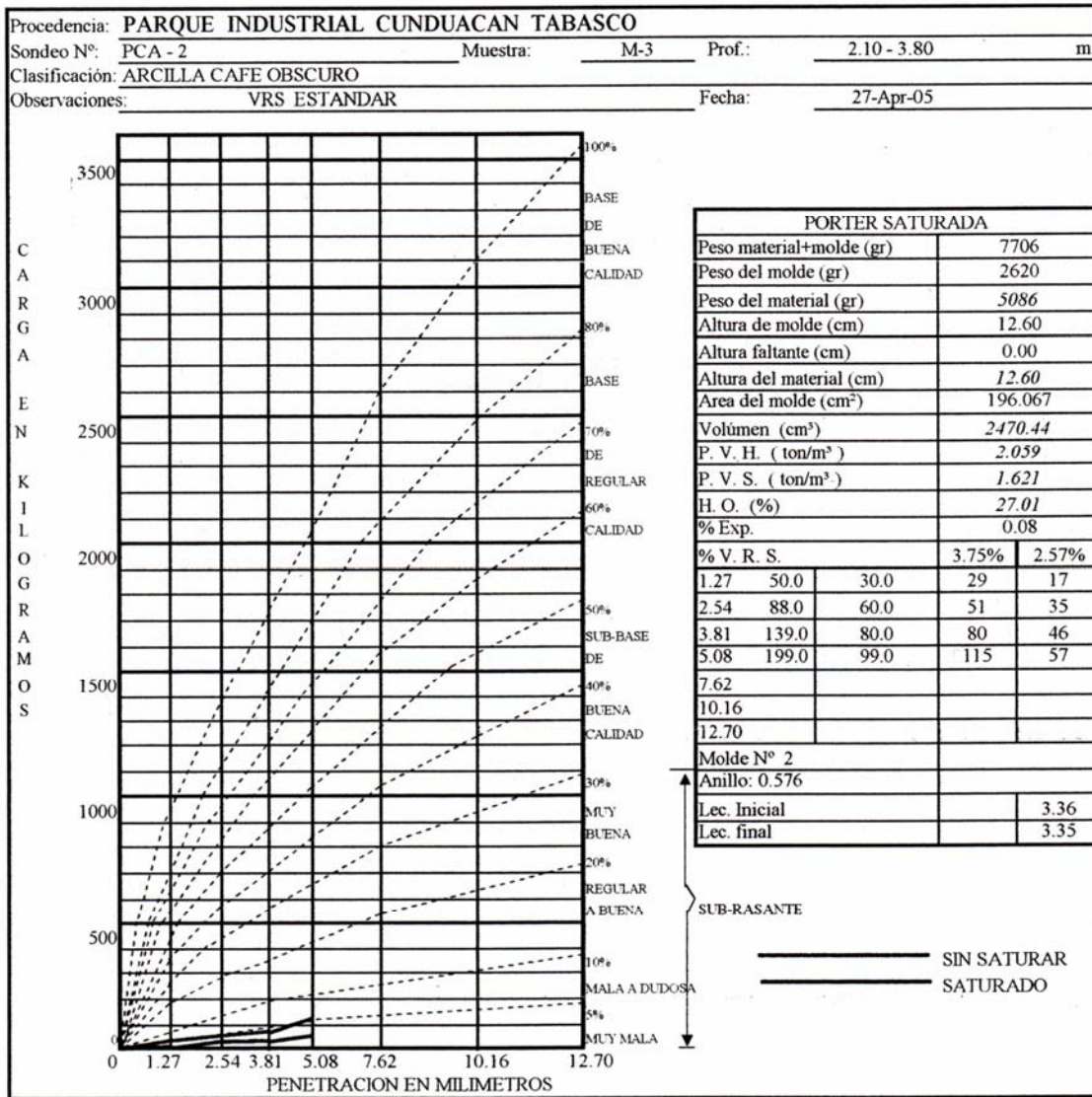


FIG.55 VALOR RELATIVO DE SOPORTE

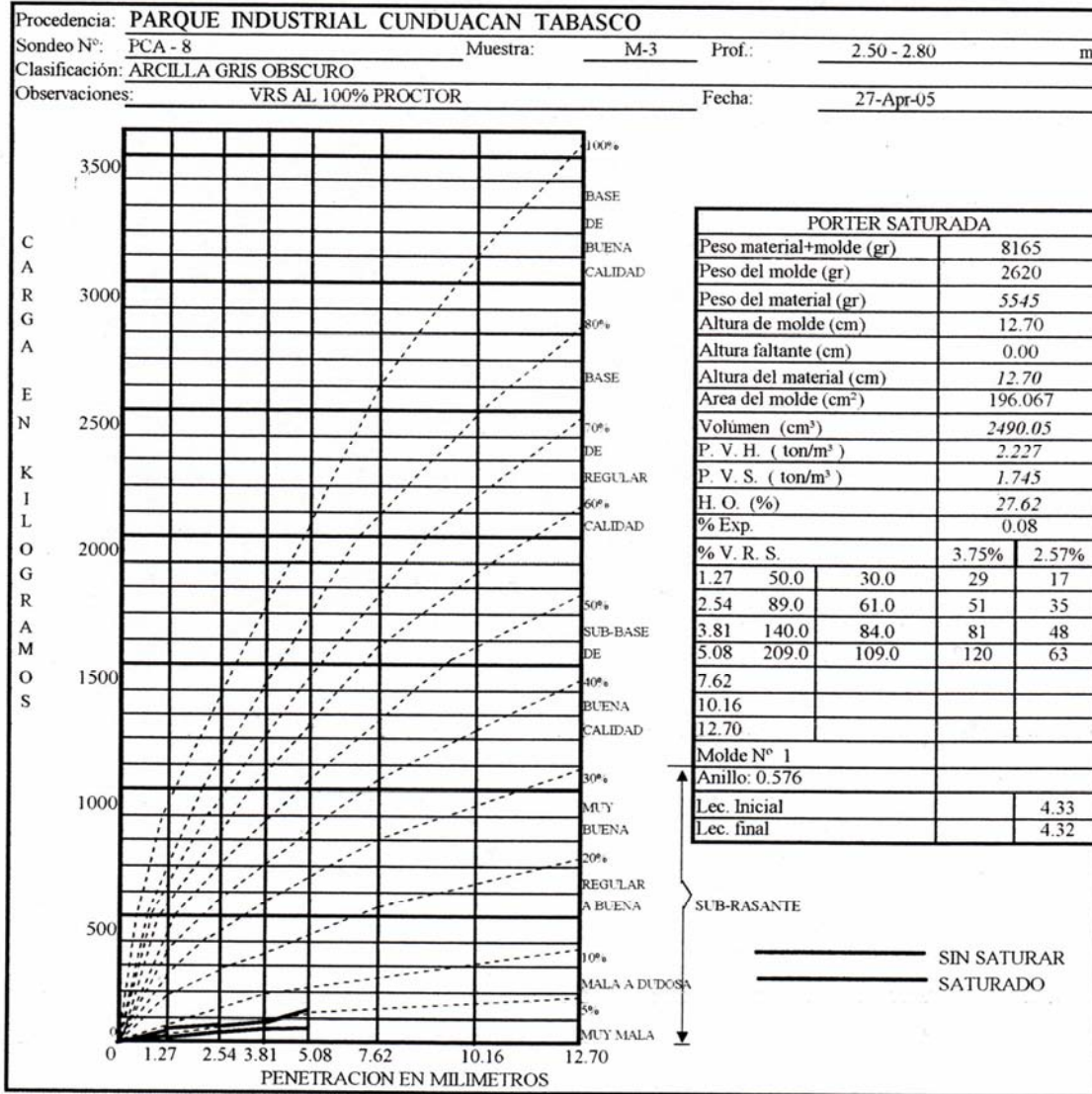


FIG.56 VALOR RELATIVO DE SOPORTE

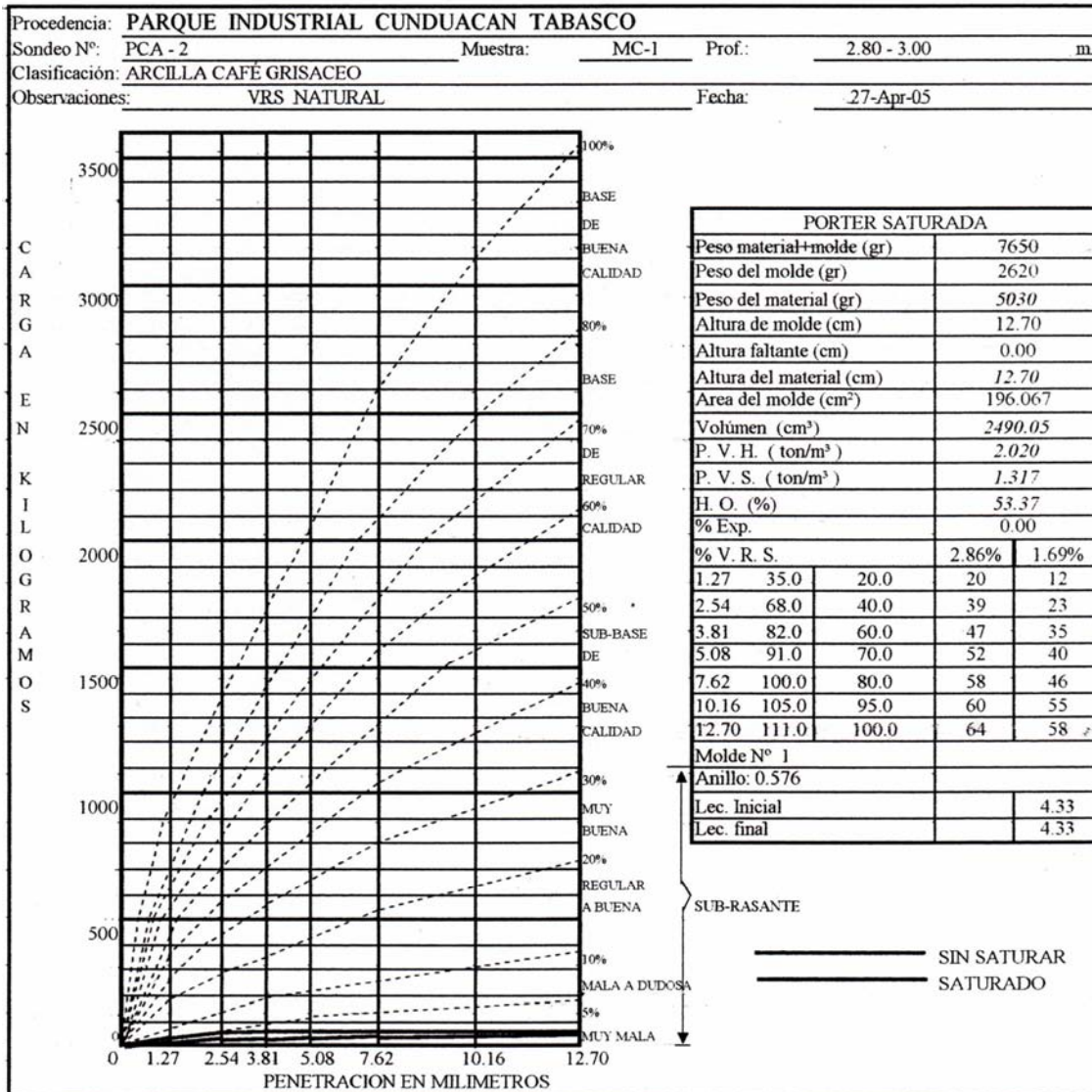


FIG.57 VALOR RELATIVO DE SOPORTE

PROYECTO: PARQUE INDUSTRIAL CUNDUACAN
 EN EL MUNICIPIO DE CUNDUACAN,, TABASCO.

BANCO DE MATERIALES PARA: AGREGADOS PARA CONCRETO, BASE, SUBBASE, SUBRASANTE DENOMINACION: BANCO SAMARIA

UBICACION	ESTRATO		CLASIFICACION	TRATAMIENTO PROBABLE	COEFICIENTE DE VARIACION VOLUMETRICA				CLASIFICACION PRESUPUESTO A - B - C
	No.	ESPESOR			90%	95%	100%	BANDEREO	
		(m)							
Carretera Coatzacoalcos-Villahermosa km. 132+220 desviación derecha a 300 m.	1	0.3	Capa vegetal	RETIRO					100 - 0 - 0
	2	INDEF.	Grava arenosa con arcilla gris claro, de compacidad compacta, (GP-GC)	COMPACTADO	0.96	0.91	0.86		30 - 70 - 0

DATOS GENERALES DEL BANCO	
LARGO :	2000 m. ANCHO: 1000 m.
ESPESOR:	5.0 m.
CAPACIDAD DEL BANCO:	SUFICIENTE
VOLUMEN APROVECHABLE ESTUDIADO:	10,000,000 m ³
% DE PARTICULAS > 3" :	
TAMAÑO MAXIMO DE PARTICULAS:	3/4"
OBSERVACIONES: ACTUALMENTE EN EXPLOTACION	
DISTANCIA MEDIA DE ACARREO 9 KM.	

CROQUIS DE LOCALIZACION

FIG.58 BANCO DE MATERIALES

OBRA: BANCO SAMARIA

<i>MUESTRA</i>	<i>LECTURA DE FINOS</i>	<i>LECTURA DE ARENA</i>	<i>%</i>
<i>1</i>	<i>7,18</i>	<i>3,80</i>	<i>52,92</i>

FECHA: 29 DE ABRIL DE 2005

FIG.59 RESULTADOS: EQUIVALENTES DE ARENA

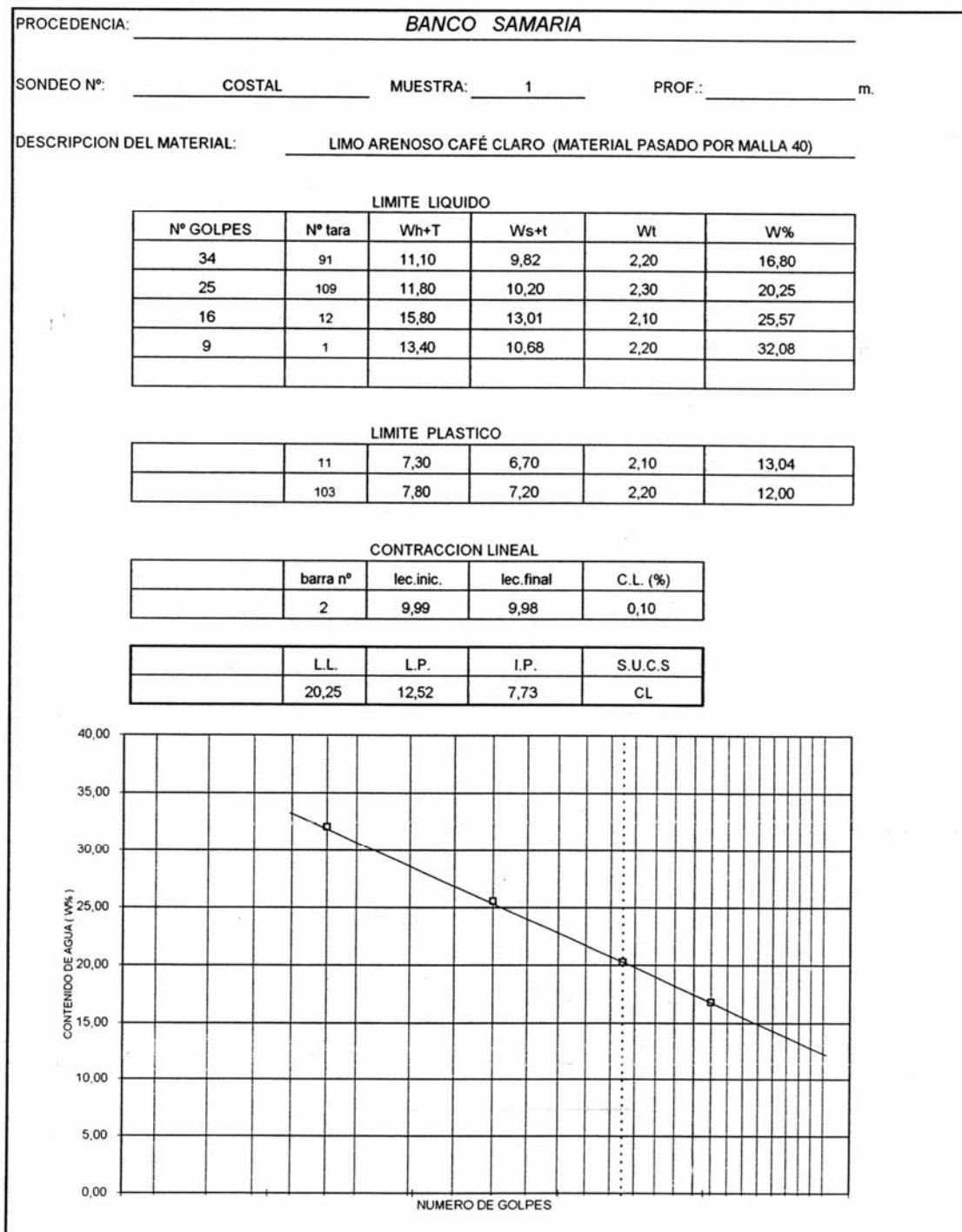


FIG.61 CÁLCULO DE LÍMITES DE CONSISTENCIA

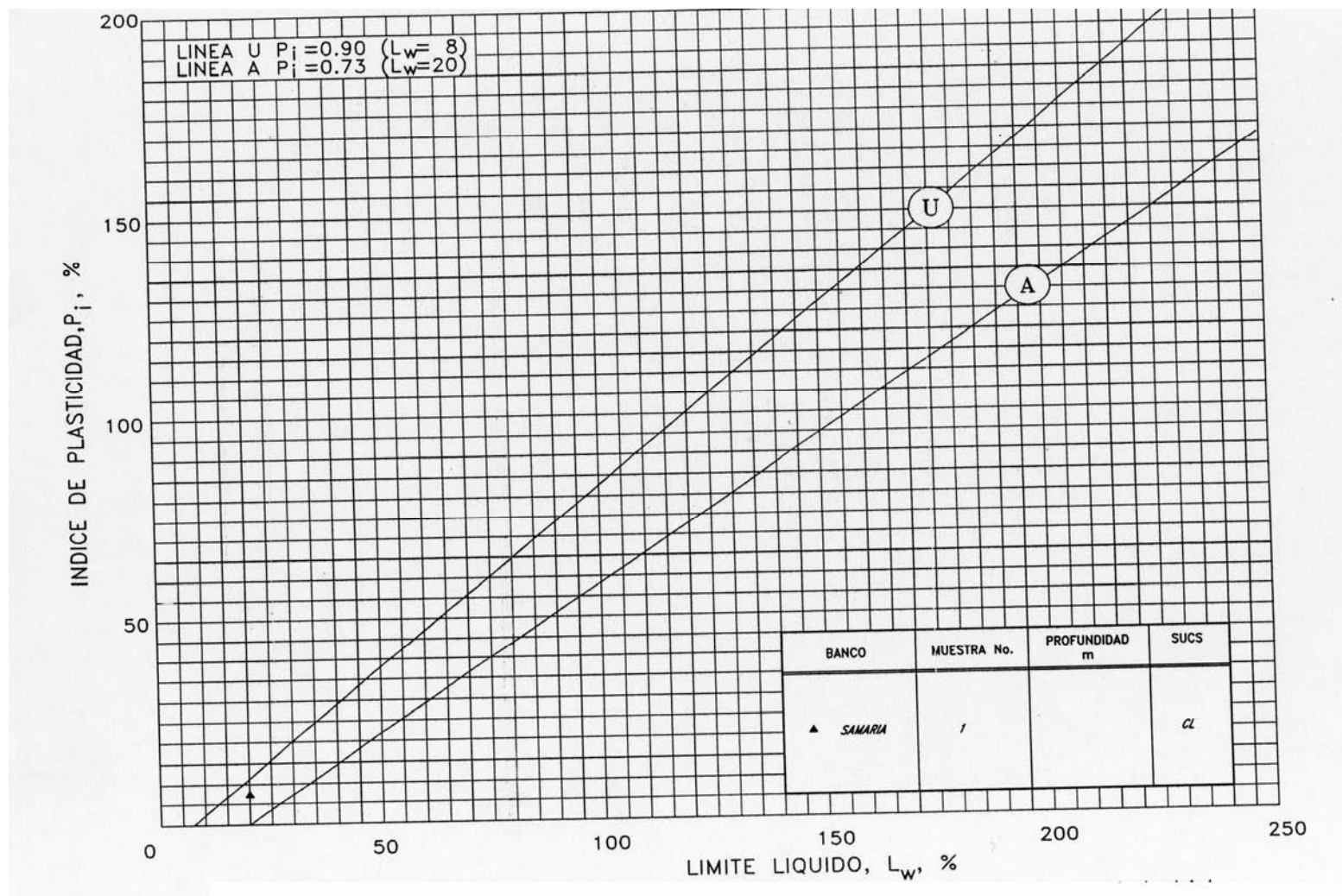


FIG.62 CARTA DE PLASTICIDAD CONSISTENCIA

FIG. 63 COMPACTACION PROCTOR

OBRA: SAMARIA
 MUESTRA: 1 PROFUNDIDAD: _____
 SONDEO: _____

MOLDE N°.: 1
 PESO T: 2,080 Kgs. PESO VOLUMETRICO SECO MAXIMO: 2141,70 kg/cm³
 VOLUMEN: 0,952 lts HUMEDAD OPTIMA: 4,45 %

W=Wh+T	Wh=W-T	Tara	W T	Wh+T	Ws+T	W	Ws2	P.VOLS
gs	gs	N°.	gs	gs	gs	%	Kgs	Kg/m3
3850	1770	29	3,50	81,70	78,30	4,55	1693,04	1778,41
4052	1972	15	3,50	89,10	85,00	5,03	1877,55	1972,21
4230	2150	44	3,50	113,80	108,10	5,45	2038,89	2141,70
4100	2020	133	3,50	91,70	86,85	5,82	1908,92	2005,17
3800	1720	96	3,90	94,10	88,50	6,62	1613,22	1694,55

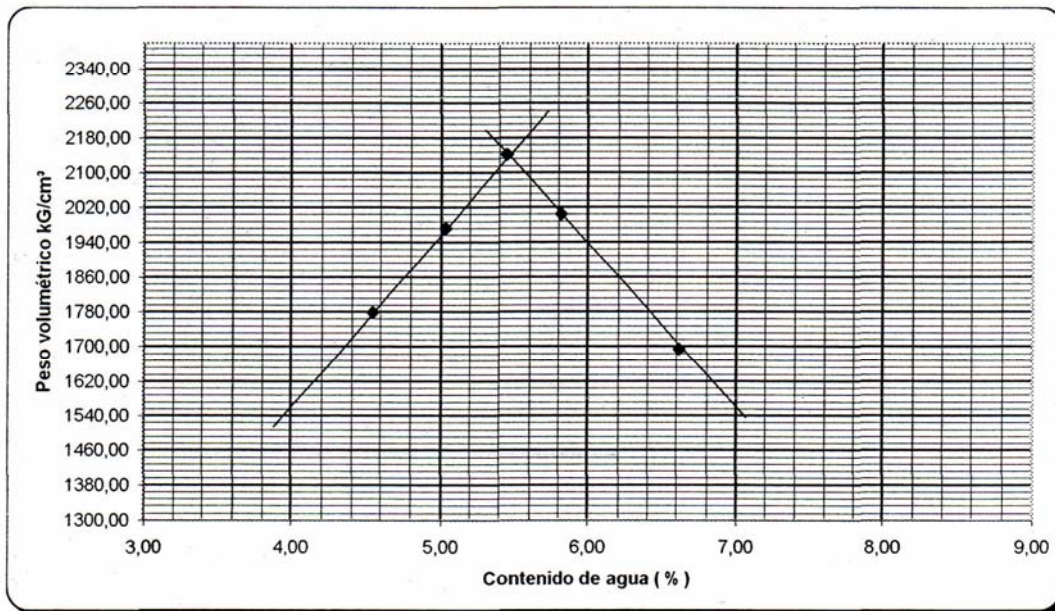


FIG. 64 VALOR RELATIVO DE SOPORTE

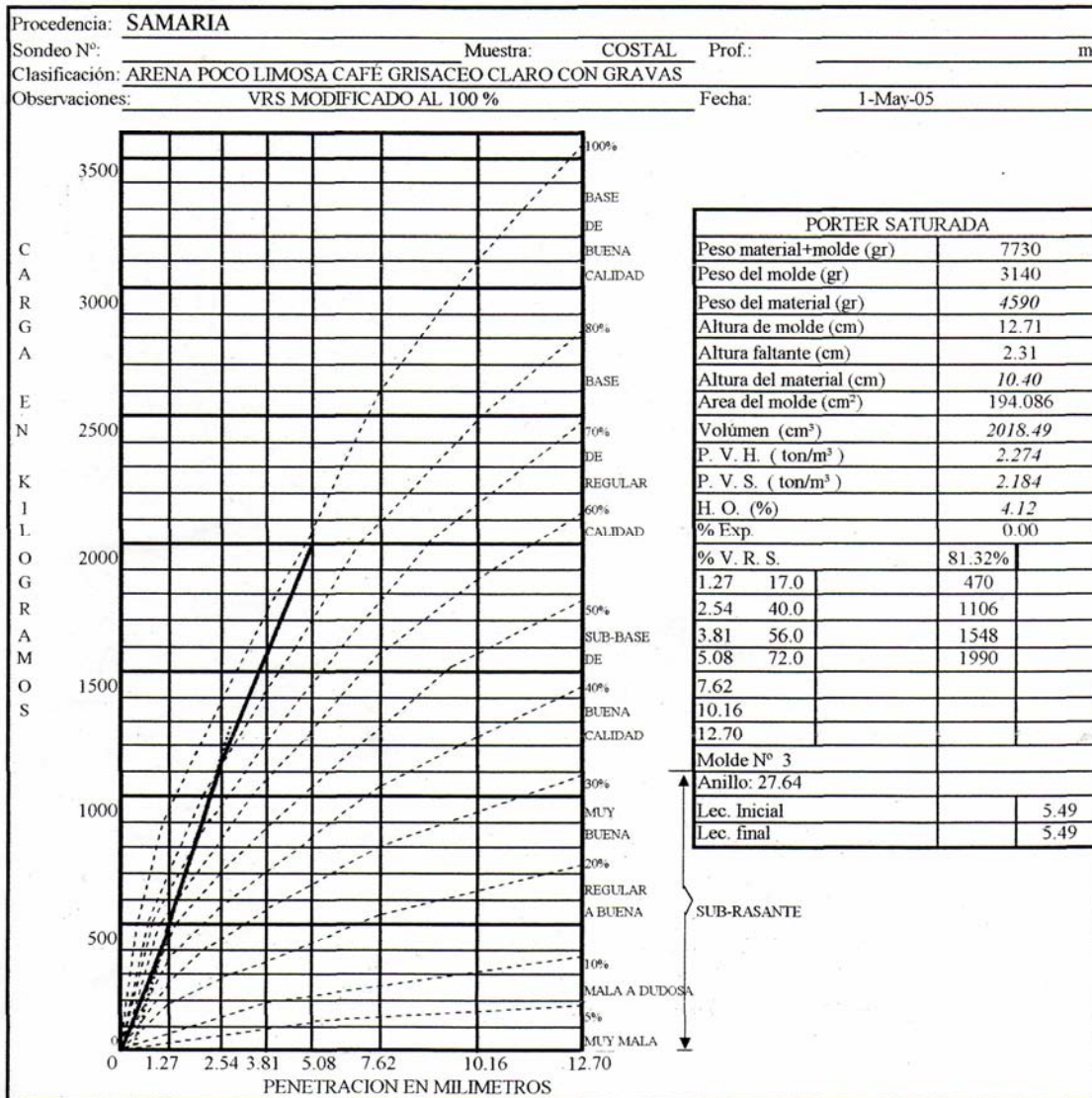


FIG. 65 VALOR RELATIVO DE SOPORTE

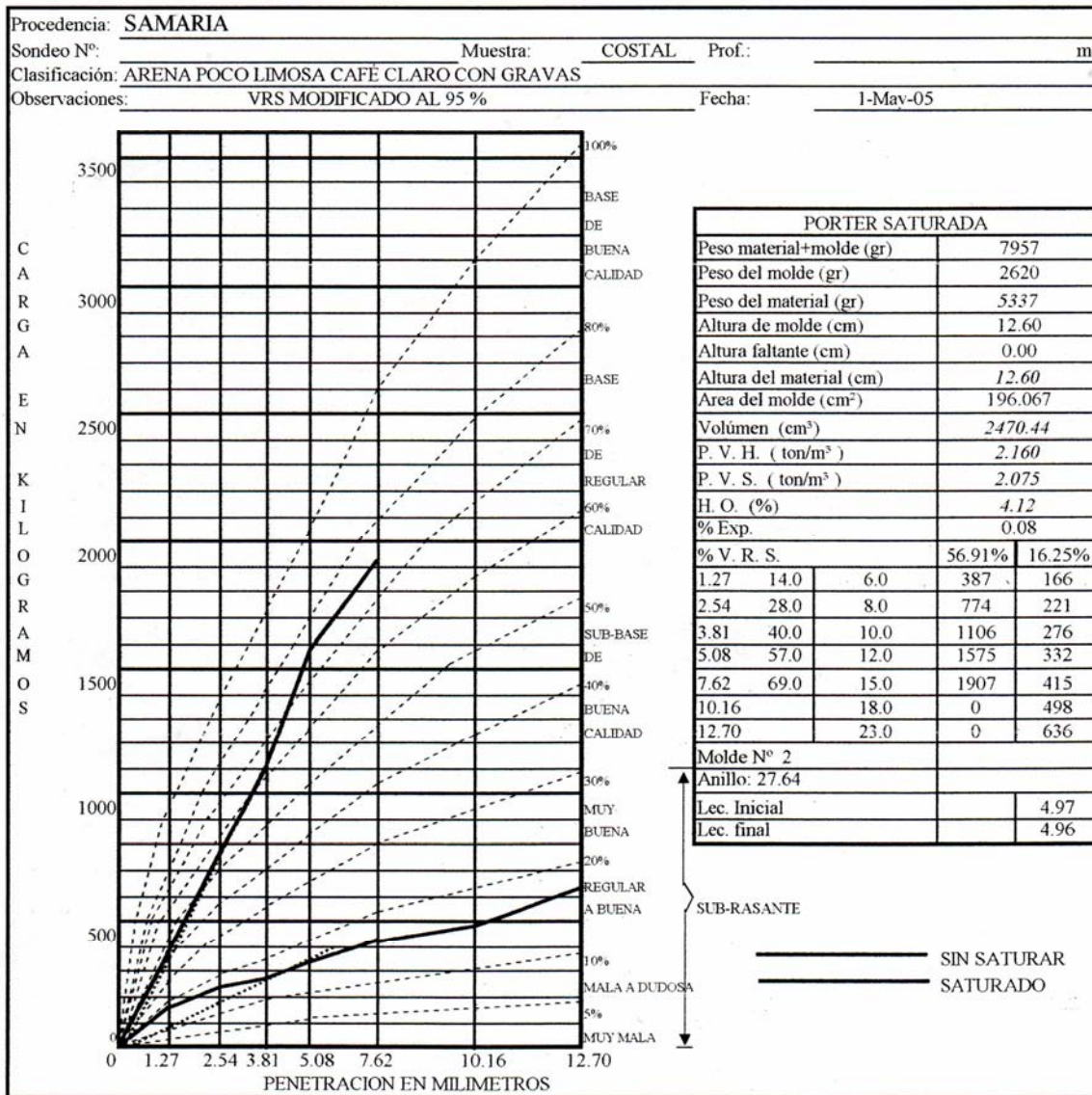
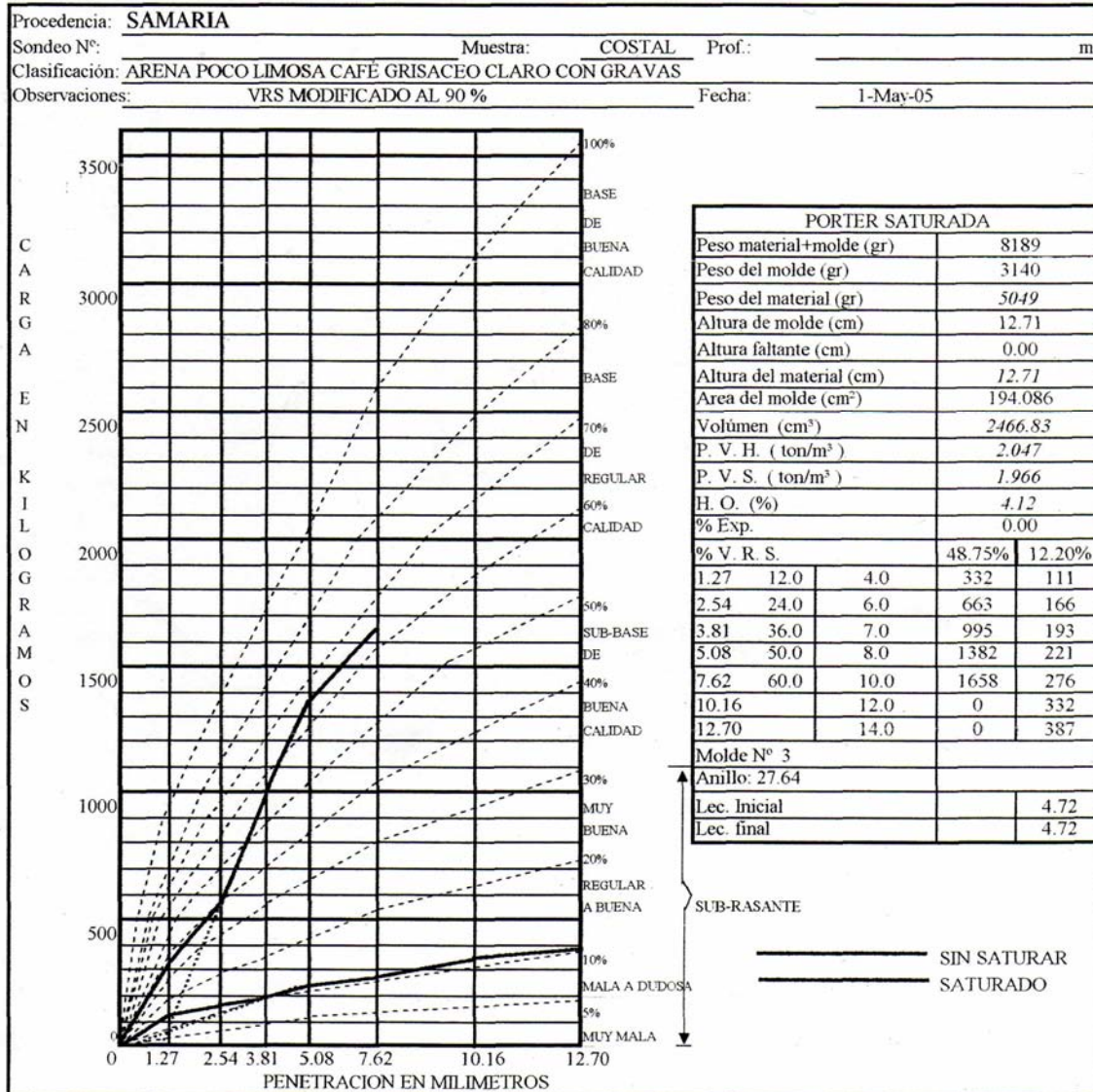


FIG. 66 VALOR RELATIVO DE SOPORTE

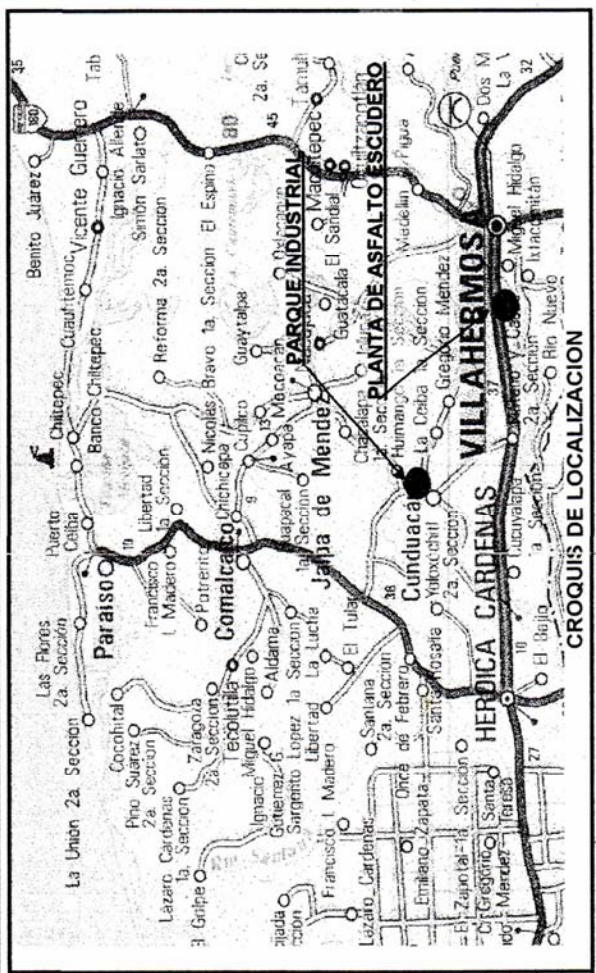


PROYECTO: PARQUE INDUSTRIAL CUNDUACAN
 EN EL MUNICIPIO DE CUNDUACAN, TABASCO.

FIG. 67 BANCO DE MATERIALES

UBICACION		ESTRATO		CLASIFICACION	TRATAMIENTO PROBABLE	COEFICIENTE DE VARIACION VOLUMETRICA			CLASIFICACION PRESUPUESTO
		No.	ESPEJOR (m)			90%	95%	100%	
Carretera Coatzacoalcos-Villahermosa km. 157+400 ejido Lazaro Cárdenas				mezcla asfáltica					A - B - C
DATOS GENERALES DEL BANCO									
LARGO:		ANCHO:							
ESPEJOR:		SUFICIENTE							
CAPACIDAD DEL BANCO:		VOLUMEN APROVECHABLE ESTUDIADO:							
% DE PARTICULAS > 3":		TAMAÑO MAXIMO DE PARTICULAS: 3/4"							
OBSERVACIONES: ACTUALMENTE EN EXPLOTACION		DISTANCIA MEDIA DE ACARREO 12 KM.							

DENOMINACION: ESCUDERO





LABORATORIO

PARA LA CONSTRUCCION S.A. DE C.V.

PERIFERICO NORTE S/N
COL. MELCHOR OCAMPO 2da SECCION

TEL. 20424 EXT. 1800
M. CARDENAS TABASCO

FICHA TECNICA

MEZCLA ASFALTICA EN FRIO "ARENA - EMULSION"

La Mezcla Asfáltica en Frío es elaborada con Arena gruesa procedente del Banco de materiales "La Luz", Ubicado en Carretera R. de Malpaso - El Beñote Km. 122+300 Desv./Izq. y Emulsion Asfáltica de Rompimiento Medio Catiónico (ECM-65) que produce Escudero Grupo Empresarial, S.A. de C.V. en *Planta Villahermosa*, ubicada en Km. 156+400 desv. der. de la Carret. Cardenas-Vhsa. R/a. Lazaro Cardenas, Centro, Tab.

CARACTERISTICAS DEL MATERIAL PÉTREO

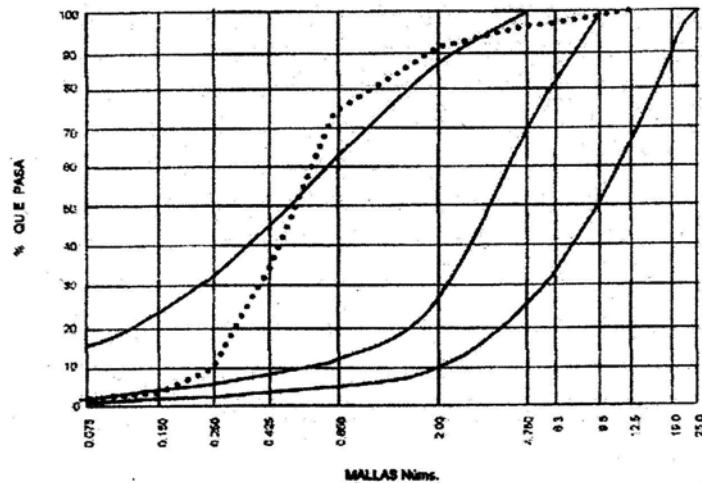
P.E SECO SUELTO, kg/m ³	1500
EQUIV ARENA %	92.9
DENSIDAD	2.6
ABSORCIÓN %	1.96
ADHERENCIA	BUENA
CONTRACCION LINEAL	0
DESGASTE, %	

ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO

T. MÁXIMO mm	12.5
DESPERDICIO %	
MALLA	
Num: 25.0	100
" 19.0	100
" 12.5	100
" 9.5	99
" 6.3	98
" 4.75	97
" 2.00	91
" 0.850	73
" 0.425	33
" 0.250	10
" 0.150	2
" 0.075	1

COMPOSICION GRANULOMETRICA

GRAFICA DE COMPOSICION GRANULOMETRICA



CARACTERISTICAS DE LA MEZCLA ASFALTICA

TIPO DE EMULSION	ROMPIMIENTO MEDIO CATIONICO
LTS. DE EMULSION POR M ³ DE MATERIAL	125.8 (±10%)
% DE HUMEDAD DEL PETREO	5.0
% DE C. ASF. OPTIMO TEORICO	5.0 (±10%)
% RESIDUO ASFALTICO DE LA EMULSION	62.0
PESO VOLUMETRICO MAXIMO DE LA MEZCLA	1870 KGS/M ³

ESPECIFICACIONES

La Mezcla Asfáltica cumple con las NORMAS que establece la S.C.T., A) Calidad de Materiales Pétreos para Carpetas, Mezclas Asfálticas y Riegos de Sello Libro 4 Parte 4.01 Título 4.01.01 Cap. 009, B) Calidad de Materiales Asfálticos N.CMT.4.05.001/00; C) Carpetas Asfálticas con Mezcla en Frío N.CTR.CAR.1.04.007/00



LABORATORIO

PARA LA CONSTRUCCION S.A. DE C.V.

PERUENIGO NORTE S.M
COL. MELGHOR OCAMPO 2da. SECC.
R.F.C. 100-000827-4WZ

TEL. 20424 EXT. 1800
M. CÁRDENAS TABASCO
E-MAIL: lorilesoude@com.mx

FICHA TECNICA

EMULSION ASFALTICA DE ROMPIMIENTO MEDIO CAT. CLASIFICACION ECM-85		
CARACTERISTICAS	RESULTADOS	ESPECIFICACION M.T.
CONTENIDO DE CEMENTO ASFALTICO EN MANA; %, MINIMO	85.8	85
VISCOSIDAD SAYBOLT - FUROI A 25°C; %, MINIMO	83	-----
VISCOSIDAD SAYBOLT - FUROI A 50°C; %, MINIMO	36	25
ASENTAMIENTO EN 5 DIAS; DIFERENCIA EN %, MAXIMO	4.1	5
RETENIDO EN MALLA No. 20 EN LA PRUEBA DEL TAMIZ; %, MAXIMO	0.07	0.1
PASA MALLA No. 20 Y SE RETIENE EN MALLA No. 60 EN TAMIZ; %, MAXIMO	0.21	0.25
CUBRIMIENTO DEL AGREGADO SECO; %, MINIMO	98	90
CUBRIMIENTO DEL AGREGADO HUMEDO; %, MINIMO	87	75
CARGA ELECTRICA DE LAS PARTICULAS	(+)	(+)
DISOLVENTE EN VOLUMEN; %, MAXIMO	-----	5
INDICE DE RUPTURA; %	-----	80 - 140
PRUEBAS AL RESIDUO DE LA DESTILACION.		
VISCOSIDAD DINAMICA A 60°C; Pa.s	-----	50 ± 10
PENETRACION A 25°C. EN 100 g Y 5 s; 10 ⁻⁴ ; MINIMO	87	100 - 250
SOLUBILIDAD; %, MINIMO	98.7	97.5
DUCTILIDAD A 25°C; cm; MINIMO	41	40

APLICACION:

Esta es la Emulsión Asfáltica más adecuada para la elaboración de mezclas con agregados pétreos limpios, ni calizos ni altamente cuersos, ya que las propiedades de los agentes químicos que contienen permiten el tiempo suficiente para elaborar la mezcla en planta instalada en la misma obra. Además es utilizada para aplicación en riegos de impregnación, el objetivo de este tratamiento es para proteger la base hidráulica de la lluvia, así como del tránsito vehicular durante la construcción, ya que funciona como zona de transición entre la base hidráulica y la Capa Asfáltica.

La dosificación depende en gran parte de la textura de la base, pero en términos generales esta varía de 1 a 1.5 lbs. por M²; este riego de asfalto se deberá proteger con un peneo de mezcla asfáltica, para evitar la adherencia entre los neumáticos de los vehículos.

* La muestra fue tomada del tanque de almacenamiento de Planta Villahermosa ubicada en el ejido Lázaro Cárdenas, km. 157+400 de la Carretera Cárdenas-Villahermosa

km_04



Carretera Villahermosa-Cárdenas, Km. 157+400, Cárdenas, Tabasco, México. C.P. 29220 A.P. 45
Tel. (993) 339 00 36 y 339 60 63 Fax. Ext. 1421 e-mail: industrial@escudero.com.mx

Villahermosa, Tabasco a 21 de Marzo de 2005

APRECIABLE CLIENTE

Por medio de la presente nos permitimos dar a conocer la lista de precios vigente de Productos Asfálticos en nuestra Planta Villahermosa:

DESCRIPCION	UNIDAD	PRECIO UNITARIO
Emulsion Asfáltica Cationica de Rompimiento Rápido	M ³	\$2,185.73
Emulsion Asfáltica Cationica de Rompimiento Medio	M ³	\$2,197.16
Emulsion Asfáltica Cationica de Rompimiento Medio Especial	M ³	\$2,334.48
Emulsion Asfáltica Cationica de Rompimiento Lento	M ³	\$2,252.59
Emulsion Asfáltica Cationica de Rompimiento Lento Especial	M ³	\$2,389.46
Emulsion Asfáltica Cationica de Rompimiento Superestable	M ³	\$2,196.85
ASFALTO AC-20 para Impregnación	Ton.	\$3,990.17
Mezcla Asfáltica en Frío , Arena-Emulsión	M ³	\$412.54
Mezcla Asfáltica en Frío , Arena-Emulsión Pobre	M ³	\$328.37
Concreto Asfáltico en Frío con Grava de 1/2" a finos	M ³	\$832.89
Concreto Asfáltico en Frío para Bacheo Rapido	M ³	\$1,200.00
Mezcla Asfáltica en Caliente , Arena-Cemento Asfáltico Ac-20	M ³	\$596.74
Concreto Asfáltico en Caliente con Grava de 3/4" a finos	M ³	\$855.00
Concreto Asfáltico en Caliente con Grava de 1/2" a finos	M ³	\$980.85
Mezcla Asfáltica en Caliente tipo OPEN GRADE con grava de 1/2" a finos y Asfalto modificado con polímero S.B.S. Al 3%	M ³	\$1,120.25
Mezcla Asfáltica en Caliente tipo S.M.A con grava de 1/2" a finos y Asfalto modificado con polímero S.B.S. Al 3%	M ³	\$1,120.25
Sello Premezclado	M ³	\$550.06

LUGAR DE ENTREGA: L.A.B. En "PLANTA Villahermosa", ubicada en: Km. 157+400 de la Carretera Cárdenas-Villahermosa, R/a Lazaro Cardenas 2da. Seccion, Municipio de Centro.Tab.

FORMA DE PAGO: De contado

NOTAS: **Estos precios no incluyen el Impuesto Al Valor Agregado (I.V.A.)

**El costo de los productos asfálticos pueden variar cada fin de mes de acuerdo al incremento o decremento del ASFALTO AC-20 por parte de Pemex Refinación.

ATENTAMENTE

ING. JANET IVONNE HERNANDEZ TORRES

Ejecutiva de Ventas

ivonne.hernandez@escudero.com.mx

Tel. (993) 3 39 00 36, 3 36 60 63

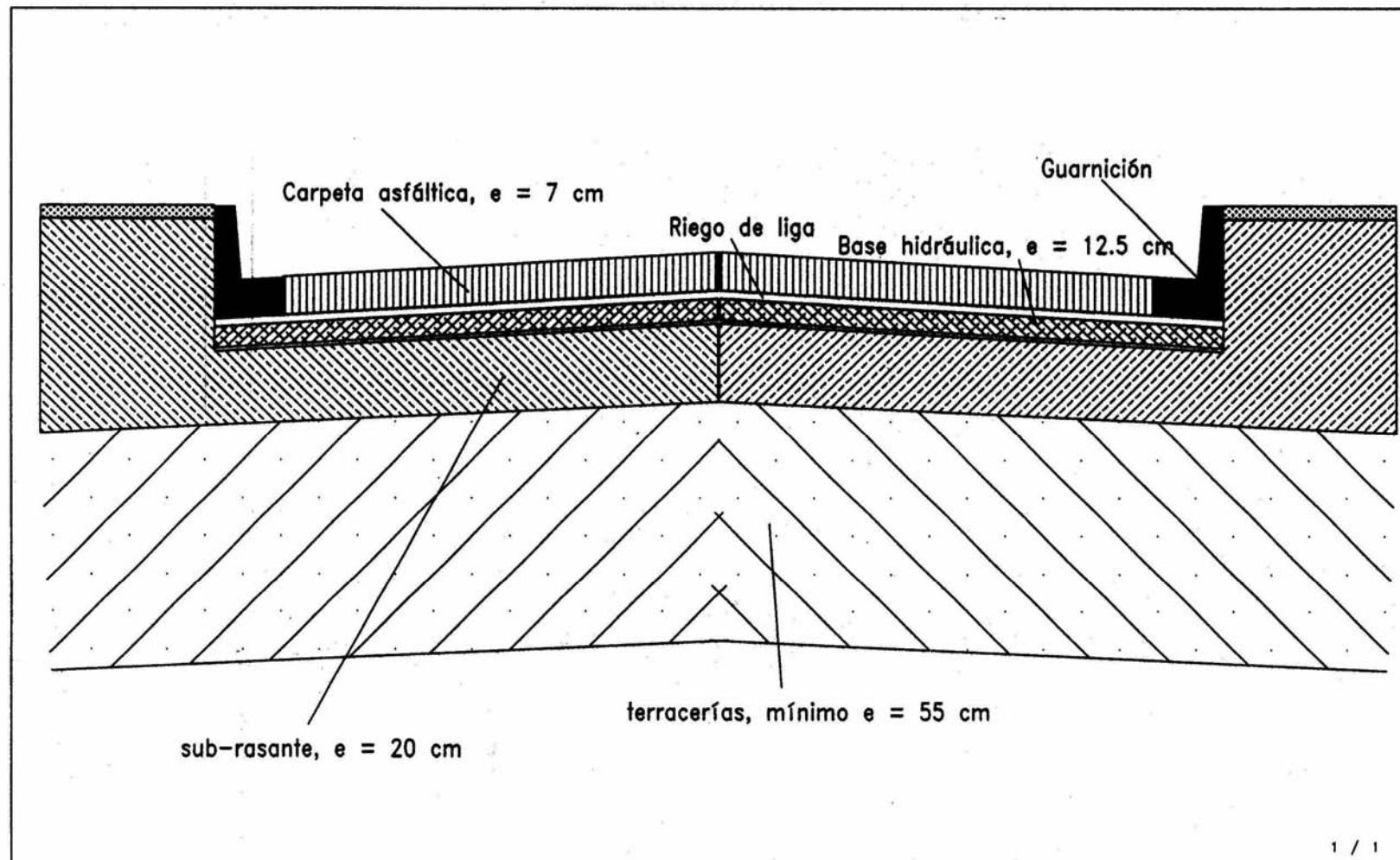


FIG.71 ESTRUCTURA DEL PAVIMENTO FLEXIBLE DE LAS VIALIDADES INTERIORES.

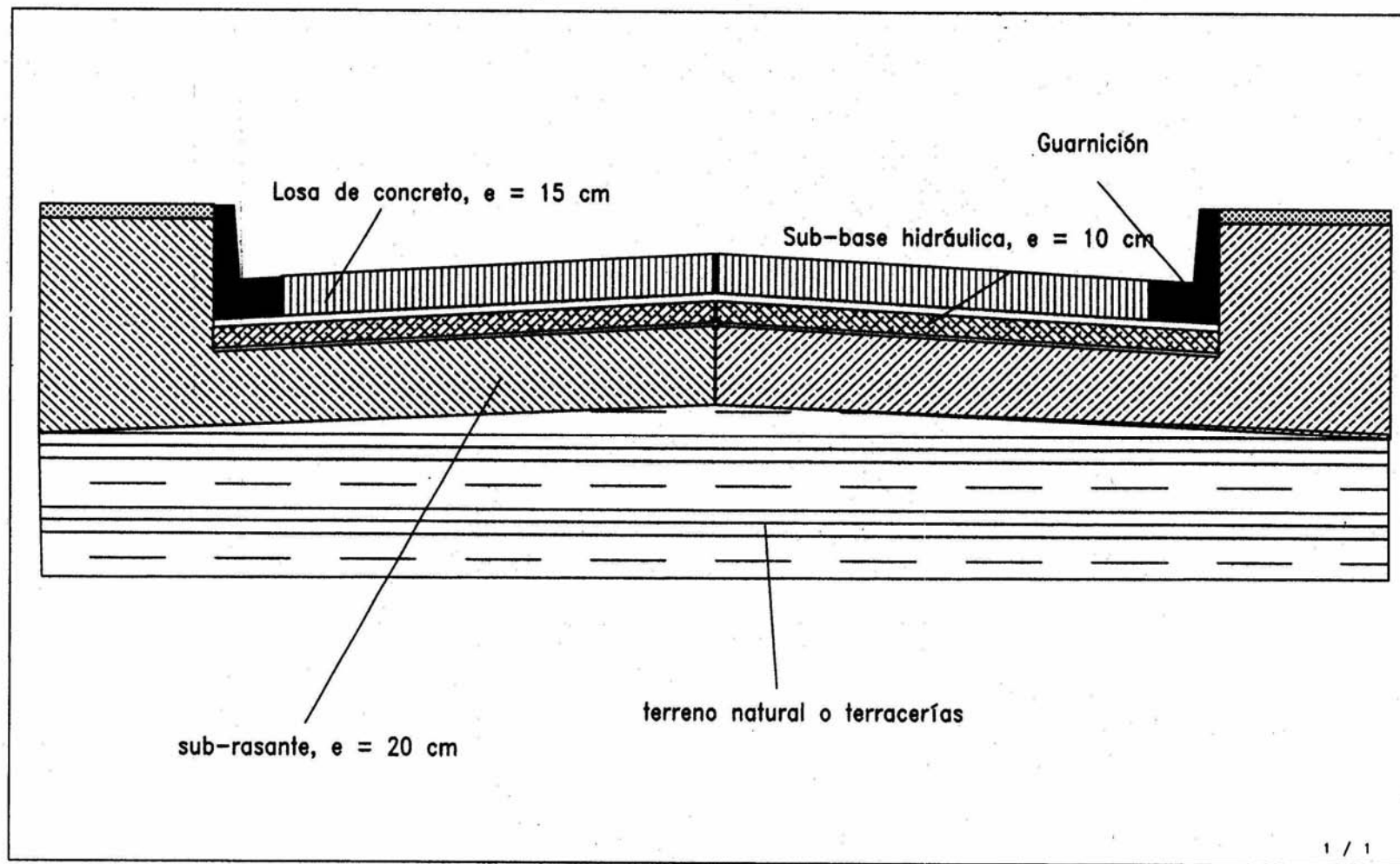


FIG.72 ESTRUCTURA DEL PAVIMENTO RÍGIDO DE LAS VIALIDADES INTERIORES.

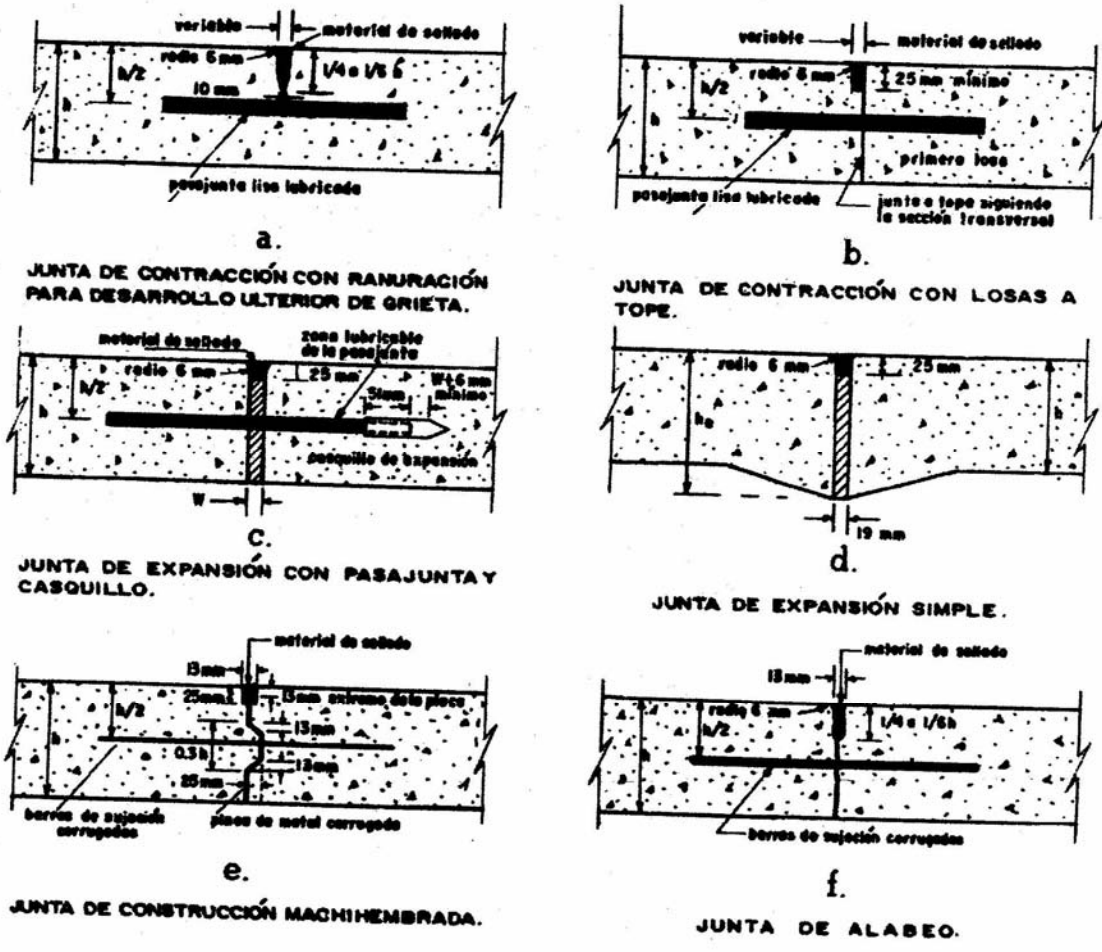


FIG.73 JUNTAS COMÚNES EN PAVIMENTOS RÍGIDOS.

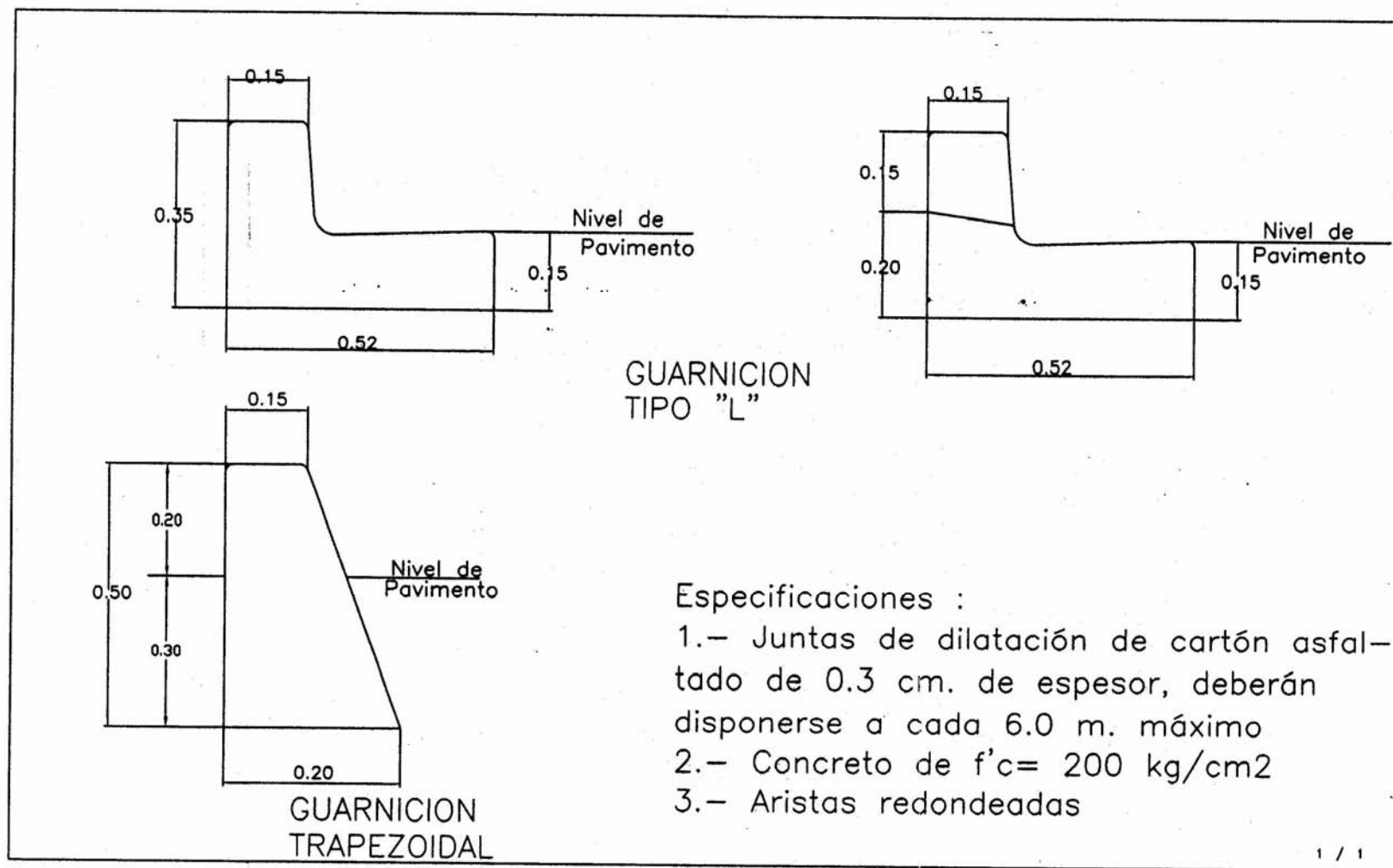


FIG.74 GUARNICIONES PARA LAS VIALIDADES DEL PARQUE INDUSTRIAL CUNDUACAN

ANEXO FOTOGRAFICO

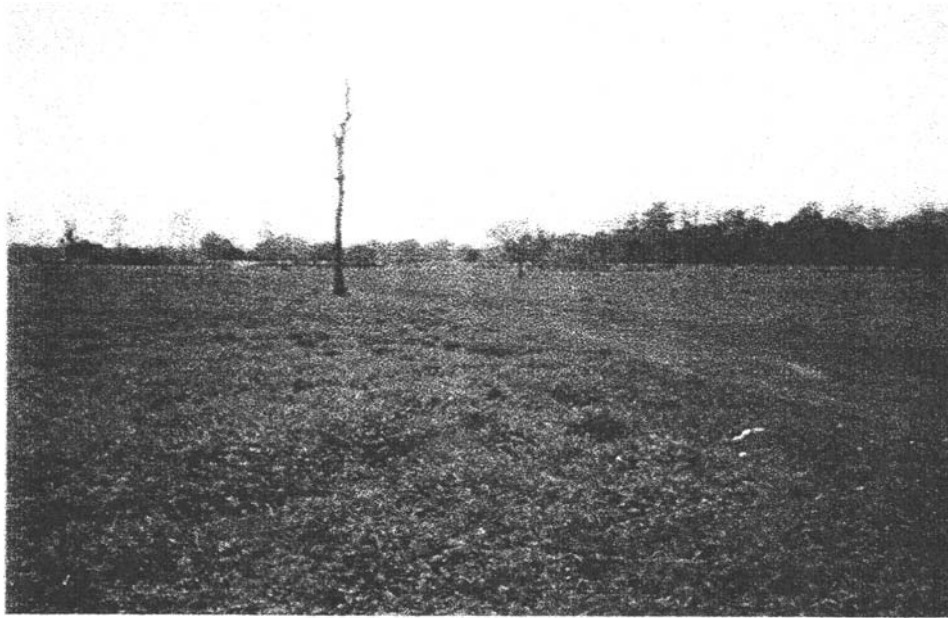


FOTO 1

VISTA DEL PCA-1 A LA CARRETERA CUNDUACAN – COMALCALCO, DONDE SE OBSERVA UN TERRENO PLANO CON VEGETACIÓN DE PASTISALES EN GENERAL

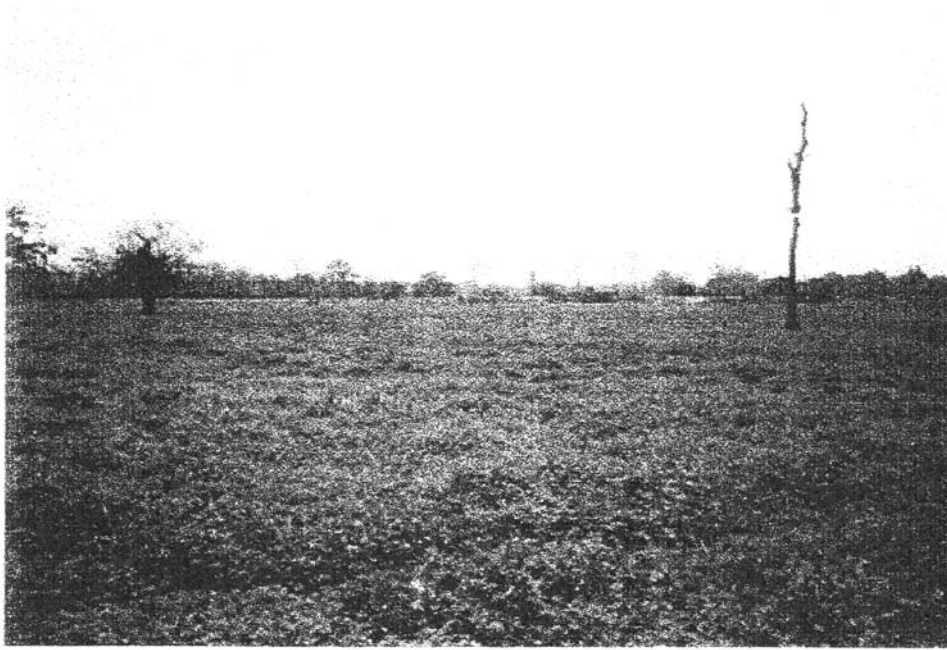


FOTO 2
OTRA VISTA DEL PCA-1 A LA CARRETERA CUNDUACAN - COMALCALCO. DONDE SE
OBSERVA UN TERRENO PLANO CON VEGETACIÓN DE PASTISALES EN GENERAL.

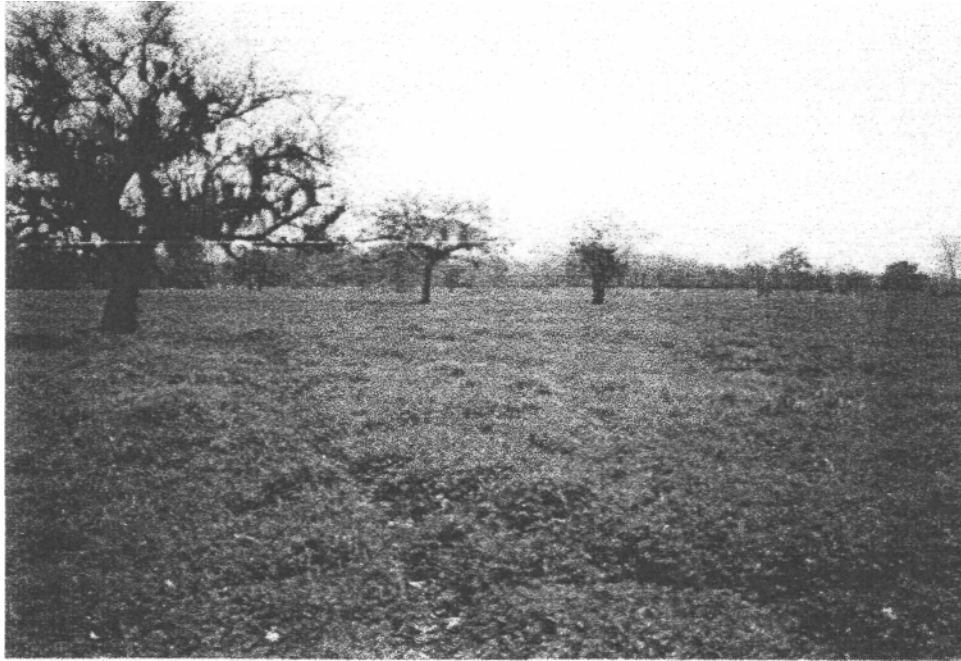


FOTO 3
VISTA DEL PCA-1 A LA CARRETERA CUNDUACAN - COMALCALCO. EN DONDE SE PUEDE
OBSERVAR PASTIZALES Y ÁRBOLES, TERRENOS QUE EN ÉPOCA DE LLUVIAS SE
INUNDAN.

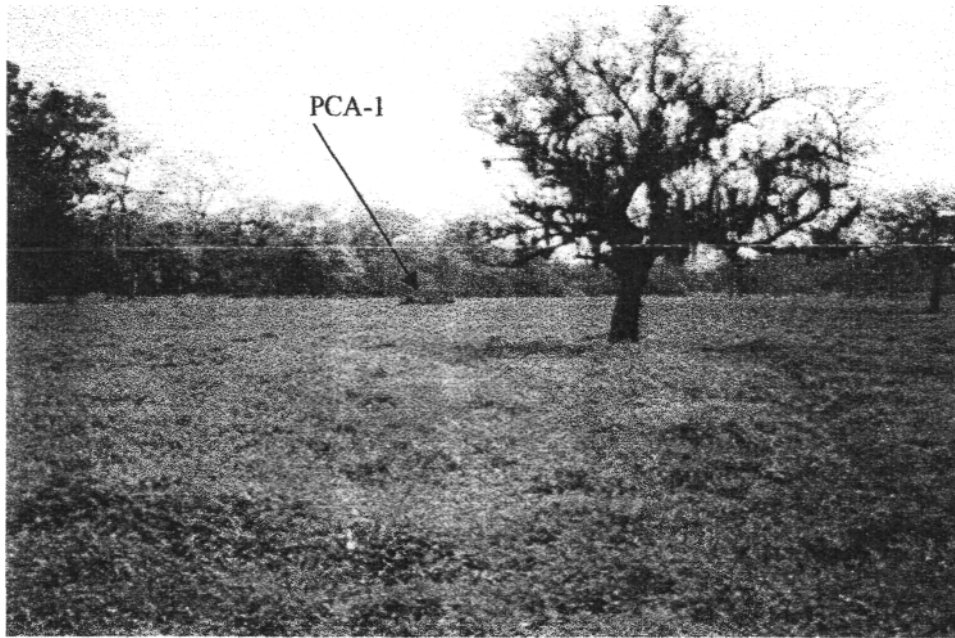


FOTO 4
VISTA DE LA CARRETERA AL PCA-1.



FOTO 5
VISTA DEL POZO A CIELO ABIERTO PCA-1 EXCAVADO CON UNA RETROEXCAVADORA.

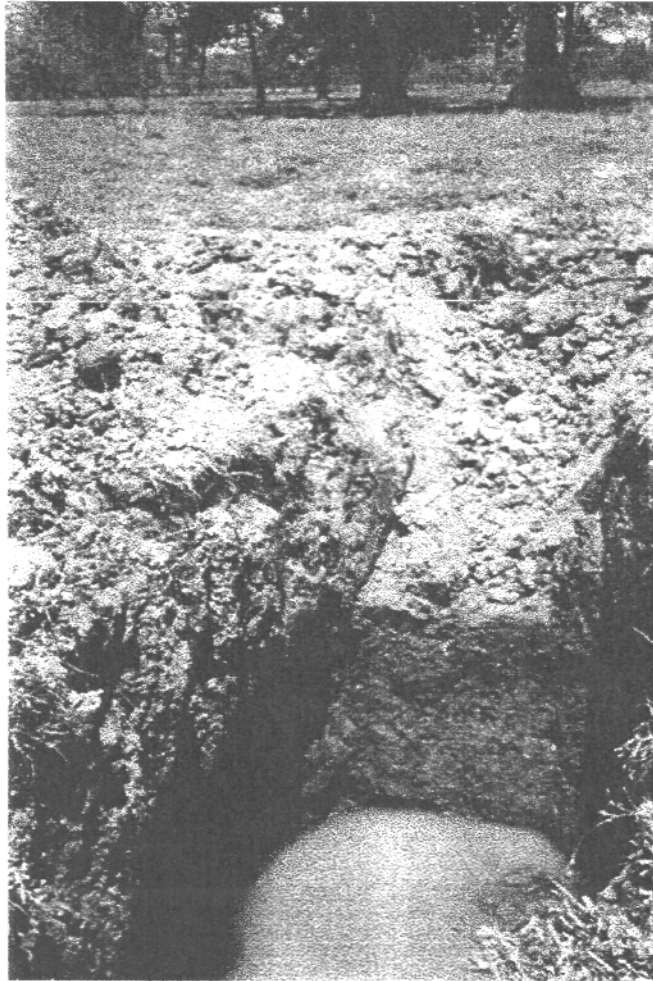


FOTO 6
VISTA DE LA ESTRATIGRAFÍA DEL PCA-1, DONDE SE EXCAVO HASTA 4 20 M. DE PROFUNDIDAD, EL NAF SE DETECTO A 2.50 M.

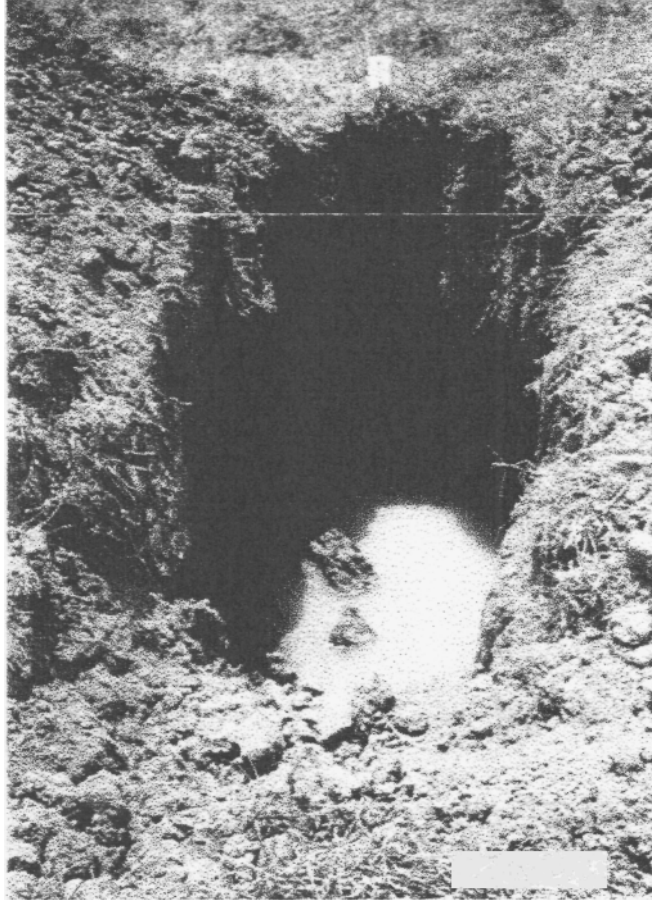
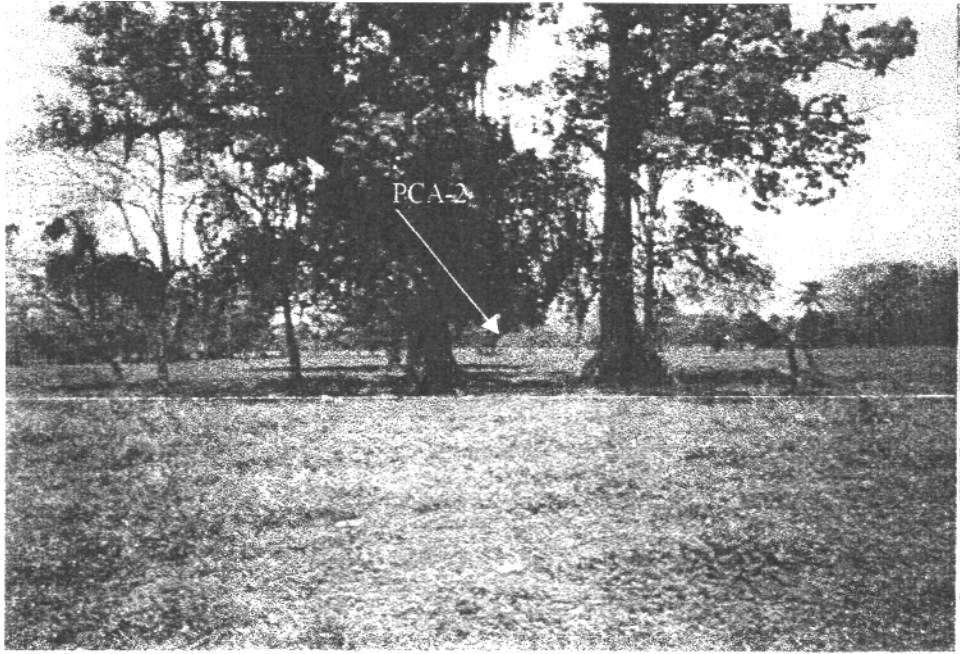


FOTO 7
OTRA VISTA DE LA ESTRATIGRAFÍA DEL PCA-1.



FOTOS
VISTA DEL PCA-1 AL PCA-2. DONDE SE OBSERVA UN TERRENO PLANO CON
VEGETACIÓN DE Y ÁRBOLES EN GENERAL.

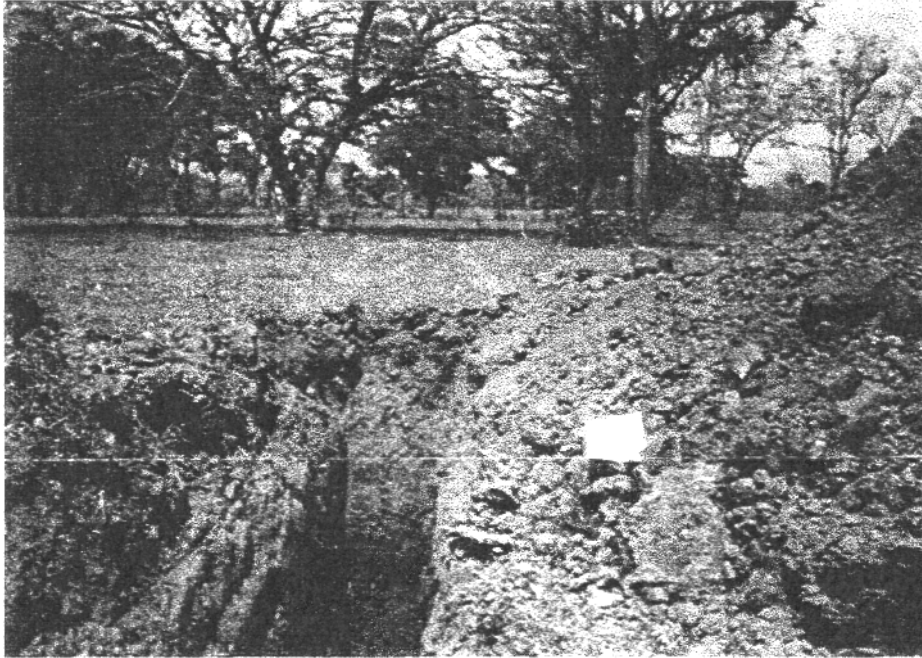
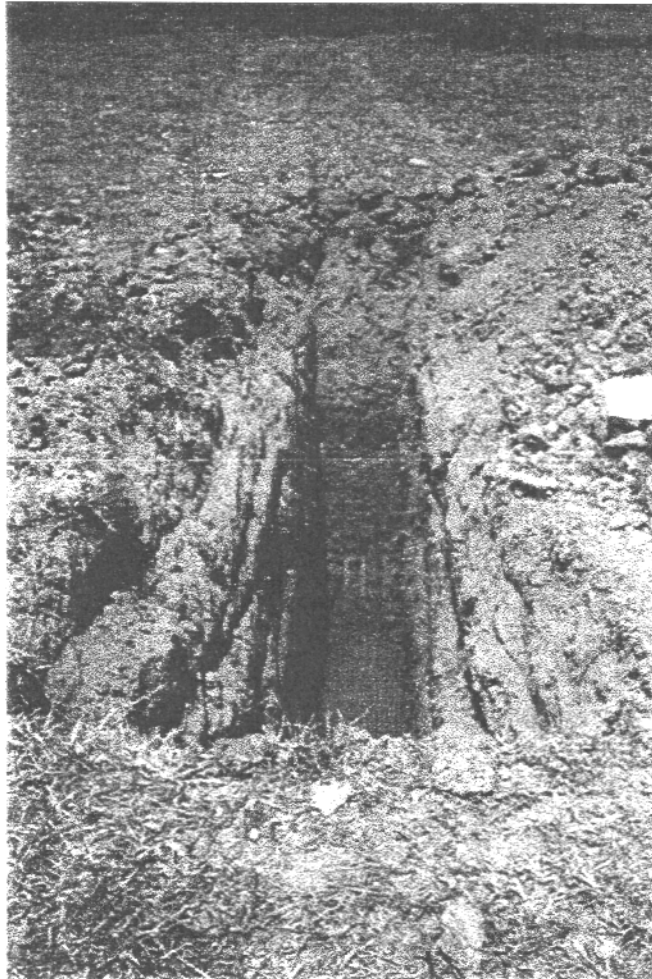


FOTO 9
VISTA DE LA ESTRATIGRAFÍA DEL PCA-2, DONDE SE EXCAVO HASTA 3.80 M. DE PROFUNDIDAD, EL NAF SE DETECTO A 2.50 M.



**FOTO 10
OTRA VISTA DE LA ESTRATIGRAFÍA DEL PCA-2.**

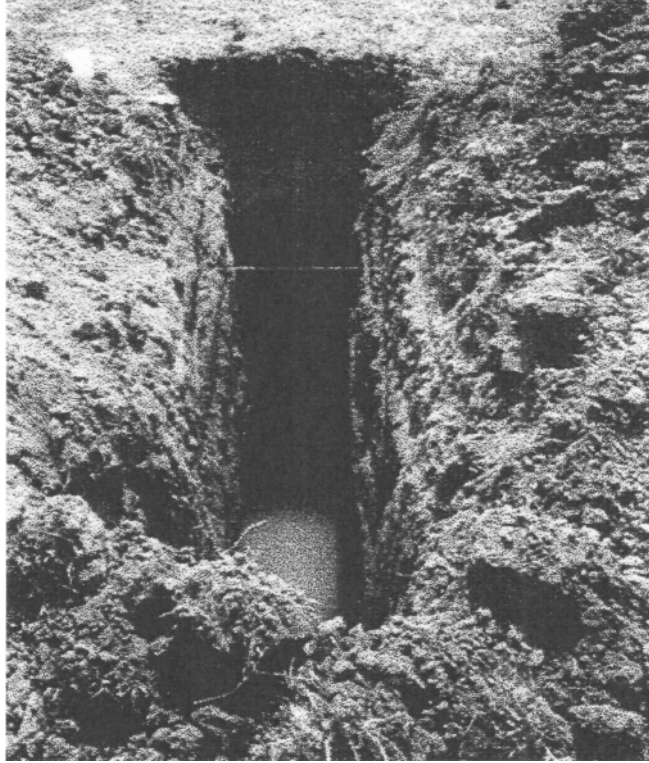


FOTO 11
OTRA VISTA DE LA ESTRATIGRAFÍA DEL PCA-2. DONDE SE EXCAVO HASTA 3.80 M. DE PROFUNDIDAD.

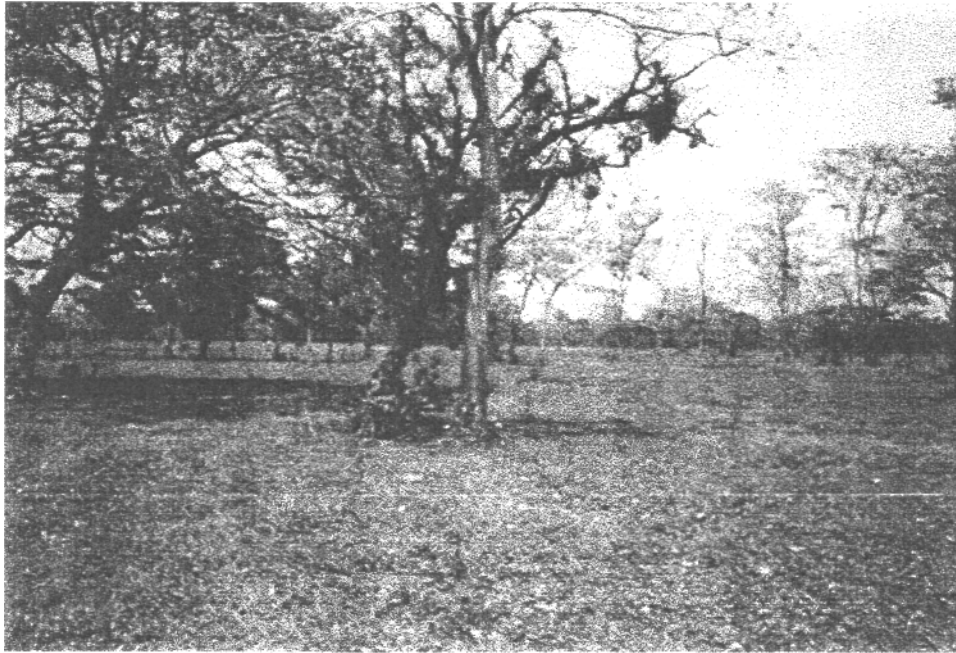


FOTO 12
VISTA DEL PCA-2 AL PCA-3.



FOTO 13
VISTA DE LA ESTRATIGRAFÍA DEL PCA-3, DONDE SE EXCAVO HASTA 3.20 M. DE PROFUNDIDAD, EL NAF SE DETECTO A 2.55 M.



FOTO 14
OTRA VISTA DE LA ESTRATIGRAFÍA DEL PCA-3. DONDE SE EXCAVO HASTA 3.20 M. DE PROFUNDIDAD. EL NAF SE DETECTO A 2.55 M.

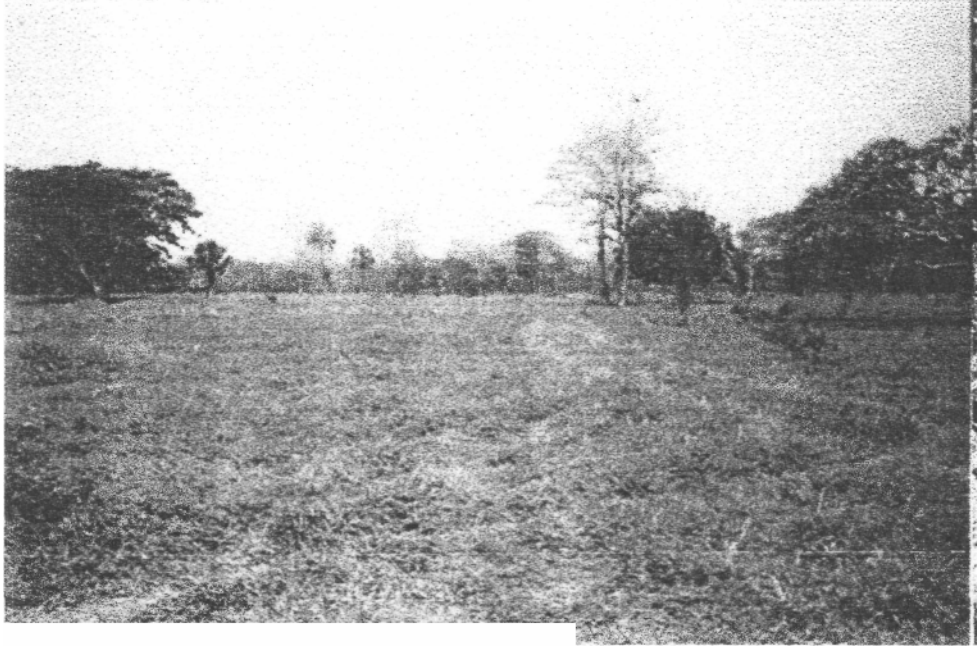


FOTO 15
VISTA DEL PCA-3 AL PCA- 4



FOTO 16
EXCAVACIÓN DEL PCA-4 CON RETROEXCAVADORA.



FOTO 17

VISTA DE LA ESTRATIGRAFÍA DEL PCA-4, DONDE SE EXCAVO HASTA 3.10 M. DE PROFUNDIDAD, EL NAF SE DETECTO A 2.70 M.

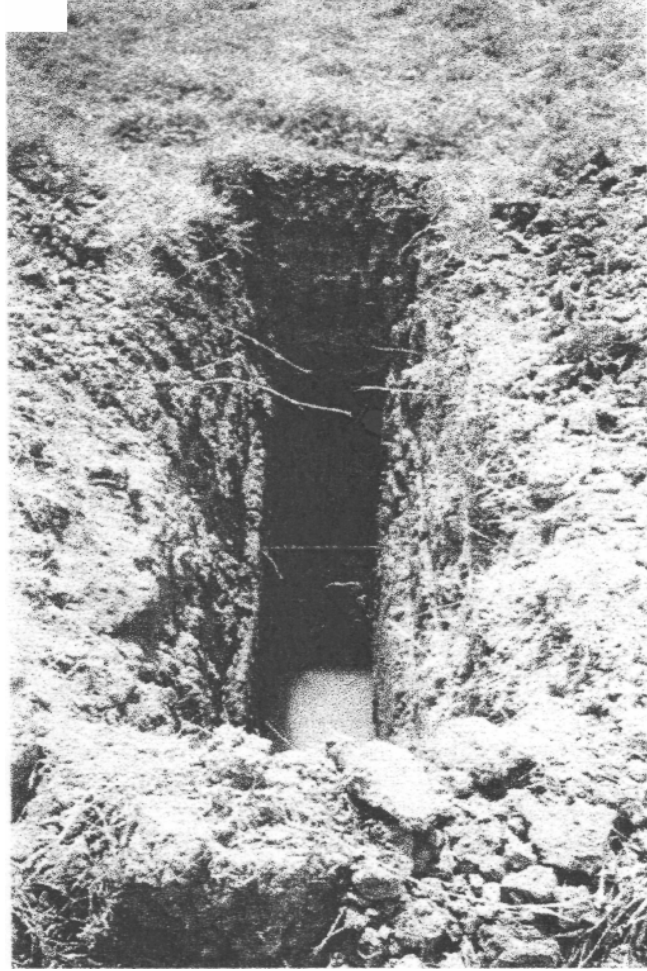


FOTO 18

OTRA VISTA DE LA ESTRATIGRAFÍA DEL PCA-3. DONDE SE EXCAVO HASTA 3.20 M. DE PROFUNDIDAD. EL NAF SE DETECTO A 2.55 M.

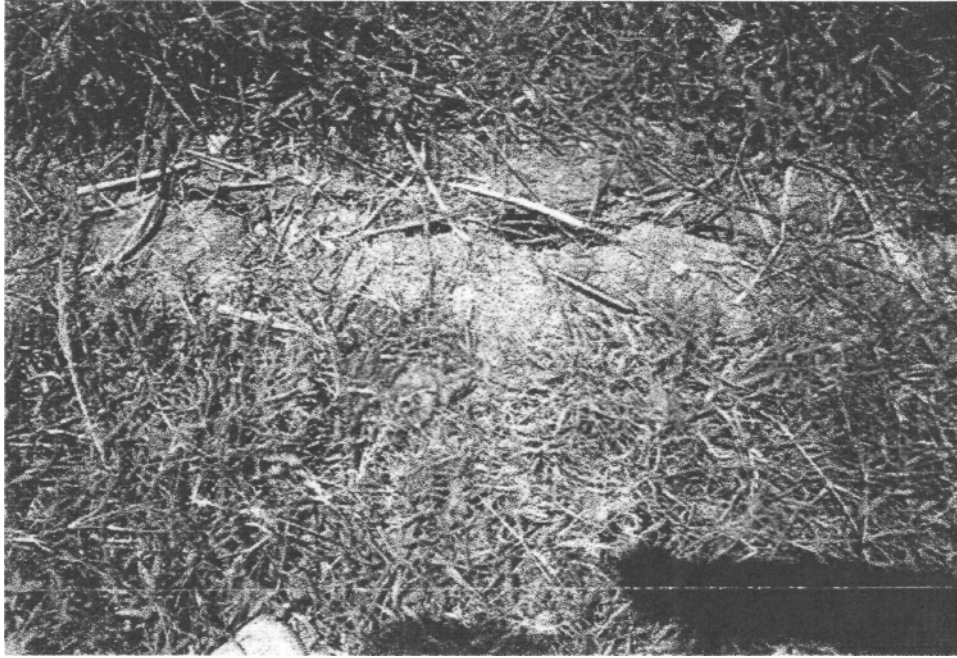


FOTO 19
ESTE TRAMO SE UBICA DEL PCA-4 AL PCA-5. PERO EN GRAN PARTE DEL TERRENO SE
OBSERVAN ESTAS GRIETAS.



FOTO 20
VISTA DEL PCA – 5 AL PCA – 6



FOTO 21

VISTA DE LA ESTRATIGRAFÍA DEL PCA – 5, DONDE SE EXCAVO HASTA 3.20M DE PROFUNDIDAD, EL NAF SE DETECTO A 2.30M

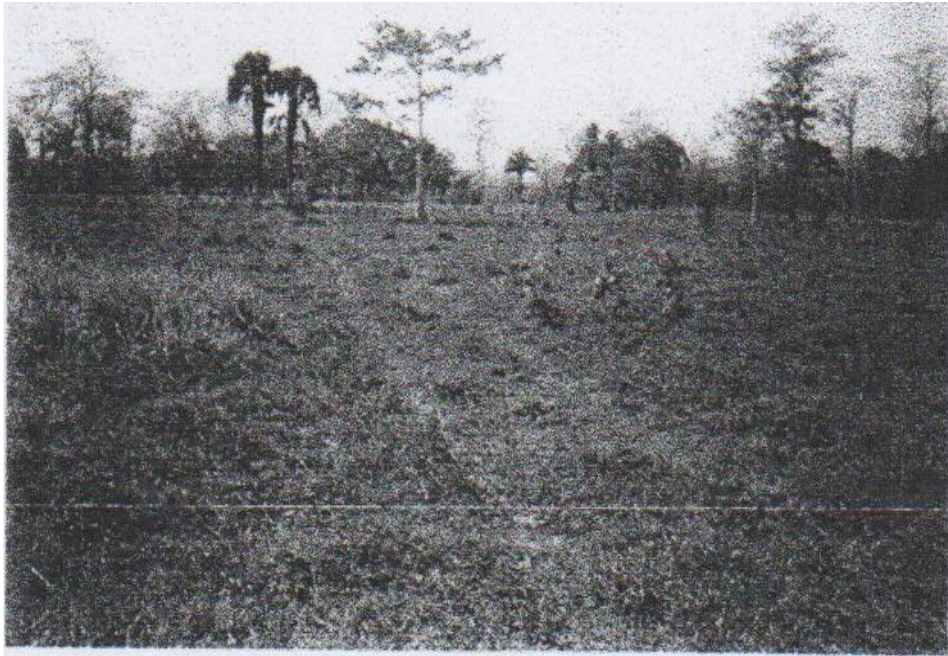


FOTO 22

VISTA DEL PCA – 5 AL PCA – 4

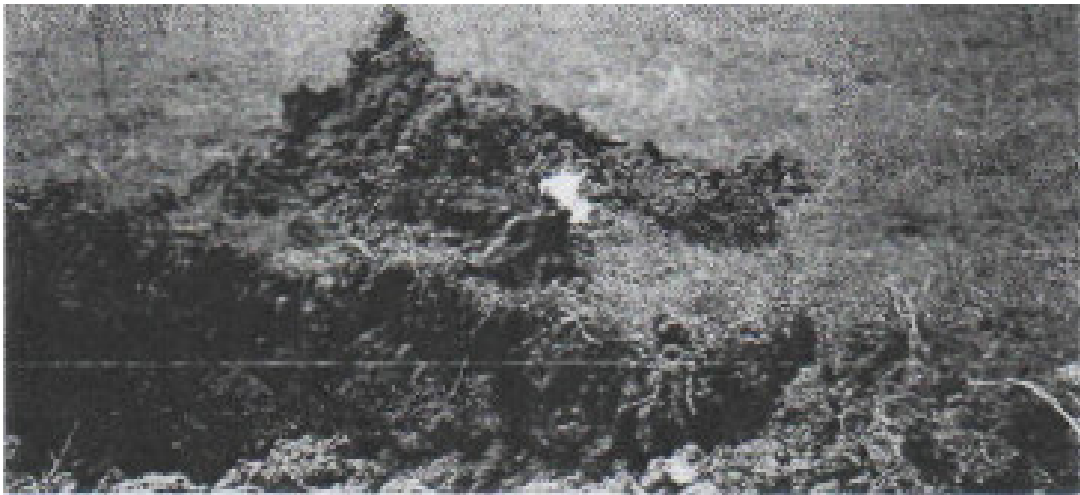


FOTO 23
VISTA DEL PCA-5 AL PCA-6



FOTO 24

VISTA DE LA ESTRATIGRAFÍA DEL PCA-6, DONDE SE EXCAVO HASTA 3.00M DE PROFUNDIDAD, EL NAF SE DETECTO A 2.55M.



FOTO 25
VISTA DEL PCA-6 AL PCA-7



FOTO 26
VISTA DE LA ESTRATIGRAFIA DEL PCA-7, DONDE SE EXCAVO BSSTA 3.00 M, DE PROFANDIDAD, EL NAF NO SE DETECTO.



FOTO 27

**SE OBSERVA UN DREN ARTIFICIAL EN LA PARTE NORTE DEL TERRENO ENTRE EL PCA-7
Y PCA-8**



FOTO 28

**SE OBSERVA UN DREN ARTIFICIAL EN LA PARTE NORTE DEL TERRENO ENTRE EL PCA-7
Y PCA-8.**

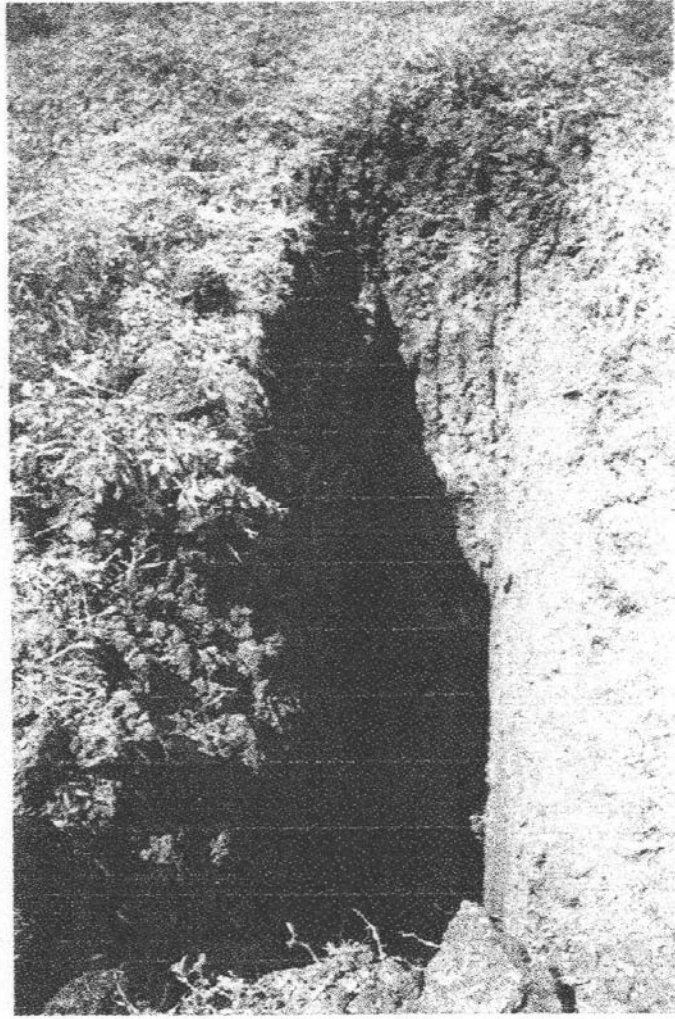


FOTO 29

VISTA DE LA ESTRATIGRAFIA DEL PCA – 8, DONDE SE EXCAVO HASTA 2.80M DE PROFUNDIDAD, EL NAF SE DETECTO A 2.70M



FOTO 30

VISTA DE LA ESTRATIGRAFIA DEL PCA – 9, DONDE SE EXCAVO HASTA 2.70M DE PROFUNDIDAD, EL NAF SE DETECTO A 2.70M



FOTO 31
VISTA DE LA ESTRATIGRAFIA DEL PCA – 10, DONDE SE EXCAVO HASTA 2.70M DE PROFUNDIDAD, EL NAF SE DETECTO A 2.70M



FOTO 32
VISTA DE LA ESTRATIGRAFIA DEL PCA – 19, DONDE SE EXCAVO HASTA 2.70M DE PROFUNDIDAD, EL NAF SE DETECTO A 2.70M

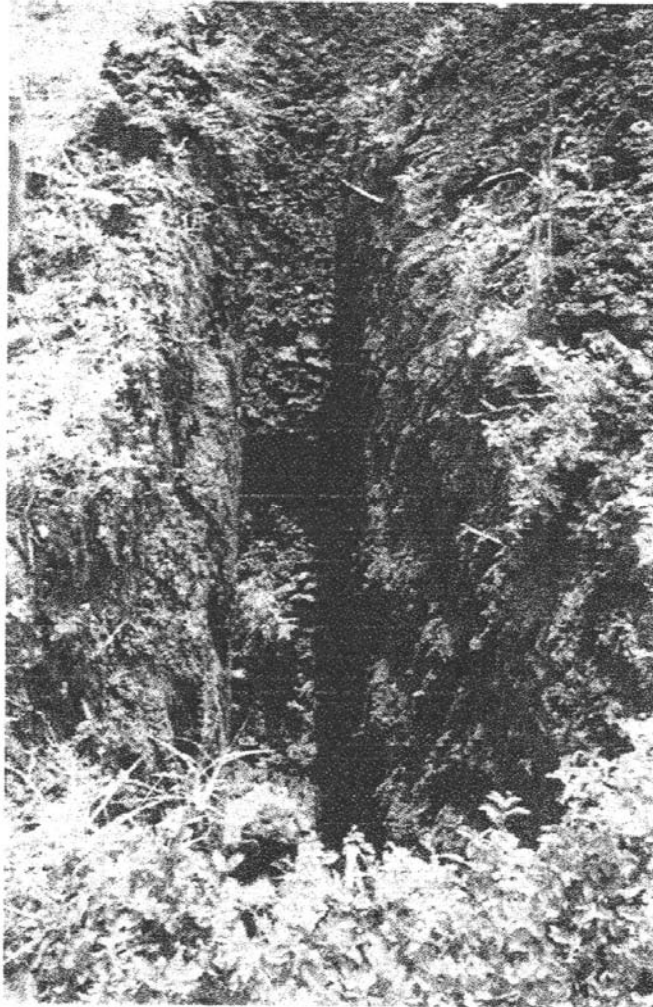


FOTO 33

VISTA DE LA ESTRATIGRAFIA DEL PCA – 19, DONDE SE EXCAVO HASTA 2.70M DE PROFUNDIDAD, EL NAF SE DETECTO A 2.70M



FOTO 34

**BANCO CATSA 1 UBICADO EN LA CARRETERA VILLAHERMOSA – TEAPA EN EL KM
053+200, DESVIACIÓN DERECHA 100M**



FOTO 35

**OTRA VISTA DEL BANCO CATSA 1 UBICADO EN LA CARRETERA VILLAHERMOSA –
TEAPA EN EL KM 053+200, DESVIACIÓN DERECHA 100M**



FOTO 36

**OTRA VISTA DEL BANCO CATSA 1 UBICADO EN LA CARRETERA VILLAHERMOSA –
TEAPA EN EL KM 053+200, DESVIACIÓN DERECHA 100M**



FOTO 37

**BANCO CATSA 1 CON VARIAS FRENTES, UBICADO EN LA CARRETERA VILLAHERMOSA –
TEAPA EN EL KM 053+200, DESVIACIÓN DERECHA 100M**

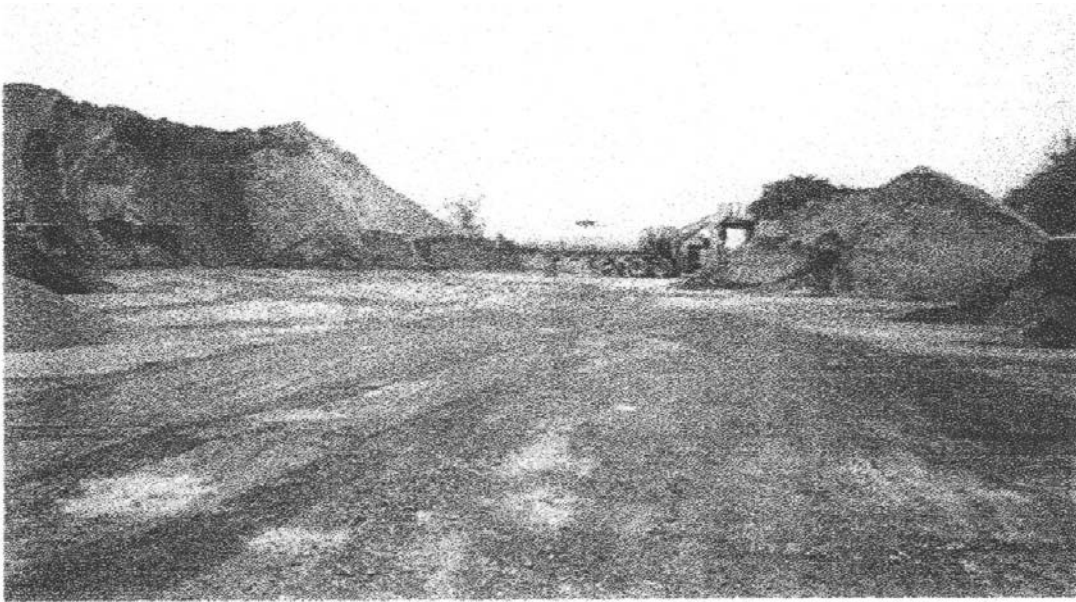


FOTO 38

BANCO CATSA 1 ZONA DE TRITURACIÓN, CRIBADO Y ALMACENAMIENTO

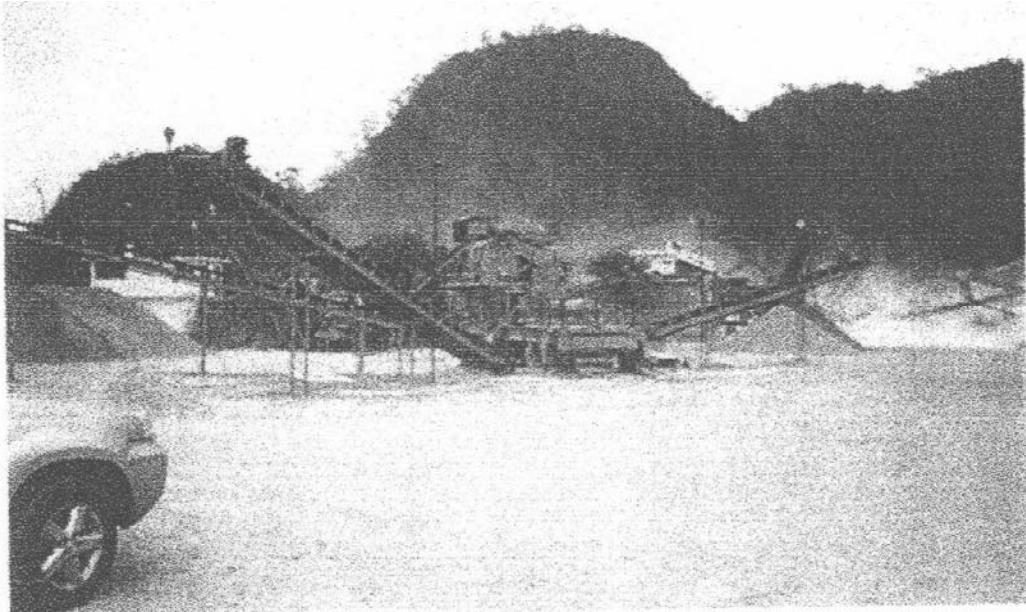


FOTO 39

BANCO CATSA 2 UBICADO EN CARRETERA VILLAHERMOSA – TEAPA EN EL KM 055+600, DESVIACIÓN IZQUIERDA 3,700M. CON MATERIAL PARA BASE HIDRÁULICA Y SUB-BASE.



FOTO 40

BANCO CATSA 2 UBICADO EN CARRETERA VILLAHERMOSA – TEAPA EN EL KM 055+600, DESVIACIÓN IZQUIERDA 3,700M. CON MATERIAL PARA BASE HIDRÁULICA Y SUB-BASE.

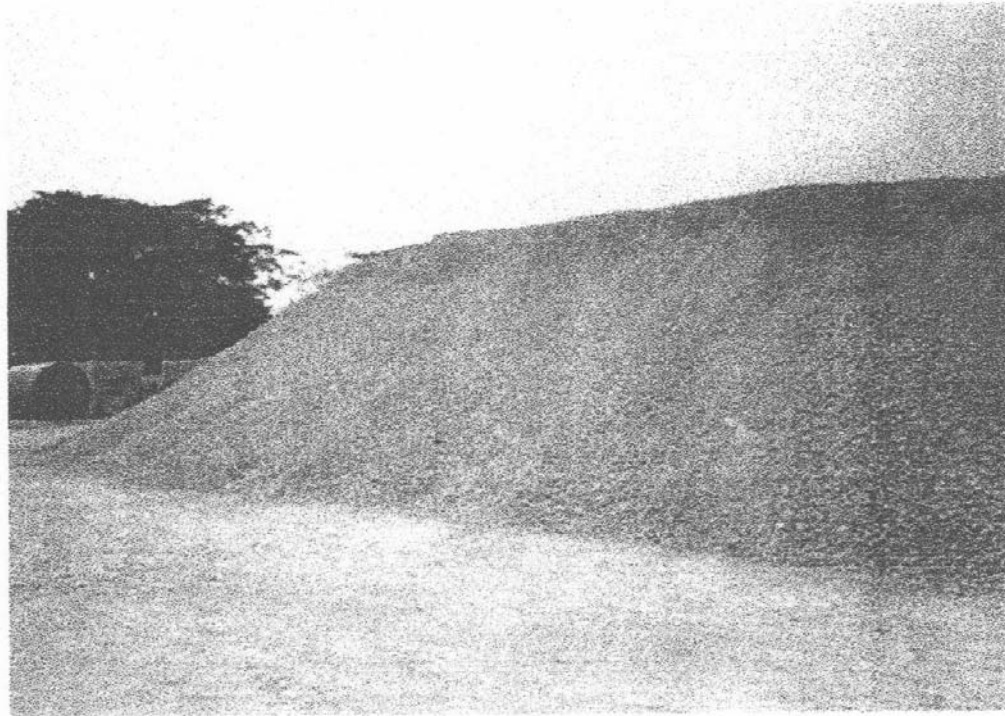


FOTO 41

BANCO CATSA 2 UBICADO EN CARRETERA VILLAHERMOSA – TEAPA EN EL KM 055+600, DESVIACIÓN IZQUIERDA 3,700M. CON MATERIAL PARA BASE HIDRÁULICA Y SUB-BASE.

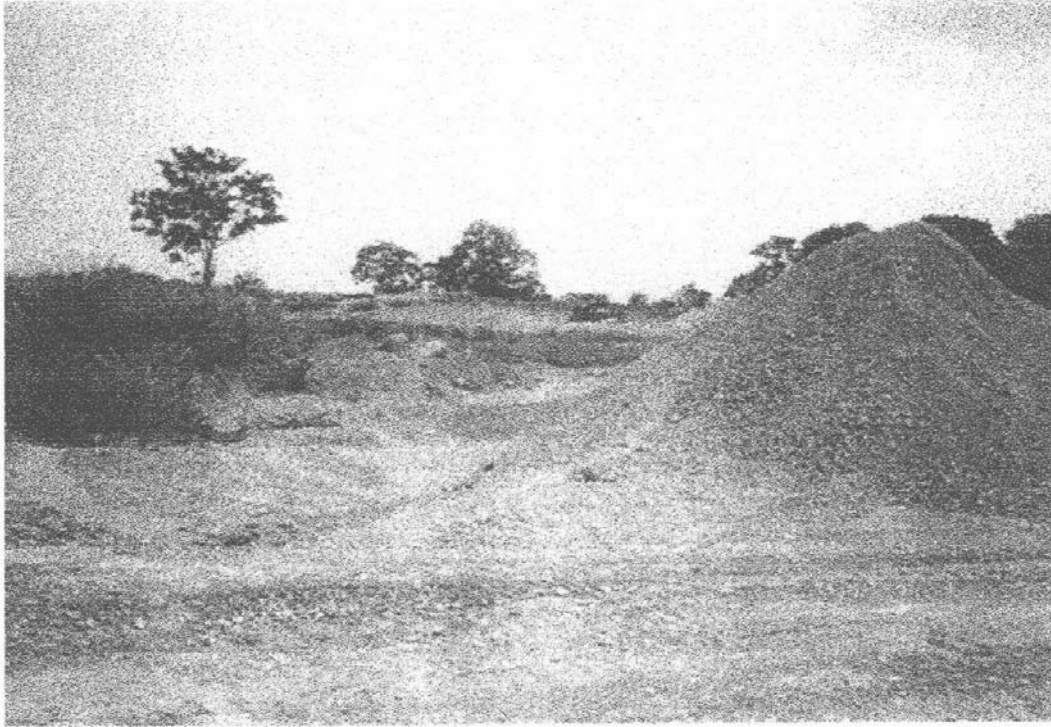


FOTO 42

BANCO SAMARIA, UBICADO EN CARRETERA VILLAHERMOSA-TEAPA KM 132+220, DESVIACIÓN DERECHA 300M. CON MATERIAL PARA BASE HIDRÁULICA Y SUB-BASE.



FOTO 43
BANCO SAMARIA. UBICADO EN CARRETERA VILLAHERMOSA-TEAPA KM. 132+220,
DESVIACIÓN DERECHA 300 M. CON MATERIAL PARA BASE HIDRÁULICA V SUB-BASE.



FOTO 44

BANCO SAMARIA. UBIADO EN CARRETERA VILLAHERMOSA-TEAPA KM. 132+220, DESVIACIÓN DERECHA 300 M. CON MATERIAL PARA BASE HIDRÁULICA V SUB-BASE.



FOTO 45
BANCO SAMARIA. UBICADO EN CARRETERA VILLAHERMOSA-TEAPA KM. 132+220,
DESVIACIÓN DERECHA 300 M. CON MATERIAL PARA BASE HIDRÁULICA V SUB-BASE.

BIBLIOGRAFÍA

BOWLES, J.E., **“FOUNDATION ANALYSIS AND DESIGN”**, THIRD EDITION, MC GRAW HILL BOOK CO., 1980.

COMISIÓN NACIONAL DE AGUA, **“MANUAL DE MECÁNICA DE SUELOS”**, PRIMERA REIMPRESIÓN, MÉXICO, D.F.

CORRO S., MAGALLANES, R. Y PRADO, G., **“INSTRUCTIVO PARA DISEÑO ESTRUCTURAL DE PAVIMENTOS FLEXIBLES PARA CARRETERAS”**, SERIES DEL INSTITUTO DE INGENIERÍA No. 444, MÉXICO, NOV. 1981.

DEPARTAMENTO DEL DISTRITO FEDERAL, **“NORMAS TÉCNICAS COMPLEMENTARIAS PARA DISEÑO Y CONSTRUCCIÓN DE CIMENTACIONES”**, 12 DE NOVIEMBRE DE 1987.

ESTEVA M, LUIS, **“REGIONALIZACIÓN SÍSMICA DE MÉXICO PARA FINES DE INGENIERÍA”**, INSTITUTO DE INGENIERÍA, UNAM, INFORME 246, MÉXICO 1969.

GÓMEZ JIMÉNEZ JORGE, **“ESTUDIO GEOLÓGICO Y POSIBILIDADES DE EXTENSIÓN DEL CAMPO ARTESA PRODUCTO DE HIDROCARBUROS, EN EL DISTRITO DE VILLAHERMOSA, TABASCO”**, 1980.

INEGI, **SÍNTESIS GEOGRÁFICA, NOMENCLATURA Y ANEXO CARTOGRÁFICO DEL ESTADO DE TABASCO”** 1986.

SECRETARÍA DE COMUNICACIONES Y TRANSPORTES, **“MUESTREO Y PRUEBA DE MATERIALES”**, NORMAS DE CONSTRUCCIÓN, TOMO IX, PARTE PRIMERA, 1ª EDICIÓN, MÉXICO, 1981.

SECRETARÍA DE COMUNICACIONES Y TRANSPORTES, **“NORMAS DE MATERIALES”**, NORMAS DE CONSTRUCCIÓN, TOMO VIII, PRIMERA EDICIÓN, MÉXICO, 1981.

SECRETARÍA DE COMUNICACIONES Y TRANSPORTES, **“PAVIMENTOS”**, NORMAS DE CONSTRUCCIÓN, TOMO X, PRIMERA EDICIÓN, MÉXICO, 1981.

THE ASPHALT INSTITUTE. **“THE ASPHALT HANDBOOK”**, 4a REIMPRESIÓN COLLEGE PARK, MARYLAND, 1965.

ZEEVAERT, L., **“FOUNDATION ENGINEERING FOR DIFFICULT SUBSOIL CONDITIONS”** SECOND EDITION, VAN NOSTRAND REINHOLD CO., NEW YORK, USA, 1983.