



2ej 16

UNIVERSIDAD NACIONAL AUTONOMA DE MEXICO

FACULTAD DE INGENIERIA

ESTUDIO HIDROGEOLOGICO PRELIMINAR
DELTA DEL RIO BALSAS, MICHOACAN

T E S I S
QUE PARA OBTENER EL TITULO DE
INGENIERO GEOLOGO
P R E S E N T A N

JAIME JOEL GUTIERREZ ARROYO
MARIO RAFAEL GONZALEZ FLORES

Ciudad Universitaria, D.F.

1984



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.

INDICE TEXTO

CAPITULO	I	INTRODUCCION Y RESUMEN.
	I.1	INTRODUCCIÓN.
	I.2	OBJETIVOS.
	I.3	MÉTODO DE TRABAJO.
	I.3.1	ACTIVIDADES DE CAMPO.
	I.3.2	ACTIVIDADES DE GABINETE.
	I.4	AGRADECIMIENTOS.
	I.5	RESUMEN.
CAPITULO	II	GENERALIDADES.
	II.1	INTRODUCCIÓN.
	II.2	LOCALIZACIÓN GEOGRÁFICA.
	II.3	ACCESO Y VÍAS DE COMUNICACIÓN.
	II.4	ASPECTOS SOCIOECONÓMICOS.
	II.5	CONSUMO DE AGUA ACTUAL Y FUTURO.
CAPITULO	III	CLIMATOLOGIA.
	III.1	INTRODUCCIÓN.
	III.2	CARACTERÍSTICAS GENERALES.
	III.3	TEMPERATURAS MEDIAS MENSUALES.
	III.4	PLUVIOMETRÍAS MENSUALES.
	III.5	EVAPOTRANSPIRACIÓN.
	III.6	VOLUMENES INFILTRADOS.

VI.4	EVOLUCIÓN DE LOS NIVELES.
VI.5	RELACIONES ENTRE AGUAS SUPERFICIALES Y SUBTERRÁNEAS.
VI.6	CÁLCULO DE LA POROSIDAD, PERMEABILIDAD, TRANSMISIVIDAD Y COEFICIENTE DE ALMACENAMIENTO DE LOS MATERIALES ACUÍFEROS.
VI.7	CUBICACIÓN DE LOS ACUÍFEROS. ESTIMACIÓN DE LAS CANTIDADES TOTALES DE AGUA Y CAPACIDAD ÚTIL POR CONSIDERACIONES GEOMÉTRICAS.
CAPITULO VII	HIDROGEOQUÍMICA.
VII.1	INTRODUCCIÓN.
VII.2	INTERPRETACIÓN HIDROGEOQUÍMICA.
VII.2.1	SÓLIDOS TOTALES DISUELTOS.
VII.2.2	IONES SULFATOS.
VII.2.3	IONES CLORUROS.
VII.2.4	IONES BICARBONATOS Y CARBONATOS.
VII.2.5	ION SODIO.
VII.2.6	ION CALCIO.
VII.2.7	ION MAGNESIO.
VII.2.8	DUREZA TOTAL.
VII.2.9	CONDUCTIVIDAD ELÉCTRICA.
VII.2.10	INDICES HIDROGEOQUÍMICOS.
	VII.2.10.1 RELACIÓN R/Ca .
	VII.2.10.2 RELACIÓN $RC/2HCO_3$
VII.2.11	ÍNDICE DE SATURACIÓN Y P. H.
VII.3	DIAGRAMA TRIANGULAR DE PALMER-PIPER.
VII.4	CALIDAD DEL AGUA.
VII.4.1	CALIDAD DEL AGUA POTABLE.
VII.4.2	CALIDAD DEL AGUA PARA USO INDUSTRIAL.

INDICE DE FIGURAS, GRAFICAS, PLANOS Y TABLAS.

FIGURA	II.2.1 .	CROQUIS DE LOCALIZACIÓN.
FIGURA	II.2.2 .	VIAS DE COMUNICACIÓN.
FIGURA	II.4.1 .	ASPECTOS SOCIOECONÓMICOS.
FIGURA	II.5.1 .	DISTRITO DE RIEGO No. 108 "JOSÉ MA. MORELOS".
TABLA	II.5.1 .	DEMANDAS DE AGUA AL AÑO 2 000 PARA USO URBANO.
TABLA	II.5.2 .	DEMANDAS DE AGUA AL AÑO 2 000 PARA USO INDUSTRIAL.
TABLA	III.2.1 .	UBICACIÓN DE LAS ESTACIONES CLIMATOLÓGICAS EN EL - DELTA DEL RÍO BALSAS.
TABLA	III.3.1 .	CÁLCULO DE TEMPERATURAS PROMEDIO MENSUAL Y ANUAL - DEL AREA DE ESTUDIO (1957-1980).
GRÁFICA	III.4.1 .	CLIMOGRAMA ESTACIÓN LA VILLITA (1957-1980).
TABLA	III.4.1 .	CÁLCULO DE PRECIPITACIONES PROMEDIO MENSUAL Y ANUAL DEL AREA DE ESTUDIO (1957-1980).
TABLA	III.4.2 .	RELACIÓN DE CORRIENTES CICLÓNICAS EN EL OCEANO PA- CÍFICO (1960-1980).
FIGURA	IV. 1.1 .	PERFILES TOPOGRÁFICOS DEL DELTA
FIGURA	IV.1.2 .	RASGOS FISIOGRÁFICOS DEL DELTA.
FIGURA	IV.2.1 .	CONFIGURACIÓN DE LA COSTA Y CAMBIOS EN EL PATRÓN - DE LOS CANALES.
FIGURA	IV.2.2 .	DELTA Y DELTA SUBSIDIARIO.
FIGURA	IV.2.3 .	BATIMETRÍA DEL CAÑÓN DE LA NECESIDAD.
FIGURA	IV.3.1 .	DELTA DEL RÍO BALSAS (1959).
PLANO	IV.4.1 .	PLANO HIDROGEOLÓGICO.
TABLA	IV.4.1 .	UNIDADES LITOLÓGICAS.
FIGURA	IV.4.1 .	BLOCK DIAGRAMÁTICO.
FIGURA	IV.4.2 .	CORTE ESTRATIGRÁFICO DE UN POZO EXPLORATORIO.
FIGURA	IV.5.1 .	LOCALIZACIÓN DE EPICENTROS DE 1907-1977. LÍMITE - DE PROFUNDIDAD 60 KM.
FIGURA	IV.5.2 .	BATIMETRÍA FRENTE A LAS COSTAS DE MICHOACÁN Y GUE- RRERO.

PLANO	VI.3.8	ELEVACIÓN DEL NIVEL ESTÁTICO, FEBRERO-MARZO/82.
PLANO	VI.3.9	ELEVACIÓN DEL NIVEL ESTÁTICO, ABRIL-MAYO/82.
PLANO	VI.3.10	ELEVACIÓN DEL NIVEL ESTÁTICO, JUNIO-JULIO/82.
PLANO	VI.3.11	ELEVACIÓN DEL NIVEL ESTÁTICO, ABRIL-MAYO/84.
GRÁFICA	VI.6.1	PRUEBA DE BOMBEO, ETAPA DE RECUPERACIÓN.
PLANO	VI.6.1	CAUDALES ESPECÍFICOS.
FIGURA	VI.7.1	CUBICACIÓN DEL ACUÍFERO.
TABLA	VII.1.1	ANÁLISIS FÍSICO-QUÍMICO DE AGUAS SUBTERRÁNEAS DE LA ISLA DE LA PALMA, MICHOACÁN.
TABLA	VII.1.2	ANÁLISIS FÍSICO-QUÍMICO DE AGUAS SUPERFICIALES EN LA DENSECADURA DEL RÍO BALSAS, MICHOACÁN.
PLANO	VII.1.1	ANÁLISIS FÍSICO-QUÍMICO DE AGUA. DIAGRAMA DE BARRAS.
PLANO	VII.2.1	CONFIGURACIÓN DE SÓLIDOS TOTALES DISUELTOS.
PLANO	VII.2.2	CONFIGURACIÓN DE ANIONES.
PLANO	VII.2.3	CONFIGURACIÓN DE CATIONES.
GRÁFICA	VII.2.1	NOMOGRAMA PARA LA DETERMINACIÓN DEL P.H. DE SATURACIÓN POR LA FÓRMULA DE LANGBIETTER.
FIGURA	VII.3.1	DIAGRAMA TRIANGULAR DE PALMER-PIPER, AGUAS SUBTERRÁNEAS.
FIGURA	VII.3.2	DIAGRAMA TRIANGULAR DE PALMER-PIPER, AGUAS SUPERFICIALES.
TABLA	VII.4.1	NORMAS DE CALIDAD DEL AGUA POTABLE S.S.A.
TABLA	VII.4.2	CALIDAD DEL AGUA PARA ALGUNAS INDUSTRIAS.
TABLA	VII.4.3	DUREZA TOTAL DEL AGUA.
PLANO	VIII.3.1	LOCALIZACIÓN DE SONDEOS Y SECCIONES GEOFÍSICAS.
FIGURA	VIII.3.1	ARREGLO TETRAPOLAR SIMÉTRICO TIPO SCHLIMBERGER.
FIGURA	VIII.3.2	CAÍDA DE POTENCIAL EN UN MEDIO ISOTRÓPICO.
FIGURA	VIII.3.3	ARREGLO TIPO

INDICE TEXTO

CAPITULO	I	INTRODUCCION Y RESUMEN.
	I.1	INTRODUCCIÓN.
	I.2	OBJETIVOS.
	I.3	MÉTODO DE TRABAJO.
		I.3.1 ACTIVIDADES DE CAMPO.
		I.3.2 ACTIVIDADES DE GABINETE.
	I.4	AGRADECIMIENTOS.
	I.5	RESUMEN.
CAPITULO	II	GENERALIDADES.
	II.1	INTRODUCCIÓN.
	II.2	LOCALIZACIÓN GEOGRÁFICA.
	II.3	ACCESO Y VÍAS DE COMUNICACIÓN.
	II.4	ASPECTOS SOCIOECONÓMICOS.
	II.5	CONSUMO DE AGUA ACTUAL Y FUTURO.
CAPITULO	III	CLIMATOLOGIA.
	III.1	INTRODUCCIÓN.
	III.2	CARACTERÍSTICAS GENERALES.
	III.3	TEMPERATURAS MEDIAS MENSUALES.
	III.4	PLUVIOMETRÍAS MENSUALES.
	III.5	EVAPOTRANSPIRACIÓN.
	III.6	VOLUMENES INFILTRADOS.

CAPITULO IV HIDROGEOLOGIA.

IV.1 INTRODUCCIÓN.

IV.2 FISIOGRAFÍA.

IV.2.1 LOMAS PRE-DELTAICAS.

IV.2.2 PORCIÓN PENIPLANA DELTAICA.

IV.2.3 LLANURA COSTERA MARGINAL NO DELTAICA.

IV.2.4 PLATAFORMA CONTINENTAL Y CAÑONES SUBMARIOS.

IV.3 GEOMORFOLOGÍA.

IV.3.1 PROCESOS ENDÓGENOS.

IV.3.2 PROCESOS EXÓGENOS.

IV.4 ESTRATIGRAFÍA.

IV.5 TECTÓNICA.

IV.6 UNIDADES HIDROGEOLÓGICAS Y ACUIFEROS.

IV.7 FUNCIONAMIENTO HIDROGEOLÓGICO CONCEPTUAL.

CAPITULO V HIDROLOGIA SUPERFICIAL.

V.1 INTRODUCCIÓN.

V.2 CARACTERÍSTICAS GENERALES DEL RÍO BALSAS.

V.3 REGULACIÓN ACTUAL.

V.4 VOLÚMENES DE ESCURRIMIENTO.

V.5 ANÁLISIS DE LA CUÑA SALINA ESTÁTICA.

CAPITULO VI HIDROLOGIA SUBTERRANEA.

VI.1 INTRODUCCIÓN.

VI.2 APROVECHAMIENTOS DE AGUA SUBTERRANEA.

VI.3 PIEZOMETRÍA.

VI.4	EVOLUCIÓN DE LOS NIVELES.
VI.5	RELACIONES ENTRE AGUAS SUPERFICIALES Y SUBTERRÁNEAS.
VI.6	CÁLCULO DE LA POROSIDAD, PERMEABILIDAD, TRANSMISIVIDAD Y COEFICIENTE DE ALMACENAMIENTO DE LOS MATERIALES ACUÍFEROS.
VI.7	CUBICACIÓN DE LOS ACUÍFEROS, ESTIMACIÓN DE LAS CANTIDADES TOTALES DE AGUA Y CAPACIDAD ÚTIL, POR CONSIDERACIONES GEOMÉTRICAS.
CAPITULO VII	HIDROGEOQUÍMICA.
VII.1	INTRODUCCIÓN.
VII.2	INTERPRETACIÓN HIDROGEOQUÍMICA.
VII.2.1	SÓLIDOS TOTALES DISUELTOS.
VII.2.2	IONES SULFATOS.
VII.2.3	IONES CLORUROS.
VII.2.4	IONES BICARBONATOS Y CARBONATOS.
VII.2.5	ION SODIO.
VII.2.6	ION CALCIO.
VII.2.7	ION MAGNESIO.
VII.2.8	DUREZA TOTAL.
VII.2.9	CONDUCTIVIDAD ELÉCTRICA.
VII.2.10	INDICES HIDROGEOQUÍMICOS.
	VII.2.10.1 RELACIÓN RD/Ca .
	VII.2.10.2 RELACIÓN $RCI/RHCO_3$
VII.2.11	INDICE DE SATURACIÓN Y P. H.
VII.3	DIAGRAMA TRIANGULAR DE PALMER-PIPER.
VII.4	CALIDAD DEL AGUA.
VII.4.1	CALIDAD DEL AGUA POTABLE.
VII.4.2	CALIDAD DEL AGUA PARA USO INDUSTRIAL.

CAPITULO VIII GEOFISICA.

VIII.1 INTRODUCCIÓN.

VIII.2 EQUIPO EMPLEADO.

VIII.3 TRABAJOS DE CAMPO.

VIII.4 TRABAJOS DE GABINETE.

VIII.4.1 ESTUDIO GEOFÍSICO REALIZADO EN EL AREA DE LA PLANTA SIDERÚRGICA DE LAS TRUCHAS, MICHOACÁN.

VIII.4.2 ESTUDIO GEOHIDROLÓGICO REALIZADO EN LA PLANICIE COSTERA DEL VALLE DEL RÍO ACALPICÁN, MICHOACÁN.

VIII.4.3 METODOLOGÍA DE GABINETE PARA LA INTERPRETACIÓN CONJUNTA.

VIII.5 CRITERIOS GENERALES DE INTERPRETACIÓN.

VIII.6 RESULTADOS.

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.

BIBLIOGRAFIA.

INDICE DE FIGURAS, GRAFICAS, PLANOS Y TABLAS.

FIGURA	II.2.1	CROQUIS DE LOCALIZACIÓN.
FIGURA	II.2.2	VÍAS DE COMUNICACIÓN.
FIGURA	II.4.1	ASPECTOS SOCIOECONÓMICOS.
FIGURA	II.5.1	DISTRITO DE RIEGO No. 108 "JOSÉ MA. MORELOS".
TABLA	II.5.1	DEMANDAS DE AGUA AL AÑO 2 000 PARA USO URBANO.
TABLA	II.5.2	DEMANDAS DE AGUA AL AÑO 2 000 PARA USO INDUSTRIAL.
TABLA	III.2.1	UBICACIÓN DE LAS ESTACIONES CLIMATOLÓGICAS EN EL - DELTA DEL RÍO BALSAS.
TABLA	III.3.1	CÁLCULO DE TEMPERATURAS PROMEDIO MENSUAL Y ANUAL - DEL AREA DE ESTUDIO (1957-1980).
GRÁFICA	III.4.1	CLIMOGRAMA ESTACIÓN LA VILLITA (1957-1980).
TABLA	III.4.1	CÁLCULO DE PRECIPITACIONES PROMEDIO MENSUAL Y ANUAL DEL AREA DE ESTUDIO (1957-1980).
TABLA	III.4.2	RELACIÓN DE CORRIENTES CICLÓNICAS EN EL OCEANO PA- CÍFICO (1950-1980).
FIGURA	IV. 1.1	PERFILES TOPOGRÁFICOS DEL DELTA
FIGURA	IV.1.2	RASGOS FISIOTRÁFICOS DEL DELTA.
FIGURA	IV.2.1	CONFIGURACIÓN DE LA COSTA Y CAMBIOS EN EL PATRÓN - DE LOS CANALES.
FIGURA	IV.2.2	DELTA Y DELTA SUBSIDIARIO.
FIGURA	IV.2.3	BATIMETRÍA DEL CAÑÓN DE LA NECESIDAD.
FIGURA	IV.3.1	DELTA DEL RÍO BALSAS (1959).
PLANO	IV.4.1	PLANO HIDROGEOLÓGICO.
TABLA	IV.4.1	UNIDADES LITOLÓGICAS.
FIGURA	IV.4.1	BLOCK DIAGRAMÁTICO.
FIGURA	IV.4.2	CORTE ESTRATIGRÁFICO DE UN POZO EXPLORATORIO.
FIGURA	IV.5.1	LOCALIZACIÓN DE EPICENTROS DE 1907-1977. LÍMITE - DE PROFUNDIDAD 60 KM.
FIGURA	IV.5.2	BATIMETRÍA FRENTE A LAS COSTAS DE MICHOACÁN Y GUE- RRERO.

FIGURA	IV.5.3.	PRINCIPALES ELEMENTOS ESTRUCTURALES DE LAS PUNAS - CONTINENTAL Y OCEÁNICA EN Mesoamérica.
FIGURA	IV.5.4.	SECCIONES TRANSVERSALES, ZONA DE WADATTI-BANIUFF.
FIGURA	IV.1.1.	ESQUEMA DE LAS CORRIENTES PRINCIPALES DE LA REGIÓN EN ESTUDIO.
PLANO	V.2.1	CUENCA DEL RÍO BALSAS.
FIGURA	V.2.2	REGIONALIZACIÓN HIDROLÓGICA.
FIGURA	V.2.3	RECTIFICACIÓN DEL RÍO BALSAS.
TABLA	V.2.1	DATOS HIDROLÓGICOS Y DE GENERACIÓN DEL RÍO BALSAS - REGULADO POR LA PRESA LA VILLITA (1977-1979).
TABLA	V.4.1	CARACTERÍSTICAS MORFOMÉTRICAS DEL DELTA DEL RÍO BALSAS Y DEL RÍO LA UNIÓN.
GRÁFICA	V.4.1	ESCURRIMIENTOS UNITARIOS/PRECIPITACIÓN, ESTACIÓN - LA UNIÓN.
TABLA	V.4.2	TABLA DE ESCURRIMIENTOS A NIVEL ANUAL NO CONTROLADOS POR LA PRESA LA VILLITA EN LA PORCIÓN DELTÁTICA.
FIGURA	V.5.1.	CUÑA SALINA, DEFINICIÓN DE TÉRMINOS.
FIGURA	V.5.2	LONGITUD DE LA CUÑA SALINA.
PLANO	VI.2.1	LOCALIZACIÓN DE APROVECHAMIENTOS Y SONDEOS EXPLORATORIOS DIRECTOS.
TABLA	VI.2.1	CENSO DE APROVECHAMIENTOS.
FIGURA	VI.2.1	DISEÑO DE POZO TIPO.
TABLA	VI.3.1	NIVELES FREÁTICOS, SONDEOS.
TABLA	VI.3.2	NIVELES FREÁTICOS, POZOS.
PLANO	VI.3.1	PROFUNDIDAD DEL NIVEL ESTÁTICO, FEBRERO-MARZO/82.
PLANO	VI.3.2	PROFUNDIDAD DEL NIVEL ESTÁTICO, ABRIL-MAYO/84.
PLANO	VI.3.4	ELEVACIÓN DEL NIVEL ESTÁTICO, ENERO-MARZO/80.
PLANO	VI.3.5	ELEVACIÓN DEL NIVEL ESTÁTICO, ABRIL-MAYO/80.
PLANO	VI.3.6	ELEVACIÓN DEL NIVEL ESTÁTICO, OCTUBRE-NOVIEMBRE/81.
PLANO	VI.3.7	ELEVACIÓN DEL NIVEL ESTÁTICO, DICIEMBRE-SEPTIEMBRE/82.

PLANO	VI.3.8	ELEVACIÓN DEL NIVEL ESTÁTICO, FEBRERO-MARZO/82.
PLANO	VI.3.9	ELEVACIÓN DEL NIVEL ESTÁTICO, ABRIL-MAYO/82.
PLANO	VI.3.10	ELEVACIÓN DEL NIVEL ESTÁTICO, JUNIO-JULIO/82.
PLANO	VI.3.11	ELEVACIÓN DEL NIVEL ESTÁTICO, ABRIL-MAYO/84.
GRÁFICA	VI.6.1	PRUEBA DE BOMBEO. ETAPA DE RECUPERACIÓN.
PLANO	VI.6.1	CAUDALES ESPECÍFICOS.
FIGURA	VI.7.1	CUBICACIÓN DEL ACUÍFERO.
TABLA	VII.1.1	ANÁLISIS FÍSICO-QUÍMICO DE AGUAS SUBTERRÁNEAS DE LA ISLA DE LA PALMA, MICHOACÁN.
TABLA	VII.1.2	ANÁLISIS FÍSICO-QUÍMICO DE AGUAS SUPERFICIALES EN LA DESEMBOCADURA DEL RÍO BALSAS, MICHOACÁN.
PLANO	VII.1.1	ANÁLISIS FÍSICO-QUÍMICO DE AGUA. DIAGRAMA DE BARRAS.
PLANO	VII.2.1	CONFIGURACIÓN DE SÓLIDOS TOTALES DISUELTOS.
PLANO	VII.2.2	CONFIGURACIÓN DE ANIONES.
PLANO	VII.2.3	CONFIGURACIÓN DE CATIONES.
GRÁFICA	VII.2.1	NOMOGRAMA PARA LA DETERMINACIÓN DEL P.H. DE SATURACIÓN POR LA FÓRMULA DE LANGELIER.
FIGURA	VII.3.1	DIAGRAMA TRIANGULAR DE PALMER-PIPER. AGUAS SUBTERRÁNEAS.
FIGURA	VII.3.2	DIAGRAMA TRIANGULAR DE PALMER-PIPER. AGUAS SUPERFICIALES.
TABLA	VII.4.1	NORMAS DE CALIDAD DEL AGUA POTABLE S.S.A.
TABLA	VII.4.2	CALIDAD DEL AGUA PARA ALGUNAS INDUSTRIAS.
TABLA	VII.4.3	DUREZA TOTAL DEL AGUA.
PLANO	VIII.3.1	LOCALIZACIÓN DE SONEOS Y SECCIONES GEOFÍSICAS.
FIGURA	VIII.3.1	ARREGLO TETRAPOLAR SIMÉTRICO TIPO SCHLINDERGER.
FIGURA	VIII.3.2	CAÍDA DE POTENCIAL EN UN MEDIO ISOTRÓPICO.
FIGURA	VIII.3.3	ARREGLO TIPO

TABLA	VIII.3.1	TABLA RESUMEN DE LOS RESULTADOS DE LOS SONDEOS GEO- ELÉCTRICOS, RESISTIVIDADES APARENTES.
FIGURA	VIII.4.1	CURVAS DE RESISTIVIDAD APARENTE.
TABLA	VIII.4.1	TABLA RESUMEN DE RESULTADOS GEOELÉCTRICOS, RESISTIVI- DADES REALES.
PLANO	VIII.4.1	PERFILES GEOFÍSICOS NOS. 1 Y 2.
PLANO	VIII.4.2	PERFILES GEOFÍSICOS NOS. 3 Y 4.
PLANO	VIII.4.3	PERFIL GEOFÍSICO LONGITUDINAL AL DELTA DEL RÍO BAL- SAS.

CAPITULO I
INTRODUCCION Y RESUMEN

1.1 INTRODUCCION.

CON OBJETO DE SATISFACER LAS DEMANDAS DE AGUA POTABLE QUE REQUERIRÁ LA CIUDAD Y PUERTO MARÍTIMO INDUSTRIAL DE LÁZARO CÁRDENAS, MICH. (LAS TRUCHAS), A CORTO Y MEDIANO PLAZO, LA SECRETARÍA DE AGRICULTURA Y RECURSOS HIDRÁULICOS, POR CONDUCTO DE LA DIRECCIÓN DE CAPTACIONES Y CONDUCCIONES DE AGUA, HA INICIADO UNA SERIE DE ESTUDIOS TENDIENTES A ENCONTRAR LAS SOLUCIONES PARA RESOLVER EL PROBLEMA.

CONSEGUIDOS LOS PERMISOS PERTINENTES, LOS AUTORES HAN UTILIZADO PARTE DEL MATERIAL Y DE LOS RESULTADOS OBTENIDOS POR LA SARH PARA LA ELABORACIÓN DE LA PRESENTE TESIS, ASÍ COMO LAS OBSERVACIONES PERSONALES DURANTE LAS VISITAS EFECTUADAS A LA ZONA DE ESTUDIO.

1.2 OBJETIVOS.

EL PRESENTE TRABAJO, TIENE COMO OBJETIVOS PRIMORDIALES:

- 1.- EL TENER UN CONOCIMIENTO MÁS AMPLIO DE LAS UNIDADES HIDROGEOLOGICAS EN EL DELTA DEL RÍO BALSAS.
- 2.- CUANTIFICAR LOS VOLÚMENES ALMACENADOS Y APROVECHABLES.
- 3.- LOCALIZAR SITIOS PROPICIOS PARA LA UBICACIÓN DE POZOS DE EXPLORACIÓN-EXPLOTACIÓN DE AGUA, CON FINES INDUSTRIALES Y URBANOS.

1.3 METODO DE TRABAJO.

PARA LA ELABORACIÓN DE LA PRESENTE TESIS, SE PROCEDIÓ EN PRIMERA INSTANCIA, A REVISAR LA INFORMACIÓN EXISTENTE EN LA SUBDIRECCIÓN DE ESTUDIOS PLANES Y PROGRAMAS DE LA SARH. EN BASE A ESTA, SE EFECTUÓ UNA RECOPIACIÓN DE PLANOS, ESTUDIOS E INFORMACIÓN RELATIVA A LA ZONA DE ESTUDIO.

POSTERIORMENTE, SE DEFINIÓ LA ESTRATEGIA A SEGUIR Y SE DIVIDIERON LOS TRABAJOS EN ACTIVIDADES DE CAMPO Y DE GABINETE SEGÚN SE RESEÑA A CONTINUACIÓN:

1.3.1 ACTIVIDADES DE CAMPO.

LA PRIMERA ACTIVIDAD DE CAMPO, CONSISTIÓ EN EFECTUAR UN CENSO DE APROVECHAMIENTOS SUBTERRÁNEOS Y SUS CORRESPONDIENTES LECTURAS A NIVELES FREÁTICOS, CONCENTRANDO LOS DATOS OBTENIDOS EN LA TABLA VI.3.2. LOS RESULTADOS DE LAS PRUEBAS DE BOMBEO EFECTUADAS POR LA SARH EN POZOS PREVIAMENTE SELECCIONADOS, SERÁN UTILIZADAS AQUÍ PARA LA DETERMINACIÓN DE LOS PARÁMETROS GEOHIDROLÓGICOS PROPIOS DEL ACUÍFERO. SE EFECTUÓ UN MUESTREO DE AGUA SUBTERRÁNEA Y SUPERFICIAL EN 26 --

SITIOS, DE ACUERDO A LAS ESPECIFICACIONES DEL LABORATORIO CENTRAL DEL AGUA, DE LA DIRECCIÓN GENERAL DE CAPTACIONES DE AGUA, ENVIÁNDOSE AL LABORATORIO PARA SU ANÁLISIS FÍSICO-QUÍMICO.

POSTERIORMENTE, SE LLEVÓ A CABO UN LEVANTAMIENTO HIDROGEOLÓGICO COMPLETO, BASADO EN UNA FOTOINTERPRETACIÓN, Y FINALMENTE, SE EFECTUARON 15 SONDEOS -- ELÉCTRICOS VERTICALES, UTILIZANDO EL ARREGLO TIPO SCHLUMBERGER, CON UN ESPACIAMIENTO INTERELECTRÓNICO (A-B) DE 1 000 M.

I.3.2 ACTIVIDADES DE GABINETE.

ESTA ETAPA SE INICIA CON LA RECOPIACIÓN DE INFORMACIÓN, MISMA QUE SIRVIÓ DE REFERENCIA PARA LA REALIZACIÓN DEL ESTUDIO.

LA ELABORACIÓN DEL PLANO HIDROGEOLÓGICO, SE APOYÓ FUNDAMENTALMENTE EN LA FOTOINTERPRETACIÓN REALIZADA EN EL ÁREA POR EL C.R.M. (REFERENCIA NÚM. 29), LA QUE FUE MODIFICADA POR LOS SUSCRITOS PRINCIPALMENTE EN LA PORCIÓN DELTÁICA.

SE ELABORARON PLANOS, SECCIONES Y PERFILES, A FIN DE ILUSTRAR LAS PRINCIPALES CARACTERÍSTICAS DEL ACUÍFERO DELTÁICO.

FINALMENTE, SE REDACTÓ ESTE INFORME EN EL QUE SE ENCUENTRA INTEGRADA TODA LA INFORMACIÓN OBTENIDA Y LOS RESULTADOS ALCANZADOS POR EL MISMO.

I.4 AGRADECIMIENTOS.

LOS SUSCRITOS DESEAN EXPRESAR SU AGRADECIMIENTO AL C. ING. ALEJANDRO GUZMÁN AGUIRRE, DIRECTOR DE LA PRESENTE TESIS, POR SU ASESORÍA Y ORIENTACIÓN -- DURANTE LAS DIVERSAS FASES DEL ESTUDIO, AL C. DR. RAÚL FLORES BERRONES Y A LOS C. INGENIEROS OSCAR ZERÓN ESPINOZA Y ALFONSO MALAJEVICH SAENS, DE LA DIRECCIÓN GENERAL DE CAPTACIONES Y CONDUCCIONES DE AGUA, POR LAS FACILIDADES PRESTADAS -- DURANTE LAS ETAPAS DE CAMPO Y GABINETE, A LOS C. INGENIEROS JORGE L. CRUZALDO, ESCARPULLI, JOAQUÍN MÉNDEZ SALDAÑA, VLADIMIR HERNÁNDEZ LÓPEZ, ADRIÁN ORTEGA -- GUTIÉRREZ Y HÉCTOR MACÍAS GONZÁLEZ, POR SUS VALIOSAS SUGERENCIAS. DE LA MISMA FORMA, LOS SUSCRITOS EXPRESAN SU GRATITUD AL C. PASANTE DE INGENIERO GEOLÓGICO -- ALFONSO GARCÍA SESENTO A LA SEÑORITA LOURDES HERRERA NAVARRO, ASÍ COMO AL C. -- ARQUITECTO CÉSAR GERARDO LÓPEZ POR SU AYUDA EN LA ELABORACIÓN DEL MATERIAL GRÁFICO Y MECANOGRAFIADO DEL MANUSCRITO.

ASÍ MISMO, MANIFIESTAN SU RECONOCIMIENTO A TODAS AQUELLAS PERSONAS E INSTITUCIONES QUE EN FORMA DIRECTA E INDIRECTA PARTICIPARON EN EL DESARROLLO -- DE LA PRESENTE TESIS.

1.5 RESUMEN.

LAS FAVORABLES CONDICIONES DADAS EN LA DISEMBOCADURA DEL RÍO BALSAS, PRESENTAN LAS BASES PARA LA CREACIÓN DE UN POLO DE DESARROLLO Y UN CENTRO URBANO DE SIGNIFICACIÓN NACIONAL. LA FUENTE PRINCIPAL DE AGUA EN LA REGIÓN, SON LAS AGUAS VERTIDAS SUPERFICIALMENTE POR EL CAUCE DEL RÍO, EL QUE TIENE UN POTENCIAL PRÁCTICAMENTE ILIMITADO, Y CONSTITUYE EL PRINCIPAL ATRACTIVO PARA EL DESARROLLO DE LA ZONA. LOS VOLÚMENES DE AGUA DEMANDADOS AL AÑO 2 000 PARA USOS MÚLTIPLES SERÁN DEL ORDEN DE 60 M³/SEG., POR LO QUE SE HA CONTEMPLADO LA UTILIZACIÓN DE LAS AGUAS SUPERFICIALES DEL RÍO BALSAS Y LA EXPLOTACIÓN DEL ACUÍFERO GRANULAR DELTÁICO.

EL SITIO PROPUESTO PARA LA UBICACIÓN DE UNA OBRA DE TOMA DIRECTA, SE LOCALIZA SOBRE EL BRAZO IZQUIERDO DEL RÍO A UNA DISTANCIA NO MENOR DE CINCO KILOMETROS DE LA DISEMBOCADURA, EN DONDE SE TIENE UNA PROBABILIDAD MENOR AL 2% QUE SE PRESENTEN PROBLEMAS DE CONTAMINACIÓN SALINA. EN CASO DE QUE UNA EMERGENCIA TUVIERA QUE PARAR LA PLANTA DE BOMBEO DE ESTA DERIVACIÓN O QUE LOS DESFOQUES DE LA PRESA LA VILLITA SEAN INSUFICIENTES, SE PREVEE UNA OBRA AUXILIAR QUE TOQUE EL AGUA EN EL CANAL PRINCIPAL MARGEN DERECHA DEL DISTRITO DE RIEGO No. 103 - "JOSE MA. MORELOS".

EN CUANTO AL APROVECHAMIENTO DE LAS AGUAS SUBTERRÁNEAS ALMACENADAS EN LOS SEDIMENTOS GRANULARES DELTÁICOS, PUEDE DECIRSE QUE PRESENTAN CONDICIONES GEOHIDROLÓGICAS PROPICIAS PARA UNA PRODUCCIÓN ACUÍFERA IMPORTANTE Y A LA FECHA SE ENCUENTRAN PRÁCTICAMENTE FUERA DE EXPLOTACIÓN.

LAS FORMACIONES GEOLÓGICAS IMPERMEABLES ESTÁN CONSTITUIDAS POR GRANITOS, METASEDIMENTOS Y ANDESITAS, LAS FORMACIONES ACUÍFERAS LAS CONSTITUYEN LOS MATERIALES GRANULARES DELTÁICOS. ESTOS ACUÍFEROS RECIBEN UNA RECARGA PRINCIPAL POR EL FLUJO SUBTERRÁNEO QUE ENTRA AL DELTA POR EL CAUCE DEL RÍO BALSAS, VOLUMEN QUE A SU VEZ ES CONTROLADO POR LAS NECESIDADES DE TURBINADO DE LA PRESA LA VILLITA. OTRAS FUENTES DE RECARGA SON: LA INFILTRACIÓN DE LA LLUVIA PRECIPITADA DIRECTAMENTE SOBRE EL DELTA Y LOS RETORNOS DE RIEGO DEL DISTRITO No. 103.

LA DESCARGA PRINCIPAL DEL ACUÍFERO ES EL FLUJO SUBTERRÁNEO AL MAR, LA EVAPOTRANSPIRACIÓN Y LA EXTRACCIÓN POR BOMBEO. ESTA DESCARGA ES MUCHO MENOR QUE LA RECARGA, POR LO QUE EL ACUÍFERO SE ENCUENTRA EN ESTADO NATURAL Y LA INTERFASE AGUA DULCE/AGUA DE MAR, NO SE HA DESEQUILIBRADO.

LOS SEDIMENTOS DEL DELTA, CONSTITUYEN DE MANERA GENERAL UN ACUÍFERO LIBRE, CON SEMICONFINAMIENTOS LOCALES; CON UN GRADIENTE HIDRÁULICO MEDIO DEL

ORDEN DE 0.003, UNA CONDUCTIVIDAD HIDRÁULICA (K) DE 10^{-2} CM/SEG., UN COEFICIENTE DE TRANSMISIVIDAD DEL ORDEN DE 10^{-2} M²/SEG., UN COEFICIENTE DE ALMACENAMIENTO ENTRE 6 Y 20 % Y UNOS CAUDALES ESPECÍFICOS VARIANTES ENTRE 3.41 Y 38.81 - - L.P.S./M MEDIANTE CONSIDERACIONES GEOMÉTRICAS, PURAMENTE ESTÁTICAS, SE ESTIMÓ - QUE EL VOLUMEN ALMACENADO DE AGUA DULCE POR ENCIMA DEL NIVEL DEL MAR, QUE CONSTITUYE EL VOLUMEN APROVECHABLE, ES DEL ORDEN DE 100 MILLONES DE METROS CÚBICOS.

LAS CARACTERÍSTICAS HIDROGEOQUÍMICAS DEL AGUA SUBTERRÁNEA, MUESTRAN - AFINIDAD CON LA SUPERFICIAL, LO QUE ES INDICATIVO DE LO RECIENTE DE SU INFILTRACIÓN. EN GENERAL, LAS AGUAS SE PUEDEN CLASIFICAR COMO BICARBONATADAS CÁLCICO-SÓDICAS, Y SE ENCUENTRAN DENTRO DE NORMAS DE CALIDAD TANTO PARA USO URBANO E INDUSTRIAL, SÓLO SIENDO NECESARIOS LIGEROS TRATAMIENTOS DE ACUERDO AL TIPO DE INDUSTRIA O USO QUE LO REQUIERA.

EL ANÁLISIS INDIVIDUAL DE LOS SONDEOS ELÉCTRICOS VERTICALES, MUESTRAN UNA AMPLIA GAMA DE VALORES DE RESISTIVIDAD, TANTO VERTICAL COMO HORIZONTALMENTE, COMO PRODUCTO DE LA HETEROGENEIDAD GRANULOMÉTRICA DE LOS SEDIMENTOS DELTÁICOS; - POR LO QUE, TRATANDO DE AGRUPAR ESTOS VALORES, EN RANGOS DE RESISTIVIDAD, SE DEFINIERON CUATRO UNIDADES GEOELÉCTRICAS PRINCIPALES; SIENDO LA ZONA II (CON RESISTIVIDADES ENTRE 20 Y 440 OHM-S-M, Y UNA PROFUNDIDAD ENTRE 40 Y 70 M), LA UNIDAD QUE CONSTITUYE EL PRINCIPAL ACUÍFERO DEL DELTA.

CAPITULO II
G.E.N.E.R.A.L.I.D.A.D.E.S

II.1 INTRODUCCION.

EN LA MARGEN DERECHA DE LA DESEMBOCADURA DEL RÍO BALSAS, EL GOBIERNO FEDERAL Y OTRAS INSTITUCIONES Y ORGANISMOS PÚBLICOS, HAN VENIDO DESTINANDO IMPORTANTES RECURSOS DE INVERSIÓN TANTO EN LAS ACTIVIDADES INDUSTRIALES Y AGROPECUARIA, COMO EN INFRAESTRUCTURA Y EN OBRAS DE CARÁCTER SOCIAL, LO QUE HA DADO LUGAR A LA CONFIGURACIÓN, EN LA COSTA DEL PACÍFICO, DE UNA NUEVA REGIÓN ECONÓMICA.

LAS FAVORABLES CONDICIONES DADAS EN LA DESEMBOCADURA DEL RÍO BALSAS - CON LA OPERACIÓN DE UNA PLANTA SIDERÚRGICA (SICARTSA); LA CONSTRUCCIÓN Y OPERACIÓN DE UNA PLANTA DE FERTILIZANTES, LA EXISTENCIA DE UN NUEVO PUERTO DE ALTURA; EL FUNCIONAMIENTO DEL FERROCARRIL QUE CONECTA A LA REGIÓN CON EL SISTEMA FERROVIARIO NACIONAL; EL DESARROLLO DE CENTROS URBANOS, LA DISPONIBILIDAD ABUNDANTE DE AGUA Y ENERGÍA ELÉCTRICA, LA EXISTENCIA DE UN DISTRITO DE RIEGO DEL ORDEN DE 16 000 HAS. PERO, SOBRE TODO, LA POSIBILIDAD DE CONSTRUIR UN PARQUE INDUSTRIAL CON FREITE DE AGUA, SIENTAN LAS BASES PARA LA CREACIÓN DE UN POLO DE DESARROLLO Y UN CENTRO URBANO DE SIGNIFICACIÓN NACIONAL.

II.2 LOCALIZACION GEOGRAFICA.

EL ÁREA DE ESTUDIO SE LOCALIZA GEOGRÁFICAMENTE ENTRE LOS PARALELOS - $17^{\circ} 55'$ Y $18^{\circ} 08'$ DE LATITUD NORTE, Y LOS MERIDIANOS $102^{\circ} 26'$ Y $102^{\circ} 00'$ DE LONGITUD OESTE DE GREENWICH, OCUPANDO UN ÁREA APROXIMADA DE 300 km^2 , QUE COMPRENDE PARTE DE LOS MUNICIPIOS DE LÁZARO CÁRDENAS, MICH. Y EL DE LA UNIÓN, GRO., COMO SE PUEDE OBSERVARSE EN LAS FIGURAS II.2.1. Y II.2.2. DE ESTA MANERA, LA REGIÓN ESTUDIADA TIENE UNA LONGITUD APROXIMADAMENTE 45 KM EN DIRECCIÓN ESTE - OESTE Y UNA ANCHURA MEDIA DE 18 KM. DE NORTE - SUR; CON LÍMITES AL OESTE POR UNA LÍNEA IMAGINARIA QUE PASA POR EL POBLADO DE LAS CALABAZAS, MICH., AL NORTE POR EL PARALELO $18^{\circ} 08' 00$, QUE PASA POR LA PRESA JOSÉ MARÍA MORELOS, AL ESTE POR EL MERIDIANO $102^{\circ} 00'$ QUE PASA 8 KM. AL ORIENTE DEL POBLADO DE SORCUA, GRO., Y AL SUR POR EL LITORAL DEL OCEANO PACÍFICO.

EL PUERTO DE LÁZARO CÁRDENAS, UBICADO AL CENTRO-SUR DE LA REGIÓN EN ESTUDIO, SE LOCALIZA GEOGRÁFICAMENTE A $17^{\circ} 56'$ DE LATITUD NORTE Y $102^{\circ} 11'$ DE LONGITUD OESTE.

II.3 ACCESO Y VIAS DE COMUNICACION.

POR VÍA TERRESTRE, LA ZONA ESTÁ CONECTADA CON EL RESTO DEL PAÍS POR MEDIO DE LA CARRETERA FEDERAL NUM. 200 QUE UNE A LA CD. DE LÁZARO CÁRDENAS, MICH., CON LAS CIUDADES DE ZIHUATANEJO Y ACAPULCO, GRO., Y POR LA CARRETERA FEDERAL NUM. 37 QUE UNE A LA CD. DE LÁZARO CÁRDENAS CON LA MIRA, Y URUAPAN, MICH. A ESTAS CARRETERAS PRINCIPALES, ESTÁ INTEGRADA UNA PROFUSA RED DE CAMINOS VECL

NALES DE TERRACERÍA, QUE EN GENERAL SON TRANSITABLES EN TODO TIEMPO. ACTUALMENTE SE ENCUENTRAN EN CONSTRUCCIÓN, LA CARRETERA DIRECTA DE MÉXICO A ZIHUATANELO QUE ACORTA LA DISTANCIA ENTRE LA REGIÓN Y LA CAPITAL DEL PAÍS EN MÁS DE 150 KM. ASÍ COMO LA CARRETERA COSTERA HACIA MANZANILLO, COL.

EN LA ACTUALIDAD, SE CUENTA CON UN AEROPUERTO QUE SE UBICA ENTRE LAS POBLACIONES DE LA ORILLA Y GUACAMAYAS. POR LONGITUD DE PISTA (1800 M), EL AEROPUERTO SE CLASIFICA EN LA CATEGORÍA 5 (SCT), PERO POR LOS SERVICIOS CON LOS QUE CUENTA SE HA CLASIFICADO COMO CATEGORÍA 3. EL AEROPUERTO PERMITE EL ACCESO DE AVIONES COMERCIALES CHICOS DEL TIPO DC-3, FAIRCHILD Y TWIN OTTER O DE PEQUEÑOS AVIONES JET EJECUTIVOS. NO ES POSIBLE EL ACCESO DE AVIONES JET COMERCIALES DC-9 O BOEING 747.

LA INTEGRACIÓN DE LA ZONA DE ESTUDIO AL SISTEMA DE TRANSPORTE FERROVIARIO NACIONAL ES VITAL PARA EL DESARROLLO DEL PUERTO LÁZARO CÁRDENAS Y PARA LA INDUSTRIA EXISTENTE. EN LA ACTUALIDAD SE ENCUENTRA EN CONSTRUCCIÓN EL TRAMO FALTANTE DE CORÓNDIRO (NUEVA ITALIA) A LAS TRUCHAS (LÁZARO CÁRDENAS, MICH.), DE 200 KM. DE LONGITUD. LA ESTACIÓN CORÓNDIRO CONECTARÁ CON LA LÍNEA QUE VA DE AJUJO A URUAPAN Y APATZINGAN Y QUE, JUNTO CON LA LÍNEA MÉXICO-TOLUCA-ACÁMBARO-MORELIA-AJUJO, CONSTITUYEN LA LÍNEA N DE LOS FERROCARRILES NACIONALES, CON UNA DISTANCIA TOTAL DE 803 KM, DESDE LÁZARO CÁRDENAS HASTA LA CD. DE MÉXICO. LA RUTA DESDE LA ZONA DE ESTUDIO A GUADALAJARA, SERÁ POR AJUJO Y PÉNJAMO CON 698 KM DE DISTANCIA Y A MONTERREY POR ACÁMBARO Y CELAYA CON 1278 KM.

EN LO REFERENTE A VÍAS DE ACCESO MARÍTIMAS, SE CUENTA ACTUALMENTE CON UN MUELLE DE LA PLANTA SIDERÚRGICA LÁZARO CÁRDENAS-LAS TRUCHAS. ESTE PUERTO FUE CONSTRUÍDO EN EL AÑO DE 1974 Y ES, POR SU CALADO (14 M) E INSTALACIONES, UNO DE LOS PUERTOS MÁS IMPORTANTES DEL PAÍS. CUENTA CON LAS CONDICIONES FÍSICAS PARA EL ATRAQUE, CARGA Y DESCARGA DE BUQUES HASTA 100 000 TONELADAS, POR LO QUE SEGURAMENTE, AL CONCLUIRSE LOS TRABAJOS DE AMPLIACIÓN DE LOS QUE ES OBJETO, PODRÁ CONVERTIRSE EN UNO DE LOS DE MAYOR MOVIMIENTO EN MÉXICO Y EL MÁS IMPORTANTE DE LA COSTA DEL PACÍFICO.

II.4 ASPECTOS SOCIOECONÓMICOS.

ES A PARTIR DE LA DÉCADA DE LOS 60s, CUANDO SE INICIA EL DESARROLLO DE LA REGIÓN, CON LA CONSTRUCCIÓN DEL CAMINO LÁZARO CÁRDENAS-NUEVA ITALIA, DE UNA PEQUEÑA PISTA DE ATERRIZAJE DE TIERRA, Y DE LAS PRESAS Y PLANTAS HIDROELÉCTRICAS DE INFIERNILLO Y JOSÉ MA. MORELOS (LA VILLITA).

GRACIAS A ESTE IMPULSO LOS MUNICIPIOS DE LÁZARO CÁRDENAS, MICH. Y LA

NUEVA UNIÓN, GRO., CRECEN DE 18 004 HABITANTES EN 1960 A 37,553 EN 1970 Y -- 81,594 EN 1980. SU ESTRUCTURA OCUPACIONAL EMPIEZA A TRANSFORMARSE AL DISMINUIR EL PORCENTAJE DE LA POBLACIÓN ECONÓMICAMENTE ACTIVA DISPUESTA EN ACTIVIDADES PRIMARIAS, DEL 88% EN 1960 A 60% EN 1980. LOS CULTIVOS DE SUBSISTENCIA, DE MAÍZ, FRIJO, ETC., SEGUÍAN CONSTITUYENDO EL MEDIO DE VIDA DE LA GRAN MAYORÍA. LAS PLANTACIONES DE PALMERA DE COCO ERA LA ACTIVIDAD ECONÓMICA MÁS REDUITABLE. SÓLO SE PRACTICABA UNA PESCA DE AUTOCONSUMO. EN SUYA, ERA UNA ZONA DEPRIMIDA CON MARCADAS CARACTERÍSTICAS DE SUBDESARROLLO EN LA QUE EL 42% DE LA POBLACIÓN EN 1970 ERA ANALFABETA. EL NIVEL DE INGRESOS ERA MUY BAJO: EL 82% NO ALCANZABA A PERCIBIR UN SALARIO DE \$1,000.00 MENSUALES Y DE ESTE PORCENTAJE, EL 38% GANABA MENOS DE \$500.00 MENSUALES. LOS POBLADORES SE ENCONTRABAN MUY AFECTADOS POR LA CARENCIA DE MUCHOS SERVICIOS SOCIALES BÁSICOS: EN 1970 SOLO SE CONTABA CON UN CENTRO DE SALUD TIPO "B" DE LA SECRETARÍA DE SALUBRIDAD Y ASISTENCIA. EL NÚMERO DE ESCUELAS ERA INSUFICIENTE PARA DAR CABIDA A LA POBLACIÓN MAYOR DE SEIS AÑOS QUE ASISTÍA A LAS PRIMARIAS (EL 50% NO ENCONTRABA CUPO EN ELLAS). HABÍA FUERTES DEFICIENCIAS EN CUANTO A AGUA POTABLE, FALTA DE DRENAJE SANITARIO, ETC. SOLAMENTE EL 33% DE LA POBLACIÓN DISPONÍA DE ENERGÍA ELÉCTRICA. LA VIVIENDA MOSTRABA CONDICIONES MUY PRECARIAS.

A PARTIR DE 1970, SE INTRODUCEN EN LA REGIÓN, NUEVAS OBRAS DE INFRAESTRUCTURA Y ACTIVIDADES ECONÓMICAS QUE LA TRANSFORMAN RADICALMENTE. EL ELEMENTO DINÁMICO DE LOS CAMBIOS EN ESTOS ÚLTIMOS 13 AÑOS, LO CONSTITUYEN PRINCIPALMENTE LA CONSTRUCCIÓN Y OPERACIÓN DE LA SIDERÚRGICA LÁZARO CÁRDENAS-LAS TRUCHAS Y EL ESTABLECIMIENTO DEL PUERTO MARÍTIMO INDUSTRIAL. EN TÉRMINOS GENERALES, EL IMPACTO QUE HA RECIBIDO LA ZONA DE ESTUDIO DE 1970 A 1983, HA CAUSADO UNA EVOLUCIÓN SUMAMENTE RÁPIDA DE UNA POBLACIÓN QUE SE ENCONTRABA DISPERSA Y DESARRAIGADA, CON CARACTERÍSTICAS ACENTUADAMENTE RURALES Y CON BAJOS NIVELES DE INGRESOS, A UNA POBLACIÓN CONCENTRADA AHORA EN CENTROS URBANOS IMPORTANTES, DE CARACTERÍSTICAS SOCIO-CULTURALES MÁS DESARROLLADAS Y CON NIVELES SUPERIORES DE INGRESOS VICULADOS A LOS SECTORES INDUSTRIAL Y DE SERVICIOS.

DE 1970 A 1980, EL CRECIMIENTO DEMOGRÁFICO DE LÁZARO CÁRDENAS, MICH., HA SIDO MUY SIGNIFICATIVO DE 24,319 HABITANTES A 62,355 O SEA EL 256% DE ACUERDO CON EL RESULTADO DEL X CENSO NACIONAL DE POBLACIÓN Y VIVIENDA. DEBE CONSIGNARSE QUE EN EL AÑO DE 1976, LA POBLACIÓN DE LA ZONA LLEGO A ALCANZAR MÁS DE 100,000 HABITANTES, DEBIDO A LA GRAN AFLUENCIA DE OBREROS EN BÚSCA DE OPORTUNIDADES DURANTE LA CONSTRUCCIÓN DE SICARTSA, MIENTRAS QUE EN EL AÑO 1977, EL FIDEICOMISO LÁZARO CÁRDENAS (SAHOP), REALIZÓ UN CENSO QUE ARROJÓ EL DATO DE 52,000 HABITANTES, ES DECIR, CASI 50,000 HABITANTES MENOS QUE EL AÑO ANTERIOR. ESTE FENÓMENO QUIZÁS SE ESTÉ PRESENTANDO ACTUALMENTE, DEBIDO A LAS OBRAS QUE SE REALIZAN EN EL PUERTO Y EN EL PARQUE INDUSTRIAL.

En 1977, LA POBLACIÓN ECONÓMICA ACTIVA (PEA), HABÍA ALMENTADO AL 42 % DE LA TOTAL, EN COMPARACIÓN CON EL 25 % DE LA TOTAL DE 1970. ACTUALMENTE SÓLO EL 14% DE LA PEA, SE ENCUENTRA UBICADA EN LAS ACTIVIDADES PRIMARIAS, UN 55% EN EL SECTOR INDUSTRIAL Y UN 31% EN ACTIVIDADES TERCIARIAS.

LOS IMPORTANTES ESFUERZOS E INVERSIONES PARA EL DESARROLLO ECONÓMICO Y SOCIAL DE LA ZONA, HAN SERVIDO PARA IR RESOLVIENDO PARCIALMENTE LOS PROBLEMAS DE VIVIENDA, SALUD, EDUCACIÓN, ETC., CREADOS POR EL EXPLOSIVO CRECIMIENTO DEMOGRÁFICO A QUE ANTES SE HIZO REFERENCIA.

EN CUANTO AL PROBLEMA DE VIVIENDA, PUEDE DESTACARSE EL CONTÍNUO "PARACADISMO" EN "CIUDADES PERDIDAS" QUE ACAESE EN LA ZONA, DEBIDO A LA FALTA DE TERRENOS URBANIZADOS Y A COSTOS ACCESIBLES PARA LA POBLACIÓN DE BAJOS INGRESOS. DE TOTAL DE VIVIENDAS QUE CONSTRUYERON O ESTÁ CONSTRUYENDO SICARTSA EL FIDEICOMISO CIUDAD LAZARO CÁRDENAS (FIDELAC) Y EL INFONAVIT (4590 HASTA 1978) SÓLO AL 11% NO FUERON DESTINADOS AL PERSONAL DE SICARTSA. ACTUALMENTE EXISTE UN PEQUEÑO EXCEDENTE DE VIVIENDAS RECIENTE CONSTRUÍDAS QUE SE ESTÁN OFRECIERO A LOS TRABAJADORES DE FERTIMEX Y DEMÁS INDUSTRIAS QUE SE ESTABLECEN EN LA REGIÓN.

EN EL REMPLÓN EDUCACIÓN SE HA INCREMENTADO NOTABLEMENTE LOS SERVICIOS EN LOS ÚLTIMOS AÑOS, PERO COMO EN TODO EL PAÍS, AÚN SON FUERTES LAS DEFICIENCIAS. HAY 13 JARDINES DE NIÑOS QUE CUBREN EL 53 % DE LA DEMANDA, 16 ESCUELAS PRIMARIAS EN LOS DIFERENTES POBLADOS QUE SÓLO SON SUFICIENTES PARA EL 42 % DE LA POBLACIÓN ESCOLAR DE ESE NIVEL Y 5 ESCUELAS SECUNDARIAS, CON LA QUE SE SATISFACE LA DEMANDA DE UN 77 % DE LA POBLACIÓN ESCOLAR CORRESPONDIENTE. EN LAZARO CÁRDENAS, EXISTE UNA ESCUELA PREPARATORIA CON UN CUPO DE 350 ALUMNOS QUE SATISFACE UNA DEMANDA DEL 50 %. SE CUENTA TAMBIÉN CON EL CENTRO DE CAPACITACIÓN DE SICARTSA, CON UN EQUIPO DIDÁCTICO E INSTALACIONES MUY COMPLETAS, QUE PODRÍA CONVERTIRSE EN UN TECNOLÓGICO REGIONAL. OTRO ESFUERZO SIGNIFICATIVO FUE LA IMPLANTACIÓN DEL PLAN DE EDUCACIÓN ABIERTA PARA ADULTOS, EN LOS NIVELES DE ENSEÑANZA PRIMARIA Y SECUNDARIA. EN RESUMEN, SÓLO CERCA DEL 50 % DE LA POBLACIÓN ESCOLAR POTENCIAL, TIENE CUPO EN EL SISTEMA FORMAL DE ENSEÑANZA.

SERVICIOS MÉDICOS: EL IMSS, LA SSA, EL ISSSTE Y SICARTSA, HAN INCREMENTADO ESTOS SERVICIOS NOTABLEMENTE. SE DISPONE DE 165 CAMAS REPARTIDAS EN UNA CLÍNICA T-1, UN HOSPITAL REGIONAL, VARIOS CENTROS DE SALUD B Y C, CONSULTORIOS MÉDICOS Y CLÍNICAS AMBULANTES.

SERVICIOS PÚBLICOS: ALCANTARILLADO SÓLO EXISTE EN LAZARO CÁRDENAS,

EXISTE UNA ESCUELA PREPARATORIA CON UN CUPO DE 350 ALUMNOS QUE SATISFACE UNA DEMANDA DEL 50%. SE CUENTA TAMBIÉN CON EL CENTRO DE CAPACITACIÓN DE SICARTSA, CON UN EQUIPO DIDÁCTICO E INSTALACIONES MUY COMPLETAS, QUE PODRÍA CONVERTIRSE EN UN TECNOLÓGICO REGIONAL. OTRO ESFUERZO SIGNIFICATIVO FUE LA IMPLANTACIÓN DEL PLAN DE EDUCACIÓN ABIERTA PARA ADULTOS, EN LOS NIVELES DE PRIMARIA Y SECUNDARIA. EN RESUMEN, SÓLO CERCA DEL 50% DE LA POBLACIÓN ESCOLAR POTENCIAL, TIENE CUPO EN EL SISTEMA FORMAL DE ENSEÑANZA.

SERVICIOS MÉDICOS: EL IMSS, LA SSA, EL ISSSTE Y SICARTSA, HAN INCREMENTADO ESTOS SERVICIOS NOTABLEMENTE. SE DISPONE DE 165 CAMAS REPARTIDAS EN UNA CLÍNICA T-1, UN HOSPITAL REGIONAL, VARIOS CENTROS DE SALUD B Y C, CONSULTORIOS MÉDICOS Y CLÍNICAS AMBULANTES.

SERVICIOS PÚBLICOS: ALCANTARILLADO SÓLO EXISTE EN LÁZARO CÁRDENAS, GUACAMAYAS, LA ORILLA, LA MIRA Y PLAYA AZÚL, PARA PARTE DE LA POBLACIÓN. LA REGIÓN CUENTA CON SERVICIOS DE ENERGÍA ELÉCTRICA. EL SERVICIO DE TRANSPORTE URBANO ES INSUFICIENTE, OPERA CON EQUIPO VIEJOS MUY DESCUIDADOS, SIENDO MUY NECESARIO AMPLIARLO Y MEJORARLO. ES NECESARIO EXTENDER EL SERVICIO DE LA CENTRAL TELEFÓNICA DE LÁZARO CÁRDENAS A LOS DEMÁS CENTROS DE POBLACIÓN. EXISTE UNA ADMINISTRACIÓN DE CORREOS, PERO ÚNICAMENTE CON ENTREGAS DOMICILIARIAS EN EL PRIMER CUADRO DE LÁZARO CÁRDENAS. HAY SERVICIO DE TELÉGRAFOS EN LÁZARO CÁRDENAS, LA MIRA, PLAYA AZÚL Y EL TABILLAL. HACEN FALTA SERVICIOS DE SEGURIDAD PÚBLICA.

EN LOS ÚLTIMOS AÑOS, SE HA PUESTO GRAN ÉNFASIS EN LAS ACTIVIDADES DEPORTIVAS, RECREATIVAS Y CULTURALES. CONSTRUYÉNDOSE VARIOS PARQUES RECREATIVOS Y DEPORTIVOS. EXISTEN 15 CINES EN LA REGIÓN; 5 DE ELLOS AL AIRE LIBRE EN LAS INSTALACIONES DE SICARTSA. CUATRO DE LOS CINES POPULARES, ESTÁN DISEÑADOS PARA SERVIR COMO SALAS DE EXHIBICIÓN Y COMO LUGAR DE REUNIÓN PARA JUNTAS VECINALES Y DIVERSOS ACTOS CULTURALES Y SOCIALES. SE CUENTA CON SÓLO UNA UNIDAD DE RADIO, SERVICIO DE TELECABLE Y TRANSMISIÓN DE PROGRAMAS DE T.V. CULTURAS A CARGO DE SICARTSA.

EN CUANTO A LA ESTRUCTURA ECONÓMICA, LA REGIÓN EN ESTUDIO SE PUEDE CONSIDERAR DIVIDIDA EN TRES SUBREGIONES:

- A) LA MONTAÑOSA CENTRAL Y DE TIERRA CALIENTE DE MICHOACÁN, QUE DESTACA POR SU ACTIVIDAD RURAL, SOBRESALIENDO LA DEL DISTRITO DE RIEGO DE TEPALCATEPEC, DE 900,000 HAS., CON UNA PRODUCCIÓN IMPORTANTE DE FRUTALES Y CULTIVOS ORIENTADOS AL MERCADO INTERNO Y AL DE EXPORTACIÓN, ASÍ COMO LA PRODUCCIÓN DE MADERA Y RESINAS Y LA ACTIVIDAD INDUSTRIAL VINCULADA AL SECTOR AGRÍCOLA.
- B) LA DE TIERRA CALIENTE DE GUERRERO, QUE ES AGRÍCOLA DE TEMPORAL, CON EXCEP-

CIÓN DEL DISTRITO DE RIEGO DE CUTZAMALA DE 10,600 HA., SU PRODUCCIÓN ESTA -
ORIENTADA AL ABASTECIMIENTO LOCAL Y AL CENTRO DEL PAÍS.

- c) LA COSTERA, DONDE EL DESARROLLO AGRÍCOLA ES INCIPIENTE Y SÓLO SE RIEGAN --
16,000 HA., DEL DISTRITO DE RIEGO DEL BAJO BALSAS.

LA ACTIVIDAD GANADERA ES INCIPIENTE, SÓLO REPRESENTANDO EL 2% DEL TO-
TAL DE LAS ACTIVIDADES PRODUCTIVAS, Y ESTÁ ORIENTADA AL ABASTO LOCAL CON GANADO
CORRIENTE. LA ACTIVIDAD PESQUERA ES RUDIMENTARIA Y SE DESARROLLA PRINCIPALMENTE
EN GUERRERO, BÁSICAMENTE PARA LA CAPTURA DE OSTIÓN, ALMEJA, LANGOSTA, ETC., LA
ACTIVIDAD INDUSTRIAL DEBIDO A LA SIDERURGICA, ES CON MUCHO, LA PREDOMINANTE.

LAS GRANDES POSIBILIDADES DE CONSOLIDAR UN POLO DE DESARROLLO EN ESTA
ZONA DEL PAÍS (FIG. II,4,1), SE DEBE A QUE ALLÍ SE CONJUGAN LOS SIGUIENTES FAC-
TORES:

- I) UN PUERTO MARÍTIMO DE GRAN CALADO,
- II) VÍAS TERRESTRES DE COMUNICACIÓN FAVORABLE Y UN ENLACE FERROVIA--
RIO.
- III) NUEVOS CENTROS DE POBLACIÓN Y POSIBILIDAD DE AMPLIAR, SIN DIFI--
CULTAD MAYOR, LOS EXISTENTES,
- IV) ABUNDANCIA DE AGUA,
- V) ABUNDANCIA DE ENERGÍA ELÉCTRICA,
- VI) UNA PLANTA SIDERÚRGICA Y,
- VII) UNA PLANTA DE FERTILIZANTES,

II,5 CONSUMO DE AGUA ACTUAL Y FUTURO;

LA FUENTE PRINCIPAL DE AGUA EN LA REGIÓN, ES SIN LUGAR A DUDAS, LAS -
AGUAS SUPERFICIALES VERTIDAS POR EL RÍO BALSAS, EL MÁS IMPORTANTE DE LOS RÍOS -
MEXICANOS QUE DESCARGAN EN EL OCEANO PACÍFICO, COMO SE VERÁ EN EL CAPÍTULO V, -
EL CAUDAL DE ESTE RÍO, REGULADO POR LAS PRESAS DE INFIERNILLO Y JOSÉ MA. MORE--
LOS, TIENE UN POTENCIAL PRACTICAMENTE ILIMITADO, FACTOR QUE CONSTITUYE EL PRIN-
CIPAL ATRACTIVO PARA EL DESARROLLO DE UNA ZONA INDUSTRIAL.

USO AGRÍCOLA: EL DISTRITO DE RIEGO DEL BAJO BALSAS, SE ABASTECE ME--
DIANTE DOS OBRAS DE TOMA, CON SUS RESPECTIVOS CAUALES PRINCIPALES Y UNA CAPACI-
DAD TOTAL DE 33,0 M³/SEG, EL CANAL PRINCIPAL DE MARGEN DERECHA DOMINA 9,000 HA.,
DE MICHOCÁN Y EL DE LA IZQUIERDA 7,000 HA., DE GUERRERO (FIG. II.5.1).

SE HA ESTIMADO QUE LA SUPERFICIE REGABLE POR GRAVEDAD DE 16,000 HA., -
SE REDUCIRÁ A 11,000 HA., (POR DESTINARSE EL RESTO A OTROS USOS), QUE DEMANDARÁ
APROXIMADAMENTE 11 M³/SEG., A LOS CUALES SE SUMARÁN 7 M³/SEG., PARA EL RIEGO --
POR BOMBEO, DANDO UN REQUERIMIENTO TOTAL FUTURO DE 18 M³/SEG., Y UN EXCEDENTE,-

POR LO CANALES DE RIEGO DE 15 M³/SEG., PARA USOS URBANOS E INDUSTRIALES.

USO URBANO: EN LA ACTUALIDAD LA CIUDAD DE LÁZARO CÁRDENAS, SE ABASTECE DE AGUA DEL CANAL LATERAL NUM. 2, AGUA QUE PASA A UNA PLANTA DE TRATAMIENTO CON UNA CAPACIDAD DE 210 L.P.S., INSUFICIENTES PARA LA POBLACIÓN ACTUAL DE 52,000 HABITANTES.

GUACAMAYAS SE ABASTECE DE AGUA DE DOS POZOS CON CAPACIDADES DE 25 L.P.S. Y 55 L.P.S., RESPECTIVAMENTE, INSUFICIENTES PARA ABASTECER LA DEMANDA DE SU POBLACIÓN ACTUAL DE 25,600 HABITANTES.

LA MIRA SE ABASTECE CON DOS POZOS PROFUNDOS LOCALIZADOS CERCA DEL ÁREA DE LAS MINAS DE LA SIDERÚRGICA, CON CAPACIDAD DE 50 L.P.S., SUFICIENTES PARA SU POBLACIÓN DE 14,000 HABITANTES.

LA POBLACIÓN DE LA ORILLA, SE ABASTECE DE DOS POZOS CON CAPACIDAD DE 15 L.P.S. QUE SIRVEN PARA UNOS 4,300 HABITANTES, EL RESTO DE LAS POBLACIONES DE LA REGIÓN CUENTAN CON OBRAS DE ABASTECIMIENTO DE AGUA POTABLE MUY PRIMITIVAS E INCOMPLETAS Y EL BORDONAL, SAN FRANCISCO Y SORCUA, CARECEN TOTALMENTE DE ELLAS.

DE LO ANTERIOR, SE DESPRENDE QUE LAS PRINCIPALES POBLACIONES DE LA REGIÓN A CORTO PLAZO TENDRÁN O, COMO EL CASO DE LÁZARO CÁRDENAS, YA TIENEN PROBLEMAS EN EL SUMINISTRO DE AGUA A SUS POBLADORES.

PAR CALCULAR LA DEMANDA FUTURA DE AGUA POTABLE DE LOS DIFERENTES SUBSISTEMAS URBANOS EN LOS QUE SE SUBDIVIDIÓ LA REGIÓN, SE CONSIDERÓ COMO LA ADICUADA UNA DOTACIÓN DE 300 LITROS POR HABITANTE POR DÍA, CON LO QUE SE CUBREN TANTO LOS USOS DOMÉSTICOS COMO LOS MUNICIPALES.

DE ACUERDO CON LAS PROYECCIONES DE POBLACIÓN QUE SE LLEVARÓN A CABO TOMANDO EN CUENTA LA FUTURA CREACIÓN DEL PARQUE INDUSTRIAL Y DE LAS AMPLIACIONES DE SICARTSA Y FERTIMEX, LAS DEMANDAS SERÍAN PARA LOS AÑOS: 1985, 1990, 1995 Y 2000, COMO SE MUESTRAN EN LA TABLA II,5,1.

CONSIDERANDO QUE LAS POBLACIONES DE LÁZARO CÁRDENAS, GUACAMAYAS, LA MIRA Y LA ORILLA, TIENEN UNA CAPACIDAD ACTUAL DE 355 L.P.S., Y QUE ENTRE TODAS LAS DEMÁS POBLACIONES SE ESTIMA UNA CAPACIDAD ADICIONAL DE 25 L.P.S., LOS REQUERIMIENTOS ADICIONALES AL AÑO 2000 SERÍAN DE 1,560 L.P.S.

USO INDUSTRIAL: LA SIDERÚRGICA LÁZARO CÁRDENAS-LA TRUCHAS, TOMA AGUA DIRECTAMENTE DEL RÍO BALSAS, CON UNA PLANTA DE BOMBEO LOCALIZADA EN LA MARGEN

MARGEN DERECHA DEL BRAZO DERECHO DEL DELTA, ESTA AGUA YA HA GENERADO ENERGÍA HIDROELECTRICA AL PASAR POR LAS TURBINAS DE LA PLANTA DE LA VILLITA, ESTA INDUSTRIA CONSUME ACTUALMENTE 5.6 METROS CÚBICOS DE AGUA, PERO SE PREVEEN TRES AMPLIACIONES MÁS QUE REQUERIRAN DE 15, 28 Y 43 M³/SEG., RESPECTIVAMENTE.

FEPTIMEX, ESTÁ CONSUMIENDO 1 M³/SEG., Y AL SER TERMINADA SU AMPLIACIÓN, REQUERIRÁ DE 1 M³/SEG., ADICIONAL.

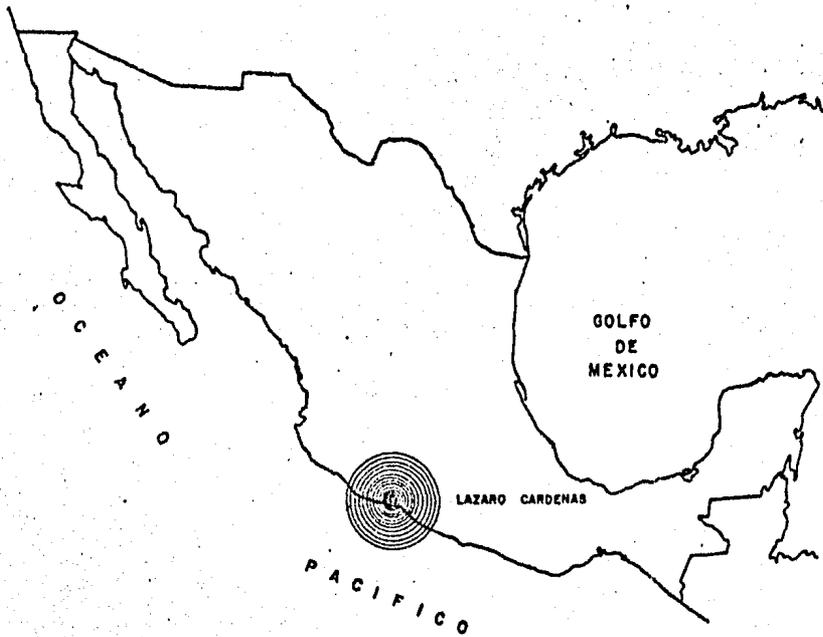
PARA EL PARQUE INDUSTRIAL, SE CONSIDERA QUE UN GASTO DE 15 M³/SEG., A UNA PRESIÓN DE 20 M., ES SUFICIENTE PARA DOTAR DE AGUA A TODAS LAS INDUSTRIAS QUE SE LOCALICEN EN EL PARQUE HASTA EL AÑO 2000, SEGÚN SE MUESTRA EN LA TABLA 11.5.2.

EN CONCLUSIÓN, LOS VOLÚMENES DEMANDADOS AL AÑO 2000 TANTO PARA USO URBANO COMO INDUSTRIAL, SON DEL ÓRDEN DE 62 M³/SEG., VOLÚMEN SIMILAR AL QUE SE SUMINISTRA A LA CIUDAD DE MÉXICO.

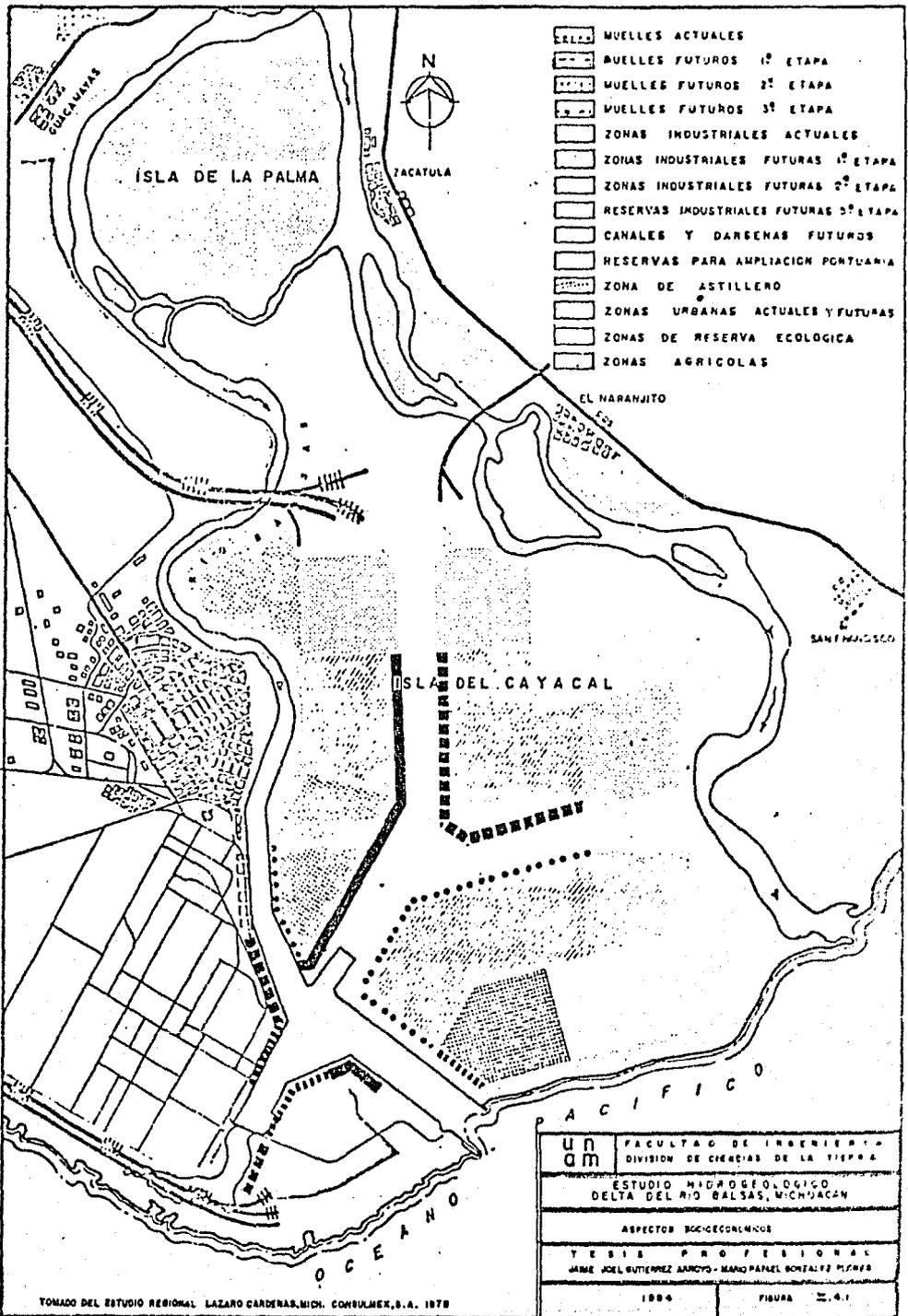
COMO ALTERNATIVAS DE SOLUCIÓN SE HA CONTEMPLADO LA UTILIZACIÓN DE LAS AGUAS SUPERFICIALES DEL RÍO BALSAS, YA SEA EN FORMA DIRECTA O POR MEDIO DE LOS CAVALES DE RIEGO O DE LA PRESA JOSÉ MA. MORELOS.

SIN EMBARGO, TAMBIÉN SE HA PENSADO EN EL ESTABLECIMIENTO DE UNA BATERÍA DE POZOS EN LA ISLA DE LA PALMA, A FIN DE OBTENER AGUA DE MEJOR CALIDAD Y ABATIR LOS COSTOS QUE IMPLICA LA CONSTRUCCIÓN Y OPERACIÓN DE UNA PLANTA DE TRATAMIENTO, POR LO CUAL EL CONOCIMIENTO DEL ACUÍFERO RESULTA FUNDAMENTAL PARA UNA EXPLOTACIÓN RACIONAL Y NO INCURRIR EN SOBREEXPLOTACIONES NOCIVAS QUE SOLO ACARREARÍAN SU INUTILIZACIÓN.

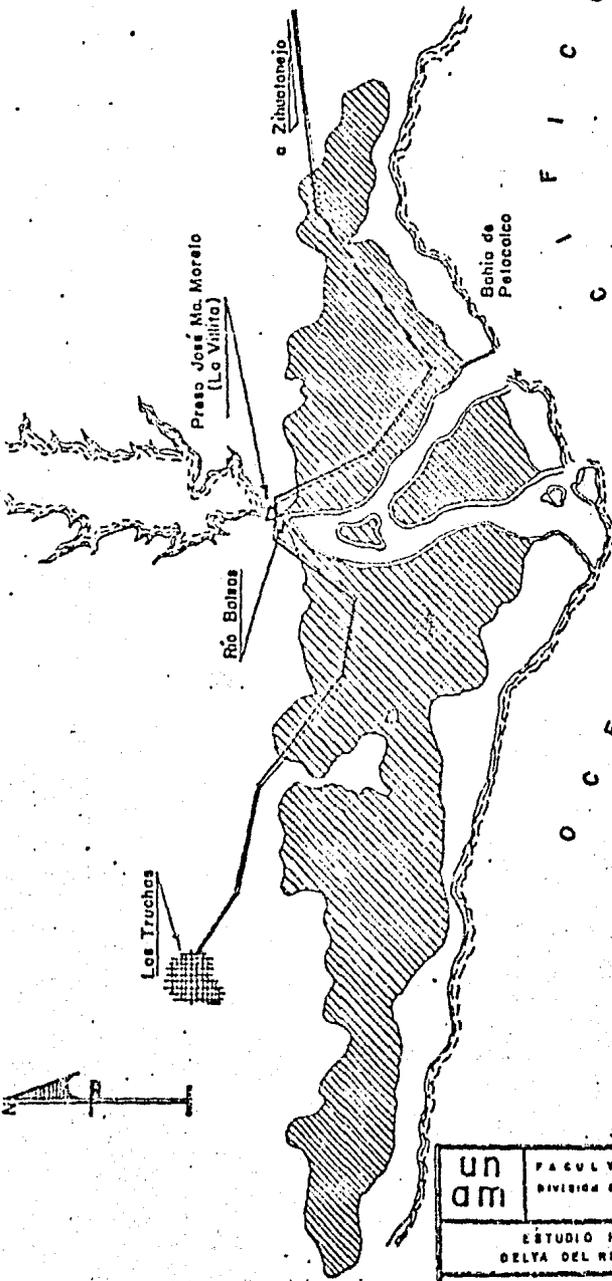
LA EJECUCIÓN DE LAS OBRAS PARA EL ABASTECIMIENTO DE AGUA, SE INICIÓ EN 1991 CON LA CONSTRUCCIÓN DE UNA OBRA DE TOMA AUXILIAR EN EL CANAL PRINCIPAL MARGEN DERECHA DE LA PRESA LA VILLITA, LA OBRA CIVIL DE LA PLANTA DE BOMBEO, EL SUMINISTRO E INSTALACIÓN DE TUBERÍA DE CONCRETO EN UNA LONGITUD DE 19.7 KM, CON DIÁMETRO TELESCOPIADOS DE 2.54 M. A 1.52 M. Y LA PERFORACIÓN DE 58 POZOS, 5 DE LOS CUALES SE ENCUENTRAN TOTALMENTE EQUIPADOS Y A PUNTO DE ENTRAR EN OPERACIÓN EN EL DENOMINADO PLAN DE EMERGENCIA, DESAFORTUNADAMENTE LOS RECORTES PRESUPUESTALES HAN DEJADO LA OBRA INCONCLUSA CON EL CONSIGUIENTE DETERIORO DE LAS OBRAS INICIADAS. (REF. 5)



un am	FACULTAD DE INGENIERIA
	DIVISION DE CIENCIAS DE LA TIERRA
ESTUDIO HIDROGEOLOGICO DELTA DEL RIO BALSAS, MICHOACAN	
CROQUIS DE LOCALIZACION	
T E S I S P R O F E S I O N A L JAIME JOEL BUTRIFERZ AVNTO—MARIO RAFAEL RONCALLES PLONES	
1984	FIGURA XX. 2.1



Tomado del estudio regional LAZARO CARDENAS, MICH. CONSULTER, S.A. 1978



un am	FACULTAD DE INGENIERIA DIVISION DE CIENCIAS DE LA TIERRA
	ESTUDIO HIDROGEOLOGICO DELTA DEL RIO SALINAS MICHOACAN
DISTRITO DE RIEGO No. 108 "JOSE MA. MORELOS"	
TESIS PROFESIONAL JUAN DEL CARMEN ARROYO - JUAN RAFAEL GONZALEZ PARRA	
1964	FIGURA 21.01

TABLA II.5.1.

DEMANDAS DE AGUA AL AÑO 2000 PARA USO URBANO

	1985	1990	1995	2000
	LITROS POR SEGUNDO			
SUBSISTEMA LAZARO CARDENAS GUACAMAYAS	457	648	760	990
SUBSISTEMA LA MIRA-PLAYA AZUL	158	241	283	368
SUBSISTEMA ZACATULA-PETACALCO	125	275	325	440
OTROS POBLADOS	90	106	122	142
TOTAL	830	1270	1490	1940

TABLA II.5.2.

DEMANDAS DE AGUA AL AÑO 2000 PARA USO INDUSTRIAL

	1985	1990	1995	2000
	METROS CUBICOS POR SEGUNDO			
SICARTSA	14	15	28	43
FERTIMEX	1	2	2	2
PARQUE INDUSTRIAL	5	9	12	15
TOTAL:	20	26	42	60

TABLA III.2.1.

UBICACION DE LAS ESTACIONES CLIMATOLOGICAS EN EL DELTA
DEL RIO BALSAS.

ESTACION	LATITUD NORTE	LONGITUD DESTE	ALTURA (M.S.N.M.)	PERIODO DE OBS.
LA VILLITA	18°02'30"	102°10'45"	60	1957-1980
MELCHOR OCAÑO	18°01'	102°12'	20	1957-1980

CAPITULO III
CLIMATOLOGIA

III.1 INTRODUCCION.

ESTE CAPÍTULO TRATA DE LOS FENÓMENOS QUE OCURREN EN LA ATMÓSFERA Y -- QUE SON DE IMPORTANCIA EN LA HIDROLOGÍA, LOS CUALES SON DENOMINADOS COMPONENTES PRIMARIOS DEL CICLO HIDROLÓGICO E INCLUYEN A LA PRECIPITACIÓN, EVAPOTRANSPIRACIÓN, INFILTRACIÓN Y ESCURRIMIENTO. ESTE ÚLTIMO PARÁMETRO HIDROLÓGICO, POR SU IMPORTANCIA, SERÁ TRATADO EN FORMA INDEPENDIENTE EN EL CAPÍTULO V.

III.2 CARACTERÍSTICAS GENERALES.

AL CLIMA EN LA REGIÓN LE CORRESPONDE LA FÓRMULA AWO (w) IG; QUE SIGNIFICA PERTENECER AL GRUPO DE CLIMAS CÁLIDOS, SUBHÚMEDOS, EN DONDE LA TEMPERATURA MEDIA DEL MES MÁS FRÍO ES SUPERIOR A LOS 18°C. EL COCIENTE DE PRECIPITACIÓN -- (P/M)/TEMPERATURA (°C) ES MENOR A 43.2, CON UN PORCENTAJE DE LLUVIAS INVERNAL -- MENOR DEL 5 ½ DE LA ANUAL, Y UNA OSCILACIÓN TÉRMICA ANUAL INFERIOR A 5°C. ESTO PUEDE INTERPRETARSE COMO QUE LA REGIÓN ES ISOTÉRMICA, CUYO MES MÁS CALIENTE SE PRESENTA ENTRE JULIO Y AGOSTO, VER TABLA III.3.1.

EL ANÁLISIS CLIMATOLÓGICO DEL ÁREA, SE EFECTUÓ CON LOS DATOS DISPONIBLES DE PRECIPITACIÓN Y TEMPERATURA REGISTRADOS EN LAS ESTACIONES CLIMATOLÓGICAS QUE SE MUESTRAN EN LA TABLA III.2.1.

EN ESTA TABLA EL PERÍODO EN QUE LAS OBSERVACIONES FUERON MÁS CONFIABLES, ES EL COMPRENDIDO ENTRE LOS AÑOS DE 1970-1980,

III.3 TEMPERATURAS MEDIAS MENSUALES.

UN ELEMENTO IMPORTANTE EN EL ANÁLISIS CLIMATOLÓGICO ES LA TEMPERATURA DEL AIRE, EXPRESADA EN TÉRMINOS DE LA DIFERENCIA ENTRE EL CALOR ABSORBIDO -- POR LA SUPERFICIE TERRESTRE Y EL EMITIDO POR RADIACIÓN.

EN LAS ESTACIONES CLIMATOLÓGICAS SE USA UN TERMOMETRO DE MERCURIO PARA MEDIR LA TEMPERATURA DEL AIRE, EVITANDO QUE EL SOL INSIDA DIRECTAMENTE SOBRE EL MISMO, Y EL AIRE PERMANEZCA ESTACIONARIO ALREDEDOR DEL TERMÓMETRO, PUES DE OTRA MANERA, LA MAYOR MASA ESPECÍFICA DEL MERCURIO, HARÍA QUE CEDIESE SU CALOR AL -- AIRE, DILATÁNDOSE MENOS DE LO DEBIDO. LA TEMPERATURA DEL AIRE VARÍA RÁPIDAMENTE DESDE EL NIVEL DEL SUELO HASTA UNA ALTURA DE 1.5 M Y A PARTIR DE AHÍ, LA VARIACIÓN ES PEQUEÑA.

EN LA ZONA MONTAÑOSA, LOS VALORES MEDIOS DE LA TEMPERATURA REGISTRADOS EN LAS ESTACIONES AGUILILLA, ARTEAGA Y SAN JERÓNIMO, SON DE 25.3°C; EN LA PARTE INTERMEDIA, CORRESPONDIENTE A LAS ESTACIONES EL CAJÓN, LA PASTORÍA Y --

LA UNIÓN, SE REGISTRAN 28.5°C COMO PROMEDIO; Y EN LAS ZONAS BAJAS LAS TEMPERATURAS REGISTRADAS SON DE 26.94°C , EN LAS ESTACIONES COYUQUILLA, LA VILLITA Y — MELCHOR OCAMPO.

LA TEMPERATURA MEDIA MENSUAL VARÍA ENTRE 24.95°C EN EL MES DE MARZO, Y 29.55°C EN EL MES DE JULIO.

EL CÁLCULO DE TEMPERATURAS EN FORMA RESUMIDA DE TODAS LAS ESTACIONES, SE MUESTRA EN LA TABLA III.3.1.

III.4 PLUVIOMETRIAS MENSUALES.

LA PRECIPITACIÓN ES EL PRINCIPAL COMPONENTE PRIMARIO DEL CICLO HIDROLÓGICO Y LLEGA A LA SUPERFICIE DE LA TIERRA COMO AGUA, EN ESTADO LÍQUIDO O SÓLIDO. EL VAPOR DE AGUA CONTENIDO EN LA ATMÓSFERA, SE CONDENSA ALREDEDOR DE DIVERSOS NÚCLEOS DE MATERIAL SÓLIDO EN SUSPENSIÓN, FORMANDO GOTAS O CRISTALES, LOS CUALES CAEN EN LA SUPERFICIE TERRESTRE EN FORMA DE LLUVIA, GRANIZO O NIEVE, — POR EFECTO DEL MOVIMIENTO GENERAL DE LA ATMÓSFERA, QUE SE EFECTÚA EN LAS ZONAS DE BAJA PRESIÓN.

LA PRECIPITACIÓN ES UN FENÓMENO DE TIPO DISCONTINUO Y POR ESO NO SE PUEDE HABLAR DE SU VARIACIÓN DIARIA O ANUAL DEL MISMO MODO QUE CON OTROS ELEMENTOS METEÓRICOS. SU DISTRIBUCIÓN TANTO EN EL TIEMPO COMO EN EL ESPACIO, ES SUMAMENTE VARIABLE.

LA LLUVIA SE MIDE POR LA ALTURA QUE ALCANZARÍA SOBRE UNA SUPERFICIE — IDEAL PLANA Y HORIZONTAL, ANTES DE SUFRIR PÉRDIDAS POR EVAPORACIÓN, INFILTRACIÓN, ETC. LOS PLUVIÓMETROS MIDEN LA CANTIDAD DE LLUVIA RECIBIDA EN EL INTERVALO DE TIEMPO COMPRENDIDO ENTRE DOS LECTURAS CONSECUTIVAS (GENERALMENTE UN DÍA). CONSISTEN EN ESENCIA DE UN COLECTOR QUE RECIBE EL AGUA DE LLUVIA ATRAVÉS DE — UN CILINDRO RECEPTOR PUESTO EN POSICIÓN VERTICAL DE SECCIÓN CONOCIDA. PARA EVITAR LA EVAPORACIÓN DEL AGUA RECIBIDA, ESTA SE CANALIZA HASTA EL COLECTOR MEDIANTE UN EMBUDO QUE DESCARGA A UNA PROBETA GRADUADA, DE ACUERDO A LA SUPERFICIE DE LA SECCIÓN DEL CILINDRO, EN DONDE MIDE LA ALTURA EN MILÍMETROS DE AGUA RECIBIDA.

DEL ANÁLISIS DE LA PRECIPITACIÓN LLEVADO A CABO EN EL ÁREA DE ESTUDIO, SE OBTUVO UNA ALTURA MEDIA ANUAL PARA EL PERÍODO 1957-1960, DE 1 160.26 MM, Y — UNA ALTURA MEDIA MENSUAL DE 96.69 MM (VÉASE TABLA III.4.1).

LOS RESULTADOS OBTENIDOS INDICAN QUE ENTRE LOS MESES DE JUNIO A OCTUBRE, TIENE LUGAR LA TEMPORADA DE LLUVIAS OCURRIENDO LA MAYOR PARTE DE LA PRECIPITACIÓN ANUAL DURANTE ESTOS MESES, OBSERVÁNDOSE QUE SEPTIEMBRE ES EL MES MÁS —

LLUVIOSO CON UNA PRECIPITACIÓN MEDIA EN EL PERÍODO DE OBSERVACIÓN DE 313.27 MM, Y EN LOS MESES RESTANTES LA LLUVIA ES PRÁCTICAMENTE NULA.

DEL ANÁLISIS DE LOS DATOS PRESENTADOS EN LA TABLA III.4.1, SE DESPRENDE QUE EL AÑO DE 1968 FUE UN AÑO ANÓMALO, YA QUE OCURRIERON LLUVIAS EXTRAORDINARIAS EN LOS MESES DE ENERO, MARZO, MAYO Y JUNIO, QUE POR MUCHO SUPERAN A LOS REGISTROS MEDIOS DE AÑOS NORMALES. TAMBIÉN SE OBSERVA QUE LA LLUVIA ES DE TIPO ESTACIONAL, AFECTADA PROBABLEMENTE POR LOS CICLONES Y HURACANES QUE TIENEN EFECTO EN ESTA PARTE DE LA COSTA DEL PACÍFICO. EN LA TABLA III.4.2, SE PRESENTA LA RELACIÓN DE CICLONES OCURRIDOS EN ESTA PARTE DE LA REPÚBLICA MEXICANA DURANTE LOS AÑOS DE 1960-1980, Y QUE INFLUYEN DE UNA MANERA DIRECTA EN LA CANTIDAD DE PRECIPITACIÓN EN EL PERÍODO DE OBSERVACIÓN.

LA ALTURA MÁXIMA DE PRECIPITACIÓN, CORRESPONDE A LOS MESES EN LOS CUALES LAS LLUVIAS EXTRAORDINARIAS OCURREN DURANTE 24 HORAS; ESTE TIPO DE LLUVIAS OFRECE LAS CONDICIONES MENOS FAVORABLES PARA LA INFILTRACIÓN, QUEDANDO RESTRINGIDA LA RECARGA NATURAL DEL ACUÍFERO A LA INFILTRACIÓN DE LOS ESCURRIMIENTOS SUPERFICIALES, GENERADOS EN EL BORDE DE LAS SIERRAS QUE LIMITAN A LA PLANICIE COSTERA.

III.5 EVAPOTRANSPIRACION.

GENERALMENTE, SE TRATA A LA EVAPORACIÓN Y A LA TRANSPIRACIÓN EN FORMA INDEPENDIENTE, SIN EMBARGO, EN CONDICIONES NATURALES ES PRECISO REUNIR AMBOS TÉRMINOS YA QUE EN TERRENOS PROVISTOS DE VEGETACIÓN, LOS DOS PROCESOS SE EFECTÚAN SIMULTÁNEAMENTE Y EN FORMA INTERACTIVA. ESTE PROCESO ES DE SUMA IMPORTANCIA DESDE EL PUNTO DE VISTA HIDROLÓGICO, YA QUE ES UNO DE LOS PARÁMETROS QUE SE CONSIDERAN EN LA ECUACIÓN DEL BALANCE HIDROLÓGICO (VER CAPÍTULO VI).

PUEDE DECIRSE, QUE LA EVAPOTRANSPIRACIÓN ES EL RESULTADO DEL PROCESO MEDIANTE EL CUAL, EL AGUA CAMBIA DEL ESTADO LÍQUIDO AL GASEOSO, ATRAVÉS DE LAS PLANTAS, RETORNÁNDOLA A LA ATMÓSFERA EN FORMA DE VAPOR: POR LO TANTO, ESTE FACTOR SOLO ES APLICABLE EN AQUELLAS ÁREAS PROVISTAS DE VEGETACIÓN Y CUANDO NO EXISTE, LO CORRECTO SERÁ HABLAR DE EVAPORACIÓN. Y POR TANTO, EN CONDICIONES NATURALES, NO ES POSIBLE LA OCURRENCIA EXCLUSIVA DE LA TRANSPIRACIÓN, AUNQUE ESTA TIENE SUS CARACTERÍSTICAS PROPIAS.

ESTE INCISO NO ES LUGAR PARA PRESENTAR SIQUIERA EN FORMA MUY BREVE, UN RESUMEN DE LAS TEORÍAS MODERNAS SOBRE ESTE CONCEPTO Y EL LECTOR INTERESADO PUEDE CONSULTAR CUALQUIER TRATADO DE METEOROLOGÍA O DE LA BIBLIOGRAFÍA QUE SE PRESENTA.

LA UNIDAD MÁS USUAL PARA EXPRESAR LAS PÉRDIDAS POR EVAPOTRANSPIRACIÓN ES MM DE ALTURA Y DE AGUA, Y SIEMPRE SE REFIERE A UN DETERMINADO INTERVALO. AL SER ESTE UN PARÁMETRO DE DIFÍCIL CUANTIFICACIÓN FÍSICA, YA QUE ESTÁ ÍNTIMAMENTE LIGADO A LA TEMPERATURA, LA HUMEDAD, INTENSIDAD DE ILUMINACIÓN, APERTURA DE ESTOMAS DE LAS HOJAS DE LAS PLANTAS, HUMEDAD DEL SUELO, DESARROLLO VEGETAL, ETC., GENERALMENTE NO SE CONSIDERA EN UN BALANCE HÍDRICO DE AGUAS SUBTERRÁNEAS, SIN EMBARCO, ES INEVITABLE QUE INCIDE DIRECTAMENTE EN LA CUANTIFICACIÓN DE LA DISPONIBILIDAD DE AGUA EN UN ÁREA, POR LO QUE TENER AL MENOS, ÓRDENES DE MAGNITUD, - HACE ACEPTAR LOS VALORES DEDUCIDOS DE FÓRMULAS EMPÍRICAS QUE SE APOYAN EN DATOS METEOROLÓGICOS DE FÁCIL ACCESO.

A LA FECHA, NO EXISTEN MÉTODOS EXACTOS NI CIENTÍFICOS PARA DETERMINAR LA EVAPOTRANSPIRACIÓN, SIN EMBARCO, ALGUNOS INVESTIGADORES HAN DESARROLLADO MÉTODOS EMPÍRICOS QUE PERMITEN ESTIMARLA (CUSTODIO Y LLAMAS, 1976). PARA EL PRESENTE CASO, SE OPTÓ POR EMPLEAR LAS FÓRMULAS TURC Y COUTAGNE PARA CALCULAR LA EVAPOTRANSPIRACIÓN REAL DEL ÁREA DE ESTUDIO.

LA FÓRMULA TURC, EXPERIMENTADA EN MÁS DE DOSCIENTAS CUENCAS DE DIVERSAS PARTES DEL MUNDO, SE REPRESENTA CON LA EXPRESIÓN:

$$ETR = \frac{P}{\sqrt{0.9 + \frac{P^2}{L^2}}}$$

EN DONDE:

ETR = EVAPOTRANSPIRACIÓN REAL (MM/AÑO).

P = PRECIPITACIÓN (MM/AÑO).

$$L = 300 + 25T + 0.05T^2$$

T = TEMPERATURA MEDIA ANUAL EN °C.

Y DE ACUERDO A LOS DATOS REGISTRADOS EN EL ÁREA DE ESTUDIO, RESULTA DEL ORDEN DE 778.77 MM/AÑO.

LA FÓRMULA COUTAGNE ES VÁLIDA PARA VALORES DE PRECIPITACIÓN MEDIA ANUAL COMPRENDIDOS ENTRE:

$$\frac{1}{2x} \quad \text{Y} \quad \frac{1}{2x}$$

SIENDO:

$$x = \frac{1}{0.8 + 0.14 T}$$

Y

T = TEMPERATURA MEDIA ANUAL EN °C.

COUTAGNE PROPONE LA FÓRMULA:

$$ETR = P - xP^2$$

EN LA QUE:

ETR = EVAPOTRANSPIRACIÓN REAL EN M/AÑO.

P = PRECIPITACIÓN EN M/AÑO.

PARA EL CASO PRESENTE:

$$T = 26.94^{\circ}\text{C}$$

$$P = 1\,160.26 \text{ mm/AÑO} = 1.16026 \text{ m/AÑO.}$$

$$x = \frac{1}{0.8 + 0.14 (26.94)} = 0.21874; \text{ ES VÁLIDO SI LA PRECIPITA}$$

CIÓN MEDIA DEL ÁREA QUEDA COMPRENDIDA ENTRE 0.57 Y 2.29 M/AÑO.

$$ETR = 1.16026 - 0.21874 (1.16026)^2 = 869.715 \text{ mm/AÑO.}$$

COMO PUEDE OBSERVARSE, LA EVAPOTRANSPIRACIÓN MEDIA DEL ÁREA DE ESTUDIO, OBTENIDA POR MÉTODOS EMPÍRICOS VARÍA ENTRE 778.77 MM Y 869.715 MM, O DICHO EN OTRAS PALABRAS, EL PORCENTAJE EVAPOTRANSPIRADO DE LA LLUVIA TOTAL ANUAL, VARÍA ENTRE 67.12 % Y 74.44 %, ES DECIR, SÓLO UN TERCIO O UN 25 % DEL AGUA PRECIPITADA DURANTE UN AÑO, ESCURRE O SE INFILTRA EN EL SUBSUELO.

III.6 VOLUMENES INFILTRADOS.

LA INFILTRACIÓN ES EL PROCESO POR EL CUAL EL AGUA PENETRA HACIA EL SUBSUELO HASTA ALCANZAR EL NIVEL FREÁTICO. CUANDO LA PRECIPITACIÓN ALCANZA LA SUPERFICIE DEL TERRENO, EL AGUA PRIMERO TIENDE A SATISFACER LA DEFICIENCIA DE HUMEDAD DEL SUELO Y POSTERIORMENTE A ESCURRIR SUPERFICIALMENTE O A INFILTRARSE A ESTRATOS MÁS PROFUNDOS. COMO SE VERÁ EN EL CAPÍTULO V, EL ESCURRIMIENTO SUPER

FICIAL TAMBIÉN PUEDE OCURRIR CUANDO LA INTENSIDAD DE PRECIPITACIÓN EXCEDE LA CAPACIDAD DE INFILTRACIÓN.

SE DENOMINA CAPACIDAD DE INFILTRACIÓN DE UN SUELO, A LA MÁXIMA CANTIDAD DE AGUA DE LLUVIA QUE PUEDE ABSORBER EN LA UNIDAD DE TIEMPO Y DEPENDERÁ DE LA TEXTURA Y HUMEDAD DEL SUELO. DURANTE UNA TORRENTA SÓLO SE SATISFACE LA CAPACIDAD DE INFILTRACIÓN MIENTRAS OCURRE LA LLUVIA EN EXCESO; LA INTENSIDAD DE LA LLUVIA Y LA CAPACIDAD DE INFILTRACIÓN, DETERMINAN LA CANTIDAD DE AGUA QUE PENETRA EN EL SUELO Y LA QUE ESCURRE DIRECTAMENTE POR LOS CAUCES SUPERFICIALES.

UNA VEZ QUE EL SUELO ALCANZA LA SATURACIÓN SUPERFICIAL, LA CUAL INCLUYE SOLAMENTE UNA DELGADA CAPA SUPERFICIAL DE SUELO NO MAYOR DE 5 CM, TIENE LUGAR EL FENÓMENO DE INFILTRACIÓN.

LOS FACTORES QUE AFECTAN A LA INFILTRACIÓN SON: LAS CONDICIONES DE SUPERFICIE (COMPACTACIÓN NATURAL, COBERTURA VEGETAL, PENDIENTE, ÁREAS URBANAS, ETC.), CONDICIONES AMBIENTALES (HUMEDAD INICIAL, TEMPERATURA, ETC.), Y LAS CARACTERÍSTICAS PROPIAS DE LA TORRENTA (ESPESOR DE LA LÁMINA DE AGUA, INTENSIDAD DE LA LLUVIA, TURBIDEZ DEL AGUA, CONTENIDO DE SALES, VISCOSIDAD, ETC.).

EN EL ÁREA ESTUDIADA, ADEMÁS DE LA INFILTRACIÓN PROPIA DE LAS AGUAS DE LLUVIA AL BORDE DE LAS SIERRAS QUE LIMITAN LA PLANICIE COSTERA (COMO SE DIJO EN EL INCISO III.2, OFRECE CONDICIONES POCO FAVORABLES, DADO SU RÉGIMEN TORRENCIAL), SE DEBE CONSIDERAR LOS RETORNOS DE RIEGO Y EN MAYOR MEDIDA A LA INFLUENCIA DIRECTA DEL RÍO BALSAS COMO PRINCIPAL FUENTE DE RECARGA, LO CUAL SERÁ ANALIZADO EN EL CAPÍTULO VI.

EN ESTE INCISO, SE TRATARÁ DE DETERMINAR EL PORCENTAJE DE LLUVIA QUE SE INFILTRA POR CUENCA PROPIA, PARA LO CUAL SE CONSIDERÓ UN COEFICIENTE DE INFILTRACIÓN DEL 15 %, QUE PARA LAS CONDICIONES PREVALECIENTES EN LA ZONA, RESULTA RAZONABLE YA QUE REPRESENTA UN VALOR INTERMEDIO DE LOS OBTENIDOS PARA EL COEFICIENTE DE ALMACENAMIENTO S MEDIANTE PRUEBAS DE BOMBEO (VER INCISO VI.6).

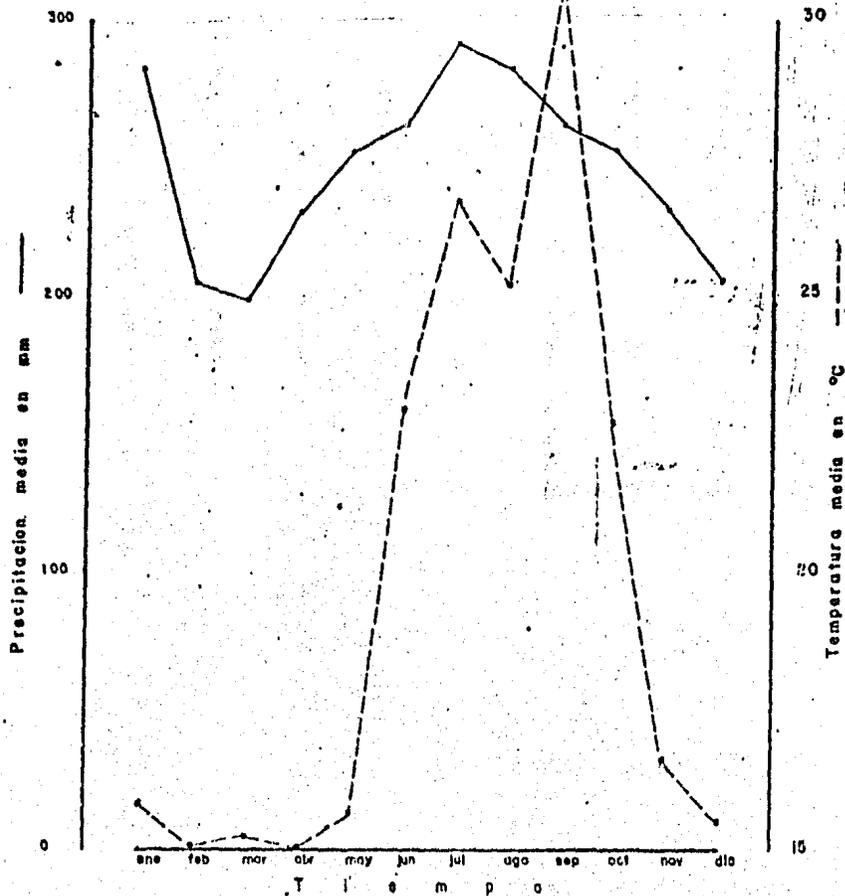
DE ACUERDO A LOS RESULTADOS OBTENIDOS DEL ANÁLISIS DE LA CUENCA EN UN ÁREA DE 202 Km², LA PRECIPITACIÓN MEDIA TIENE UN VALOR DE 1 160.25 MM/AÑO POR LO QUE LA INFILTRACIÓN ALCANZA UN VALOR DE 174 MM/AÑO QUE REPRESENTA UN VOLUMEN DE INFILTRACIÓN ANUAL DE 35.15 MILLONES DE METROS CÚBICOS.

SE DEBE ACLARAR, QUE LOS VALORES OBTENIDOS SOLO TIENEN UN SIGNIFICADO APRECIATIVO Y ÚNICAMENTE CON LA OBTENCIÓN DE MEDIDAS DIRECTAS QUE REFLEJEN FIELMENTE LAS CONDICIONES NATURALES PODRÁ DARSE UNA VALIDEZ REAL A LOS RESULTADOS PRESENTADOS AQUÍ, NO OBSTANTE, NOS DAN UNA IDEA MUY GENERAL DE LO QUE REPRESENTA ESTE FENÓMENO EN LA ZONA.

TABLA III.3.1.

CALCULO DE TEMPERATURAS PROMEDIO MENSUAL Y ANUAL DEL
 AREA DE ESTUDIO. (1957 - 1980)

	MAXIMA	PROMEDIO	MINIMA
ENERO	34.60	29.10	15.60
FEBRERO	33.53	25.25	16.96
MARZO	33.98	24.96	15.93
ABRIL	36.47	26.50	16.53
MAYO	36.69	27.60	18.51
JUNIO	36.64	28.07	19.49
JULIO	36.01	29.55	23.08
AGOSTO	36.26	28.58	20.89
SEPTIEMBRE	35.07	28.11	21.14
OCTUBRE	35.80	27.64	19.48
NOVIEMBRE	35.06	26.56	18.05
DICIEMBRE	34.33	25.30	16.27
PROMEDIO ANUAL	35.37	26.94	18.50



un am	FACULTAD DE INGENIERIA DIVISION DE CIENCIAS DE LA TIERRA.
	ESTUDIO HIDROGEOLOGICO DELTA DEL RIO SALBAS, MICHOACAN
CLIMOGRAMA ESTACION LA VILLITA. (1957-1960)	
TESIS PROFESIONAL JAIIME JOEL MARTINEZ ARTEAGA MARIO R. GONZALEZ FLORES	
1960	GRAFICA (N. 6.)

TABLA III.4.1

CALCULO DE PRECIPITACIONES PROMEDIO MENSUAL Y ANUAL DEL AREA DE ESTUDIO. (1957-1980).

MES	PRECIPITACION EN MM.		
	MEDIA	MAXIMA REGISTRADA	MINIMA REGISTRADA
ENERO	17.94	198.5/68	0.0 en 15 años
FEBRERO	2.20	18.0/65	0.0 en 21 años
MARZO	4.60	46.1/68	0.0 en 22 años
ABRIL	1.66	69.6/60	0.0 en 22 años
MAYO	13.81	441.0/68	0.0 en 11 años
JUNIO	158.65	518.0/75	12.4 en 1970
JULIO	234.38	1029.0/69	54.1 en 1976
AGOSTO	217.09	598.5/67	89.5 en 1975
SEPTIEMBRE	313.27	300.5/66	82.5 en 1972
OCTUBRE	153.22	246.6/76	12.5 en 1974
NOVIEMBRE	32.92	66.0/74	0.0 en 11 años
DICIEMBRE	10.32		0.0 en 10 años
PRECIPITACION MEDIA ANUAL		1160.26 mm.	
PRECIPITACION MEDIA MENSUAL		96.69 mm.	

TABLA III 4. 2.

RELACION DE CORRIENTES CICLONICHES
EN EL OCEANO PACIFICO

1960			1966		
ANNETE	10	13° VI	ADELA	22	24 VI
BONNY	22	26 VI	HELGA	10	19 IX
CELESTE	20	22 VII	LONE	13	19 IX
DIANA	17	19 VIII	KIRSTEN	26	29 IX
ESTELLE	29-VIII	8 IX	MAGGIE	16	19 X
FERNANDA	3	9 IX			
1961			1967		
IVA	10	11 VI	BRIDGET	16	17 VI
LIZA	14	19 VII	CARLOTA	23	26 VI
ORLA	6	8 IX	KATRINA	29-VIII	2 IX
PAULINA	10	11 IX	OLIVIA	3	14 X
SIMONE	1	2 XI			
TARA	11	12 XI			
1962			1968		
BERNICE	1	4 IX	ANNETE	21	22 VI
CLAUDIA	19	23 IX	HYACINTH	16	19 VIII
DOREEN	2	5 X	NAOMI	10	13 IX
			PAULINE	28 IX	3 X
			REBECA	5	12 X
			SIMONE	16	19 X
1963			1969		
EMILY	28	30 VI	AVA	1	9 VI
KATHARINE	17	IX	EMILY	22	24 VIII
LILIAN	23	27 IX	FLORENCE	3	8 IX
MONNA	17	18 X	GLENDA	6	11 IX
			JENNIFER	4	11 X
1964			1970		
NATALIA	5	7 VII	HELGA	17	19 VII
SYLVIA	24	VIII	SELMA	1	6 XI
TILLIE	9	10 IX			
1965					
BERNICE	30	VI 9 VII			
CLAUDIA	1	9 VIII			
EMILY	30	VIII 4 IX			
HAZEL	24	26 IX			

CAPITULO IV
HIDROGEOLOGIA

IV.1 INTRODUCCION

EL PRESENTE CAPÍTULO, PRETENDE EN FORMA GLOBAL, DEFINIR LOS FENÓMENOS GEOLÓGICOS OCURRIDOS EN EL ÁREA DE ESTUDIO, A FIN DE DETERMINAR EL MARCO FÍSICO EN EL QUE SE MUEVE EL AGUA SUBTERRÁNEA.

PARA ELLO SE PRESENTA LA DESCRIPCIÓN FISIOGRAFICA, GEOMORFOLÓGICA Y TECTÓNICA DE LA ZONA, ASÍ COMO LAS CARACTERÍSTICAS LITOLÓGICAS DE LAS FORMACIONES AFLORANTES, PONIENDO ESPECIAL ATENCIÓN A SU GRADO DE ALTERACIÓN, FRACTURAMIENTO, POROSIDAD, PERMEABILIDAD Y POSICIÓN ESTRATIGRÁFICA, FACTORES ÍNTIMAMENTE LIGADOS CON LA PRESENCIA DEL AGUA EN EL SUBSUELO.

PARA LOGRAR LO ANTERIOR, SE CONSULTARON DIVERSAS PUBLICACIONES DURANTE LA PREVIA ETAPA DE RECOPIACIÓN DE INFORMACIÓN, SEÑALADAS Y ENLISTADAS EN EL INCISO I.3 Y BIBLIOGRAFÍA DEL ESTUDIO.

SE ELABORÓ UN PLANO FOTOGEOLOGICO A ESCALA 1:50 000, TOMANDO COMO BASE EL TRABAJO REALIZADO POR EL C.R.M. EN 1969, CON LA ADICIÓN DE ALGUNAS MODIFICACIONES POR PARTE DE LOS SUSCRITOS, PRINCIPALMENTE EN LA PORCIÓN DELTÁICA, LAS CUALES POSTERIORMENTE FUERON VERIFICADAS CON VISITAS DE CAMPO.

LA NOMENCLATURA Y RELACIONES ESTRATIGRÁFICAS, CORRESPONDEN AL MENCIONADO TRABAJO DEL C.R.M., (REFERENCIA 19).

SE HICIERON SECCIONES GEOLÓGICAS TRANSVERSALES A LA LÍNEA DE COSTA A LA ALTURA DEL DELTA, CON AYUDA DE LA TOPOGRAFÍA A ESCALA 1:250 000, EDITADA POR DETENAL Y LAS CARTAS BATIMÉTRICAS 5 Y 10 DEL U.S. BUREAU COMMERCIAL - FISHERIES Y EL INSTITUTE OF MARINE RSOURCES, UNIVERSITY OF CALIFORNIA.

LA INTERPRETACIÓN INTEGRAL DE LOS RESULTADOS OBTENIDOS, SE PRESENTA A CONTINUACIÓN: (FIGURA IV.1.1.)

IV.2 FISIOGRAFIA

EL DELTA DEL BALSAS, SE UBICA EN LA PROVINCIA FISIOGRAFICA DE LA SIERRA MADRE DEL SUR, ESPECÍFICAMENTE HACIA SU VERTIENTE MERIDIONAL, LA CUAL CONSTITUYE POR SÍ, UNA SUBPROVINCIA FISIOGRAFICA SEGÚN LA CLASIFICACIÓN DE ERWIN RAISZ, 1964.

TOMANDO COMO BASE LA DESCRIPCIÓN FISIOGRAFICA DEL DELTA DEL RÍO BALSAS, ELABORADA POR EL ING. M. GUTJÉRREZ ESTRADA, 1969 (REFERENCIA 33)

Y MODIFICADA POR LOS SUSCRITOS, SE PUEDE SEÑALAR QUE EL DELTA, TIENE UNA FORMA TRIANGULAR CON 13 KM DE BASE Y 12 KM DE DESARROLLO LONGITUDINAL, CUERTEICO UN ÁREA APROXIMADA DE 156 KM². (PLANO IV,1,1)

SU LÍMITE LO CONFORMA LO QUE SE HA DADO POR LLAMAR "LOMAS PRE-DELTAICAS", CORRESPONDIENTES A LAS ESTRIBACIONES DE LA SIERRA MADRE DEL SUR; HACIA EL OCCIDENTE QUEDA LIMITADO POR EL ESTERO EL MANGLITO Y AL ORIENTE POR LOS ESTEROS DE PETACALCO. EL OCEANO PACÍFICO, CONSTITUYE SU LÍMITE SUR.

LOS RASGOS FISIGRÁFICOS SOBRESALIENTES DEL DELTA SON:

- 1.- LOMAS PREDELTAICAS.
- 2.- PORCIÓN PENIPLANA DELTAICA.
- 3.- LLANURA COSTERA MARGINAL NO DELTAICA.
- 4.- PLATAFORMA CONTINENTAL Y CAÑONES SUBMARINOS.

IV.2.1 LOMAS PRE-DELTAICAS.

LOMAS CONVEXAS MUY SUAVISADAS, CON ALTITUDES DEL ORDEN DE 300 --- M.S.N.M. EN LA PORCIÓN BAJA, CON PENDIENTES MÁXIMAS DE 10° (3° COMO PROMEDIO), QUE DISMINUYEN PAULATINAMENTE FORMANDO UNA TOPOGRAFÍA MÁS O MENOS ONCULADA, - CON MESETAS ESCALONADAS QUE FORMAN LA TRANSICIÓN DE LA SIERRA, CON LA PLANICIE COSTERA.

EN LA REGIÓN ELEVADA, EL RELIEVE ES MÁS ACCIDENTADO Y ABRUPTO, POR LO QUE PODRÍA CLASIFICARSE COMO UNA SUBPROVINCIA MONTAÑOSA, EN LA QUE SE OBSERVAN CAÑONES MÁS O MENOS PROFUNDOS LABRADOS POR CORRIENTES TORRENCIALES, CUYO ARREGLO DENDRÍTICO RECTANGULAR ESTÁ REGIDO POR EL SISTEMA DE FRACTURAMIENTO.

HACIA LA PORCIÓN MÁS BAJA, EL DRENAJE NO TIENE UN ARREGLO DEFINIDO, POR LO QUE ES CONFORMADO POR PEQUEÑOS ARROYOS QUE DRENAN SUS AGUAS AL BALSAS, - SE PIERDEN POR INFILTRACIÓN O BIEN DESCARGAN DIRECTAMENTE AL MAR.

ESTA UNIDAD FISIGRÁFICAMENTE REPRESENTA EL LÍMITE DE LA ZONA DE - SEDIMENTACIÓN DEL DELTA, CUYA CONFIGURACIÓN PERIMETRAL SEMEJA UNA BAHÍA QUE - HA SIDO TOTALMENTE RELLENADA POR LOS DEPÓSITOS DELTAICOS.

IV.2.2 PORCIÓN PENIPLANA DELTAICA.

ESTA PORCIÓN PENIPLANA DELTAICA, PRESENTA ALTITUDES PROMEDIO DE -- 10 M.S.N.M., CON UNA SUAVE INCLINACIÓN HACIA EL OCEANO, APROXIMADAMENTE A 2 KM AGUAS ABAJO DE LA PRESA JOSÉ M. MORELOS (LA VILLITA), SE LOCALIZA EL APICE -

DEL DELTA, A PARTIR DEL CUAL EL RÍO BALSAS SE RAMIFICA EN DOS CAVALES PRINCIPALES DE DISTRIBUCIÓN, QUE VARÍAN SU POSICIÓN DE TIEMPO EN TIEMPO CONFORME VAN ENCONTRANDO GRADIENTES MÁS FAVORABLES, POR LO QUE HAN DEJADO A SU PASO CANTIDAD DE MEANDROS ABANDONADOS, EXTENSAS LLANURAS DE INUNDACIÓN, ALGUNAS PEQUEÑAS LAGUNAS Y HAN FORMADO ENTRE ELLOS A LO QUE SE CONOCE COMO ISLAS DE LA PALMA Y EL CAYACAL. (FIGURA IV.2.1)

ADEMÁS DE LA CORRIENTE PRINCIPAL, EXISTEN PEQUEÑOS ARROYOS QUE NO DRENAN AL RÍO BALSAS, YA QUE SE PIERDEN POR INFILTRACIÓN EN LOS DEPÓSITOS DELTÁICOS.

HACIA LA BASE DEL BRAZO DERECHO DEL RÍO BALSAS, SE FORMA OTRO PEQUEÑO DELTA SUBSIDIARIO CASI A NIVEL DEL MAR, EL CUAL TAMBIÉN CONTIENE PEQUEÑAS LAGUNAS Y MEANDROS ABANDONADOS PRODUCTO DE LAS DIFERENTES POSICIONES ADOPTADAS POR LOS CAUCES. (FIGURA IV.2.2)

EXISTEN TRES BOCAS ACTIVAS: DE BURROS, NECESIDAD Y SAN FRANCISCO Y EVIDENCIA DE OTRAS BOCAS HOY CEGADAS. CUANDO EL RÍO DISMINUYE SU CAUCE, SE CIERRA LA BOCA DE BURROS CON UNA BARRA ARENOSA QUE SE EXTIENDE CONSIDERABLEMENTE HACIA EL MAR. LA BOCA DE LA NECESIDAD PRESENTA PROFUNDIDADES PROMEDIO DE 4.5 M Y UNA BARRA DE 150 M DE ANCHURA FRENTE A LA QUE SE HA LABRADO EL CAJÓN SUMARINO DEL MISMO NOMBRE. LA BOCA DE SAN FRANCISCO, ES SOMERA Y MODIFICA FRECUENTEMENTE SU FORMA Y DIMENSIONES. EN ESTA PORCIÓN DEL DELTA, ES CARACTERÍSTICA LA AUSENCIA DE BERMAS, DEBIDO PRINCIPALMENTE A LOS MOVIMIENTOS HORIZONTALES DEL RÍO Y A LA ACTIVA EROSIÓN MARINA (GUTIÉRREZ, E, 1969).

IV.2.3 LLANURA COSTERA MARGINAL NO DELTÁICA.

ESTA PLANICIE SENSIBLEMENTE PARALELA A LA LÍNEA DE COSTA, TIENE UN DESARROLLO LONGITUDINAL DE CERCA DE 300 KM Y UNA ANCHURA PROMEDIO DE 2.5 KM., CON PEQUEÑAS ELEVACIONES CORRESPONDIENTES A ANTIGUAS LÍNEAS DE COSTA O BERMAS, CON UNA PENDIENTE MUY DÉBIL DE APROXIMADAMENTE 0.6 % QUE SE INCLINA HACIA EL MAR, RAZÓN POR LA CUAL LAS OLAS SE ROMPEN MUY CERCA DE LA LÍNEA DE COSTA, DISTORCIONANDO LOS SEDIMENTOS DEL FONDO MARINO Y PRODUCIENDO ASÍ, BARRERAS DE ARENA QUE OBSTRUYEN LA DESEMBOCADURA DE ALGUNOS PEQUEÑOS RÍOS Y ARROYOS QUE DESCARGABAN DIRECTAMENTE AL MAR, POR LO QUE DAN LUGAR A LAGUNAS, ESTEROS Y MANGLA RES. (FIGURA IV.2.1)

ESTA UNIDAD FISIOGRÁFICA, SE EXTIENDE DESDE LAS PEÑAS AL OESTE, HASTA PUNTA LAS PIEDRAS AL OESTE, A EXCEPCIÓN CLARO ESTÁ, DE LA PARTE CENTRAL CORRESPONDIENTE AL FRENTE DE LA ISLA DEL CAYACAL. AUNQUE LAS BERMAS MUESTRAN DIFERENTES ORIENTACIONES, EN GENERAL, SON PARALELAS A LA ACTUAL LÍNEA DE COSTA.

ES DECIR, TIENEN UN RUMBO SENSIBLEMENTE NW 60°SE HASTA LA BAHÍA DE PETACALCO, EN DONDE ADQUIEREN UNA FORMA CÓNCAVA CON PUNTA MANGLE COMO DENTRO DE INFLEXIÓN.

HACIA EL GESTE DEL RAMAL DE BURRAS, SE LOCALIZAN ESPORÁDICAMENTE - ESPARCIDAS DUNAS ACTIVAS, EN PEQUEÑOS GRUPOS Y DE DIMENSIONES REDUCIDAS. EN GENERAL, LAS PLAYAS TIENEN UNA AMPLITUD UNIFORME QUE VARÍA DESDE 5 A 10 M.

IV.2.4 PLATAFORMA CONTINENTAL Y CAÑONES SUBMARINOS.

BORDEANDO EL CONTINENTE HACIA MAR ADENTRO, SE UBICA LA PLATAFORMA CONTINENTAL, CON PROFUNDIDADES QUE VAN DE 0 A 180 M. HACIA EL OESTE DEL DELTA, ESTA UNIDAD FISIÓGRAFICA, SE EXTIENDE POR 18 O 20 KM Y HACIA EL ESTE ES MUY ANGOSTA (10 KM), CON UN ROMPIMIENTO REPENTINO EN EL EXTREMO EXTERIOR DEL TALUD. HACIA LA PARTE CENTRAL, LA PLATAFORMA SE VE INTERRUMPIDA POR TRES CAÑONES SUBMARINOS: EL MANGLITO, LA NECESIDAD Y PETACALCO, LOS QUE DEBEN SU FORMACIÓN A LAS DIFERENTES DESEMBOLCADURAS QUE HA ADOPTADO EL RÍO BALSAS, Y SUS CABECERAS SE LOCALIZAN CERCANAS A LA COSTA, TIENEN UNA LONGITUD ONDULANTE DE 110 KM HASTA LA TRINCHERA MESOAMERICANA; PENDIENTES DE HASTA 37°; PERFILES TRANSVERSALES EN "V", ENCAJONAMIENTO DE 50 M DE 50 M, Y APROXIMADAMENTE A LOS 1 700 M DE PROFUNDIDAD, CONFLUYEN EN EL MISMO PUNTO. (FIGURAS IV.2.3 Y IV.5.3).

POR ESTAS CARACTERÍSTICAS Y LAS LINEACIONES PRESENTES EN SUPERFICIE, SE CREE EN LA EXISTENCIA DE UNA FRACTURA O FALLA DE CARÁCTER REGIONAL, PERPENDICULAR A LA ZONA DE SUBDUCCIÓN DEL PACÍFICO ORIENTAL, EN EL ÁREA DE ESTUDIO.

IV.3 GEOMORFOLOGIA.

UNA VEZ DEFINIDOS LOS ASPECTOS ESTÁTICOS DEL PAISAJE EN EL ÁREA ESTUDIADA, A CONTINUACIÓN SE MENCIONAN LOS FACTORES DINÁMICOS DEL MISMO, ES DECIR, LOS FENÓMENOS TANTO INTERNOS COMO EXTERNOS QUE ATRAVÉS DEL TIEMPO HAN CREADO Y REMODELADO EL RELIEVE; ASPECTOS PROPIOS DE LA GEOMORFOLOGÍA.

LOS MOVIMIENTOS TECTÓNICOS Y SUS PROCESOS ASOCIADOS A SABER MAGMATISMO Y METAMORFISMO, SON LOS AGENTES INTERNOS RESPONSABLES DE LA CREACIÓN DE LA SIERRA MADRE DEL SUR, LA QUE POSTERIORMENTE HA SIDO REMODELADA POR LA ACCIÓN CONJUNTA DEL CLIMA, INTEMPERISMO, EROSIÓN (HÍDRICA Y GRAVITATORIA), Y SEDIMENTACIÓN, AGENTES EXTERNOS QUE HAN INTERVENIDO DURANTE ESTE PROCESO.

IV.3.1 PROCESOS ENDÓGENOS.

LOS MOVIMIENTOS TECTÓNICOS ORIGINADOS POR EL CHOQUE ENTRE LAS PLACAS AMERICANA (CONTINENTAL) Y COCOS (OCEÁNICA), A FINES DEL CRETÁCICO Y PRINCIPIOS

DEL TERCIARIO, DIERON LUGAR A UN LEVANTAMIENTO GENERAL EN EL BORDE OCCIDENTAL DE LA PLACA AMERICANA, PRODUCIENDO UNA AMPLIA FAJA DE DEFORMACIÓN MARGINAL.

A MEDIDA QUE LA PLACA DE COCOS SE HUNDE, EL CALOR QUE GENERA FUNDE PARCIALMENTE ALGUNAS DE LAS ROCAS DE LA PLACA CONTINENTAL, PRODUCIENDO UN MAGMA ÁCIDO QUE AL CRISTALIZAR COMO CUERPOS PLUTÓNICOS, DÁ LUGAR A UN BOTOLITO -- GRANÍTICO QUE POR CRISTALIZACIÓN FRACCIONADO, GRADUA A DIORITA, EN EL LÍMITE -- NORTE DEL ÁREA ESTUDIADA, SE PRESENTA UN AFLORAMIENTO DE ESTE CUERPO, EL CUAL TIENE UNA FORMA OVAL ORIENTADA NN-SE, CON 45 KM DE LARGO Y 10 KM DE ANCHURA -- PROMEDIO.

POR FRACTURAS Y ZONAS DE DEBILIDAD DE LA PLACA CONTINENTAL, FLUYE -- ROCA FUNDIDA QUE ESCAPA A LA SUPERFICIE COMO LAVAS CALCO-ALCALINAS, PROBABLE-- MENTE GENERADAS POR LA FUSIÓN PARCIAL DE SEDIMENTOS Y CORTEZA OCEÁNICA.

ESTAS LAVAS ANDESÍTICAS, PUEDEN OBSERVARSE DENTRO DEL ÁREA ESTUDIADA, A LA ALTURA DE LA BOQUILLA DE LA PRESA "LA VILLITA", Y A LO LARGO DE LA -- COSTERA PLAYA AZÚL-NUOVA ITALIA. ASOCIADOS A ESTOS PROCESOS ÍGNEOS, SE DESARROLLARON LOS PROCESOS METAMÓRFICOS REGIONALES QUE AFECTARON A LA PALEOPLACA AMERICANA Y DIERON LUGAR AL COMPLEJO METAMÓRFICO TIERRA CALIENTE (ORTEGA-GUTIÉRREZ 1981), QUE CONSTITUYE EL BASAMENTO DE LA REGIÓN Y CUYOS AFLORAMIENTOS SE DISTRIBUYEN EN LA CUENCA BAJA DEL RÍO BALSAS, Y MÁS ALLÁ DEL LÍMITE MERIDIONAL DEL -- EJE NEOVOLCÁNICO TRANSMEXICANO. SE HACE NOTAR QUE, EN EL ÁREA CARTOGRAFIADA NO AFLORAN ESTAS ROCAS, PERO POR SU IMPORTANCIA REGIONAL SON CONSIDERADAS. AUNQUE LOS PROCESOS METAMÓRFICOS DE CONTACTO SON MUCHO MENOS ESPECTACULARES, DENTRO -- DEL ÁREA CARTOGRAFIADA, TIENEN SINGULAR IMPORTANCIA POR SER LOS RESPONSABLES -- DE LA MINERALIZACIÓN DE LOS YACIMIENTOS FERRÍFEROS DE LAS TRUCHAS, MICH.

IV.3.2 PROCESOS EXÓGENOS.

UNA VEZ QUE LA ZONA FUE LEVANTADA, LAS ROCAS ÍGNEAS, METASEDIMENTOS Y SEDIMENTOS PLEGADOS, QUEDARON LISTOS PARA LA ACCIÓN DE LOS FENÓMENOS DENUDATORIOS Y FUE HASTA ENTONCES CUANDO TUVO LUGAR EL PRIMERO DEPÓSITO CONTINENTAL FORMADO POR UN CONGLOMERADO POLIGMÍTICO AL QUE SE LE HA DENOMINADO GRUPO CLÁSICO BALSAS. ESTOS SEDIMENTOS SEGURAMENTE SE LOGRARON EN UN CLIMA HÚMEDO DE -- LLUVIAS TORRENCIALES QUE AYUDADO POR LA INESTABILIDAD DEL TERRENO, DIERON LUGAR A UNA MEZCLA HETEROGÉNEA DE MATERIALES ÍGNEOS Y CALIZAS, LOS QUE FUERON -- DEPOSITADOS EN ÁREAS TOPOGRÁFICAMENTE FAVORABLES SOBRE LAS ROCAS PLUTÓNICAS.

EL INTEMPERISMO DE LAS ROCAS GRANÍTICAS EMPLAZADAS FRENTE AL MAR, -- DIERON LUGAR A LA ACUMULACIÓN DE MATERIALES DE DIVERSOS CALIBRES LOS QUE SE -- REMOVIERON VIOLENTAMENTE POR ACCIÓN DE LA GRAVEDAD Y/O TRANSPORTADOS POR --

CORRIENTES TORRENCIALES; EN ESTE PROCESO LA PRECIPITACIÓN JUEGA UN PAPEL INTÉRMICO IMPORTANTE YA QUE AL INFILTRARSE LAS AGUAS POR FRACTURAS Y DIACLASAS, PROVOCA DECSNOS TÉRMICOS SUPERFICIALES Y DE FONDO QUE DISGREGAN LAS ROCAS (DURANTE LA CONSTRUCCIÓN DE LA PRESA "LA VILLITA" E. CABRAL 1963, REPORTA UNA AUREOLA DE ALTERACIÓN DE HASTA 20 M EN LAS ROCAS GRANÍTICAS).

CONTEMPORÁNEO A ESTOS EVENTOS, LOS SEDIMENTOS TRANSPORTADOS POR EL RÍO BALSAS HASTA SU DESEMBOCADURA HASTA EL MAR, SE FUERON ACUMULANDO, INICIÁNDOSE ASÍ LA FORMACIÓN DEL DELTA. CUANDO UNA CORRIENTE FLUYE DENTRO DE UNA MASA DE AGUA ESTANCADA, TAL COMO EL OCEANO, SU VELOCIDAD Y FUERZA DE TRANSPORTE SON CONTENIDAS RÁPIDAMENTE, POR LO QUE EL MATERIAL GRUESO SE ASIENTA PRIMERO FORMANDO UNA SERIE DE CAPAS INCLINADAS LLAMADAS CAPAS FRONTALES; EL MATERIAL FINO ES ARRASTRADO MÁS LEJOS PARA SEDIMENTARSE EN EL FONDO DEL MAR, CONSTITUYENDO LAS CAPAS DE FONDO. CONFORME EL DELTA CRECE HACIA EL MAR, LA CORRIENTE DEL RÍO TIENE QUE EXTENDER SU CAUCE HASTA EL BORDE DEL DELTA, Y AL HACERLO CUBRE ESTE CON SEDIMENTOS LLAMADOS CAPAS SUPERIORES, QUE SE EXTIENDEN POR ENCIMA Y A LO LARGO DE LA CIMA DE LAS CAPAS FRONTALES. (FIGURA IV.3.1)

SIN EMBARGO, MUY POCOS DELTAS MUESTRAN YA SEA LA FORMA PERFECTA O ESTA SECUENCIA REGULAR DE SEDIMENTOS. MUCHOS FACTORES, INCLUYENDO LAS CORRIENTES LACUSTRES Y COSTERAS, LAS DIFERENTES VELOCIDADES DE DEPÓSITO, EL ASENTAMIENTO DE LOS DEPÓSITOS DEL DELTA COMO RESULTADO DE SU COMPACTACIÓN Y EL ARQUEAMIENTO HACIA ABAJO DE LA CORTEZA DE LA TIERRA Y SECUENCIA TÍPICAS.

EN LA ACTUALIDAD, LA ACCIÓN INTemperIZANTE CONTINUA PRINCIPALMENTE EN LA ÉPOCA DE LLUVIAS, YA QUE EL AGUA FAVORECE A LA OXIDACIÓN, HIDRATACIÓN Y DISOLUCIÓN DE MINERALES DE ROCA.

LA PRESENCIA DEL SISTEMA DE PRESAS QUE REGULAN LAS AGUAS DEL BAJO BALSAS, HAN DISMINUIDO EL VOLÚMEN DE SEDIMENTOS QUE LLEGABAN AL DELTA, POR LO QUE PROBABLEMENTE EL RÍO TIENDA A PROFUNDIZAR SU CAUCE ASÍ COMO DA ENERGÍA LITORAL DE DENUDE, ARRANDÁNDOLE MAYOR SOLÚMEN DE SEDIMENTOS, ARRASTRÁNDOLOS AL FONDO OCEÁNICO.

IV.4 ESTRATIGRAFIA

EL ÁREA CIRCUNVECINA AL DELTA DEL RÍO BALSAS, ESTÁ CONSTITUIDA POR ROCAS DE ORIGEN ÍGNEO Y SEDIMENTARIO PRINCIPALMENTE, Y UNA MÍNIMA PORCIÓN POR ROCAS METAMÓRFICAS DE CONTACTO. CUYA EDAD GEOLÓGICA FLUCTÚA DESDE EL CRETÁCICO INFERIOR; QUIZÁS JURÁSICO, HASTA EL RECIENTE, SEGUIDAS EN ORDEN CRONOLÓGICO TAL COMO SE MUESTRA EN LA TABLA IV.4.1. Y EN EL PLANO IV.4.2.

TABLA IV.4.1

UNIDADES LITOLÓGICAS

Qa1	Aluvión		
Qc	Conglomerado		
Tac	Areniscas y Conglo- merados	Tva	Andesitas, Pórfidos Tobas y Brechas An- desíticas
Tcb	Grupo Clástico Bal- ses		
Tcbv	Aglomerados		
Tcba	Areniscas y Arenis- cas Conglomeráti- cas		
Tcbh	Conglomerado y Are- niscas Hematizadas		
		Tim	Rocas Metamófi- cas de Contac- to
		Tcd	Dioritas, Cuarzo-- dioritas
		Tgr	Granodioritas, Gra- nitos
Kima	Margas, Areniscas y Lutitas		

CRETACIO

CALIZAS MORELOS.

ESTA SECUENCIA DE CALIZAS CRETÁICAS, FUE DESCRITA POR FRIES (1960) EN LA PORCIÓN NORCENTRAL DEL ESTADO DE GUERRERO, COMO UNA POTENTE SECCIÓN DE CALIZAS Y DOLOMITAS COMPACTAS, DE ESTRATIFICACIÓN DELGADA, COLOR GRIS A GRIS OSCURO, MEDIANAMENTE FRACTURADAS CON ABUNDANTE MICROFAUNA Y UNA TEXTURA QUE VARÍA DE MUDSTONE A GRAINSTONE. EN SU PORCIÓN BASAL SE INTERESTRATIFICAN CON DEPÓSITOS EVAPORÍTICOS Y SE LES HA ASIGNADO UNA EDAD CRETÁICA INFERIOR (ALBIA NO-CEYMANIANO).

HACIA EL ÁREA DE LAS TRUCHAS, MICH., SOBREYACIENDO DISCORDANTEMENTE A ROCAS DIORÍTICAS Y DIORITAS CUARCIFERAS, AFLORAN CONFORMANDO PEQUEÑOS CASQUETES AISLADOS, ALGUNOS REMANENTES DE CALIZAS AFECTADAS POR METAMORFISMO DE CONTACTO, LAS CUE NO SE CONSERVAN NI SU ESTRUCTURA NI SU POSICIÓN ORIGINAL, SIENDO ESTAS CALIZAS COLOR GRIS CLARO A OSCURO, COMPACTAS CON RESTOS FÓSILES MUY MAL CONSERVADOS.

TAMBIÉN A 7 KM AL NORTE DE LA BOQUILLA DE LA PRESA "LA VILLITA", EN UN RELIEVE MUY ACCIDENTADO SOBREYACIENDO, AFLORAN CALIZAS COMPACTAS DE ESTRATIFICACIÓN DELGADA Y COLOR GRIS OSCURO...

TERCIARIO

GRUPO CLÁSTICO BALSAS (Tcb)

LOS DEPÓSITOS TERCIARIOS CONTINENTALES QUE FRIES (1960) DESIGNÓ COMO GRUPO CLÁSTICO BALSAS, ESTÁN CONSTITUIDOS POR CONGLOMERADOS CALCÁREOS, CONGLOMERADOS VOLCÁNICOS, ARENSCAS, LIMOLITAS Y LITITAS INTERESTRATIFICADAS, DE COLOR ROJO, MORADO O BEIGE.

LOS CONGLOMERADOS CALCÁREOS, ESTÁN FORMADOS POR FRAGMENTOS DE CALIZAS, PEDERVAL, DÓLOMITA Y ARCILLA, DERIVADOS DE LAS FORMACIONES MORELOS, CUAUTLA Y MEXCALA. LOS CONGLOMERADOS VOLCÁNICOS, ESTÁN CONSTITUIDOS PRINCIPALMENTE POR DENTRITOS DE COMPOSICIÓN ANDESÍTICA QUIZÁS DERIVADOS DE LA FORMACIÓN CHAPALA Y OCASIONALES DENTRITOS METAMÓRFICOS DEL COMPLEJO METAMÓRFICO TIERRA CALIENTE.

SUS COMPLEJOS VARÍAN DESDE CANTOS RODADOS (50 CM APROX.) HASTA GRÁNULOS, PARCIAL O TOTALMENTE REDONDEADOS, CEMENTADOS POR CALCITA Y OTROS CON MATRIZ ARCILLOSA Y ÓXIDOS DE HIERRO, EN CAPAS DE 30 A 80 CM DE ESPESOR.

EN EL PRESENTE ESTUDIO SE CONSERVA LA NOMENCLATURA PROPUESTA EN LOS PLANOS FOTOGEOLOGICOS DEL CRNNR, 1969, EN LOS CUALES AL GRUPO BALSAS SE LE SUBDIVIDE EN AGLOMERADO (TCBV) Y CONGLOMERADO, Y ARENISCAS HEMATIZADAS (TCBH).

ESTA UNIDAD AMPLIAMENTE DISTRIBUIDA HACIA LA PORCIÓN NORORIENTAL DEL DELTA DEL RÍO BALSAS, SOBREYACE DISCORDANTEMENTE A ROCAS PLUTÓNICAS. EN LA RANCHERÍA Y ARROYO LA NORIA, AFLORAN ARCILLAS TERCEAS Y CONGLOMERADOS DE FRAGMENTOS VOLCÁNICOS SOBREDONDEADOS DE COMPOSICIÓN ANDESÍTICA PRINCIPALMENTE (TCBV), DE COLOR OCRE INTENSO A GRIS VERDOSO, CEMENTADOS EN UNA MATRIZ ARCILLO-ARENOSA Y MAL CLASIFICADOS DE ESTRATIFICACIÓN QUIZÁS MASIVA, MUY INTEMPERIZADOS Y FRAGMENTADOS CONFORMANDO UNA TOPOGRAFÍA ABRUPTA CON PROFUNDOS Y ESTRECHOS CAÑONES.

HACIA LOS POBLADOS DE COYUQUILLA Y LA PAROTA, AFLORA UNA ALTERNANCIA DE TOBAS ARCILLO-ARENOSAS, ARENISCAS Y ARENISCAS CONGLOMERÁTICAS DE FRAGMENTOS CALCÁREOS PRINCIPALMENTE, CON UN ALTO CONTENIDO DE ÓXIDOS DE FIERRO, COLOR CAFÉ ROJIZO, BIEN CLASIFICADOS Y CEMENTADOS POR MATERIAL ARCILLOSO (TCBA), DE ESTRATIFICACIÓN MEDIA A MASIVA, FRACTURADA E INTEMPERIZADA Y LOCALMENTE INTRUSIONADA POR PEQUEÑOS DIQUES DE COMPOSICIÓN ANDESÍTICA, CONFORMANDO LOMAS ARREDONDADAS - EXTENSAS Y DE Poca ELEVACIÓN CON POCO DESARROLLO EN SU DRENAJE.

EN EL CERRO EL PLÁTANO Y LA RANCHERÍA EL ZAPOTE, AFLORAN CONGLOMERADOS SILICIFICADOS INTERESTRATIFICADOS CON ARENISCAS Y ARENISCAS CONGLOMERÁTICAS (TCBH), COMPUESTAS POR FRAGMENTOS CALCÁREOS Y VOLCÁNICOS BIEN CEMENTADOS POR ARCILLAS CON ÓXIDOS DE HIERRO, COLOR ROJIZO A MORADO DE ESTRATIFICACIÓN MEDIA, CONFORMANDO UNA SERIE DE LOMAS BAJAS PERO DE FUERTE PENDIENTE, BAZCULADAS HACIA EL SW.

ESTA UNIDAD EN GENERAL, ES MUY RESISTENTE A LA EROSIÓN POR ABRASIÓN SIN EMBARGO, SE INTEMPERIZA Y EROSIONA CON MAYOR FACILIDAD AL HIDRATARSE, ACCIÓN QUE SE VE FAVORECIDA EN LAS ÁREAS DONDE SE INCREMENTA SU CONTENIDO LIMO-ARENOSO CONFORMANDO LOMAS BAJAS Y ARREDONDADAS CON UN DRENAJE INTERMITENTE DEL TIPO DENRÍTICO SUBPARALELO, MODELADO POR SUS SISTEMAS DE FRACTURAS Y DIACLASAS.

SU ESPESOR ES MUY VARIABLE, EN EL ÁREA ESTUDIADA POR SUS AFLORAMIENTOS OBSERVADOS, SE LE ESTIMA UNA POTENCIA MAYOR A LOS 400 M.

ARENISCAS Y CONGLOMERADOS (TAC).

HACIA LA PORCIÓN NOROCCIDENTAL DEL DELTA AL NORTE DE EL HABILLAL, - COMO PRODUCTO DEL INTEMPERISMO Y EROSIÓN DE LOS MACIZOS PLUTÓNICOS QUE CONSTITUYEN LAS SERRANÍAS AL NORTE DE LA MIRA Y GUACAMAYAS, AFLORAN ARENISCAS Y - -

CONGLOMERADOS SIN ESTRATIFICACIÓN OBSERVABLE QUE DESCANSAN SOBRE CAPAS DELGADAS DE ARENISCAS Y MARGAS BUZANTES HACIA EL SUR; CONFORMANDO UN TALUD DE SUAVE PENDIENTE QUE SE ACUÑA AL NORTE CONTRA LOS MACIZOS DIORÍTICOS Y DESAPARECE DISCONTINUAMENTE AL SUR BAJO, LOS DEPÓSITOS ALUVIALES.

LA FRACCIÓN BASAL DE ESTA UNIDAD, ESTÁ FORMADA POR MARGAS LAMINARES Y DELEZNABLES DE FRACTURA CONCOIDA DE COLOR ROJO A VERDE CLARO; INTERESTRATIFICADAS CON ARENISCAS DE GRANO FINO Y COLOR CAFÉ CLARO DE ESTRATIFICACIÓN DELGADA.

HACIA LA CIMA DE LA UNIDAD, EL TAMAÑO DE LOS GRANOS SE VE INCREMENTADO PUDIÉNDOSE OBSERVAR SEDIMENTOS ARCÓNICOS TÍPICOS, INTERCALADOS CON CONGLOMERADOS POCO CONSOLIDADOS.

LOS DETRITOS CUARZO-FELDESPÁTICOS QUE CONSTITUYEN LAS ARCOSAS, SON DE GRANO MEDIO A GUESO POCO CONSOLIDADOS Y DE ESTRATIFICACIÓN MASIVA.

LOS CONGLOMERADOS DERIVADOS BÁSICAMENTE DE ROCAS ÍGNEAS INTRUSIVAS CON EVANTUALES CLÁSTICOS CALCÁREOS, SON SUBREDONDEADOS POCO CONSOLIDADOS Y MAL CLASIFICADOS EN UNA MATRIZ LIMO-ARCILLOSA.

CONGLOMERADO Y FANGLOMERADO (Cc).

LOS DEPÓSITOS FLUVIALES RECIENTES EN FORMA DE ABANICO, ACUMULADOS EN LAS ESTRIBACIONES DE LA SIERRA CON LA PLANICIE COSTERA; EN EL POBLADO BUENOS AIRES Y AL NORTE DE GUACAMAYAS, CON DE NATURALEZA ÍGNEA (ANDESITA MORADA, GRANITO, DIORITA Y GRANOS DE CUARZO LECHOSO CON UNA POCOA O NULA CANTIDAD DE FRAGMENTOS CALCÁREOS), DE COLOR AMARILLO ROJIZO PÓBREMENTE CONSOLIDADOS, MUY INTERRIZADOS Y MAL CLASIFICADOS.

SUS DETRITOS EN SU MAYORÍA BIEN REDONDEADOS, DE GRANULOMETRÍA DIVERSA, DESDE GRAVAS Y GUIJARROS DE 2 CM A 25 CM DE DIÁMETRO, HASTA OCASIONALES CANTOS RODADOS DE INCLUSIVE 50 CM DE DIÁMETRO EMPAQUETADOS EN UNA MATRIZ ARCILLO-ARENOSA DE CUARZO, FELDESPATO, ARCILLAS FERRUGINOSAS Y MICAS.

DEPÓSITOS ALUVIALES DELTÁICOS (QAL).

SOBRE LA PLATAFORMA CONTINENTAL, EL RÍO BALSAS CONSTRUYÓ UN COMPLEJO SISTEMA DE DEPÓSITOS DELTÁICOS QUE EMPEZARON A SEDIMENTARSE A FINES DEL TERCIARIO, PROBABLEMENTE A LO LARGO DE LÍNEAS DE DEBILIDAD DE LA CORTEZA QUE PUDIERON GENERARSE COMO RESULTADO DE LA SUBDUCCIÓN DE LA PLACA DE COCOS, DURANTE EL PLEISTOCENO A PARTIR DE LAS PRIMERAS GLACIACIONES, LOS DEPÓSITOS DELTÁICOS EMPEZARON A DESARROLLARSE SOBRE UN BASAMENTO ROCOSO MARGINAL DE TOPOGRAFÍA

IRREGULAR CON TENDENCIA A ELEVARSE HACIA EL E. ALCANZANDO HASTA EL PRESENTE. - UN ESPESOR DE 120 M (GUTIÉRREZ ESTRADA, 1969) A 300 M (SANTOYO V. Y MONTAÑEZ - C. 1978), CON TENDENCIA A ACUÑARSE TIERRA ADENTRO.

LOS SEDIMENTOS QUE CONSTITUYEN EL DELTA, SON APORTADOS POR EL RÍO - BALSAS, Y SUS TRIBUTARIOS, PROCEDENTES DE LA EROSIÓN DE LAS ROCAS ÍGNEAS, SEDI- MENTARIAS Y METAMÓRFICAS PREEXISTENTES, DEL RETRABAJO DE LOS SEDIMENTOS DEPOSI- TADOS EN LA PORCIÓN FRONTAL Y DE RESTOS ORGÁNICOS. ESTOS MATERIALES FUERON DE- POSITADOS EN FORMA IRREGULAR, INTERMEZCLÁNDOSE Y DISTRIBUYÉNDOSE EN FORMA --- CAÓTICA.

SIN EMBARGO, PUEDE DECIRSE QUE LOS DETRITOS GUARDAN Y PRESENTAN UNA REPETICIÓN RÍTMICA DE ESTRATOS MÁS O MENOS BIEN DELIMITADOS, CONSTITUIDOS EN - GENERAL POR ARCILLAS, LIMOS, ARENAS, GRAVAS Y BOLEOS, SEGÚN SE MUESTRA EN EL - BLOCK DIAGRAMÁTICO DE LA FIGURA IV.4.1, ELABORADO CON INFORMACIÓN ESTRATIGRÁFI- CA DE 105 SONDEOS EXPLORATORIOS Y 18 POZOS PERFORADOS EN EL DELTA A PROFUNDIDA- DES QUE VARÍAN ENTRE 12 Y 90 M, SIN QUE ESTOS ÚLTIMOS ALCANZARAN EL BASAMENTO.

LOS DEPÓSITOS MÁS SUPERFICIALES, ESTÁN CONSTITUIDOS POR ARCILLAS Y LIMOS ORGÁNICOS DE COLOR CAFÉ Y ARENAS LIMO-ARCILLOSAS DE LA MISMA COLORACIÓN POCO FIRME Y BLANDOS, CON GRAVAS ESPORÁDICAS QUE EN CONJUNTO, CORRESPONDEN A - DEPÓSITOS DE LLANURA DE INUNDACIÓN, HACIA LA DESEMBOCADURA Y EN LA ZONA LITO- RAL, SE DISTRIBUYEN DEPÓSITOS ARENOSOS EÓLICOS FORMANDO MÉDANOS, DUNAS Y BARRAS. ESTOS DEPÓSITOS RECIENTES DIFIEREN DE LOS ANTIGUOS EN QUE TIENEN GENERALMENTE... UNA TEXTURA FINA Y UNA RELATIVA ABUNDANCIA DE MATERIA ORGÁNICA.

LOS DEPÓSITOS MÁS ANTIGUOS PROFUNDOS, ESTÁN CONSTITUIDOS POR ARENAS LIMOSAS GRISES, GENERALMENTE MAL GRADUADAS, CONSOLIDADAS Y SEMICONSOLIDADAS, - CON PRESENCIA DE ESTRATOS AISLADOS DE GRAVA. HACIA TIERRA ADENTRO PREDOMINAN - LOS MATERIALES GRANULARES, MIENTRAS QUE HACIA LA COSTA SE ENCUENTRAN MATERIA- LES MÁS FINOS. (FIGURA IV.4.2.)

EN LAS INMEDIACIONES DE LA PRESA JOSE MA, MORELOS (LA VILLITA), SE ENCUENTRAN ALUVIONES ARENOSOS Y CONGLOMERÁTICOS DESCANSANDO SOBRE LOS DERRAMES ANDESÍTICOS. EN EL SUBSUELO DE LA ISLA DE LA PALMA, SE DETECTA UN HORIZONTE --- CONSISTENTE DE 1 A 3 M DE ESPESOR DE LIMOS Y ARCILLAS GENERALMENTE, DE COLOR - CAFÉ CON RESTOS DE MATERIA ORGÁNICA Y RAÍCES, SOBREVACIENDO UN CONJUNTO DE ARE- NAS Y LIMOS DE POCO ESPESOR QUE CUBREN UNA SECUENCIA PREDOMINANTEMENTE ARENOSA DE APROXIMADAMENTE 30 M DE ESPESOR, EVENTUALES CONCENTRACIONES DE GRAVAS Y --- BOLEOS.

LENTES ARCILLOSOS SE INTERDIGITAN CON ESTOS SEDIMENTOS HACIA LA BASE DE LOS SONDEOS EXPLORADOS, A UNA PROFUNDIDAD VARIABLE ENTRE 40 Y 70 M.

CERCA DEL POBLADO DE LAZARO CÁRDENAS, 1.5 KM AL SUR, SE ENCUENTRAN CONGLOMERADOS SUBYACIENDO DISCORDANTEMENTE A CENIZAS VOLCÁNICAS POBREMENTE CEMENTADAS CON ECHADO HACIA EL NORTE. EN EL ÁREA OCUPADA POR EL ESTERO EL MANGLITO (REMANENTE DE UNA ANTIGUA DESEMBOCADURA Y LÍMITE OCCIDENTAL REAL DEL DELTA), LOS CORTES ESTRATIGRÁFICOS, MUESTRAN A PARTIR DE LOS 25-30 M UN POTENTE ESTRATO DE 60-70 M SUSTANCIALMENTE DE ARCILLA GRIS CON ESPORÁDICAS INTERCALACIONES DE LENTES CLAROS, POTENCIA DEBIDA A LA ACUMULACIÓN EN UN AMBIENTE DE LAGUNA MARGINAL DE BAJA ENERGÍA.

LA COMPOSICIÓN MINERALÓGICA DE LOS SEDIMENTOS, ES GENERALMENTE DE CUARZO ÍGNEO Y METAMÓRFICO, FELDESPATOS, FERROGNESIANOS, ARCILLAS, FRAGMENTOS DE ROCAS ÍGNEAS SEDIMENTARIAS Y METAMÓRFICAS Y MICAS, CON UN PORCENTAJE DE CARBONATO DE CALCIO ENTRE 0.7 % Y 0.9 % EN LOS SEDIMENTOS ARENOSOS DE PLAYA Y RÍO Y HASTA 2.26 % EN LAS ARCILLAS Y LIMOS; VALORES INTERMEDIOS CORRESPONDEN A LOS SEDIMENTOS DE LAS LLANURAS DE INUNDACIÓN (GUTIÉRREZ ESTRADA, 1969).

ROCAS ÍGNEAS

DIORITAS - CUARZODIORITAS (Tcd).
GRANODIORITAS - GRANITOS (TGR).

EL COMPLEJO DE ROCAS INTRUSIVAS CALCO-ALCALINAS QUE AFLORA A LO LARGO DE LA COSTA DESDE COLINA HASTA ACAPULCO, CONSTITUYE UN CUERPO BATOLÍTICO DE AMPLIA DISTRIBUCIÓN QUE VARÍA GRADUALMENTE SU NATURALEZA, PASANDO DE UN GRANITO A UNA DIORITA, SIN ADVERTIRSE CONTACTOS DEFINIDOS ENTRE ELLOS.

EL GRANITO PASA A GRANODIORITA, AL DISMINUIR SUS CANTIDADES PROPORCIONALES DE CUARZO Y FELDESPATO ALCALINO Y AL AUMENTAR LA PROPORCIÓN DE PLAGIOCLASA SÓDICA; LA GRANODIORITA A SU VEZ, GRADÚA PAULATINAMENTE A DIORITA AL DESAPARECER EL CUARZO Y EL FELDESPATO ALCALINO E INCREMENTARSE LOS MINERALES MÁFICOS Y PLAGIOCLASAS SÓDICAS.

ESTE COMPLEJO CRISTALINO INTRUSIONÓ A LAS ROCAS PREEXISTENTES DESDE EL PALEOZOICO HASTA EL CRETÁCICO Y SUBYACEN EN DISCORDANCIA EROSIONAL A LOS DEPÓSITOS TERCIARIOS Y CUATERNARIOS.

GRANITOS - GRANODIORITAS.

SON LOS MÁS ABUNDANTES, CUBRIENDO EL CUADRANTE NOROCCIDENTAL DEL PLANO GEOLÓGICO ANEXO E INTEGRANDO LA SIERRA DE ARTEAGA.

LOS GRANITOS SON DE COLOR GRIS CLARO A ROSADO, COMPACTOS DE TEXTURA GRANULAR CRISTALINA, CUYOS MINERALES ESCENCIALES SON CUARZO, FELDESPATO POTÁSICO Y MICAS, PRESENTA INTEMPERISMO ESFEROIDAL, SIENDO MUY DELEZnable CON 10 M - A 15 M, DE SUELOS ARENOSOS HASTA LLEGAR A LA ROCA SANA, SUS FRACTURAS EN POSICIÓN ORTOGONAL, OCASIONALMENTE SE ENCUENTRAN RELLENAS POR VETILLAS DE CUARZO - LEGOSO Y EPIDOTA.

LA GRANODIORITA CONSTITUÍDA ESENCIALMENTE POR CUARZO, BIOTITA Y -- PLAGIOCLASAS EN MAYOR PROPORCIÓN QUE FELDESPATOS; ES DE TEXTURA GRANULAR GRUESA, COLOR GRIS CLARO A BLANCO CON MANCHAS OSCURAS DE MICAS QUE AL INTemperIZAR SE ES GRIS OSCURO Y AMARILLO CON MANCHAS ROJIZAS.

SE ENCUENTRA MUY INTemperIZADA Y FRACTURADA EN ÁNGULOS DE 120° Y -- 60°, CON ASPECTO ROMBOEDRAL, EVENTUALMENTE INTRUSIONADA POR VETILLAS DE SÍLICE,

CUARZODIORITAS Y DIORITAS.

LAS ROCAS CUARZODIORÍTICAS CON UN ALTO CONTENIDO DE HORNBLENDA, SON LA POSIBLE TRANSICIÓN ENTRE LAS ROCAS GRANODIORÍTICAS Y LAS DIORÍTICAS.

SIENDO LAS CUARZODIORITAS LAS ROCAS DE COLOR GRIS CLARO; COMPACTA Y DE TEXTURA GRANULAR, CONFORMADA POR PLAGIOCLASAS, HORNBLENDA, BIOTITA Y CUARZO INTERSTICIAL, SIN OBSERVARSE FELDESPATO POTÁSICO. AL IGUAL QUE LAS DEMÁS -- ROCAS CRISTALINAS, SE PRESENTAN MUY FRACTURADAS E INTemperIZADAS A MATERIAL -- ARENOSO.

LAS DIORITAS EN CAMBIO, SON DE COLOR GRIS CLARO A GRIS VERDOSO QUE AL INTemperIZARSE ADQUIEREN TONALIDADES AZULES CON MACHAS AMARILLAS Y ROJAS -- POR LOS ÓXIDOS DE HIERRO CONTENIDOS.

ES COMPACTA DE GRANO FINO A MEDIO CONSTITUÍDA ESENCIALMENTE POR -- PLAGIOCLASAS Y MINERALES FERROMAGNESIANOS (HORNBLENDA, AUGITA Y BIOTITA), CON ESPORÁDICAS VETILLAS DE CALCITA.

EVENTUALMENTE, LAS DIORITAS AFLORAN CON TEXTURA PORFÍDICA EN UNA -- MATRIZ CRISTALINA DE GRANO FINO, FORMADA POR MICROLITOS DE PLAGIOCLASAS Y ANFI BOLES, LOS FENOCRIETALES SON TAMBIÉN PLAGIOCLASAS Y HORNBLENDAS Y MÁS RARAMENTE BIOTITA.

ANDESITAS, PÓRFIDOS, TOBAS Y BRECHAS ANDESÍTICAS (TVA).

SOBREYACIENDO DISCORDANTEMENTE A LAS ROCAS INTRUSIVAS, AFLORAN DE -- RRAMES LÁVICOS TERCIARIOS SENDOESTRATIFICADOS, CONSTITUÍDOS ESENCIALMENTE POR

ANDESITAS PORFÍDICAS, AUNQUE EL CONJUNTO CARTOGRAFIADO, INCLUYE EVENTUALES INTERESTRATIFICACIONES DE TOBAS Y BRECHAS TAMBIÉN ANDESÍTICAS.

LA ANDESITA PORFÍDICA COLOR GRIS VERDOSO A GRIS AZULOSO, ES MUY DURA Y COMPACTA CON FENOCRIETALES DE PLAGIOCLASA, CUARZO, ORTOCLASA, FERROMAGNESIA—NOS ALTERADOS Y OLIVINO EN UNA MATRIZ PARCIALMENTE CRISTALINA CON MINERALIZACIÓN EN FORMA DISEMINADA.

HACIA SU PORCIÓN SUPERFICIAL, PRESENTA TEXTURA VESICULAR, SE ENCUENTRA MUY FRACTURADA E INTEMPERIZADA.

LAS BRECHAS ESTÁN FORMADAS POR FRAGMENTOS ANDESÍTICOS ANGULOSOS SEUDOESTRATIFICADAS DE COLOR VERDOSO Y PARDO ROJIZO, DE TEXTURA AFANÍTICA BIEN GRADADAS CUYO TAMAÑO VARÍA EN FORMA CÍCLICA DE LA BASE A LA CIMA DE 3 CM A MÁS, CON VETILLAS DE CALCITA Y SÍLICE.

INTERESTRATIFICADOS LOCALMENTE CON LAS ANDESITAS Y LAS BRECHAS ANDESÍTICAS, AFLORAN TOBAS ARENOSAS DE ESTRUCTURA COMPACTA, DONDE SUS LÍTICOS ANDESÍTICOS, SE ENCUENTRAN ENMUERTOS EN UNA MATRIZ MUY FINA; SU COLOR PARDO ROJIZO AL INTEMPERIZARSE ADQUIERE UN COLOR CAFÉ AMARILLENTO.

ESTE CONJUNTO VOLCÁNICO EN EL ÁREA ESTUDIADA, PRESENTA PEQUEÑAS ÁREAS DE AFLORAMIENTO EN LA BOJILLA DE LA PRESA "LA VILLITA", EXTENDIÉNDOSE UN POCO MÁS HACIA EL NW EN EL ÁREA DE "LAS TRUCHAS".

ROCAS METAMÓRFICAS DE CONTACTO (Tm).

AL CONTACTO DE LOS INTRUSIVOS CON LAS ROCAS CALCÁREAS, SE DIÓ LUGAR A ROCAS DE METAMORFISMO DE CONTACTO, CUYOS AFLORAMIENTOS EN EL ÁREA ESTUDIADA SE RESTRIGEN A SECUENCIAS DE ANFIBOLITAS SKARN Y MÁRMOL, DESCUBIERTOS EN EL ÁREA DE LAS TRUCHAS.

LAS CALIZAS ASÍ METAMORFOSEADAS, ESTÁN PROFUNDAMENTE ALTERADAS SIN DISTINGUIRSE RUMBO NI ECHADO, GRAN CANTIDAD DE ELLOS HAN SIDO YA EROSIONADAS - CONSERVÁNDOSE ERRÁTICOS AFLORAMIENTOS DE ESCASOS METROS DE ESPESOR EN FORMA DE CASQUETES.

LAS ANFIBOLITAS RICAS EN HORNBLENDA Y PLAGIOCLASAS GRANATE Y EPIDOTA, SE ENCUENTRAN ASOCIADAS A LOS CONTACTOS DIORITAS - CALIZAS.

SIENDO UNA ROCA COLOR VERDE MUY OSCURO CASI NEGRA DE GRANO FINO A MEDIO Y TEXTURA FOLIADA CON GRAN CANTIDAD DE PIRITA Y MAGNETITA.

EL SKARN ES LA ROCA COLOR PARDO ROJIZO, DE GRANO FINO EN SU MAYORÍA, CONSTITUIDA ESENCIALMENTE POR GRANETE, EPIDOTA Y MINEPALES FERROGNECIANOS CON MINERALIZACIÓN DE PIRITA.

EL MÁRMOL QUE CONSTITUYE LA PERIFERIA DE LA AUREOLA DE METEMORFISMO, ESTÁ CONSTITUIDO ESENCIALMENTE POR CALIZA RECRISTALIZADA COLOR GRIS CLARO A BLANCO, CON BANDAS COLOR ROSADO A ROJIZO Y VETILLAS DE CALCITA.

IV.5 TECTÓNICA.

INDUDABLEMENTE, SI SE ACEPTA LA TEORÍA DE LA TECTÓNICA DE PLACAS, LA EVOLUCIÓN TECTÓNICA DE LA ZONA DE ESTUDIO, SE ENCUENTRA LIGADA CON LOS FENÓMENOS DE SUBDUCCIÓN DE LAS PLACAS OCEÁNICAS DE FARALLÓN Y COCOS, BAJO EL CONTINENTE AMERICANO.

ESTE FENÓMENO HA SIDO ESTUDIADO MÁS O MENOS A DETALLE POR MOLNAR Y SYKES EN 1969 (REF 41), Y POSTERIORMENTE POR HANUS Y VANEK EN 1970 (REF. 33), MEDIANTE LA DISTRIBUCIÓN DE LOS FOCOS DE TERREMOTOS EN LA REGIÓN SUP DE MÉXICO. EN LA FIGURA IV.5.1 SE ENCUENTRA LA LOCALIZACIÓN DE EPICENTROS EN LOS ESTADOS DE MICHOACÁN Y GUERRERO, DE 1907 A 1977, TOMANDO COMO LÍMITE DE PROFUNDIDAD LOS 60 KM, ES DECIR, DE TERREMOTOS DE PROFUNDIDAD INTERMEDIA. LOS TERREMOTOS LOCALIZADOS A PROFUNDIDADES DE MÁS DE 60 KM, SE CLASIFICAN EN REALIDAD EN DOS GRUPOS: TERREMOTOS DE FOCO INTERMEDIO, ORIGINADOS A PROFUNDIDADES DE ENTRE 60 Y 300 KM, Y TERREMOTOS DE FOCO PROFUNDO, ORIGINADOS A PROFUNDIDADES DE MÁS DE 300 KM (REF. 55). EN ESTA FIGURA SE PUEDE APRECIAR CLARAMENTE QUE LAS PROFUNDIDADES FOCALES SON TANTO MAYORES CUANTO MÁS PRÓXIMO AL CONTINENTE ESTÁ EL FOCO. EL FOCO MÁS PROFUNDO SE ENCUENTRA A UNOS 220 KM. ESTA DISTRIBUCIÓN SUGIERE LA PRESENCIA DE UN PLANO, QUE SE INCLINA HACIA ABAJO DESDE LA REGIÓN OCEÁNICA AL CONTINENTE CONOCIDO COMO ZONA DE BENIOFF, CUYAS CARACTERÍSTICAS MORFOLÓGICAS FUERON ESTUDIADA POR HANUS Y VANEK (1979), MEDIANTE LA CONSTRUCCIÓN DE UN SISTEMA DE SECCIONES APROXIMADAMENTE PERPENDICULARES AL EJE DE LA TRINCHERA MESA AMERICANA. LOS PRINCIPALES RESULTADOS DE DICHO ESTUDIO EN LA PORCIÓN CORRESPONDIENTE A LA ZONA INVESTIGADA AQUÍ, SON LAS SIGUIENTES:

- LA MORFOLOGÍA DE LA PLACA DE COCOS FRENTE A LAS COSTAS DE MICHOACÁN, GUERRERO Y OAXACA, QUE FUE OBTENIDA EN BASE A CAPTAS BATIMÉTRICAS DEL PACÍFICO NORTE, (CHASE ET. AL., 1970), MUESTRA QUE LOS PRINCIPALES ELEMENTOS ESTRUCTURALES (FIGURA IV.5.2) QUE CARACTERIZAN LAS IRREGULARIDADES DEL PISO OCEÁNICO HAN SIDO DISTINGUIDAS DE NOROESTE A SURESTE COMO: ZONA DE FRACTURA RIVERA; DORSAL DEL PACÍFICO ORIENTAL; ZONA DE FRACTURA OROZCO, QUE SUBDUCE EXACTAMENTE FRENTE AL DELTA DEL RÍO BALSAS; ZONA DE ELEVACIONES DE OAXACA Y LA CRESTA DE TEHUANTEPEC. (FIGURA IV.5.3)

- LAS SECCIONES TRANSVERSALES PRESENTADAS (FIGURA IV.5.4.) CONFIRMAN LA EXISTENCIA DE UNA ZONA DE BENIOFF BIEN DEFINIDA CUYO ECHADO VARÍA ENTRE 26° Y 43° CON VALORES PREDOMINANTES DE 38° Y 40° Y SU ESPESOR, MEDIDO PERPENDICULARMENTE A LA DIRECCIÓN DE SUBDUCCIÓN, VARÍA ENTRE 55 Y 90 KM. CON VALORES PROMEDIO DE 70 KM.
- LA PENETRACIÓN DE LA ACTIVA PLACA QUE SUBDUCE VARÍA A LO LARGO DE LA TRINCHERA, PROBABLEMENTE DEBIDO AL EFECTO DE FRENAJE DE LA ZONA DE FRACTURA DE CROZCO Y DE LA CRESTA DE TEHUANTEPEC. LA PROFUNDIDAD DEL LIMITE INFERIOR DE LA ZONA DE BENIOFF SE INCREMENTA GRADUALMENTE A LO LARGO DE LA TRINCHERA DE NOROESTE A SURESTE (FIGURA IV.5.4) MOSTRANDO UNA SECUENCIA CONTINUA DE CRESTAS Y FRACTURAS CON OSCILACIONES LOCALES DE AMPLITUD APROXIMADA A LOS 50 KM. LA PENETRACIÓN VARÍA ENTRE 70 Y 150 KM. HACIA AL NOROESTE Y SE INCREMENTA HASTA 250 KM EN LA REGIÓN DE CUENCA DE GUATEMALA. EN LA PARTE NORTE DE LA ZONA DE SUBDUCCIÓN LA PLACA QUE PENETRA PARECE ALCANZAR LAS CONDICIONES DE ESTADO NECESARIAS PARA SU FUSIÓN PARCIAL.
- ESTOS PROCESOS DE SUBDUCCIÓN HAN INDUCIDO UN SISTEMA DE CINCO FALLAS PROFUNDAS SÍSMICAMENTE ACTIVAS EN LA PLACA CONTINENTAL, QUE PUEDEN JUGAR EL PAPEL DE PRINCIPALES CANALES DE ALIMENTACIÓN DE VOLCÁNES ACTIVOS DEL EJE NEOVOLCÁNICO TRANSMEXICANO, ESTAS ZONAS DE FRACTURA VAN DE NORDESTE A SURESTE Y FUERON DEFINIDAS POR LA ALINEACIÓN DE FOCOS SÍSMICOS EN ESA DIRECCIÓN Y POR LA PRESENCIA DE MANIFESTACIONES SUPERFICIALES DE ACTIVIDAD HI-DROTÉRMAL. LA FRACTURA PROFUNDA ASÍ DEFINIDA Y MÁS CERCANA AL DELTA DEL RÍO BALSAS SE LE DENOMINA CHURUNUCO-OMETEPEC, QUE CORRE A LO LARGO DE 830 KM. Y PUEDE SER TRAZADA POR LAS COORDENADAS 19.7° N; 104.7° W A 16.7° N; 98.0° W (FIGURA IV.5.3). SU ANCHURA PROMEDIO EN LA SUPERFICIE ES DE 25 KM, APROXIMADAMENTE Y SU PENETRACIÓN NO HA SIDO DETERMINADA DEBIDO A QUE LOS FOCOS SÍSMICOS NO EXEDEN EL VALOR CONVENCIONAL DE 33 KM. AL IGUAL QUE LAS OTRAS CUATRO ZONAS DE FRACTURA, SE CREE QUE ESTA BUZA AL SUROESTE. ADEMÁS SE PUEDE DELINEAR EN EL ÁREA UN SISTEMA DE FRACTURAS TRANSVERSALES SÍSMICAMENTE ACTIVAS QUE, AL IGUAL QUE LAS ANTERIORES, DEBEN ESTAR ASOCIADAS AL EFECTO DE FRENAJE DE PLACA QUE SUBDUCE Y QUE PUEDEN SERVIR DE CANALES DE ALIMENTACIÓN DE MAGMA ANDESÍTICO SI SE CONECTAN A PROFUNDIDAD CON LA ZONA DE FUSIÓN DE LA PLACA (CÁMARA MAGMÁTICA), ESTO ÚLTIMO PUDIERA ESTAR ATESTIGUADO POR LA PRESENCIA DE LOS DERRAMES ANDESÍTICOS EN LA ZONA DE TRANSICIÓN ENTRE EL DELTA Y LA SIERRA, COMO LOS QUE SE OBSERVAN A LA ALTURA DE LA PRESA LA VILLITA, LO QUE PUDIERA INDICAR QUE EL RÍO BALSAS CORRE LOS ÚLTIMOS 80 KM. ANTES DE SU DESEMBOLCADA A LO LARGO DE UNA FRACTURA TRANSVERSAL A LA DE CHURUNUCO-OMETEPEC Y CONTINUADA EN EL TALUD CONTINENTAL EN LOS CAÑONES DE LA NECESIDAD Y PETACALCO.

EN TODA LA REGIÓN SE PUEDE IDENTIFICAR UN SISTEMA PERPENDICULAR DE FRACTURAMIENTO CUYO RUMBO VARIA ENTRE 50-55 NW Y 40-65 NE COMO PUEDE OBSERVARSE EN EL PLANO GEOLÓGICO. ESTE SISTEMA DE FRACTURAS FUE INTERPRETADO DE FOTOGRAFÍAS AÉREAS SIN VERIFICACIÓN DE CAMPO Y SOLO HAN SIDO INDICADAS COMO TALES YA QUE AFECTAN A ROCAS DE UNA SOLA UNIDAD LITOLÓGICA.

LAS FRACTURAS NO SE PRESENTAN SOLAS, SINO MUCHAS A LA VEZ, FORMANDO SISTEMAS QUE OBEDECEN A PRINCIPIOS DINÁMICOS DE DEFORMACIÓN DE LAS ROCAS. ESTE SISTEMA DE DIACLASAMIENTO GUARDA EL MISMO PATRÓN GENERAL PROPUESTO POR HANUS Y VANEK (1979) POR LO QUE DEBEN SER PRODUCIDAS POR EL EMPUJE VERTICAL DE LA PLACA OCEÁNICA.

EVIDENCIAS DE LOS FENÓMENOS ANTES DESCRITOS HAN QUEDADO PLASMADOS EN LAS ROCAS AFLORANTES EN LA REGIÓN, COMO LO INDICAN LOS ANÁLISIS PETROGRÁFICOS (NO INCLUIDOS) DE 65 MUESTRAS DISEMINADAS EN LAS CERCANÍAS DE LA ZONA DE ESTUDIO (REFERENCIAS 15 Y 16) EN LAS QUE SE REPORTAN BANDEAMIENTO DE SUS MINERALES CONSTITUYENTES, EN MUESTRAS DE MANO Y SECCIONES DELGADAS, ASÍ COMO MACLADO POLISINTÉTICO CON DEFORMACIÓN E INTERRUMPIDO POR FRACTURAS, FRAGMENTOS DE CUARZO SEUDOELONGADOS Y FRAGMENTOS ANHEDRALES DE BIOTITA SEUDOTABULARES EMPLAZADOS EN VETILLAS CON ORIENTACIÓN BURDA; CARACTERÍSTICAS TEXTURALES QUE EN CONJUNTO INDICAN QUE LA REGIÓN SE VIÓ AFECTADA POR PROCESOS DINÁMICOS.

Y PARA FINALIZAR, COMO DICEN HANUS Y VANEK "SOBRE LA BASE DE EVIDENCIAS SUPERFICIALES, CUALQUIER CONCLUSIÓN DEFINITIVA DEL COMPORTAMIENTO TECTÓNICO DE ÉSTA PARTE DE LA CORTEZA CONTINENTAL, PODRÍA SER PREMATURA, POR ELLO SE HACE NECESARIA UNA MAYOR Y MÁS DETALLADA INVESTIGACIÓN."

IV.6 UNIDADES HIDROGEOLOGICAS Y ACUIFEROS.

LA SIGUIENTE DESCRIPCIÓN DE LAS CARACTERÍSTICAS HIDROGEOLOGICAS DE LAS ROCAS PRESENTES EN EL ÁREA DE ESTUDIO (PLANO IV.4.1) ESTÁ BASADA EN OBSERVACIONES DIRECTAS, ASÍ COMO EN LA INFORMACIÓN CONTENIDA EN ESTUDIOS Y LEVANTAMIENTOS PREVIOS (REF. 15, 16, 30, 31 Y 47).

LAS ROCAS PALEOZOICAS SE CONSIDERAN IMPERMEABLES POR SU NATURALEZA LITOLÓGICA.

LAS ARENISCAS, LUTITAS Y MARGAS (KIMA) DEL CRETÁCICO INFERIOR QUE SE EXTIENDEN FUERA DEL ÁREA ESTUDIADA HACIA LA REGIÓN MONTAÑOSA, TAMBIÉN SE CONSIDERAN DE CARÁCTER IMPERMEABLE, CONDICIÓN QUE SOLO SE VE INTERRUMPIDA DONDE ÉSTA UNIDAD ADQUIERE POROSIDAD SECUNDARIA POR FRACTURAMIENTO Y ALTERA-

CIÓN, DANDO LUGAR A DEPÓSITOS SUBTERRANEOS DE BAJAS PERMEABILIDADES, EN --
ÁREAS TOPOGRÁFICAMENTE FAVORABLES Y A PEQUEÑOS MANANTIALES.

LAS CALIZAS CRETÁICAS DENTRO DEL ÁREA ESTUDIADA FUERON INTENSIVAMENTE EROSIONADAS DURANTE EL TERCIARIO, LO QUE REDUJO SU POTENCIA ORIGINAL DANDO LUGAR A LOS ACTUALES ERRÁTICOS REMANENTES CALCÁREOS EN FORMA DE SOMBRERETES, INCAPACES DE ALMACENAR CANTIDADES SIGNIFICATIVAS DE AGUA.

EL GRUPO BALSAS (Tcb), ESTÁ INTEGRADO POR MATERIALES DE CARACTERÍSTICAS Y COMPORTAMIENTOS HIDROGEOLÓGICOS DIFERENTES. LOS MATERIALES DE GRANO MEDIO A GRUESO CON BAJO GRADO DE CEMENTACIÓN TIENEN CUALITATIVAMENTE UNA REGULAR CAPACIDAD DE INFILTRACIÓN Y PERMEABILIDAD. EN LA SUPERFICIE CONSTITUYEN RECEPTORES DEL AGUA DE LLUVIA LA QUE TRANSMITEN LENTAMENTE HASTA LA ZONA DE SATURACIÓN PRINCIPALMENTE EN LAS ÁREAS DONDE PRESENTA MAYOR FRACTURAMIENTO, CREANDO FLUJOS HÍDRICOS INTERNOS Y MANANTIALES DE AFÍNERO RECORRIDO. EN EN SUBSUELO PUEDEN CONSTITUIR ACUÍFEROS HETEROGÉNEOS DE DISTRIBUCIÓN IRREGULAR QUE SE EXTIENDEN PRINCIPALMENTE EN LAS ZONAS BAJAS GENERALMENTE CONFINADOS O SEMICONFINADOS POR MATERIALES ARCILLOSOS O POR CONGLOMERADOS BIEN CEMENTADOS.

LOS MATERIALES BIEN CEMENTADOS Y COMPACTADOS FUNCIONAN COMO BARRERAS IMPERMEABLES, CAPAS CONFINANTES O BASAMENTO DE LOS MATERIALES GRAVULARES SATURADOS PUDIENDO CONTENER PEQUEÑAS CANTIDADES DE AGUA EN SUS PORCIONES ALTERADAS.

LAS ROCAS PLUTÓNICAS (Tcd, Tgr) POR SU ESTRUCTURA CRISTALINA MASIVA SE CONSIDERAN IMPERMEABLES PUDIENDO LOCALMENTE CONTENER PEQUEÑAS CANTIDADES DE AGUA EN SU COBERTURA FRACTURADA Y ALTEPADA PERO DESDE EL PUNTO DE VISTA REGIONAL SE COMPORTAN COMO BARRERAS A FLUJO DE AGUA Y POR LO MISMO CONSTITUYEN LAS FRONTERAS LATERALES Y EL BASAMENTO DE LOS ACUÍFEROS GRAVULARES COSTEROS.

LAS ROCAS EFUSIVAS (Tva) FRACTURADAS E INTemperIZADAS ACTUAN COMO ÁREAS DE RECARGA DE LOS ACUÍFEROS CONTENIDOS EN LOS MATERIALES SUBYACENTES -- YA QUE AL ENCONTRARSE BIEN DRENADAS, SON INCAPACES DE RETENER EL AGUA QUE SE PRECIPITA E INFILTRA EN ELLAS.

LAS ROCAS METAMÓRFICAS DE CONTACTO (Tm) A CAUSA DE LO ERRÁTICO DE SUS AFLORAMIENTOS Y A SU ESCASO ESPESOR NO TIENEN IMPORTANCIA HIDROGEOLÓGICA.

EL INCIPIENTE DRENAJE DESARROLLADO EN LAS ARENISCAS Y CONGLOMERA--

DOS (TAC) DENOTA CUALITATIVAMENTE ALTA PERMEABILIDAD PRESUPONIENDO BUENAS POSIBILIDADES ACUÍFERAS LAS QUE SE VEN RESTRINGIDAS POR SU BAJA POTENCIA Y POSICIÓN TOPOGRÁFICA, FACTORES LA HACEN INCAPAZ DE RETENER CANTIDADES IMPORTANTES DE AGUA, YA QUE SE ENCUENTRAN DRENADAS SIRVIENDO MÁS BIEN COMO CAVALES NATURALES DE ALIMENTACIÓN DE LOS ACUÍFEROS GRANULARES COSTEROS.

LA ZONA TRANSICIONAL ENTRE LA SIERRA Y EL DELTA, CONFORMADA POR LOMERIOS DE POTENCIA LIMITADA Y DE NATURALEZA FANGLOMERÁTICA (OC) SUPERFICIALMENTE FUNCIONAN COMO ÁREAS DE RECARGA A LOS SEDIMENTOS DELTÁICOS, SIN EMBARGO EN EL SUBSUELO SE INTERDIGITAN CON DICHS DEPOSITOS CONSTITUYENDO BUENOS ACUÍFEROS SEMICONFINADOS POR LOS MATERIALES DE GRANULOMETRIA FINA SUPRAYACENTES.

DE LAS FORMACIONES GEOLÓGICAS PRESENTES EN EL ÁREA DE ESTUDIO, LOS DEPOSITOS ALUVIALES DELTÁICOS CONSTITUYEN EL ACUÍFERO DE LA REGIÓN. ESTA UNIDAD ESTÁ INTEGRADA POR GRAVAS, ARENAS, LIMOS Y ARCILLAS POBREMENTE CEMENTADOS CON CARBONATO DE CALCIO CON UNA DISTRIBUCIÓN MUY IRREGULAR, POR LO QUE TIENEN CARACTERISTICAS DE PERMEABILIDAD VARIABLE DEPENDIENTE DE LA MEZCLA DE MATERIALES ARCILLOSOS CON LOS CLASTOS GRUESOS, AUNQUE EN GENERAL SE PUEDE DECIR QUE ES ALTA (VER CAPITULO VI) Y DEL ORDEN DE 10^2 CM/SIG.

A TRAVÉS DE SONDEOS EXPLORATORIOS SE TIENE CIERTO CONOCIMIENTO DE LA PARTE SUPERFICIAL (90 M), DESCONOCIENDOSE LAS CARACTERÍSTICAS LITOLÓGICAS A MAYORES PROFUNDIDADES, NO OBSTANTE ES LÓGICO SUPONER QUE LA PERMEABILIDAD Y POROSIDAD DECREZCAN CONFORME AUMENTA LA PROFUNDIDAD, A CAUSA DE LA COMPACTACIÓN POR PESO PROPIO.

LOS SEDIMENTOS LINO-ARCILLOSOS SUPERFICIALES RICOS EN MATERIA ORGÁNICA TIENEN ALTA POROSIDAD PERO SU PERMEABILIDAD Y CAPACIDAD DE INFILTRACIÓN SON BAJAS, POR LO QUE NO FAVORECEN LA RECARGA DEL ACUÍFERO; Y BAJO LA ZONA SATURADA SE CONFORMAN COMO ACUITARDOS, POCO FAVORABLES PARA LA CAPTACIÓN DEL AGUA DEL SUBSUELO.

EL ACUÍFERO ES FREÁTICO EN LA MAYOR PARTE DE SU EXTENSIÓN ENCONTRANDOSE EL NIVEL A UNA PROFUNDIDAD NO MAYOR DE 5M. CON CONDICIONES DE CONFINAMIENTO O SEMICONFINAMIENTO LOCALES EN LOS SITIOS CON PRESENCIA DE ESTRATOS ARCILLOSOS.

ESTE ACUÍFERO RECIBE UNA ALIMENTACIÓN HORIZONTAL POR INFILTRACIÓN DE LOS ESCURRIMIENTOS DEL BALSAS A TRAVÉS DE CAUCES Y LLANURAS DE INUNDACIÓN. LATERALMENTE ESTÁ LIMITADO POR FORMACIONES IMPERMEABLES Y POR EL MAR. AUNQUE

EN LOS BORDES DE LA SIERRA, ALLÍ DONDE LOS SEDIMENTOS CUBREN DIRECTAMENTE A LAS FORMACIONES BASALES EXISTE CONECCIÓN HIDROLÓGICA ENTRE AMBOS.

IV 7. FUNCIONAMIENTO HIDROGEOLOGICO CONCEPTUAL

LAS FORMACIONES GEOLÓGICAS IMPERMEABLES (KIMA, TCD, TGR, TVA, TM) PRACTICAMENTE ESTÁN RODEANDO LA FAJA COSTERA DONDE SE ALOJA EL DELTA DEL -- RIO BALSAS CONSTITUYENDO ELEVACIONES CON ALTURAS MÁXIMAS DE HASTA 1000 MSNM Y ESTÁN FORMADAS POR GRANITO, METASEDIMENTOS Y ANDESITAS, ADEMÁS LA ROCA -- GRANÍTICA CONSTITUYE EL BASAMENTO SOBRE EL CUAL DESCANSAN LOS MATERIALES -- CLÁSTICOS DEL DELTA, MISMO QUE PUEDEN SER CONSIDERADOS COMO EL ACUÍFERO -- MÁS IMPORTANTE DE LA REGIÓN.

LAS FORMACIONES CLÁSTICAS PERMEABLES QUE CORRESPONDEN A LOS DEPÓSITOS ALLVIALES ESTÁN EN CONTACTO CON LAS ROCAS IMPERMEABLES EN LAS LADERAS DE LOS CERROS QUE CIRCUNDAN AL DELTA, RECIBEN SU RECARGA PRINCIPAL POR EL FLUJO SUBTERRÁNEO QUE ENTRA AL DELTA, POR EL CAUCE DEL RIO BALSAS, VOLUMEN QUE ES CONTROLADO POR LAS NECESIDADES DE TURBINADO DE LA PRESA LA VILLITA.

TAMBIÉN SE RECARGA EN MENOR MEDIDA POR MEDIO DE LOS ESCURRIMIENTOS DEL AGUA PRECIPITADA EN LAS PARTES ALTAS O IMPERMEABLES FUERA DEL CONTROL DE LA PRESA LA VILLITA (CUENCA DE LOS ARROYOS GUACAMAYAS Y ZACATULA), AGUA QUE SE INFILTRA A TRAVÉS DE LAS ZONAS DE TRANSICIÓN.

OTRAS FUENTES DE RECARGA SON LA INFILTRACIÓN DE LA LLUVIA PRECIPITADA DIRECTAMENTE SOBRE EL DELTA Y LOS RETORNOS DE RIEGO DEL DISTRITO N.º 108. ESTAS FUENTES DE RECARGA AL ACUÍFERO SON CONSTANTES Y SEGURAS.

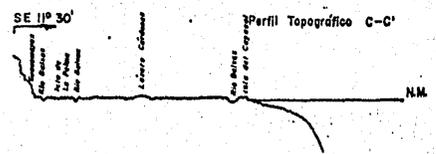
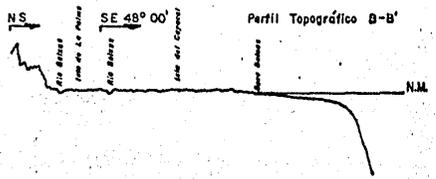
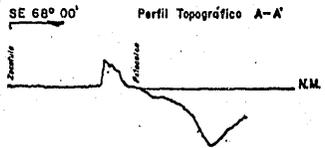
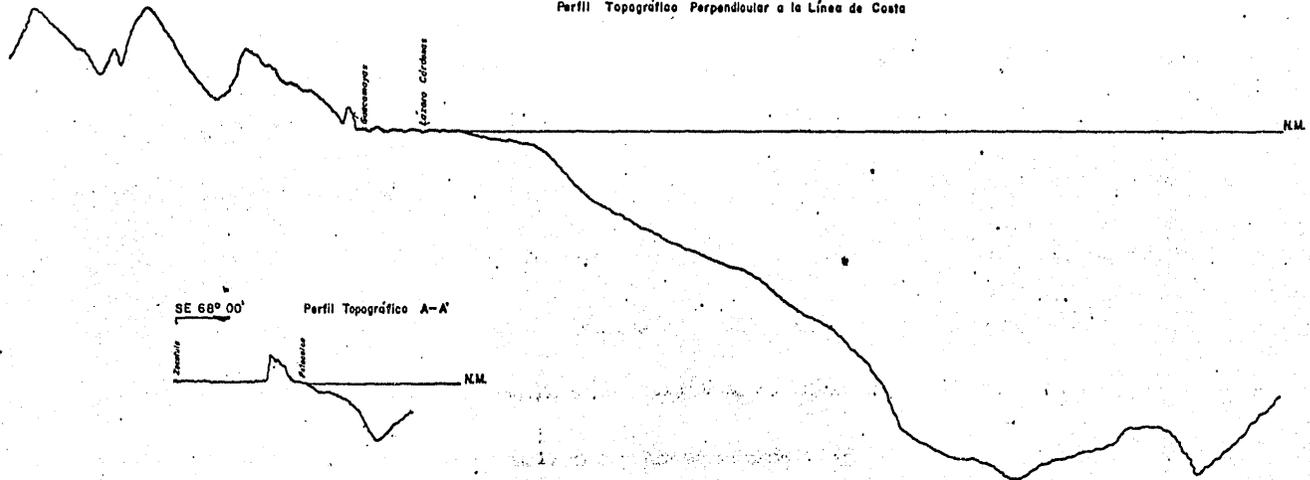
DEBIDO AL GRADIENTE HIDRÁULICO NATURAL LA DESCARGA PRINCIPAL DEL ACUÍFERO ES EL MAR, MIENTRAS QUE LA AVEPOTRANSPIRACIÓN Y LA EXTRACCIÓN A TRAVÉS DE POZOS ES POCO SIGNIFICATIVA.

EL DELTA CONSTITUYE DE MANERA GENERAL UN ACUÍFERO LIBRE, CONDICIÓN QUE SE VE AFECTADA POR LA PRESENCIA DE HORIZONTES Ó LENTES ARCILLO-LIMOSOS QUE LO CONFINAN LOCALMENTE.

SE PUEDE CONCLUIR QUE ACTUALMENTE LA RECARGA ES CONSTANTE Y MAYOR QUE LA EXTRACCIÓN, POR LO QUE LA INTERFASE SALINA NO SE HA DESEQUILIBRADO, AUNQUE LA RECIENTE CONSTRUCCIÓN DE LA DARSENA PORTUARIA HA INDUCIDO LA PENETRACIÓN DEL MAR HACIA EL ACUÍFERO (FIGURA V.5.2) REDUCIENDO EL ÁREA SUCEPTI-

BLE DE EXPLOTACIÓN A LA PARTE NORTE DE LA ISLA DE CAYACAL Y LA ISLA DE LA PALMA A FIN DE NO PRODUCIR EFECTOS NOCIVOS EN EL ACUÍFERO,

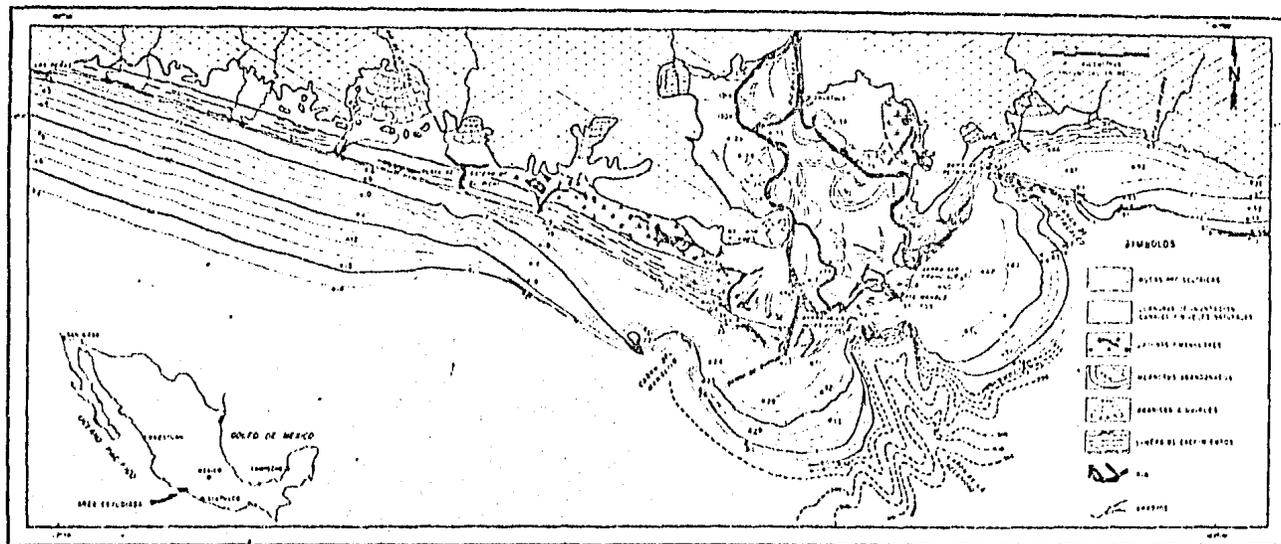
Perfil Topográfico Perpendicular a la Línea de Costa



Esc. Hor. 1:750 000
Esc. Vert. 1:50 000

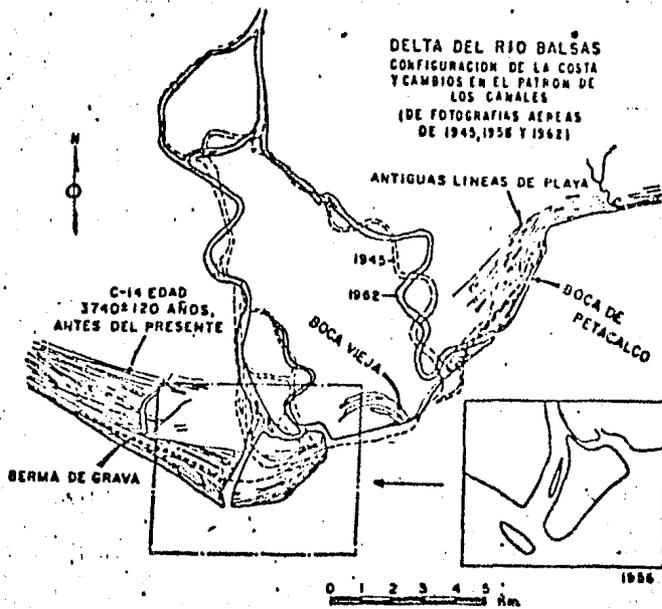
Esc. Hor. 1:250 000
Esc. Vert. 1:10 000

un am	FACULTAD DE INGENIERIA DIVISION DE CIENCIAS DE LA TIERRA
	ESTUDIO HIDROGEOLOGICO DELTA DEL RIO BALSAS, MICHOACAN
PERFILES TOPOGRAFICOS DEL DELTA	
T E S I S P R O F E S I O N A L	
MARIO JOEL GUTIERREZ AMARO - MARIO RAFAEL GONZALEZ PLUMAS	
1984	PIURA INC S.R.L.



TOMADO DE REFERENCIA 85

un am	FACULTAD DE INGENIERIA DIVISION DE CIENCIAS DE LA TIERRA
	ESTUDIO HIDROGEOLOGICO DELTA DEL RIO BALSAS MICHOACAN
BANCOS FISIOGRAFICOS DEL DELTA	
TRABAJO PROFESIONAL	
JESUS RAMIREZ RAMOS	
1968	FIGURA NO. 1.2



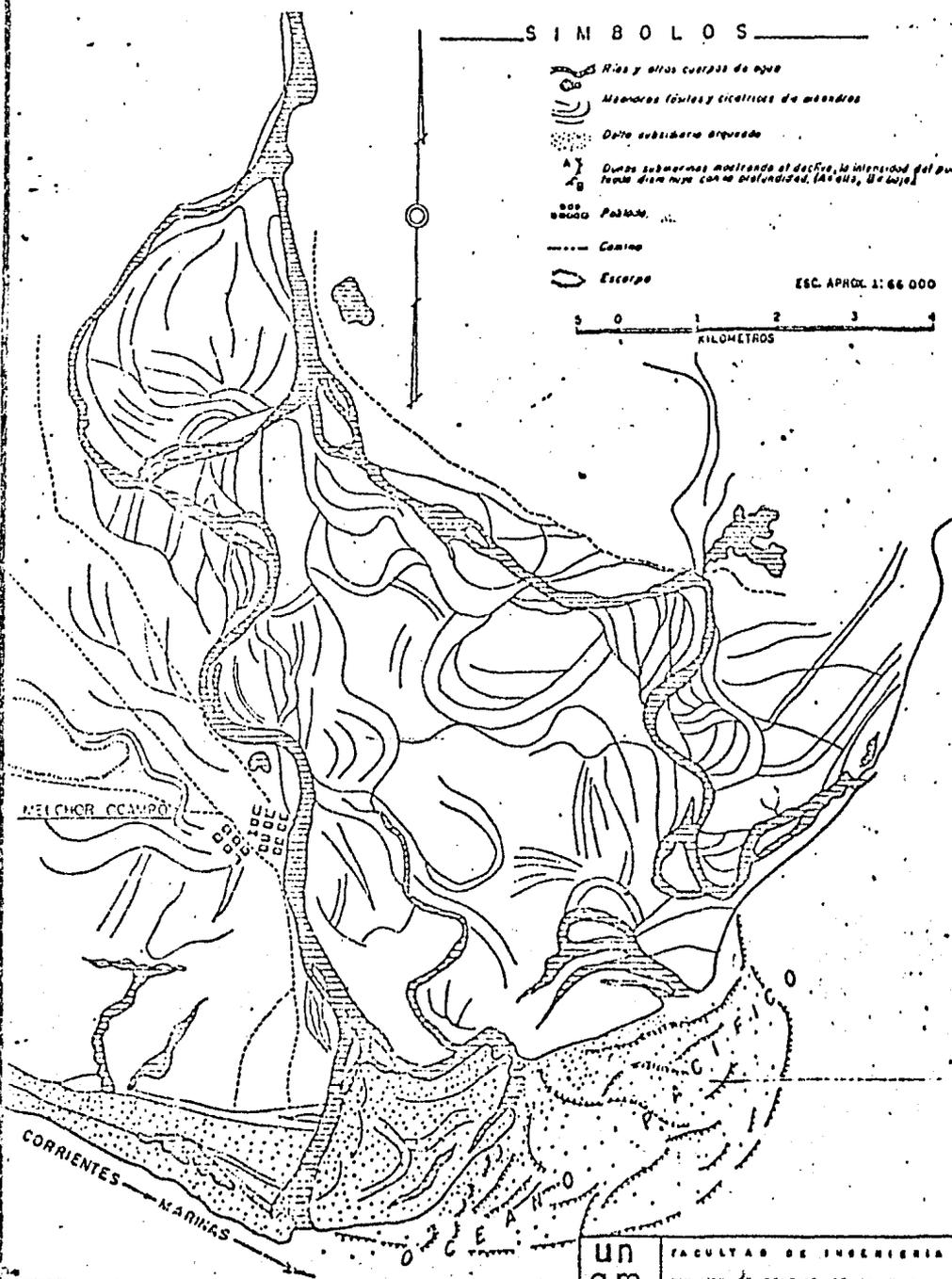
NOTA: TOMADO DE REFERENCIA 35

un am	FACULTAD DE INGENIERIA DIVISION DE CIENCIAS DE LA TIERRA
	ESTUDIO HIDROEOLÓGICO DELTA DEL RIO BALSAS MICHOACÁN
CONFIGURACION DE LA COSTA Y CAMBIOS EN EL PATRON DE LOS CANALES.	
TESIS PROFESIONAL <small>ALABRE DEL ENTRENAMIENTO EN SUFICIENTE PARA OBTENER EL GRADO DE INGENIERO</small>	
1966	FIGURA IV.5.1

S I M B O L O S

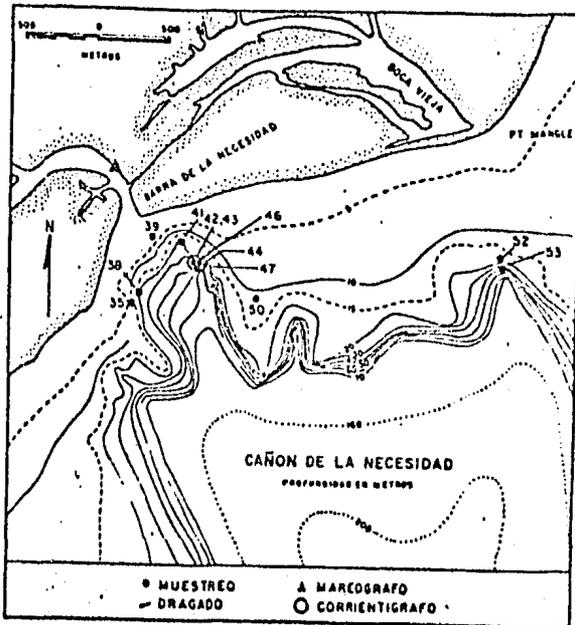
-  Rios y otros cursos de agua
-  Meandros, toriles y cicatrices de meandros
-  Delta subsidiario arqueado
-  Datos submarinos mostrando el declive, la intensidad del punto de diam. nava con su profundidad. (A' alta, B' baja)
-  Camino
-  Escorpe

ESC. APROX. 1:66 000



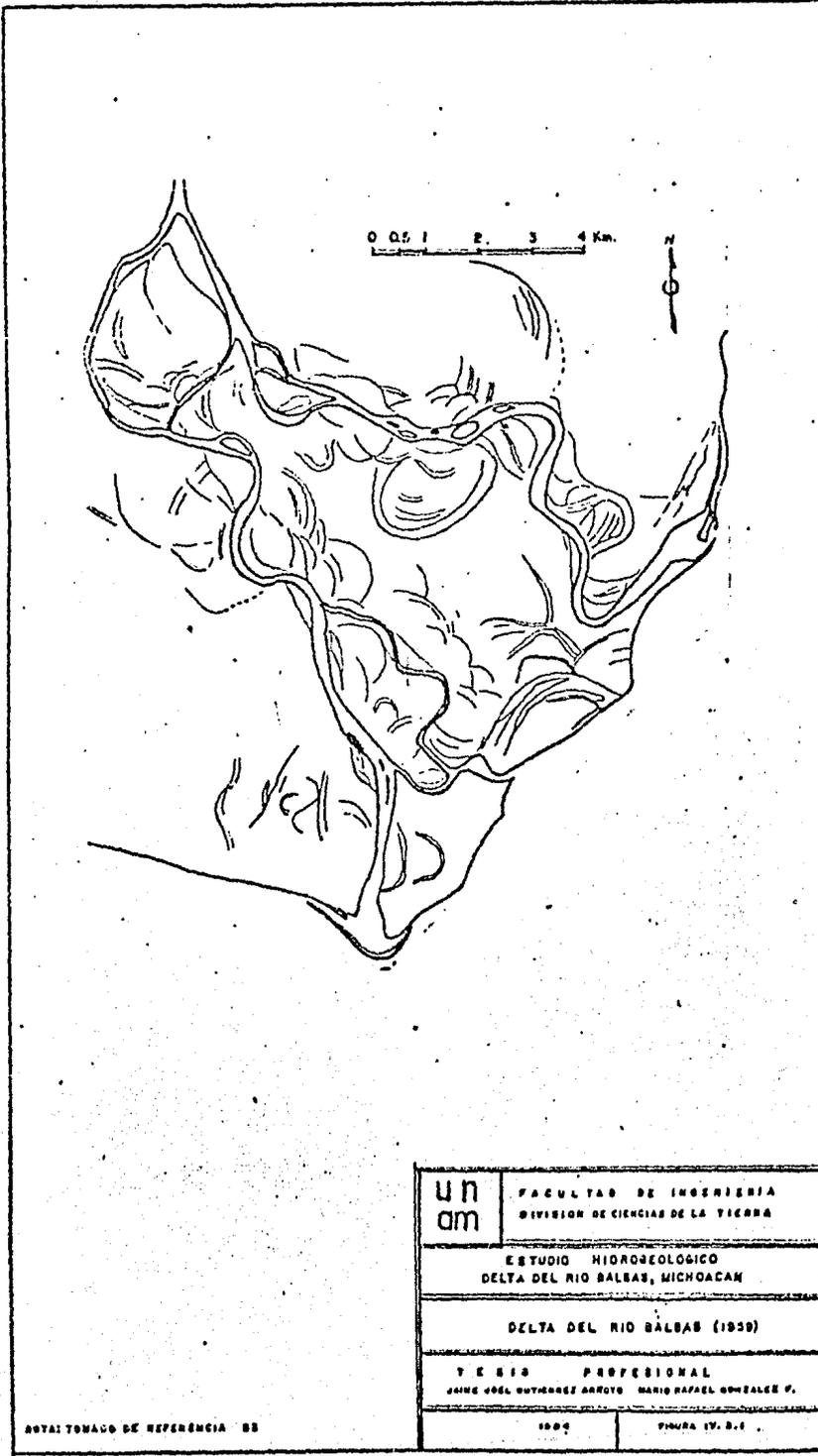
un am	FACULTAD DE INGENIERIA
	DIVISION DE CIENCIAS DE LA TIERRA
ESTUDIO HIDROGEOLOGICO	
DELTA DEL RIO BALSAS, MICHOACAN	
DELTA Y DELTA SUBSIDIARIO	
TESIS PROFESIONAL	
JAMES GUEL, SUAREZ ORLANDO, MARIANO PAREL, BONTALEE FLORES	
1984	FIGURA 122, 9.8

NOTA: TOMADO DE REFERENCIA' 22



NOTA: TOMADO DE REFERENCIA 88

un am	FACULTAD DE INGENIERIA DIVISION DE CIENCIAS DE LA TIERRA
	ESTUDIO HIDROGEOLOGICO DELTA DEL RIO BALSAS MICHOACAN
BATIMETRIA DEL CAÑON DE LA NECESIDAD	
VEGAS PROPRIAS DEL PAIS DEL ENTRENAMIENTO EN RIVERA Y BARRIOS DEL MUNICIPIO DE PLATANILLO	
2000	FIGURA IV.13



0 0.5 1 2 3 4 Km.



un am	FACULTAD DE INGENIERIA DIVISION DE CIENCIAS DE LA TIERRA
	ESTUDIO HIDROGEOLOGICO DELTA DEL RIO BALSAS, MICHOACAN
DELTA DEL RIO BALSAS (1959)	
T E N I O P R O F E S I O N A L JAIME JOEL GUTIERREZ ARROYO MARIO RAFAEL GONZALEZ P.	
1990	PIMURA 19. D. E.

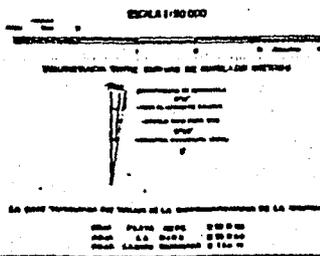
NOTA: TOMADO DE REFERENCIA 83



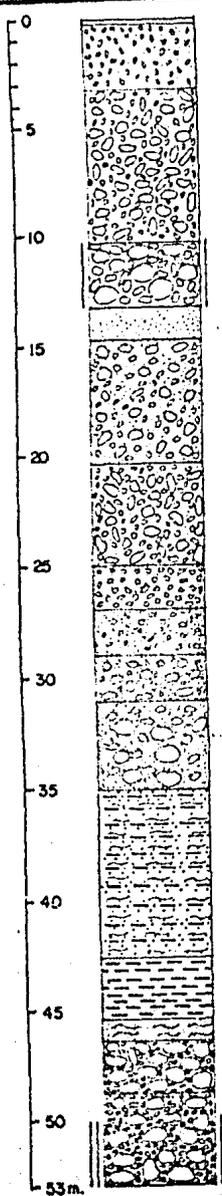
UNIDADES HIDROGEOLOGICAS	
ROCAS IGNEAS	
<p>ROCAS IGNEAS GRANITICAS</p> <p>ROCAS IGNEAS DIABASICAS</p>	<p>ROCAS IGNEAS GRANITICAS: Formaciones graníticas intrusivas de tipo S, de granitoides albiticos, peralbiticos y peralbiticos, con abundancia de cuarzo y biotita.</p> <p>ROCAS IGNEAS DIABASICAS: Formaciones diabasicas intrusivas de tipo S, de granitoides albiticos, peralbiticos y peralbiticos, con abundancia de cuarzo y biotita.</p>
ROCAS METAMORFICAS	
<p>ROCAS METAMORFICAS GRANITICAS</p> <p>ROCAS METAMORFICAS DIABASICAS</p>	<p>ROCAS METAMORFICAS GRANITICAS: Formaciones graníticas metamórficas de tipo S, de granitoides albiticos, peralbiticos y peralbiticos, con abundancia de cuarzo y biotita.</p> <p>ROCAS METAMORFICAS DIABASICAS: Formaciones diabasicas metamórficas de tipo S, de granitoides albiticos, peralbiticos y peralbiticos, con abundancia de cuarzo y biotita.</p>

<p>ROCAS METAMORFICAS GRANITICAS</p> <p>ROCAS METAMORFICAS DIABASICAS</p>	
<p>ROCAS METAMORFICAS GRANITICAS</p> <p>ROCAS METAMORFICAS DIABASICAS</p>	

RAMOS GEOLOGICOS	
<p>CONTACTO DEGRADADO</p> <p>CONTACTO</p> <p>CONTACTO AMONADO</p>	
RAMOS HIDROGEOLOGICOS	
<p>ROCA IMPERMEABLE</p> <p>ROCA SEMI-IMPERMEABLE</p> <p>ROCA FILTRANTE</p> <p>ROCA IMPERMEABLE POR LA LACTACION DE YESO</p> <p>ROCA IMPERMEABLE</p>	



	<p>FACULTAD DE INGENIERIA</p> <p>DIVISION DE CIENCIAS DE LA TIERRA</p>
	<p>ESTUDIO HIDROGEOLOGICO</p> <p>DELTA DEL RIO BALSAS, MICHOACAN</p>
<p>PLANO HIDROGEOLOGICO</p>	
<p>TESIS PROFESIONAL</p> <p>JOSE JOEL SUYEPHES AROYO BRUNO RAFAEL SUAYALES FLORES</p>	
<p>MAYO, 1984</p>	<p>PLANO N.º 41</p>



Limo arenoso café dorado.

Gravitas con arenas

Gravas y gravillas.

Gravas con boleas.

Arena limosa.

Arena con gravillas y gravas.

Gravas y gravillas.

Arena con gravillas.

Arena con gravas y gravillas.

Arena con gravillas.

Arena con gravas y boleas.

Arena fina limo-arcillosa.

Arcilla muy consistente.

Limo arenoso duro.

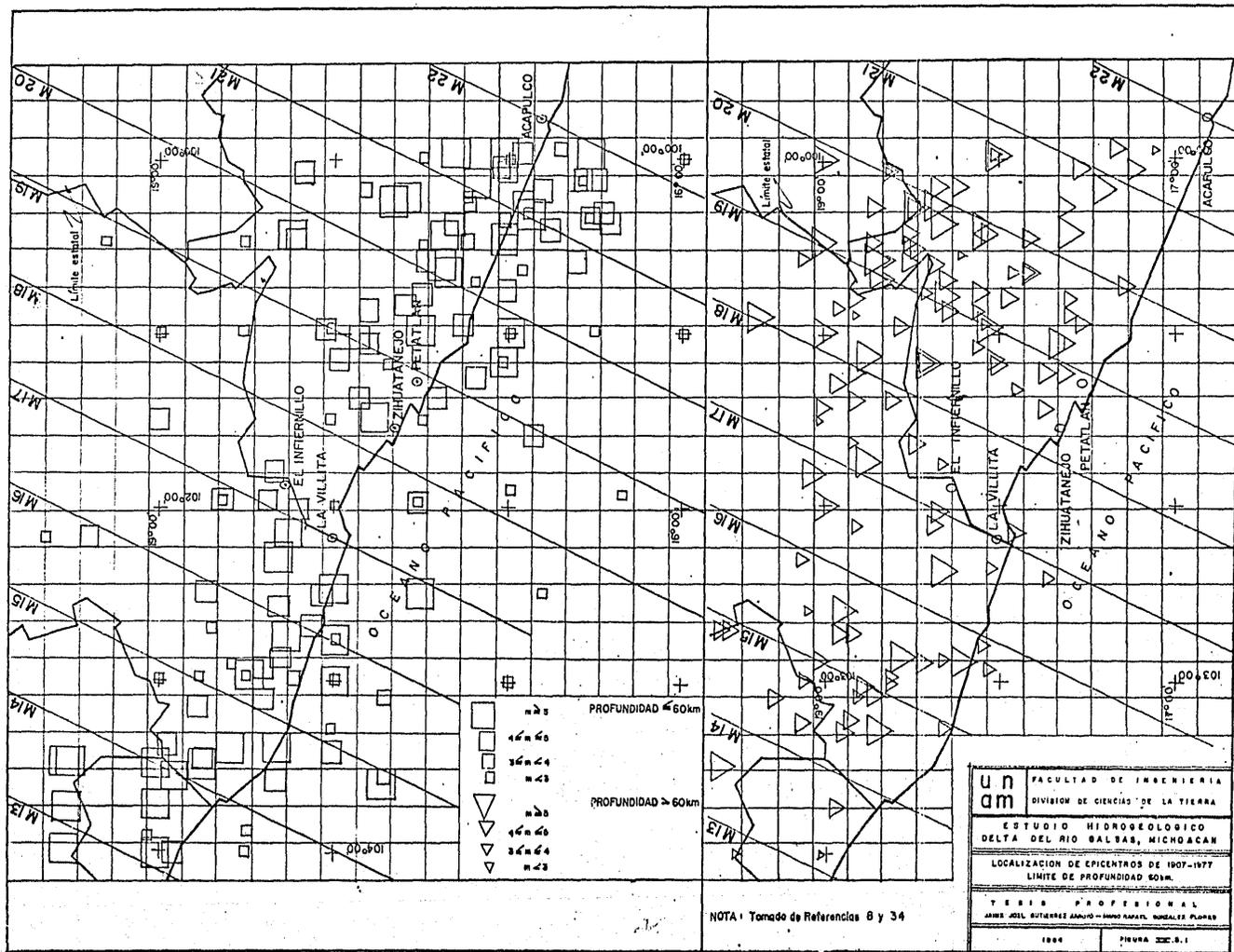
Boleas y gravas.

Gravas y boleas con poco limo.

perdida parcial.

perdida total.

un am	FACULTAD DE INGENIERIA DIVISION DE CIENCIAS DE LA TIERRA
	ESTUDIO HIDROGEOLOGICO DELTA DEL RIO BALSAS MICHOACAN
CORTE ESTRATIGRAFICO DE UN POZO EXPLORATORIO	
T E S I S P R O F E S I O N A L JAME JOEL BUTRIFPEZ ARROYO-MARIO RAFAEL BONEALEZ FLORES	
1984	FIGURA IV.4.2

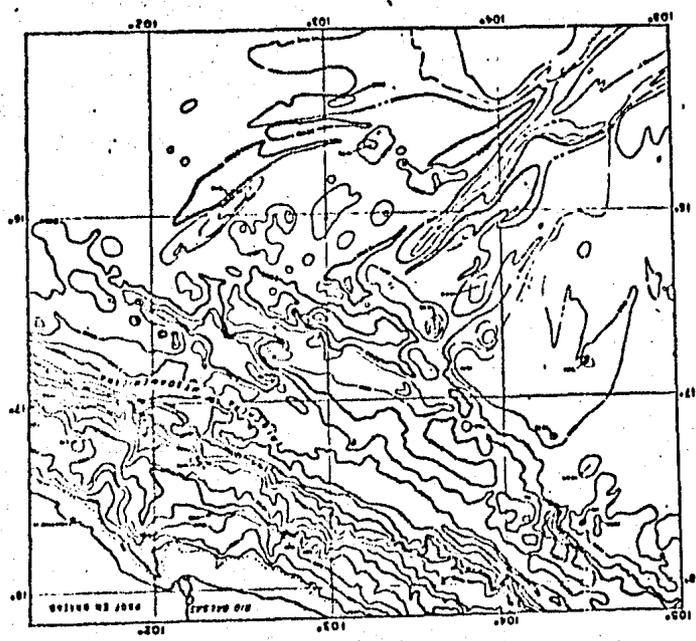


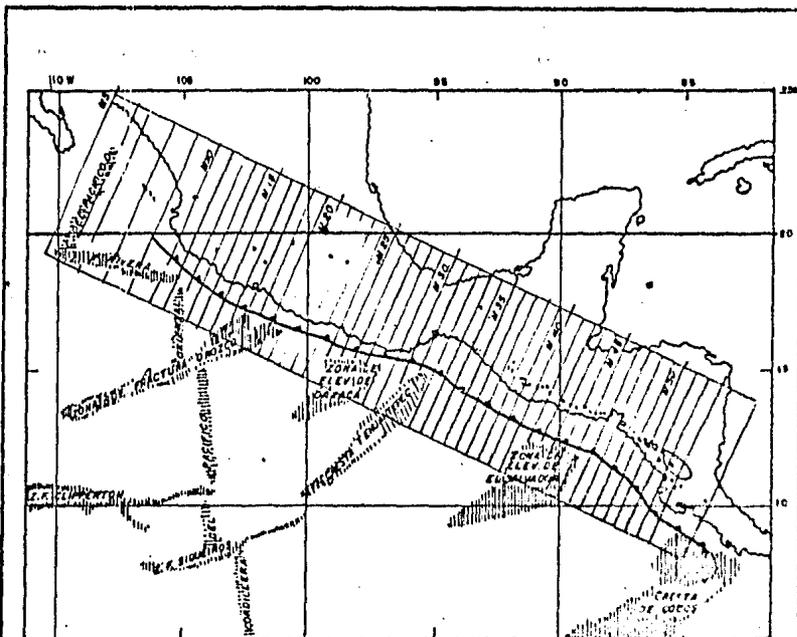
NOTA: Tomado de Referencias 8 y 34

un am	FACULTAD DE INGENIERIA
	DIVISION DE CIENCIAS DE LA TIERRA
ESTUDIO HIDROGEOLOGICO	
DELTA DEL RIO BALSAS, MICHOACAN	
LOCALIZACION DE EPICENTROS DE 1907-1977	
LIMITE DE PROFUNDIDAD 60km.	
T E R C E R O P R O F E S I O N A L	
JESUS BUSTOS AMARAL - INGENIERO QUIMICO, ESPECIALIST EN PLUMAS	
1984	PIURA III.C.1

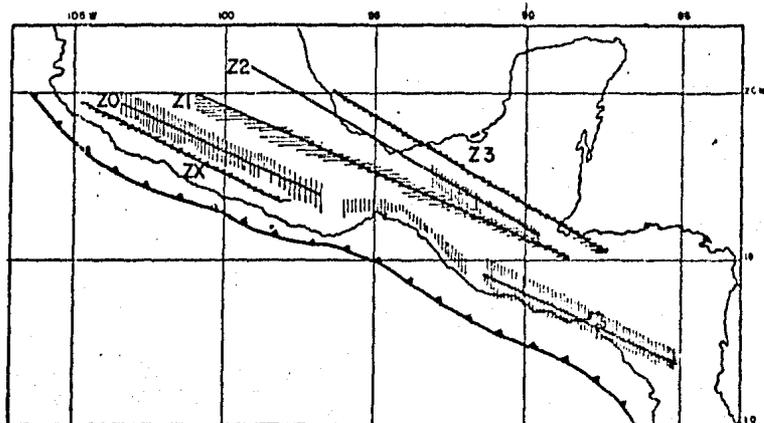
INSTITUTO NACIONAL DE INVESTIGACIONES CIENTÍFICAS Y TECNOLÓGICAS
 DEPARTAMENTO DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA
 INSTITUTO DE INVESTIGACIONES CIENTÍFICAS Y TECNOLÓGICAS
 DEPARTAMENTO DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA
 INSTITUTO DE INVESTIGACIONES CIENTÍFICAS Y TECNOLÓGICAS
 DEPARTAMENTO DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA

NOTAS TOMADAS DE OBSERVACIONES EN
 EL ESTUDIO DEL RÍO SAN JUAN EN SU DELTA





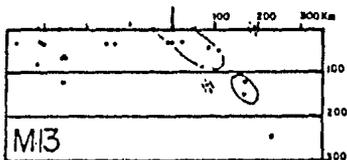
Principales Elementos Estructurales y Esquema de Zonas, para el Estudio de la Zona de Wedell-Benliff en la Trinchera Mesomericana.



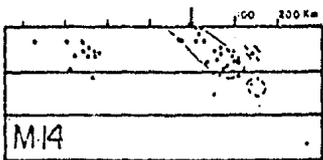
Posición de las Zonas de Fracturas, Inducidas por la Subducción de la Placa de Cocos

NOTA: Tomado de Referencia 34

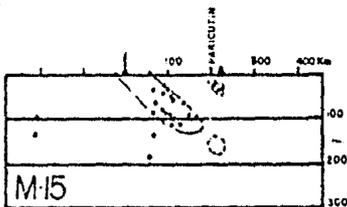
un am	FACULTAD DE INGENIERIA DIVISION DE CIENCIAS DE LA TIERRA
	ESTUDIO HIDROGEOLOGICO DELTA DEL RIO BALSAS, MICHOACAN
PRINCIPALES ELEMENTOS ESTRUCTURALES DE LAS PLACAS CONTINENTAL Y OCEANICA, EN MESOMERICA	
TESIS PROFESIONAL JUAN JOSE BUTIÑEZ ANDOYO - MARIO RAFAEL GONZALEZ PLOMER	
1984	FIGURA 22.8.9



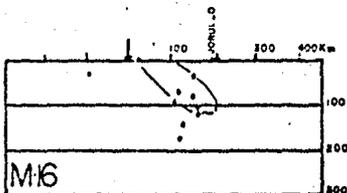
Sección Vertical M13, zona de fractura Z0 marcada por un trazado NW-SE, los focos de la parte izquierda pertenecen a la Cordillera del Pacífico Oriental.



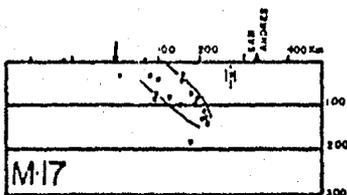
Sección Vertical M14, los focos de la parte izquierda pertenecen a la Cordillera del Pacífico Oriental.



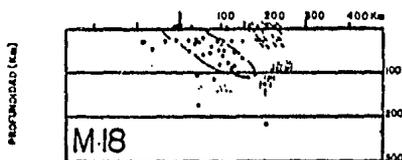
Sección Vertical M15, los focos de la parte izquierda pertenecen a la Cordillera del Pacífico Oriental.



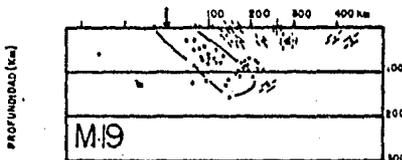
Sección Vertical M16



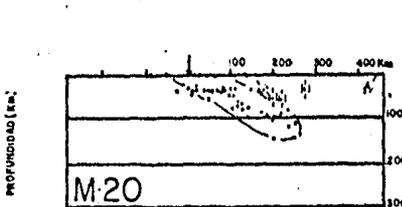
Sección Vertical M17, zona de fractura Z1 marcada por un trazado vertical.



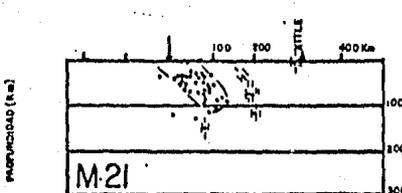
Sección Vertical M18



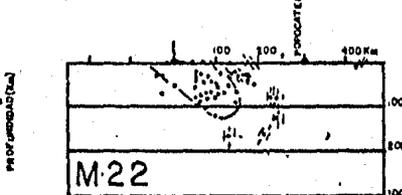
Sección Vertical M19, zona de fractura Z2 marcada por un trazado NE-SW.



Sección Vertical M20



Sección Vertical M21



Sección Vertical M22

NOTA: Tomada de Referencia 36

FIGURA IX.6.4 SECCIONES TRANSVERSALES. ZONA DE WADATI-BENIOFF.

CAPITULO V
HIDROLOGIA SUPERFICIAL

V.1 INTRODUCCION

EL OBJETO DEL PRESENTE CAPÍTULO ES EL DE ANALIZAR LA OCURRENCIA, CIRCULACIÓN Y DISTRIBUCIÓN DE LAS AGUAS SUPERFICIALES DEL ÁREA EN ESTUDIO Y DETERMINAR LA RELACION EXISTENTE ENTRE ESTA Y LA DE ORIGEN SUBTERRÁNEO.

DE LOS 800 KILOMETROS CUADRADOS QUE CONFORMAN EL ÁREA DE ESTUDIO, SOLO LA CUARTA PARTE PERTENECE PROPIAMENTE AL DELTA DEL RÍO BALSAS Y LOS SEISCIENTOS KILOMETROS RESTANTES SE DISTRIBUYEN ENTRE LAS PEQUEÑAS CUENCAS SECUNDARIAS QUE DESCARGAN DIRECTAMENTE AL MAR, COMO PUEDE OBSERVARSE EN LA FIG. V.1.1 EN ESTA CAPÍTULO SOLO SE ANALIZARÁ LA PORCIÓN DELTAICA DEL RÍO BALSAS.

V.2 CARACTERISTICAS GENERALES DEL RIO BALSAS

EL RÍO BALSAS ES EL MÁS IMPORTANTE DE LOS RÍOS MEXICANOS QUE DESCARGAN SUS AGUAS EN EL PACÍFICO; TIENE UNA CUENCA DE 111 122,6 KILOMETROS CUADRADOS, Y SE UBICA ENTRE LOS PARALELOS 17°00' Y 20°00' DE LATITUD NORTE Y LOS MERIDIANOS 97°27' Y 103°15' DE LONGITUD OESTE, ABRACANDO PARTE DE LOS ESTADOS DE PUEBLA, TLAXCALA, MORELOS, MÉXICO, JALISCO, GUERRERO Y MICHOACÁN (PLANO -- V.2.1). DE ACUERDO CON LA REGIONALIZACIÓN HIDROLÓGICA DEL PAÍS PROPUESTA POR LA SECRETARÍA DE AGRICULTURA Y RECURSOS HIDRÁULICOS, LA CUENCA DEL RÍO BALSAS SE SITUA DENTRO DE LA REGIÓN NO. 18 (FIG.V.2.2).

EL RÍO BALSAS ENTRA A LA ZONA MOTIVO DEL ESTUDIO CON RUMBO GENERAL -- NNE, MISMO QUE CONSERVA HASTA LLEGAR A LA PRESA JOSÉ MA. MORELOS (LA VILLITA), A LA SALIDAD DE LA CUAL SE BIFURCA DANDO LUGAR AL DELTA DEL RÍO PROPIAMENTE DICHO. EL ÚNICO AFLUENTE DE IMPORTANCIA ANTES DE SU DESEMBOCADURA, LO CONSTITUYE EL ARROYO EL BARCO QUE CONFLUYE POR SU MARGEN DERECHA CINCO KILÓMETROS AGUAS -- ABAJO DE LA CORTINA. ACTUALMENTE SE TRABAJA EN LA RECTIFICACIÓN DEL RÍO (FIG. V.2.3), A FIN DE EVITAR INUNDACIONES.

EL ÁREA DE LA CUENCA DEL RÍO BALSAS HASTA LA PRESA LA VILLITA ES DE 110920,3 KILOMETROS CUADRADOS Y, ENTRE ESTA PRESA Y EL MAR 202,2 KILOMETROS -- CUADRADOS. ESTA PORCIÓN DE LA CUENCA NO CUENTA CON ESTACIÓN DE AFORO Y SOLO SE SABE DE LOS CAUDALES ESCURRIDOS DESPUÉS DEL EMBALSE, POR LOS VOLÚMENES TURBINADOS, ES DECIR, POR EL FUNCIONAMIENTO AL QUE ES SOMETIDA LA PRESA LA VILLITA EN LA GENERACIÓN DEL FLUIDO ELÉCTRICO.

ESTO RESULTA IMPORTANTE, YA QUE LA PRINCIPAL FUENTE DE RECARGA DE -- LOS ACUÍFEROS ALUVIALES COSTEROS DE LA ZONA, SIN LUGAR A DUDAS, LA CONSTITUYE LAS APORTACIONES DEL CURSO DE AGUA SUPERFICIAL, LOS VOLÚMENES TURBINADOS QUE --

ESCAPAN DIRECTAMENTE AL MAR, ESTAN EN FUNCIÓN DE LA CAPACIDAD INSTALADA DE LA PRESA. EL GASTO MÁXIMO DE DISEÑO ES DE 768 METROS CÚBICOS POR SEGUNDO, QUE OCURRE CUANDO SE ENCUENTRAN OPERANDO LAS CUATRO TURBINAS EXISTENTES, MIENTRAS QUE EL MÍNIMO OCURRE CUANDO SOLO UNA ESTA TRABAJANDO CON UN CAUDAL DE 192 METROS CÚBICOS POR SEGUNDO. EN LA TEMPORADA NORMAL DE LLUVIAS, O AFECTADA POR INFLUENCIAS CICLONICAS, LA PRESA OCASIONALMENTE LLEGA A VERTER EL AGUA EXCEDENTE, POR LO QUE EN ESTE CASO EL CAUDAL ESCURRIDO PUEDE ASCENDER A 13900 METROS CÚBICOS POR SEGUNDO, QUE ES LA CAPACIDAD MAXIMA DEL VERTEDOR. EL GASTO MÁXIMO DERRAMADO REALMENTE POR LA PRESA LA VILLITA, FUÉ DE 7000 METROS CÚBICOS POR SEGUNDO Y OCURRIÓ EN OCTUBRE DE 1976; SIN EMBARGO EN LOS DEMÁS AÑOS LOS VOLÚMENES DERRAMADOS HAN SIDO MÍNIMOS A EXCEPCIÓN DE 1977 EN DONDE EL VOLÚMEN ANUAL VERTIDO ALCANZÓ LOS 2813,5 MILLONES DE METROS CÚBICOS. EN LA TABLA V.2.1 SE MUESTRA EL PROMEDIO MENSUAL DE LOS GASTOS TURBINADOS Y DE VERTEDOR PARA EL PERIODO 1977 - 1979,

T A B L A V.2.1
 DATOS HIDROLOGICOS Y DE GENERACION DEL RIO
 BALSAS, REGULADO POR LA PRESA LA VILLITA.
 (1977 - 1979) M³

M E S	APORTACION	VOLUMEN UTILIZADO PARA GENERACION, M ³	VOLUMEN EXCEDENTE
ENERO	917,19	929,10	0,00
FEBRERO	753,40	749,03	0,00
MARZO	828,68	744,86	73,03
ABRIL	938,37	928,46	11,73
MAYO	1 248,13	1 081,00	140,86
JUNIO	1 294,05	965,43	297,70
JULIO	1 372,10	1 089,66	312,23
AGOSTO	1 079,47	993,23	70,86
SEPTIEMBRE	1 237,00	1 225,65	9,25
OCTUBRE	1 498,40	1 447,26	53,35
NOVIEMBRE	1 103,80	1 066,85	0,00
DICIEMBRE	779,75	785,20	0,00
ANUAL	13 050,34	12 005,73	869,00
MEDIA	1 087,53	1 000,58	80,75

DATOS EXTREMOS EN MILLONES DE METROS CUBICOS

	MAXIMOS	FECHA	MINIMOS	FECHA
APORTACION	259,0	13-III-79	0,00	15,17,18,20-III-77
GENERACION	72,1	14-III-77	0,00	15-III-77
DEMASIAS	50,5	26-VII-77	0,00	LA MAYOR PARTE DEL AÑO.

V.3 REGULACION ACTUAL

EL RÍO BALSAS DEBIDO A SU GRAN CAUDAL HA SIDO APROVECHADO CON FINES DE RIEGO Y DE GENERACIÓN DE ENERGÍA ELÉCTRICA PRINCIPALMENTE, POR MEDIO DE UNA GRAN CANTIDAD DE PRESAS DISEMINADAS A LOS LARGO DE SU TRAYECTORIA (REF. 49)

LA C.F.E INICIÓ EN 1960 LA CONSTRUCCIÓN DEL PROYECTO HIDROELÉCTRICO EL INFIERNILLO SOBRE EL RÍO BALSAS A 67 KILOMETROS AGUAS ARRIBA DE SU DESEMBOCADURA, CAPTANDO UNA REA DE CUENCA DE 109443,5 KILOMETROS CUADRADOS Y UNA CAPACIDAD TOTAL DE 12000 MILLONES DE METROS CÚBICOS, A FIN DE ALIMENTAR UNA PLANTA DE GENERACIÓN CON POTENCIA INSTALADA DE 920 MEGAWATTS.

LA PRESA ES DE ENROCAMIENTO, CON NUCLEO CENTRAL DE ARCILLA COMPACTADA Y UNA ALTURA MÁXIMA 145 METROS SOBRE LA ROCA DE CIMENTACIÓN, EN LA MARGEN IZQUIERDA SE ENCUENTRAN TRES TÚNELES VERTEDORES DE 13 METROS DE DIÁMETRO REVESTIDOS DE CONCRETO, CON CAPACIDAD TOTAL DE 13400 METROS CÚBICOS POR SEGUNDO Y TRES OBRAS DE TOMA QUE ALIMENTAN SEIS TURBINAS FRANCIS QUE OPERAN CON UNA CARGA DE DISEÑO DE 100 METROS Y UN GASTO TURBINADO DE 94 METROS CÚBICOS POR SEGUNDO.

CONTINUANDO 49 KILOMETROS AGUAS ABAJO SOBRE EL MISMO RÍO Y A 18 KILOMETROS DE SU DESEMBOCADURA, SE LOCALIZA EL SITIO DONDE LA SAPH CONSTRUYO DE 1954 A 1968 LA PRESA JOSÉ MA. MORELOS (LA VILLITA), LA QUE ABARCA UN ÁREA DE CUENCA DE 110920,3 KILOMETROS CUADRADOS, CON UNA CAPACIDAD TOTAL DE ALMACENAMIENTO DE 710 MILLONES DE METROS CÚBICOS, APROVECHABLES EN LA GENERACIÓN DE ENERGÍA ELÉCTRICA (304 MW), RIEGO DE 18000 HECTÁREAS Y CONTROL DE AVENIDAS.

LA PRESA ES DE ENROCAMIENTO, DE 60 METROS DE ALTURA, CON SU EJE LIGERAMENTE CURVO HACIA AGUAS ABAJO Y NUCLEO CENTRAL DE ARCILLA COMPACTADA, PROVISTO DE UNA PANTALLA DE CONCRETO DE 60 CENTÍMETROS DE ESPESOR Y 74 METROS DE PROFUNDIDAD, CONTADOS A PARTIR DEL LECHO DEL RÍO EL VERTEDOR DE EXCEDENCIAS SE ALOJA EN UN PUERTO DE LA MARGEN DERECHA Y CONSISTE EN UNA CRESTA LIBRE CON SIETE COMPUERTAS RADIALES Y CAPACIDAD MÁXIMA DE DESCARGA DE 13900 METROS CÚBICOS POR SEGUNDO, CORRESPONDIENTES A LA AVENIDA DE DISEÑO, EN AMBAS MARGENES SE TIENE UNA OBRA DE TOMA PARA RIEGO CON UN GASTO MÁXIMO DE DISEÑO DE 15 METROS CÚBICOS POR SEGUNDO CADA UNA.

PARA GENERACIÓN DE ENERGÍA ELÉCTRICA SE APROVECHAN LOS DOS TÚNELES DE DESVIO EXCAVADOS EN LA MARGEN DERECHA, ALIMENTANDO CUATRO TURBINAS FRANCIS QUE OPERAN CON UNA CARGA DE DISEÑO DE 44 METROS Y UN GASTO DE 192 METROS CÚBICOS POR SEGUNDO. ESTE CAUDAL ES EL QUE ESCURRE NORMALMENTE AGUAS ABAJO HASTA SU DESEMBOCADURA EN EL OCEANO PACÍFICO, ESTIMÁNDOSE QUE EL 25% (48 METROS CÚBICOS POR SEGUNDO) DRENAN POR EL RAMAL DERECHO Y EL 75% RESTANTE (144 METROS CÚBICOS POR SEGUNDO) POR EL RAMAL IZQUIERDO.

V.4 VOLÚMENES DE ESCURRIMIENTO.

PARA CALCULAR LOS VOLÚMENES DE ESCURRIMIENTO POR CUENCA PROPIA FUE NECESARIO EMPLEAR EL MÉTODO DE CORRELACIÓN DE CUENCAS AFINES TOMANDO COMO CUENCA DE COMPARACIÓN LA DEL RÍO LA UNIÓN, PARA UN PERÍODO COMÚN DE OBSERVACIÓN DE 16 AÑOS. PARA ELLO FUE NECESARIO ANTES CALCULAR DIVERSOS COEFICIENTES MORFOMÉTRICOS A FIN DE PODER DECIDIR SI LAS CARACTERÍSTICAS DE LAS CUENCAS ERAN SIMILARES Y POR ENDE PODER CONFIAR EN LA CORRELACIÓN.

DICHOS COEFICIENTES SON: EL ÍNDICE DE COMPACIDAD DE GRAVELIUS Y EL FACTOR DE FORMA QUE DETERMINAN LA FORMA DE LA CUENCA, LA RELACIÓN DE BIFURCACIÓN, PENDIENTE MEDIA DEL RÍO, COEFICIENTE DE SINUOSIDAD DEL RÍO, ALTURA MEDIA DE LA CUENCA, COEFICIENTE DE MASIVIDAD, COEFICIENTE OROGRÁFICO Y COEFICIENTE DE DENSIDAD HIDROGRÁFICA. EN LA TABLA V.4.1, SE PRESENTAN LOS RESULTADOS OBTENIDOS DEL ANÁLISIS DE DONDE PUEDE DESPRENDERSE QUE LOS VALORES OBTENIDOS PARA AMBOS CASOS SON SIMILARES. A EXCEPCIÓN DE QUE LA CUENCA DEL RÍO LA UNIÓN ES CINCO VECES MÁS GRANDE, SIN EMBARGO ES FACTIBLE EL EMPLEO DEL MÉTODO DE CORRELACIÓN DE CUENCAS (REF. 6).

ESTE MÉTODO CONSISTE EN CORRELACIONAR LOS ESCURRIMIENTOS UNITARIOS DE LA CUENCA DEL RÍO LA UNIÓN, POR KIÓMETRO CUADRADO, CON LAS PRECIPITACIONES ANUALES OBSERVADAS EN LA ESTACIÓN CLIMATOLÓGICA LA UNIÓN, PARA UN PERÍODO COMÚN DE OBSERVACIÓN DE 16 AÑOS Y COMPARARLOS CON LAS PRECIPITACIONES OBSERVADAS EN LA ESTACIÓN MELCHOR OCAMPO A FIN DE DETERMINAR EL ESCURRIMIENTO EN LA CUENCA DEL RÍO BALSAS.

CON LOS DATOS DEL RÍO LA UNIÓN SE CONSTRUYE UNA CURVA QUE ES AJUSTADA POR EL MÉTODO DE MÍNIMOS CUADRADOS CON LOS VALORES DE PRECIPITACIÓN DEL RÍO BALSAS; CON LA QUE SE OBTIENEN LOS ESCURRIMIENTOS UNITARIOS ANUALES DE LA PORCIÓN DELTAICA DEL RÍO BALSAS, QUE AL MULTIPLICARLO POR SU ÁREA TOTAL SE DETERMINA EL ESCURRIMIENTO (GRÁFICA V.4.1).

ASÍ SE OBTUVIERON VALORES DE ESCURRIMIENTO MÍNIMO DE 32.3 MILLONES DE METROS CÚBICOS AÑO Y MÁXIMOS DE 178 MILLONES DE METROS CÚBICOS AÑO, VOLÚMENES QUE REPRESENTAN LOS ESCURRIMIENTOS VERTIDOS AL MAR SIN CONTROL POR PARTE DE LA PRESA LA VILLITA. ESTOS VOLÚMENES RESULTAN INSIGNIFICANTES COMPARADOS CON LOS VOLÚMENES MÍNIMOS TURBINADOS POR LA PRESA QUE ALCANZAN VALORES ANUALES CERCANOS A LOS 6000 MILLONES DE METROS CÚBICOS.

V.5 ANÁLISIS DE LA CUNA SALINA ESTÁTICA;

LA CREACIÓN DEL DISTRITO INDUSTRIAL MARÍTIMO LAZARO CÁRDENAS, MICH.,

A PLANTEADO, ENTRE OTROS, EL PROBLEMA DEL SUMINISTRO DE AGUA. COMO SE EXPLICÓ EN EL CAPITULO II, UNA DE LAS RAZONES DE SU ESTABLECIMIENTO EN LA ZONA DE LA DISPONIBILIDAD DEL RECURSOS HIDRÁULICO QUE COMO SE VIÓ EN LOS INCISOS PRECEDENTES, ES MUY ABUNDANTE.

LA SARH HA PLANTEADO COMO ALTERNATIVA DE SOLUCIÓN LA EXTRACCIÓN DEL AGUA DEL SUBSUELO, MOTIVO PRINCIPAL DEL PRESENTE ESTUDIO, MEDIANTE POZOS Y LA DERIVACIÓN DIRECTA DE HASTA 12 METROS CÚBICOS POR SEGUNDO DE LAS AGUAS SUPERFICIALES QUE ESCURREN AGUAS ABAJO DE LA PRESA LA VILLITA DESPUÉS DE HABER GENERADO ENERGÍA ELÉCTRICA (REF, 5).

PARA ESTO ÚLTIMO SE HA CONTEMPLADO LA CONSTRUCCIÓN DE UN OBRA DE TOMA SOBRE EL BRAZO IZQUIERDO DEL RÍO Y EN CASO DE QUE UNA EMERGENCIA TUVIERA QUE PARAR LA PLANTA DE BOMBEO DE ESTA DERIVACIÓN O QUE LOS DESFOQUES DE LA PRESA SEAN INSUFICIENTES SE HA PREVISTO UNA OBRA AUXILIAR QUE TOQUE EL AGUA EN EL CANAL PRINCIPAL MARGEN DERECHA DEL DISTRITO DE RIEGO No. 108 "JOSÉ MA, MORELOS".

EL SITIO DE LOCALIZACIÓN DE LA OBRA DE DERIVACIÓN SOBRE LA MARGEN IZQUIERDA DEL RÍO DEBERÁ CONSIDERAR ENTRE OTROS, LOS SIGUIENTES ASPECTOS CERCANÍA AL DISTRITO INDUSTRIAL, UBICADO EN UN PUNTO DONDE LOS EFECTOS DE SEDIMENTACIÓN Y EROSIÓN SEAN MÍNIMOS Y DONDE QUEDE FUERA LA ZONA DE INFLUENCIA DE LA CUYA SALINA,

ESTE ÚLTIMO PUNTO SERÁ ANALIZADO AQUÍ SOLO HACIENDOSE REFERENCIA A LA LONGITUD QUE ALCANZARÍA LA CUYA SALINA SOBRE EL LECHO DEL RÍO EN CONDICIONES ESTÁTICAS, TOMANDO COMO BASE LOS ESTUDIOS REALIZADOS EN LA SARH Y POR LA COMPAÑÍA CONTRATISTA CONSULTORES, S, A, (REF, 13),

PARA UN CIERTO GASTO EN LA DESCARGA DE UN RÍO Y UN NIVEL DE MAREAS, LA CUYA SALINA PRODUCIDA POR UN PROCESO DE CONVECCIÓN Y DIFUSIÓN LAS DOS MASAS DE AGUA (DULCE Y SALADA), ALCANZA UNA LONGITUD DE EQUILIBRIO COMO UNA MEDIDA DE LAS CARACTERÍSTICAS TOPOGRÁFICAS DEL LECHO DEL RÍO, LA LONGITUD MÁXIMA QUE ALCANZA LA CUYA SE PRESENTA CUANDO EL RÍO NO DESCARGA UNA SOLA GOTA AL MAR Y SE PRESENTAN CONDICIONES DE PLEAMAR MÁXIMA, EN CONDICIONES NORMALES, EL MOVIMIENTO DE LAS PARTÍCULAS HACIA AGUAS ARRIBA PUEDEN SER DETERMINADAS DE ACUERDO AL ARREGLO MOSTRADO EN LA FIGURA V,5,1,

DE ACUERDO CON LAS TABLAS DE PREDICCIÓN DE MAREAS (REF, 66) PARA EL MAREÓGRAFO INSTALADO EN LAZARO CÁRDENAS, MICH, DESDE NOVIEMBRE DE 1968, LA MAREA EN ESTA PARTE DEL OCEANO PACÍFICO SE HA CLASIFICADO COMO MIXTA SEMIDIURNA DE ACUERDO A LAS CONDICIONES SIGUIENTES:

PLEAMAR MÁXIMA REGISTRADA	0.922 m.
NIVEL DE PLEAMAR MEDIA SUPERIOR	0.257 m.
NIVEL DE PLEAMAR MEDIA	0.201 m.
NIVEL MEDIO DEL MAR	0.000 m.
NIVEL DE MEDIA MAREA	0.011 m.
NIVEL DE BAJAMAR MEDIA	- 0.180 m.
NIVEL DE BAJAMAR MEDIA INFERIOR	- 0.277 m.
BAJAMAR MÍNIMA REGISTRADA	- 0.724 m.

LOS DATOS ANTERIORES FUERON CONSIDERADOS COMO CONDICIONES DE FRONTERA AGUAS ABAJO Y LA VARIACIÓN DE CAUDALES MÍNIMOS Y MÁXIMOS DEL RÍO COMO CONDICIONES DE FRONTERA AGUAS ARRIBA, EN BASE A LAS TABLAS DE OPERACIÓN DE LA PRESA LA VILLITA EN EL PERÍODO 1977 - 1979.

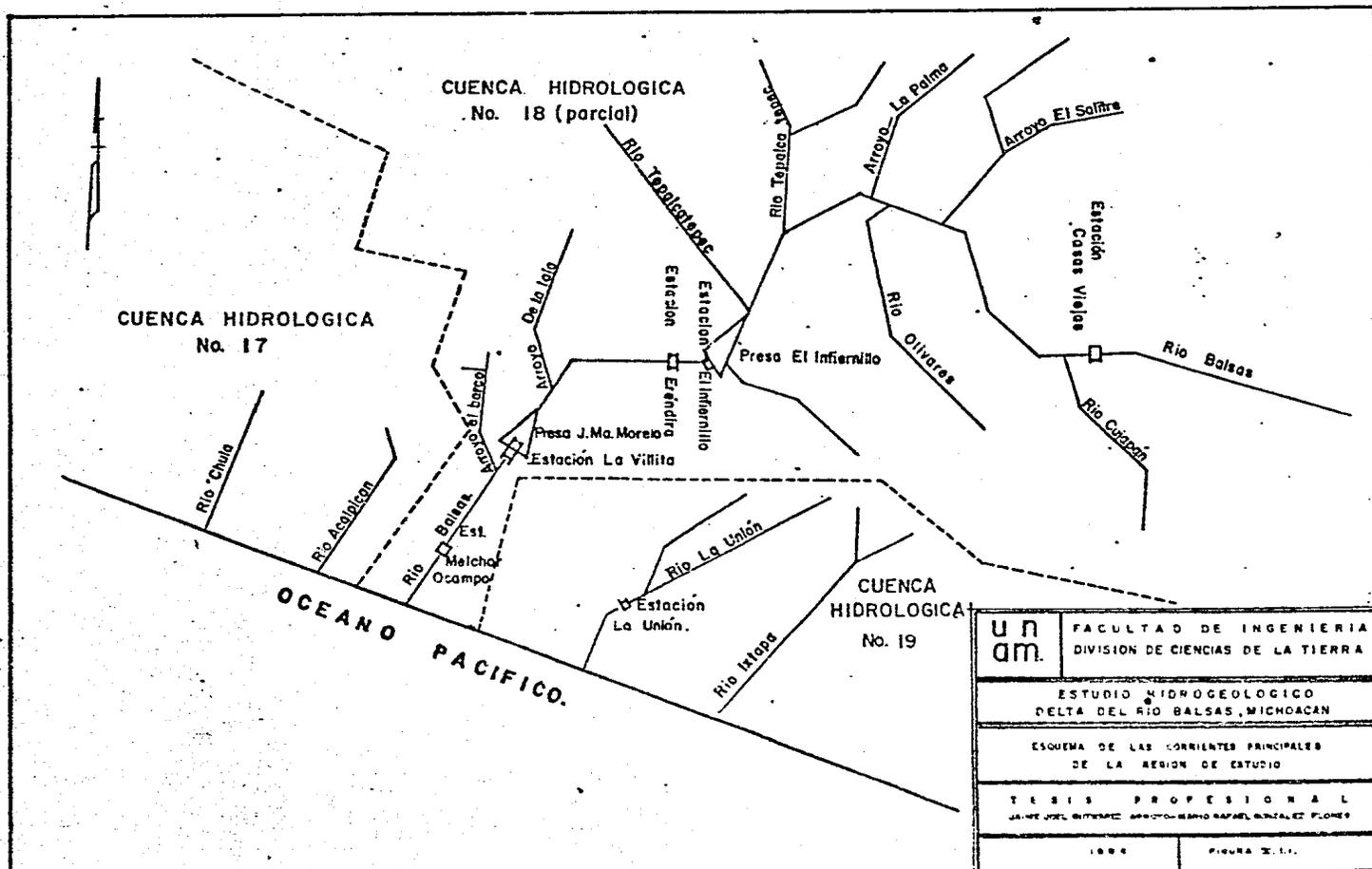
DE LA APLICACIÓN DE UN PROGRAMA DE DIFERENCIAS FINITAS POR LOS MÉTODOS DE HARLEMAN; SHI-IGAY Y SAWAYOTO; Y KEULEGAN (REF. 14).

LA LONGITUD DE LA CUÑA SALINA OBTENIDA POR CADA UNO DE LOS MÉTODOS - RESULTO DE 3624 M., 4033 M., Y 2683 M. RESPECTIVAMENTE. LA LONGITUD MÁXIMA ALCANZADA POR LA CUÑA SALINA EN CONDICIONES DE DESCARGA NULA ES DE 7180 M. (FIG. V.5.2).

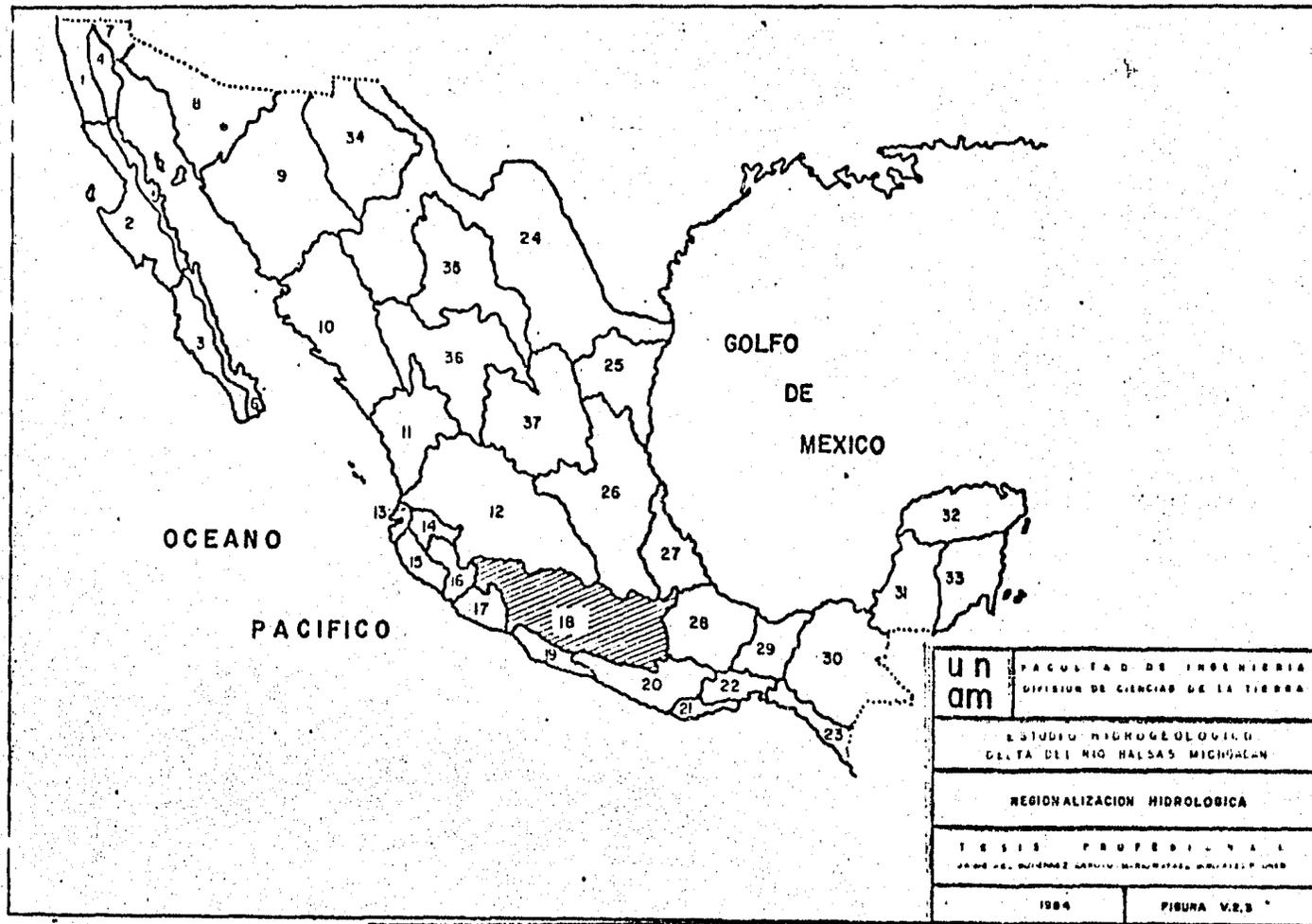
POR LO ANTERIOR PODRÍA PENSARSE EN UBICAR LA OBRA DE TOMA A CINCO KILOMETROS DE LA DESEMBOCADURA CON UNA PROBABILIDAD MENOR AL 2% DE QUE SE PRESENTEN PROBLEMAS DE CUÑA SALINA.

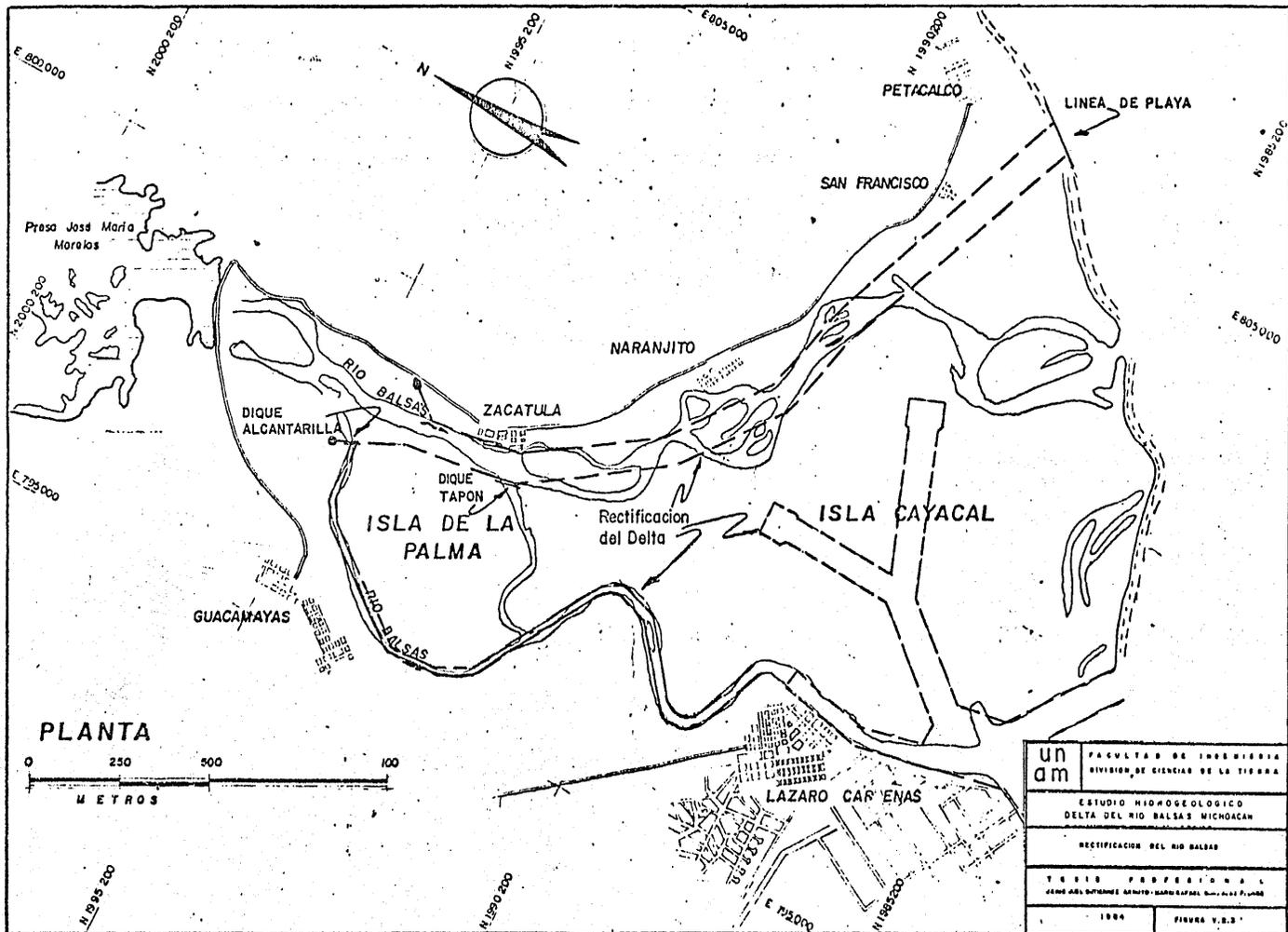
LA SIDERURGICA LÁZARO CÁRDENAS ACTUALMENTE SE ABASTECE DE AGUA DEL RÍO TOMADA DE LA MARGEN DERECHA Y A LA ALTURA DE LA TOMA 4.5 KILOMETROS DE LA DESEMBOCADURA, YA SE ESTABAN SINTIENDO LOS EFECTOS DE LA CONTAMINACIÓN, POR LO QUE TUVO QUE CONSTRUIRSE UN DIQUE PROTECTOR EN ESE SITIO.

HAY QUE COMENTAR QUE LOS RESULTADOS OBTENIDOS NO TOMAN EN CUENTA LA DISTORSIÓN DE LA VELOCIDAD DE FLUJO CAUSADO POR LA CONFIGURACIÓN DEL FONDO DEL CAUCE LA QUE PUEDE SER INFLUENCIADA POR LA FRICCIÓN ENTRE EL FLUJO Y EL FONDO Y ENTRE LA INTERFASE AGUA DULCE - AGUA SALADA. ADEMÁS NO CONSIDERA EL PROCESO CONVECTIVO Y DINÁMICO DEL PROBLEMA. ASÍ AUNQUE LA CUÑA SALINA PUEDE ESTAR ESTÁTICA EN SU PERFIL Y LOCALIZACIÓN, EL AGUA QUE INCIDE EN ELLA ESTA EN CONSTANTE MOVIMIENTO.

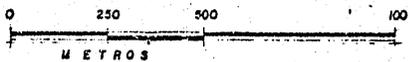


un am.	FACULTAD DE INGENIERIA DIVISION DE CIENCIAS DE LA TIERRA
	ESTUDIO HIDROGEOLOGICO DELTA DEL RIO BALSAS, MICHOACAN
ESQUEMA DE LAS CORRIENTES PRINCIPALES DE LA REGION DE ESTUDIO	
TESIS PROFESIONAL JUAN JOSE GUTIERREZ ARROYO - RAMON RAFAEL BUSTOS FLORES	
1988	FIGURA N. 1.1.





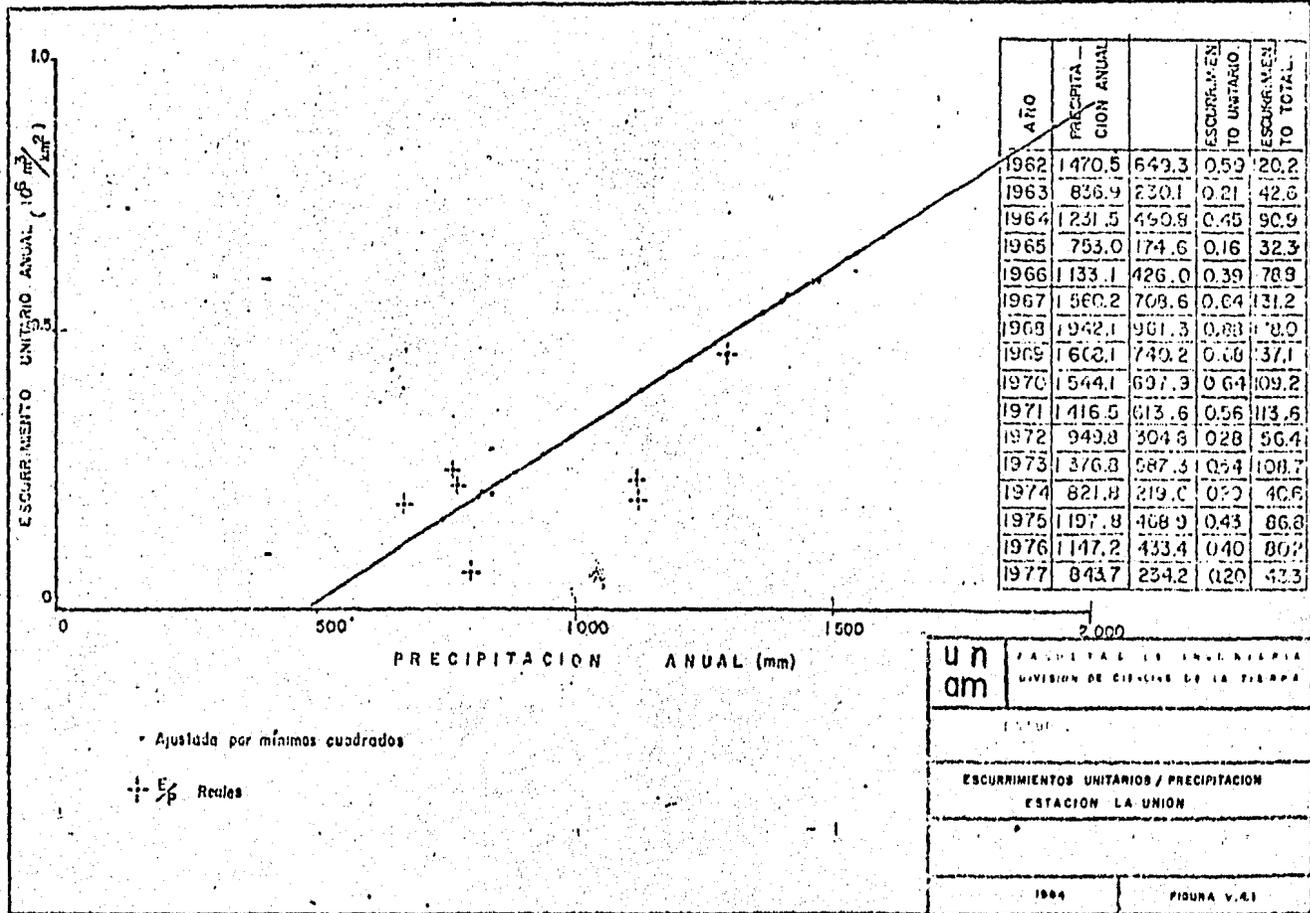
PLANTA



un am	FACULTAD DE INGENIERIA DIVISION DE CIENCIA DE LA TIERRA
	ESTUDIO HIDROGEOLOGICO DELTA DEL RIO BALSAS MICHOACAN
RECTIFICACION DEL RIO BALSAS	
TRABAJO PROFESIONAL DE LOS ALUMNOS: RAFAEL GARCIA GONZALEZ Y ALBERTO PARRA	
1	1999 FIGURA V.2.3

TABLA V. 4, i.
 CARACTERISTICAS MORFOMETRICAS DEL DELTA DEL RIO
 BALSAS Y DEL RIO LA UNION

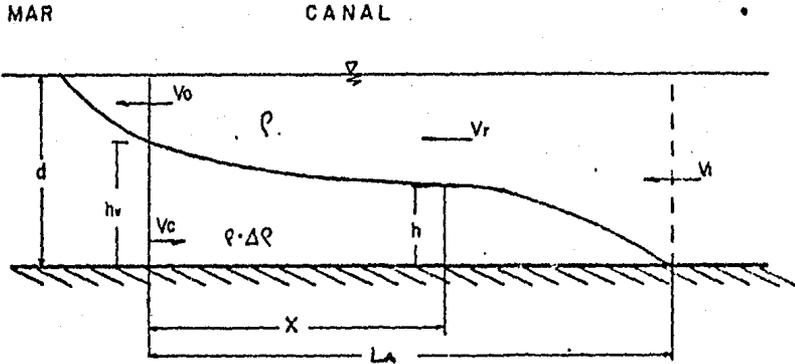
CONCEPTO	SIMBOLO	FORMULA O METODO DE OPERACION	VALORES OBTENIDOS RIO BALSAS LA UNION	
INDICE DE GRAVELIUS	I_c	$I_c = 0.28 P/\bar{A}$	1.7	1.5
FACTOR DE FORMA	F_f	$F_f = A/D_{mx}$	0.4	0.3
PENDIENTE MEDIA	s	GRAFICO	0.006	0.01
RELACION DE BIFURCACION COEF.	R_b	$R_b = N_c/N_c + 1$	2.94	4.37
COEF. DE SINUCOSIDAD	C_s	$C_s = D_{mx}/D$	1.5	1.25
ALTURA MEDIA	h_m	ESTADISTICO	100.0 m	500.00 m
COEF. DE MASIVIDAD	C_m	$C_m = h_m(D_m)/A (km^2)$	0.049	0.046
COEF. CROGRAFICO	C_o	$C_o = h_m^2/A$	49.5	229.15
COEF. DE DENSIDAD HIDROGRAFICA	D_H	$D_H = N_c/A$	0.85	1.82
PERIMETRO DE LA CUENCA	P	GRAFICO	88.00 km	180.00 km
LONG. MAX. DEL CURSO DE AGUA.	L_{mx}	GRAFICO	22.50 km	60.00 km
LONG. DE LA RECTA TRAZADA ENTRE LA CASECERA PRINCIPAL DE LA CORRIENTE Y SU DESEMBOCADURA	D	GRAFICO	15.00 km	48.00 km
NUMERO DE CAUCES DE LA CUENCA	N_c	CUENTEO	172.00	1986.00
PRECIPITACION MEDIA.	P_m	pluviometro	1160.00 mm/a	1115.13 mm/a
AREA DE LA CUENCA	A	GRAFICO	202.00 km	1091.00 km
ANCHURA MEDIA DE LA CUENCA	\bar{A}	GRAFICO	11.00 km	20.00 km



un am	PAQUETAS DE INGENIERIA DIVISION DE CIENCIAS DE LA TIERRA
	ESTACION
ESCURRIMIENTOS UNITARIOS / PRECIPITACION ESTACION LA UNION	
1984	FIGURA V.41

TABLA V.4.2.
 TABLA DE ESCURRIMIENTOS A NIVEL ANUAL
 NO CONTROLADOS POR LA PRESA LA VILLITA
 EN LA PORCION DELTAICA.

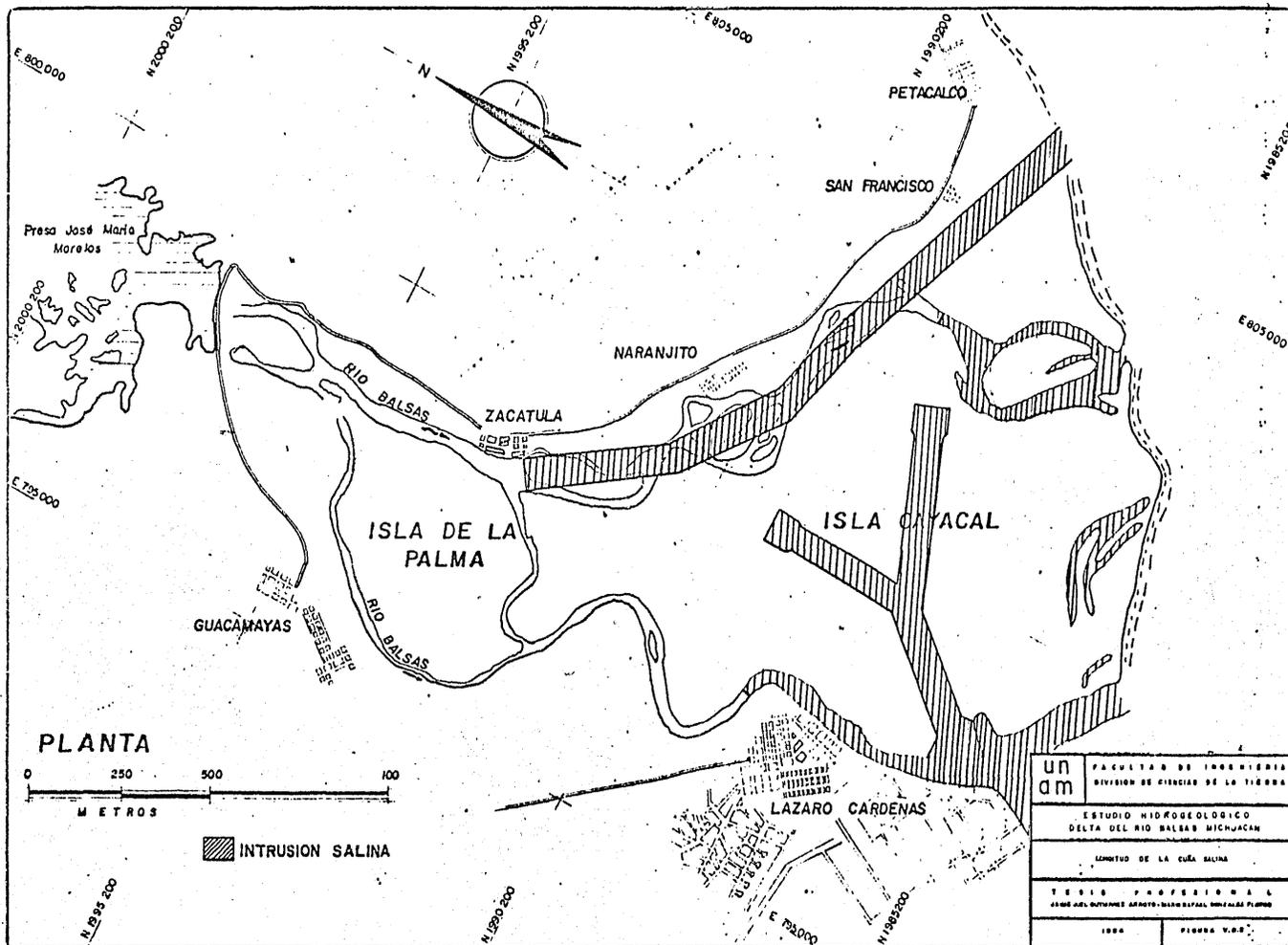
AÑO	ESCURRIMIENTO	AÑO	ESCURRIMIENTO
1962	120.2	1970	129.2
1963	42.6	1971	113.6
1964	90.0	1972	56.44
1965	32.3	1973	108.74
1966	78.88	1974	40.66
1967	131.20	1975	86.80
1968	178.00	1976	80.24
1969	137.10	1977	43.35



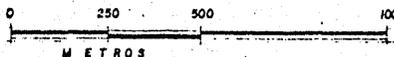
- La = LONGITUD DE LA CUÑA SALINA
- X = VARIACION DE LA LONGITUD EN EL CAUCE
- Vo = VELOCIDAD DE SALIDA DEL AGUA DULCE
- Vi = VELOCIDAD DE ENTRADA
- Vr = VELOCIDAD MEDIA EN EL CAUCE
- Vc = VELOCIDAD DE ENTRADA DEL AGUA SALADA
- ρ = DENSIDAD MEDIA
- Δ = DIFERENCIA ENTRE LAS DENSIDADES DE LA CUÑA Y EL RIO O CANAL
- h = ALTURA MEDIA DE LA CUÑA
- hv = ALTURA DE LA CUÑA EN LA DESEMBOCADURA DEL CAUCE
- d = PROFUNDIDAD MEDIA DEL CAUCE

un am	FACULTAD DE INGENIERIA DIVISION DE CIENCIAS DE LA TIERRA
	ESTUDIO MICROGEOLOGICO DELTA DEL RIO BALSAS, MICHOACAN
CUÑA SALINA DEFINICION Y TIPOLOGIA	
T E S I S P R O F E S I O N A L JAIME JOEL GUTIERREZ RAMOS Y CARLOS RAFAEL DIAZ ALBERTO	
1989	FIGURA II.1

NOTA: TOMADO DE REFERENCIA 13



PLANTA



INTRUSION SALINA

un am	FACULTAD DE INGENIERIA DIVISION DE CIENCIAS DE LA TIERRA
	ESTUDIO HIDROGEOLOGICO DELTA DEL RIO BALSAS MICHUACAN
LONGITUD DE LA CUÑA SALINA	
TITULO PROFESIONAL JESUS DEL CANTOR DEL ARROYO BALSAS DELTA MICHUACAN	
1984	PIEDRA V. G.

CAPITULO VI
HIDROLOGIA SUBTERRANEA

VI.1 INTRODUCCION:

UNA VEZ ESTUDIADO EL MEDIO FÍSICO DONDE TIENEN LUGAR TODOS LOS FENÓMENOS DE FLUJO, ACUMULACIÓN Y TRANSFERENCIA DE LAS AGUAS SUBTERRANEAS Y SU RELACIÓN E INTERDEPENDENCIA CON LOS FENÓMENOS METEOROLÓGICOS E HIDROLÓGICOS-SUPERFICIALES, SE PRETENDE AHORA PRESENTAR LAS CARACTERÍSTICAS INERENTES AL FUNCIONAMIENTO DE LOS ACUÍFEROS, MEDIANTE LA INTERPRETACIÓN DE LOS DATOS OBTENIDOS DE LAS CAPTACIONES EXISTENTES EN EL AREA DE ESTUDIO, PARA LO CUAL -- FUE NECESARIO EFECTUAR UN CENSO DE APROVECHAMIENTOS, LECTURAS PERIODICAS DE SUS NIVELES DE AGUA Y PRUEBAS DE BOMBEO. LOS RESULTADOS OBTENIDOS EN CUANTO A LA DETERMINACIÓN DE LOS PARAMETROS HIDRODINAMICOS Y SU POSIBLE ESQUEMA DE FUNCIONAMIENTO SE MUESTRA A CONTINUACIÓN.

VI. 2. APROVECHAMIENTOS DE AGUA SUBTERRANEA.

NO OBSTANTE LA GRAN DISPONIBILIDAD DE LOS RECURSOS HIDRICOS SUPERFICIALES DEL AREA DE ESTUDIO, EL EMPLEO DE LOS RECURSOS SUBTERRANEOS NO DEJA DE SER ATRACTIVO DEBIDO A QUE, AL ENCONTRARSE HOMOGENEAMENTE DISTRIBUIDOS A LO LARGO DE TODO EL DELTA Y A Poca PROFUNDIDAD, RESULTA MAS ECONOMICO CONSTRUIR UNA NORIA EN EL SITIO DONDE SE NECESITA EL AGUA, QUE TRAERLA DEL RIO - EL QUE EN OCASIONES DISTA DECENAS O CIENTOS DE METROS.

MEDIANTE RECORRIDOS DE CAMPO SE LLEVO A CABO UN CENSO DE APROVECHAMIENTOS A PARTIR DEL CUAL SE OBTUVIERON LAS CARACTERISTICAS CONSTRUCTIVAS, - DEL EQUIPO DE BOMBEO, ASÍ COMO EL REGIMEN DE OPERACIÓN DE LOS ALUMBRAMIENTOS (TABLA VI.2.1).

SE LOCALIZAN DENTRO DE LA ZONA DE ESTUDIO UN TOTAL DE 67 ALUMBRAMIENTOS DE AGUA SUBTERRANEO, 5 NORIAS CON PROFUNDIDADES INFERIORES A LOS 7 - METROS, PENETRANDO APENAS ENTRE 1 Y 2 METROS BAJO LA ZONA DE SATURACIÓN Y 62 POZOS, 58 DE LOS CUALES FUERON RECIENTEMENTE PERFORADOS POR LA S. A. R. H. - PARA SU USO EN EL SUMINISTRO DE AGUA EN BLOQUE, AL DISTRITO INDUSTRIAL MARITIMO DE LAZARO CARDENAS, ESTIMANDOSE ENTREN EN OPERACIÓN A FINALES DE 1984, - EXTRAYENDO UN CAUDAL APROXIMADO DE $3,5 \text{ m}^3/\text{seg}$. EN LA FIGURA VI.2.1 SE MUESTRA EL DISEÑO TIPO DE ÉSTOS POZOS Y EN EL PLANO VI.2.1 SE DA SU LOCALIZACIÓN.

EN GENERAL PUEDE DECIRSE QUE CASI TODAS LAS CAPTACIONES SON O SERÁN EMPLEADAS PARA USOS PÚBLICOS Y DOMÉSTICOS CON UN RÉGIMEN DE OPERACIÓN - DE 24 HORAS DIARIAS. ACTUALMENTE SOLO 3 DE ELLAS OPERAN, 2 EN EL POBLADO DE GUACANAYAS Y 1 EN EL POBLADO DE LA ORILLA, POR LO QUE LA EXTRACCIÓN SUBTERRANEA ($3 \times 10^6 \text{ m}^3/\text{año}$), ES PRÁCTICAMENTE NULA.

ESTOS NIVELES, REFLEJAN LA DISTRIBUCIÓN ESPECIAL DE LA RECARGA Y DE LA DESCARGA DE LOS ACUÍFEROS, ASÍ COMO LA RELACIÓN ENTRE ÁREAS.

AL TRATARSE EN EL PRESENTE CASO DE UN ACUÍFERO LIERE RELACIONADO INTIMAMENTE CON EL RÍO BALSAS, EL COMPORTAMIENTO Y CONFIGURACIÓN PIEZOMÉTRICA ESTARÁN REGIDOS POR ESTE ESTRECHO VINCULO. COMO EL ACUÍFERO ESTÁ LIMITADO POR BORDES DE NIVEL CONSTANTE, ESTO HACE LAS VECES DE BARRERAS O BORDES DE RECARGA, POR LO QUE LAS SUPERFICIES EQUIPOTENCIALES SON PARALELAS AL MISMO.

LA PROFUNDIDAD DE LOS NIVELES ESTÁTICOS EN EL DELTA SE INDICAN EN LOS PLANOS VI.3.1-VI.3.3 MEDIANTE CURVAS DE IGUAL VALOR. NOTESE QUE VARÍA ENTRE 2 Y 7 M, DEPENDIENDO DE LA CONFIGURACIÓN TOPOGRÁFICA, DURANTE EL PERÍODO FEBRERO-MARZO/82, ENTRE 1 Y 5 M EN EL PERÍODO ABRIL-MAYO/82 Y ENTRE 0,4 Y 8 M EN EL PERÍODO ABRIL-MAYO/84.

EN LOS PLANOS VI.3.4 Y VI.3.5 SE MUESTRA LA ELEVACIÓN DE LOS NIVELES ESTÁTICOS EN LA ISLA DEL CAYACAL PARA EL PERÍODO ENERO-MAYO/80 Y EN LOS PLANOS VI.3.6 A VI.3.11 LA MISMA CONFIGURACIÓN PARA LA ISLA DE LA PALMA EN EL PERÍODO OCTUBRE/81-JULIO/82 Y ABRIL-MAYO/84. EN ESTOS PLANOS SE APRECIA QUE HACIA EL BORDE SUPERIOR DE AMBAS ISLAS SE LOCALIZAN LOS VALORES MÁS ALTOS LO QUE SEGURAMENTE ES DEBIDO A UNA ALIMENTACIÓN SUBTERRÁNEA LOCAL IMPORTANTE -- POR PARTE DE LOS ESCURRIMIENTOS DEL RÍO BALSAS, QUE AL CHOCAR CON LA ISLA Y PENETRAR EN UN MEDIO DE MENOR TRANSMISIVIDAD PIERDE BRUSCAMENTE LA ENERGÍA CINÉTICA QUE TRAÍA Y LA CONVIERTE EN ENERGÍA DE POSICIÓN, ELEVANDO LOS NIVELES DEL AGUA.

LOS GRADIENTES EN TÉRMINOS GENERALES TIENEN UN VALOR QUE VARÍA EN FORMA RADIAL ENTRE 0,0011 Y 0,0048 EN LA ISLA DE LA PALMA Y ENTRE 0,0009 Y 0,0059 EN LA ISLA DEL CAYACAL, PUDIENDOSE CONSIDERAR UN GRADIENTE MEDIO PARA LA ZONA DE 0,003.

LOS VALORES DE LAS CURVAS DE IGUAL ELEVACIÓN VARIAN ENTRE 2 Y 9 M.S.N.M. EN LA ISLA DE LA PALMA Y ENTRE 0 Y 5 M EN LA ISLA DEL CAYACAL.

VI.4 EVOLUCIÓN DE LOS NIVELES

LA INFORMACIÓN RESPECTO A LA EVOLUCIÓN DEL COMPORTAMIENTO DE LOS ACUÍFEROS, RESULTA DE GRAN UTILIDAD EN LOS ESTUDIOS GEHIDROLÓGICOS YA QUE PERMITE VALORAR CUALITATIVAMENTE Y CUANTITATIVAMENTE LOS EFECTOS DE LOS ACUÍFEROS EN DETERMINADAS SITUACIONES NATURALES O ARTIFICIALES. LA EVOLUCIÓN DE

VI.1 INTRODUCCION:

UNA VEZ ESTUDIADO EL MEDIO FÍSICO DONDE TIENEN LUGAR TODOS LOS FENÓMENOS DE FLUJO, ACUMULACIÓN Y TRANSFERENCIA DE LAS AGUAS SUBTERRANEAS Y SU RELACIÓN E INTERDEPENDENCIA CON LOS FENÓMENOS METEOROLÓGICOS E HIDROLÓGICOS-SUPERFICIALES, SE PRETENDE AHORA PRESENTAR LAS CARACTERÍSTICAS INHERENTES AL FUNCIONAMIENTO DE LOS ACUÍFEROS, MEDIANTE LA INTERPRETACIÓN DE LOS DATOS OBTENIDOS DE LAS CAPTACIONES EXISTENTES EN EL AREA DE ESTUDIO, PARA LO CUAL -- FUE NECESARIO EFECTUAR UN CENSO DE APROVECHAMIENTOS, LECTURAS PERIODICAS DE SUS NIVELES DE AGUA Y PRUEBAS DE BOMBEO. LOS RESULTADOS OBTENIDOS EN CUANTO A LA DETERMINACIÓN DE LOS PARAMETROS HIDRODINAMICOS Y SU POSIBLE ESQUEMA DE FUNCIONAMIENTO SE MUESTRA A CONTINUACIÓN.

VI. 2. APROVECHAMIENTOS DE AGUA SUBTERRANEA.

NO OBSTANTE LA GRAN DISPONIBILIDAD DE LOS RECURSOS HIDRICOS SUPERFICIALES DEL AREA DE ESTUDIO, EL EMPLEO DE LOS RECURSOS SUBTERRANEOS NO DEJA DE SER ATRACTIVO DEBIDO A QUE, AL ENCONTRARSE HOMOGENEAMENTE DISTRIBUIDOS A LO LARGO DE TODO EL DELTA Y A Poca PROFUNDIDAD, RESULTA MAS ECONOMICO CONSTRUIR UNA NORIA EN EL SITIO DONDE SE NECESITA EL AGUA, QUE TRAERLA DEL RIO -- EL QUE EN OCASIONES DISTA DECENAS O CIENTOS DE METROS.

MEDIANTE RECORRIDOS DE CAMPO SE LLEVO A CAPO UN CENSO DE APROVECHAMIENTOS A PARTIR DEL CUAL SE OBTUVIERON LAS CARACTERISTICAS CONSTRUCTIVAS, -- DEL EQUIPO DE BOMBEO, ASÍ COMO EL REGIMEN DE OPERACIÓN DE LOS ALUMBRAMIENTOS (TABLA VI.2.1).

SE LOCALIZAN DENTRO DE LA ZONA DE ESTUDIO UN TOTAL DE 67 ALUMBRAMIENTOS DE AGUA SUBTERRANEO, 5 NORIAS CON PROFUNDIDADES INFERIORES A LOS 7 -- METROS, PENETRANDO APENAS ENTRE 1 Y 2 METROS BAJO LA ZONA DE SATURACIÓN Y 62 POZOS, 58 DE LOS CUALES FUERON RECIENTEMENTE PERFORADOS POR LA S. A. R. H. -- PARA SU USO EN EL SUMINISTRO DE AGUA EN BLOQUE, AL DISTRITO INDUSTRIAL MARÍ TIPO DE LAZARO CARDENAS, ESTIMANDOSE ENTREN EN OPERACIÓN A FINALES DE 1984, -- EXTRAYENDO UN CAUDAL APROXIMADO DE $3.5 \text{ m}^3/\text{SEG}$. EN LA FIGURA VI.2.1 SE MUESTRA EL DISEÑO TIPO DE ÉSTOS POZOS Y EN EL PLANO VI.2.1 SE DA SU LOCALIZACIÓN.

EN GENERAL PUEDE DECIRSE QUE CASI TODAS LAS CAPTACIONES SON O SERÁN EMPLEADAS PARA USOS PÚBLICOS Y DOMÉSTICOS CON UN RÉGIMEN DE OPERACIÓN -- DE 24 HORAS DIARIAS. ACTUALMENTE SOLO 3 DE ELLAS OPERAN, 2 EN EL POBLADO DE GUACAMAYAS Y 1 EN EL POBLADO DE LA ORILLA, POR LO QUE LA EXTRACCIÓN SUBTERRANEA ($3 \times 10^6 \text{ m}^3/\text{AÑO}$), ES PRÁCTICAMENTE NULA.

EN LOS 58 POZOS PERFORADOS POR LA S.A.R.H. EN LAS ISLAS DE LA PALMA Y EL CAYACAL SE OBTUVIERON CAUDALES VARIABLES DURANTE LA ETAPA DE AFORO - ENTRE 15 (POZO 39) L.P.S. Y 137 (POZO 52) L.P.S., SEGÚN SE MUESTRA EN LA TABLA VI.2.1, DONDE PUEDE OBSERVARSE QUE SOLO 6 POZOS (39, 47, 43, 33, 60 Y 65) APORTARON CAUDALES MENORES O IGUALES A 30 L.P.S., LOCALIZÁNDOSE LA MAYORÍA - DE ELLOS EN LA PARTE NORTE DE LA ISLA DE LA PALMA; SE DEBE COMENTAR AQUÍ QUE EL POZO 39, DEL QUE SE OBTUVO EL CAUDAL MÁS BAJO (15 L.P.S.) FUE "ENCAMISADO" CON UN FILTRO TEXTIL QUE SEGURAMENTE REDUJO LA CONDUCTIVIDAD HIDRÁULICA DEL ACUÍFERO EN EL ENTORNO DEL MISMO.

CAUDALES ENTRE 30 Y 60 L.P.S. FUERON APORTADOS POR LOS POZOS 26, 30, 28, 29, 34, 32, 41, 27, 44, 36 Y 40 Y AFOROS ENTRE 60 Y 90 L.P.S. SE OBTUVIERON DE LOS POZOS 45, 35, 56, 48, 16, 38, 20, 64, 23, 7, 17, 46, 49, 50, 25 Y 22. EL RESTO DE LAS CAPTACIONES (22), QUE CONSTITUYEN LA MAYORÍA, REPORTARON CAUDALES MAYORES A LOS 90 L.P.S., PREDOMINANDO ENTRE 94 Y 108 L.P.S. - - (POZOS 18, 58, 12, 6, 59, 14, 8, 57, 62, 53, 54, Y 11), EL CAUDAL APORTADO POR LOS POZOS SE INCREMENTA DE IZQUIERDA A DERECHA, ES DECIR AL POZO 18 LE CORRESPONDE EL AFORO MÁS BAJO (94.72) Y AL POZO 11 EL MÁS ALTO (107.66).

VI.3 PIEZOMETRIA.

DE PRIMORDIAL IMPORTANCIA EN TODO ESTUDIO GEOHIDROLÓGICO SON LOS DATOS RELATIVOS A LA POSICIÓN Y EVOLUCIÓN DE LOS NIVELES DEL AGUA SUBTERRÁNEA. ESTE ASPECTO DEL PRESENTE ESTUDIO SE BASÓ EN INFORMACIÓN CONSIGNADA POR UNA SERIE DE 75 SONDEOS EXPLORATORIOS DIRECTOS EMPLAZADOS EN LA ISLA DEL CAYACAL Y 58 POZOS PERFORADOS RECIENTEMENTE POR LA S.A. R.H. EN LA ISLA DE LA PALMA SEGÚN SE MUESTRA EN EL PLANO VI.2.1. ESTA INFORMACIÓN ABARCA UN PERÍODO DE 4 AÑOS (1980-1982 Y 1984) COMO PUEDE CONSTATARSE EN LAS TABLAS VI.3.1 Y VI.3.2 EN LAS QUE TAMBIÉN SE PROPORCIONAN LAS FECHAS DE LECTURA, LA ELEVACIÓN DEL TERRENO Y DEL BROCAL DE CADA SITIO.

LA POSICIÓN DE LOS NIVELES DE AGUA CON RESPECTO A LA SUPERFICIE DEL TERRENO ES UNO DE LOS FACTORES PRINCIPALES QUE DEBEN TOMARSE EN CUENTA PARA SELECCIONAR EL EMPLAZAMIENTO Y DEFINIR LA TERMINACIÓN DE LOS POZOS, PUES DE ELLA DEPENDE, EN GRAN PARTE, LA PROFUNDIDAD DE LA CÁMARA DE BOMBEO Y EL COSTO DE EXTRACCIÓN DEL AGUA.

LA CONFIGURACIÓN DE LOS NIVELES PERMITE DEDUCIR LAS DIRECCIONES DEL FLUJO SUBTERRÁNEO, PUES DEBE RECORDARSE QUE EN EL SUBSUELO EL AGUA CIRCULA EN EL SENTIDO EN QUE DECRECE LA CARGA HIDRÁULICA Y SIGUIENDO TRAYECTORIAS NORMALES A LAS CURVAS DE IGUAL ELEVACIÓN. LAS FLUCTUACIONES QUE PRESENTAN -

ESTOS NIVELES, REFLEJAN LA DISTRIBUCIÓN ESPECIAL DE LA RECARGA Y DE LA DESCARGA DE LOS ACUÍFEROS, ASÍ COMO LA RELACIÓN ENTRE ABMAS.

AL TRATARSE EN EL PRESENTE CASO DE UN ACUÍFERO LIBRE RELACIONADO INTIMAMENTE CON EL RÍO BALSAS, EL COMPORTAMIENTO Y CONFIGURACIÓN PIEZOMÉTRICA ESTARÁN REGIDOS POR ESTE ESTRECHO VINCULO. COMO EL ACUÍFERO ESTÁ LIMITADO POR BORDES DE NIVEL CONSTANTE, ESTO HACE LAS VECES DE BARRERAS O BORDES DE RECARGA, POR LO QUE LAS SUPERFICIES EQUIPOTENCIALES SON PARALELAS AL MISMO.

LA PROFUNDIDAD DE LOS NIVELES ESTÁTICOS EN EL DELTA SE INDICAN EN LOS PLANOS VI.3.1-VI.3.3 MEDIANTE CURVAS DE IGUAL VALOR. NOTESE QUE VARÍA ENTRE 2 Y 7 M, DEPENDIENDO DE LA CONFIGURACIÓN TOPOGRÁFICA, DURANTE EL PERÍODO FEBRERO-MARZO/82, ENTRE 1 Y 5 M EN EL PERÍODO ABRIL-MAYO/82 Y ENTRE 0,4 Y 8 M EN EL PERÍODO ABRIL-MAYO/84.

EN LOS PLANOS VI.3.4 Y VI.3.5 SE MUESTRA LA ELEVACIÓN DE LOS NIVELES ESTÁTICOS EN LA ISLA DEL CAYACAL PARA EL PERÍODO ENERO-MAYO/80 Y EN LOS PLANOS VI.3.6 A VI.3.11 LA MISMA CONFIGURACIÓN PARA LA ISLA DE LA PALMA EN EL PERÍODO OCTUBRE/81-JULIO/82 Y ABRIL-MAYO/84. EN ESTOS PLANOS SE APRECIA QUE HACIA EL BORDE SUPERIOR DE AMBAS ISLAS SE LOCALIZAN LOS VALORES MÁS ALTOS LO QUE SEGURAMENTE ES DEBIDO A UNA ALIMENTACIÓN SUBTERRÁNEA LOCAL IMPORTANTE -- POR PARTE DE LOS ESCURRIMIENTOS DEL RÍO BALSAS, QUE AL CHOCAR CON LA ISLA Y PENETRAR EN UN MEDIO DE MENOR TRANSMISIVIDAD PIERDE BRUSCAMENTE LA ENERGÍA CINÉTICA QUE TRAÍA Y LA CONVIERTE EN ENERGÍA DE POSICIÓN, ELEVANDO LOS NIVELES DEL AGUA.

LOS GRADIENTES EN TÉRMINOS GENERALES TIENEN UN VALOR QUE VARÍA EN FORMA RADIAL ENTRE 0,0011 Y 0,0048 EN LA ISLA DE LA PALMA Y ENTRE 0,0009 Y 0,0059 EN LA ISLA DEL CAYACAL, PUDIENDOSE CONSIDERAR UN GRADIENTE MEDIO PARA LA ZONA DE 0,003.

LOS VALORES DE LAS CURVAS DE IGUAL ELEVACIÓN VARIAN ENTRE 2 Y 9 M.S.N.M. EN LA ISLA DE LA PALMA Y ENTRE 0 Y 5 M EN LA ISLA DEL CAYACAL.

VI.4 EVOLUCIÓN DE LOS NIVELES

LA INFORMACIÓN RESPECTO A LA EVOLUCIÓN DEL COMPORTAMIENTO DE LOS ACUÍFEROS, RESULTA DE GRAN UTILIDAD EN LOS ESTUDIOS GEOHIDROLÓGICOS YA QUE PERMITE VALORAR CUALITATIVAMENTE Y CUANTITATIVAMENTE LOS EFECTOS DE LOS ACUÍFEROS EN DETERMINADAS SITUACIONES NATURALES O ARTIFICIALES. LA EVOLUCIÓN DE

ESTE COMPORTAMIENTO PUEDE SER DETERMINADA POR EL CONOCIMIENTO DE LA VARIACIÓN DE LA SUPERFICIE PIEZOMÉTRICA DEL ACUÍFERO CON RESPECTO AL TIEMPO. EN FORMA PLANTAL PUEDE SER DETERMINADA MEDIANTE HIDRÓGRAFOS DE POZOS Y EN FORMA REGIONAL MEDIANTE HIDRÓGRAFOS DE POZOS Y EN FORMA REGIONAL MEDIANTE LA CONFIGURACIÓN DE CURVAS DE IGUAL EVOLUCIÓN EN UN ÁREA DETERMINADA (REFERENCIA 41). EN EL PRESENTE CASO NO SE CONTÓ CON INFORMACIÓN DE HIDRÓGRAFOS DE POZOS, NI SE ELABORARON CURVAS DE IGUAL EVOLUCIÓN DEBIDO A LA CARENCIA DE CONTINUIDAD EN LAS MEDICIONES, SIN EMBARGO COMPARANDO LA INFORMACIÓN PRESENTADA EN LOS PLANOS VI.5.4 A VI.5.11 SE OBSERVA QUE EL NIVEL PIEZOMÉTRICO SUFRE NOTABLES OSCILACIONES DEBIDAS A LA CONEXIÓN HIDRÁULICA ENTRE EL ACUÍFERO Y EL RÍO, CUANDO LAS CONDICIONES "NORMALES" DEL RÍO SE VEN ALTERNADAS POR LA OPERACIÓN DE 2 O MÁS TURBINAS EN LA PRESA "LA VILLITA" (VER INCISO V.2).

EN EL PERÍODO ENERO-MAYO/80 EN LA ISLA DEL CAYACAL SE OBSERVÓ UN ABATIMIENTO DE 0.5 M. EN LA ISLA DE LA PALMA, EN EL INTERVALO OCTUBRE/81-ENERO/82, PUEDE APLICARSE UNA RECUPERACIÓN DE 1 M EN LOS NIVELES, HACIA LOS BORDES DE LA ISLA, EXPLICACIÓN DEBIDA A LA INFILTRACIÓN DE LAS AGUAS SUPERFICIALES DEL RÍO QUE EN ESA ÉPOCA AUMENTARON SU CAUDAL POR NECESIDADES DE GENERACIÓN DE ENERGÍA ELÉCTRICA. DURANTE EL PERÍODO ENERO-MARZO/82 EL FLUJO SE INVERTIÓ, POR LO QUE EL ACUÍFERO CEDIÓ AGUA AL RÍO, ABATIÉNDOSE SUS NIVELES ENTRE 1 Y 2 M. DURANTE EL LAPSO MARZO-MAYO/82 LOS NIVELES VUELVEN A RECUPERARSE Y EN MAYO-JUNIO/82 SE ABATEN NUEVAMENTE. PARA EL PERÍODO ABRIL-MAYO/82-84 PUEDE NOTARSE UN ABATIMIENTO DEL ORDEN DE 2 M.

EL VOLUMEN DRENADO EN EL ÁREA DE ABATIMIENTO, CALCULADO EN 7 km^2 ES DE $24 \times 10^6 \text{ m}^3$ PARA UN ABATIMIENTO PROMEDIO DE 2 M; CON UN COEFICIENTE DE ALMACENAMIENTO DE 0.20, EL VOLUMEN EXTRAÍDO DEL "ALMACENAMIENTO DE RIBERA" ES DE $2.8 \times 10^6 \text{ m}^3$.

LAS CIFRAS ANTERIORES VARIAN DE ACUERDO A EL RÉGIMEN DE OPERACIÓN DE LA PRESA Y A LA TEMPORADA DE LLUVIAS, POR LO QUE UNA DESCRIPCIÓN REAL DEL COMPORTAMIENTO DE LA SUPERFICIE FREÁTICA DEBERÁ BASARSE EN UN NÚMERO MAYOR DE OBSERVACIONES.

VI.5 RELACIONES ENTRE AGUAS SUPERFICIALES Y SUBTERRÁNEAS

LA CONEXIÓN HIDRÁULICA ENTRE EL ACUÍFERO DEL ÁREA Y EL RÍO BALSAS ES DEBIDA PRINCIPALMENTE A LA PRESENCIA DE LOS MATERIALES GRANULARES DE ALTA PERMEABILIDAD QUE CONSTITUYEN EL ACUÍFERO Y A LA POSICIÓN RELATIVA DE LOS NIVELES EN EL AGUA QUE ESCURRE SUPERFICIALMENTE. EN TÉRMINOS GENERALES SE PUEDE DECIR QUE LAS CONDICIONES "NORMALES" DEL RÍO SE PRESENTAN CUANDO SOLO ESTA

EN FUNCIONAMIENTO UNA TURBINA GENERADORA DEL FLUJO ELÉCTRICO, POR LO QUE EN ESTE CASO EL RÍO GANA AL ACUÍFERO ES DECIR, EXISTE FLUJO DE AGUA DEL ACUÍFERO, MIENTRAS QUE DURANTE LA OPERACIÓN DE 2 O MÁS TURBINAS Y/O EN LA ÉPOCA DE LLUVIAS QUE NO PUEDEN SER REGULADAS POR LA PRESA, EL RÍO AUMENTA SU NIVEL POR LO QUE EL FLUJO SE INVIERTE, ES DECIR EL RÍO EMPIEZA A INTRODUCIR AGUA EN SUS MÁRGENES Ó RIBERAS, POR LO QUE EL AGUA ALMACENADA DURANTE ESTE PERÍODO DE AGUAS ALTAS SE LE DENOMINA "ALMACENAMIENTO DE RIBERA" (CUSTODIO, 1976).

ESTO ÚLTIMO SE REFLEJA CASI EN FORMA INMEDIATA EN LOS NIVELES DEL AGUA DE LAS NORIAS Y POZOS EXISTENTES EN LA ISALA DE LA PALMA A UNOS 500 M DE DISTANCIA DE LA CRILLA DEL RÍO.

ESTA OSCILACIÓN EN LOS NIVELES DEL ACUÍFERO SE DEBEN PRINCIPALMENTE A LAS VARIACIONES DEL RÍO Y EN MENOR MEDIDA A LA RECARGA NATURAL QUE RECIBE EL ACUÍFERO POR INFILTRACIÓN DEL AGUA DE LLUVIA QUE COMO ES DE SUPONERSE VIENEN DETERMINADAS TANTO POR LA GEOMETRÍA DEL ACUÍFERO Y SUS CONDICIONES DE CONTORNO, COMO DE LOS PARÁMETROS HIDROLÓGICOS DEL MISMO (S Y T).

VI.6. CALCULO DE LA POROSIDAD, PERMEABILIDAD, TRANSMISIVIDAD Y COEFICIENTE DE ALMACENAMIENTO DE LOS MATERIALES ACUÍFEROS.

LA PRODUCTIVIDAD DE UN ACUÍFERO ES FUNCIÓN, ADEMÁS DE SUS CARACTERÍSTICAS GEOLÓGICAS, DE SUS CARACTERÍSTICAS GEOHIDROLÓGICAS Y DE LOS FACTORES DEL FLUJO DE LAS AGUAS SUBTERRÁNEAS.

LAS CARACTERÍSTICAS GEOHIDROLÓGICAS LIGADAS ESENCIALMENTE A LAS PROPIEDADES FÍSICAS DE LA ROCA ALMACÉN, DETERMINAN JUNTO CON LA POROSIDAD Y EL COEFICIENTE DE ALMACENAMIENTO, EL VOLUMEN DE AGUA GRAVICA QUE PUEDE SER LIBERADO POR LOS MEDIOS NORMALES DE CAPTACIÓN Y, CON LA PERMEABILIDAD Y TRANSMISIVIDAD, EL CAUDAL ÚTIL QUE SE PUEDE OBTENER.

LOS PRINCIPALES FACTORES DEL FLUJO DE LAS AGUAS SUBTERRÁNEAS SON EL GRADIENTE HIDRÁULICO, LA VELOCIDAD REAL Y EL CAUDAL UNITARIO. TAMBIÉN SE DEBEN CONSIDERAR LAS CARACTERÍSTICAS FÍSICO QUÍMICAS (TEMPERATURA, CONDUCTIVIDAD, HIDROQUÍMICA) DEL AGUA SUBTERRÁNEA, LAS CUALES INTERVIENEN COMO FACTORES DE CALIDAD (G. CASTAÑY, 1975).

LA POROSIDAD (n) SE DEFINE COMO LA FRACCIÓN DE ESPACIOS VACIOS QUE CONTIENEN UN MATERIAL SÓLIDO RESPECTO AL VOLUMEN TOTAL. EN MATERIALES GRUESOS, INCOHERENTES Y CON POCOS FINOS LA POROSIDAD TOTAL ES LIGERAMENTE SUPERIOR A LA POROSIDAD EFECTIVA O EFICAZ, (ENTENDIÉNDOSE POR ESTO ÚLTIMO COMO LA RELACIÓN ENTRE EL VOLUMEN DE AGUA GRÁVICA ENTRE EL VOLUMEN TOTAL).

UNA CARACTERÍSTICA DEL ACUÍFERO INTIMAMENTE LIGADO A LA POROSIDAD ES EL COEFICIENTE DE ALMACENAMIENTO (s) QUE QUEDA DEFINIDO COMO EL VOLUMEN DE AGUA LIBERADA POR UN PRISMA VERTICAL DE LA CAPA ACUÍFERA, DE SECCIÓN UNITARIA, PARA UN DESCENSO UNITARIO DEL NIVEL PIEZOMÉTRICO O DE CARGA HIDRÁULICA.

LA PERMEABILIDAD O CONDUCTIVIDAD HIDRÁULICA (K) ES EL COEFICIENTE DE PROPORCIONALIDAD ENTRE LA DESCARGA ESPECÍFICA Y EL GRADIENTE HIDRÁULICO, CUANDO ES VÁLIDA LA LEY DE DARCY (FLUJO LAMINAR) Y QUEDA DEFINIDA COMO EL VOLUMEN DE AGUA LIBRE QUE PERCOLA DURANTE LA UNIDAD DE TIEMPO A TRAVÉS DE LA UNIDAD DE SUPERFICIE DE UNA SECCIÓN TOTAL DE LA CAPA ACUÍFERA BAJO UN GRADIENTE HIDRÁULICO IGUAL A LA UNIDAD, A LA TEMPERATURA DE 20°C. TIENE LAS DIMENSIONES DE UNA VELOCIDAD Y SE EXPRESA GENERALMENTE EN CM/SEG. EN CONDICIONES NATURALES SE DEBEN CONSIDERAR DOS PERMEABILIDADES: UNA VERTICAL, QUE CARACTERIZA LA INFILTRACIÓN, Y OTRA HORIZONTAL QUE RIGE EL FLUJO DE LAS AGUAS SUBTERRÁNEAS.

ESTAS DOS PERMEABILIDADES SON DE DISTINTA MAGNITUD SIENDO GENERALMENTE MÁS IMPORTANTE LA HORIZONTAL.

LA TRANSMISIVIDAD (T), ES IGUAL AL PRODUCTO DEL COEFICIENTE DE PERMEABILIDAD DE DARCY (K) POR EL ESPESOR (B) DE LA CAPA ACUÍFERA.

DE ACUERDO A LA ESTRATIGRAFÍA MOSTRADA EN EL BLOCK DIAGRAMÁTICO DE LA FIGURA IV 4.1, Y DESCRITA EN EL INCISO IV.4., LOS SEDIMENTOS GRANULARES DELTÁICOS VARIAN DE LIMOS Y ARENAS FINAS EN LA PARTE SUPERFICIAL, A ARENAS, GRAVAS Y BOLEOS A PROFUNDIDAD, CON INTERCALACIONES DE LENTES ARCILLOSAS. DESAFORTUNADAMENTE NO SE DETERMINÓ LA POROSIDAD NATURAL (n) DE ÉSTOS MATERIALES Y SOLO SE CONOCE UNA ESTIMACIÓN HECHA A PARTIR DE LA RELACIÓN DE VACÍOS EN MUESTRAS EXTRAÍDAS DE LA ZONA CERCANA A LA SEGUNDA ETAPA DE LA SIDERÚRGICA LAZARO CÁRDENAS-LAS TRUCHAS (REFERENCIA 47) DONDE SE REPORTARON VALORES ENTRE 40% Y 70% PARA LOS FINOS Y ENTRE 20% Y 45% PARA LOS GRUESOS. EL CONTENIDO NATURAL DE AGUA DE LOS MATERIALES GRANULARES ALCANZAN VALORES ENTRE 2% Y 28% Y EL DE LOS MATERIALES FINOS ENTRE 30% Y 45%. LA DENSIDAD DE SÓLIDOS VARÍA ENTRE 2.57 Y 2.64.

LA PERMEABILIDAD FUÉ DETERMINADA BURDAMENTE EN 138 MUESTRAS APLICANDO LA FÓRMULA DE HAZEN, A PARTIR DEL INTERVALO DE CURVAS GRANULOMÉTRICAS:

$$K = 100 \frac{D^2}{10}$$

DONDE:

K = COEFICIENTE DE PERMEABILIDAD (CM/SEG),

D₁₀ = TAMAÑO EFECTIVO

OBTENIENDOSE VALORES PROMEDIO DE 10^{-1} CM/SEG PARA LA GRAVAS; DE 10^{-2} CM/SEG, PARA LAS ARENAS Y DE 10^{-2} CM/SEG, PARA LAS MUESTRAS CON CONTENIDO DE LIMOS Y ARCILLAS.

LA DETERMINACIÓN DE LA PERMEABILIDAD ES UN PROBLEMA DELICADO YA QUE INFLUYEN MUCHO LAS PEQUEÑAS VARIACIONES DE GRANULOMETRÍA Y COMPOSICIÓN, POR LO QUE UNA INADECUADA TÉCNICA DE MUESTREOS Y MANIPULACIÓN DE LAS MUESTRAS CONDUCE A ERRORES SIGNIFICATIVOS DE VARIOS ORDENES DE MAGNITUD POR LO QUE ES PREFERIBLE EMPLEAR MÉTODOS DE CAMPO, COMO LAS PRUEBAS DE BOMBEO YA QUE SUS RESULTADOS SE ADAPTAN MEJOR A LAS CONDICIONES NATURALES.

EN LA ZONA SE DISPUSO DE TRES PRUEBAS DE BOMBEO REALIZADAS EN LOS POZOS 33, 36 Y 47 ASÍ COMO DE LA INFORMACIÓN DE UNA PRUEBA DE BOMBEO REALIZADA DURANTE LA CONSTRUCCIÓN DE LA SEGUNDA ETAPA DE SICARTSA (REFERENCIA 47). LAS PRUEBAS CONSISTIERON EN LA OBSERVACIÓN DEL NIVEL DEL AGUA EN EL POZO BOMBEO DO ENTRE 46 Y 72 HORAS, A CAUDAL VARIABLE Y POSTERIORMENTE LA MEDICIÓN DEL NIVEL DE RECUPERACIÓN DEL AGUA A PARTIR DE LA SUSPENCIÓN DEL BOMBEO HASTA POR 10 HORAS. SE INSTALARON DOS POZOS DE OBSERVACIÓN A 10 Y 50 M. DE DISTANCIA DEL POZO DE BOMBEO PARA MEDIR LA VARIACIÓN DEL NIVEL DURANTE LA PRUEBA. IN FORTUNADAMENTE, ÉSTAS PRUEBAS NO SON INTERPRETABLES Y SOLO LA ETAPA DE RECUPERACIÓN DEL POZO 33 PUDO SER ANALIZADA. LA GRÁFICA VI.6, 1 MUESTRA LA CURVA OBTENIDA TANTO EN EL POZO DE BOMBEO COMO EN LOS DE OBSERVACIÓN. SU INTERPRETACIÓN SIN EMBARGO, ES INCIERTA Y SOLO PROPORCIONA UNA IDEA DEL COEFICIENTE DE TRANSMISIVIDAD QUE RESULTÓ SER ENTRE 0,02 M /SEG. Y 0,04 M /SEG. LOS VALORES DEL COEFICIENTE DE ALMACENAMIENTO DEL ACUÍFERO VARIAN ENTRE 0,06 Y 0,20.

COMO DATO DE GRAN UTILIDAD PRÁCTICA SE CONSIGNA EL CAUDAL ESPECÍFICO DE LOS POZOS, DEFINIDO COMO LA RELACIÓN ENTRE EL CUADAL DE BOMBEO Y EL ABATIMIENTO QUE PROVÓCA; PARÁMETRO QUE REFLEJA EN FORMA MÁS OBJETIVA LA CAPACIDAD TRANSMISORA DEL ACUÍFERO Y QUE GUARDA PROPORCIONALIDAD DIRECTA CON LA TRANSMISIVIDAD. PRESENTA LA VENTAJA DE QUE SU VALOR SE OBTIENE COMO EL COCIENTE DE DOS TÉRMINOS MEDIBLES (CAUDAL Y ABATIMIENTO), QUEDANDO POR TANTO AL MARGEN DE TODO ERROR DE INTERPRETACIÓN.

Aunque todos los pozos tienen una profundidad de 20 m, suministran caudales hasta de 132 lps con caudales específicos entre 3.41 y 38.81 lps/m. (Tabla IV.2.1.) tan notables rendimientos -reflejan una transmisividad media a muy alta correspondientes a los depósitos granulares gruesos. (Plano IV 6.1.)

De la prueba de bombeo efectuada durante la segunda etapa de la construcción de SICARTSA, se obtuvo un valor para el coeficiente de permeabilidad entre 1.38×10^{-2} y 3.24×10^{-2} cv/seg., considerándose representativo el valor de 1.7×10^{-2} cv/seg. para la permeabilidad del estrato granular (Referencia 47.) Valores similares fueron obtenidos por SOILTEC en su estudio (Referencia 61.).

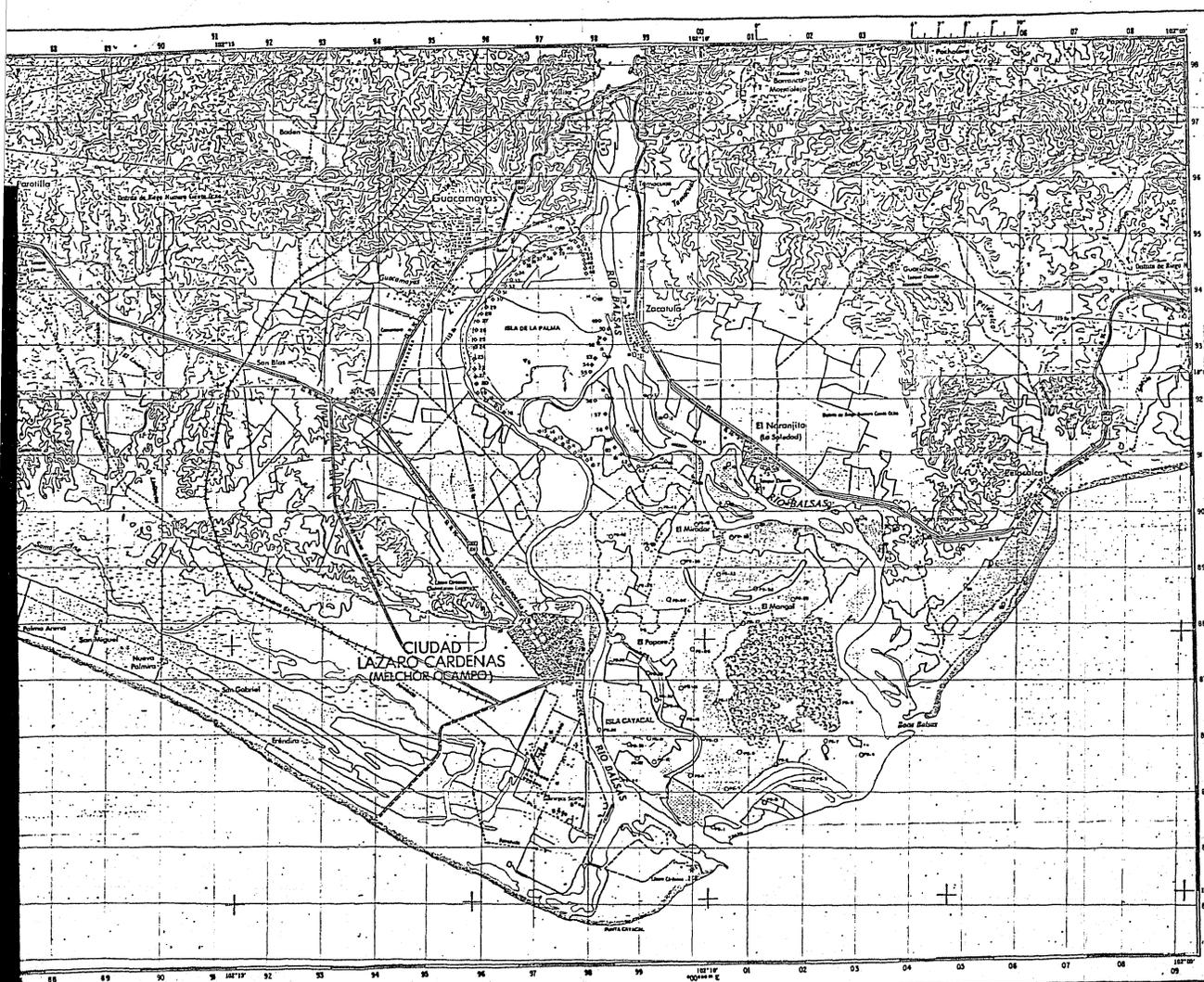
VI.7. CUBICACION DE LOS ACUÍFEROS, ESTIMACION DE LAS CANTIDADES -- -- TOTALES DE AGUA Y CAPACIDAD UTIL; POR CONSIDERACIONES GEOMÉ-- -- TRICAS.

Para cubicar el acuífero deltaico se consideró una superficie de 100 km^2 . ocupada por los sedimentos granulares y un espesor de acuífero variable -- entre 120m a la altura de la bocanilla de la presa y 400 m en la franja marginal, por lo que se tiene un volumen de sedimentos de 30 000 millones de metros cúbicos que considerando un coeficiente de almacenamiento del 20% se -- tiene una cantidad total de agua almacenada de 6 000 millones de metros cúbicos.

De acuerdo con las teorías de Ghyben-Herzberg, la interfase salina se sitúa a una profundidad bajo el nivel del mar igual a 40 veces la cota del agua dulce el nivel medio del mar en aquel punto. Por lo que en la zona se -- existe desde la orilla del mar y se acerca hasta los 200 m de profundidad donde se tiene un tirante de agua dulce de 5msm para después continuar rozante el basamento impermeable, por lo anterior, aproximadamente un tercio de ese volumen corresponde a agua dulce es decir, 2 000 millones de metros cúbicos y solo el 5% de este almacenamiento de explotable, es decir, 100 millones de metros cúbicos, que representa la capacidad útil del acuífero. (Figura -- VI.7.1.)

TABLA VI.2.1
CENSO DE APROVECHAMIENTOS.

TIPO DE APROVECHAMIENTO	LOCALIZACION GEOGRAFICA.	PROF. TOTAL.	ELEVACION TERRENO	BROCAL	NIVEL ESTADISTICO	NIVEL DINAMICO	EQUIP.	CAUDAL	CAUDAL ESPECIFICO.	FECHA
Noria	1									
Noria	2									
Noria	3									
Noria	4									
Noria	5									
Pozo	6									
Pozo	7	20"	7.21	8.01	5.0	15.43	si	76.73	7.36	15-VI-82
Pozo	8	20"	6.68	7.48	4.0	16.74	si	104.54	8.21	16-VI-82
Pozo	9	20"	4.72	5.52	2.90	9.00	si	91.64	15.02	4-VII-82
Pozo	10	20"	5.06	5.66	2.70	12.27	si	111.65	11.67	14-VII-82
Pozo	11	20"	5.13	5.93	2.50	13.59	si	107.86	9.77	17-VII-82
Pozo	12	20"	6.41	7.21	3.00	11.94	si	99.81	11.13	28-VII-82
Pozo	13	20"	5.70	6.50	3.50	9.81	si	114.96	18.22	6-VIII-82
Pozo	14	20"	4.70	5.50	2.50	13.63	si	103.21	9.27	11-VIII-82
Pozo	15	20"	5.93	6.73	3.56	15.22	si	104.56	8.97	18-VIII-82
Pozo	16	20"	5.97	6.62	3.40	8.05	no	70.85	15.23	31-III-82
Pozo	17	20"	6.16	6.96	2.49	6.60	no	77.55	18.66	2-IV-82
Pozo	18	20"	6.20	7.00	4.20	6.64	no	94.74	38.81	17-IV-82
Pozo	19	20"	6.61	7.41	2.00	3.56	no	112.60	72.18	17-III-82
Pozo	20	20"	5.33	6.39	2.45	7.47	no	75.02	14.94	13-IV-82
Pozo	21	20"	4.85	5.65	2.50	3.65	no	110.69	96.25	28-III-82
Pozo	22	20"	6.52	7.32	2.50	6.15	no	86.90	23.81	20-IV-82
Pozo	23	20"	6.76	7.36	2.40	8.75	no	76.60	12.06	23-IV-82
Pozo	24	20"	6.89	7.69	--	--	no	--	--	--
Pozo	25	20"	6.95	7.75	1.8	5.27	no	84.53	24.36	15-III-82
Pozo	26	20"	9.08	9.88	4.28	11.60	no	33.39	4.56	17-V-82
Pozo	27	20"	8.84	9.64	5.00	8.33	no	44.28	13.30	20-V-82
Pozo	28	20"	9.35	10.15	4.95	12.61	no	35.58	4.64	23-V-82
Pozo	29	20"	10.00	10.80	5.12	14.43	no	39.19	4.21	27-V-82
Pozo	30	20"	9.64	10.44	5.92	14.27	no	33.91	4.06	27-V-82
Pozo	31	20"	9.87	11.33	--	--	no	--	--	--
Pozo	32	20"	10.48	--	5.60	12.59	no	40.17	5.75	20-V-82
Pozo	33	20"	11.22	12.22	6.15	10.16	no	28.26	7.22	2-XII-81
Pozo	34	20"	11.38	12.18	6.10	13.40	no	39.36	5.47	2-VI-82
Pozo	35	20"	11.10	--	6.50	--	no	--	--	1-VI-82
Pozo	36	20"	11.57	12.57	6.96	8.89	no	51.07	26.46	19-XII-81
Pozo	37	20"	10.64	11.51	6.50	12.88	no	91.94	14.41	6-V-82
Pozo	38	20"	11.09	11.89	6.30	11.65	no	73.59	13.75	14-VI-82
Pozo	39	20"	11.63	12.63	6.47	9.00	no	15.12	15.98	1-XII-81
Pozo	40	20"	12.66	12.66	6.00	13.06	no	51.08	7.23	10-VI-82
Pozo	41	20"	10.74	11.54	5.68	14.30	no	40.96	4.75	26-V-82
Pozo	42	20"	10.29	11.09	6.49	15.90	no	90.10	9.57	3-III-82
Pozo	43	20"	11.48	12.48	2.51	7.00	no	24.22	5.39	7-XII-81
Pozo	44	20"	11.63	12.63	2.75	9.60	no	44.47	6.49	20-IV-82
Pozo	45	20"	11.33	12.76	3.37	11.35	no	62.89	7.86	22-IV-82
Pozo	46	20"	10.93	11.93	3.69	7.93	no	78.20	18.27	10-XII-81
Pozo	47	20"	10.65	11.90	4.22	10.62	no	23.81	3.72	9-XII-81
Pozo	48	20"	8.55	9.35	3.00	7.89	no	65.55	13.40	17-VI-82
Pozo	49	20"	11.24	12.08	5.29	7.62	no	80.34	34.48	15-II-82
Pozo	50	20"	9.33	10.38	6.15	10.50	no	83.70	19.24	13-II-82
Pozo	51	20"	9.63	10.83	5.42	7.87	no	91.94	37.32	4-II-82
Pozo	52	20"	9.58	10.13	3.16	11.80	no	136.93	15.85	20-II-82
Pozo	53	20"	10.55	11.45	2.68	6.48	no	106.28	27.97	22-I-82
Pozo	54	20"	8.95	9.55	4.00	10.68	no	106.33	15.92	15-XII-81
Pozo	55	20"	9.98	10.94	3.57	6.17	no	64.09	25.64	27-I-82
Pozo	56	20"	7.15	7.95	3.90	15.94	no	64.76	5.38	22-IV-82
Pozo	57	20"	7.70	8.50	3.00	9.38	no	104.54	16.39	2-VI-82
Pozo	58	20"	6.10	6.90	2.21	12.23	no	96.44	9.59	6-VI-82
Pozo	59	20"	4.50	5.30	4.30	14.30	no	101.82	10.18	25-VI-82
Pozo	60	20"	7.06	7.86	2.65	11.65	no	30.00	3.41	19-III-82
Pozo	61	20"	6.90	7.70	3.04	10.66	no	101.11	13.27	11-VI-82
Pozo	62	20"	6.75	7.55	3.80	10.34	no	104.54	15.98	30-VI-82
Pozo	63	20"	6.20	7.42	2.75	7.70	no	30.00	6.45	24-III-82
Pozo	64	20"	6.65	7.45	3.10	15.95	no	75.77	5.90	30-V-82



SIGNOS CONVENCIONALES

- RELIEVO**
- línea de nivel horizontal
 - línea de nivel horizontal
- AGUAS**
- línea de nivel horizontal
 - línea de nivel horizontal
- VEGETACION**
- línea de nivel horizontal
 - línea de nivel horizontal
- EDIFICIOS**
- línea de nivel horizontal
 - línea de nivel horizontal
- REDES DE COMUNICACION**
- línea de nivel horizontal
 - línea de nivel horizontal
- OTROS SIGNOS CONVENCIONALES**
- línea de nivel horizontal
 - línea de nivel horizontal
- LÍMITES**
- línea de nivel horizontal
 - línea de nivel horizontal



unam FACULTAD DE INGENIERIA
 DIVISION DE CIENCIAS DE LA TIERRA
 ESTUDIO HIDROEDOLOGICO
 DELTA DEL RIO BALSAS, MICHOACAN
 LEONARDO DE ARROYO
 INGENIERO EN AGRICULTURA
 TESIS PROFESIONAL
 1980 PLANO N.º 1

· TABLA VI.3.1
NIVELES FREATICOS

SONDEO	FECHA DE LECTURA	ELEVACION DEL TERRENO (m.s.n.m.)	NIVEL PROFUNDIDAD m	ESTATICO ELEVACION m
1	8-I-80	2.31	2.10	0.21
12	26-I-80	1.59	0.98	0.61
13	28-I-80	2.69	1.40	1.29
33	4-II-80	5.11	1.80	3.31
8	14-II-80	2.60	1.80	0.80
29	25-II-80	3.90	3.10	0.80
25	20-III-80	4.13	3.00	1.13
5	24-III-80	1.21	0.79	0.43
9	26-III-80	4.37	3.00	1.37
17	30-III-80	2.26	0.80	1.86
26	8-IV-80	3.79	2.65	1.14
21	10-IV-80	3.05	2.45	0.60
34	10-IV-80	5.09	3.90	1.19
27	14-IV-80	5.04	3.85	1.19
40	15-IV-80	6.12	4.40	1.32
28	17-IV-80	3.09	2.03	0.96
2	18-IV-80	2.42	2.27	0.15
35	18-IV-80	4.51	3.10	1.41
4	21-IV-80	0.60	0.42	0.18
41	22-IV-80	6.28	3.10	3.18
7	24-IV-80	0.70	0.40	0.30
38	24-IV-80	5.37	2.50	2.87
37	28-IV-80	4.40	3.20	1.20
11	30-IV-80	1.74	1.35	0.39
3	2-V-80	-0.27	0.00	0.00
19	3-V-80	2.21	1.88	0.33
39	3-V-80	6.07	4.20	1.87
6	5-V-80	-0.20	0.00	0.00
23	8-V-80	3.52	2.03	1.49
42	8-V-80	5.44	4.10	1.34
43	11-V-80	7.58	4.20	3.38
10	15-V-80	0.64	0.52	0.12
24	15-V-80	-2.86	0.00	0.00
32	18-V-80	3.60	2.40	1.20
36	18-V-80	-2.11	0.00	0.00
14	19-V-80	2.20	1.93	0.23
15	23-V-80	2.03	1.46	0.57
44	24-V-80	-2.42	0.00	0.00
16	26-V-80	2.15	1.40	0.75
30	3-VI-80	2.70	0.52	2.18
18	26-VI-80	2.44	1.42	1.02
31	4-VII-80	2.65	0.32	2.33
8016	8-VII-80	--	2.37	--
8015	11-VII-80	10.24	4.85	5.39
22	12-VII-80	5.02	4.75	0.27
8114	19-VII-80	5.96	3.26	2.70
8014	19-VII-80	11.47	7.12	4.35
8113	23-VII-80	5.70	3.56	2.14
8013	23-VII-80	8.37	4.72	3.65
8112	28-VII-80	3.94	1.46	2.48
813	31-VII-80	6.20	5.63	0.57
803	31-VII-80	3.76	0.29	3.07
804	8-VIII-80	0.98	0.80	0.18
812	14-VIII-80	2.93	0.33	2.60
814	14-VIII-80	1.51	0.51	1.00
802	22-VIII-80	1.58	0.37	1.21
818	22-IX-80	4.73	3.22	1.51
8110	27-IX-80	6.80	3.00	3.80
819	1-X-80	5.70	2.97	2.73
816	5-X-80	5.93	2.95	2.98
8111	8-X-80	5.43	1.91	3.45
815	11-X-80	6.21	3.01	3.17
817	16-X-80	3.74	1.05	2.69
811	11-XI-80	3.19	1.97	1.22
801	13-XI-80	2.65	1.05	1.60
808	15-XI-80	4.04	2.07	1.96
807	19-XI-80	4.99	2.10	2.89
806	7-I-81	2.76	2.10	0.66
805	9-I-81	3.15	2.27	0.88
8012	17-I-81	6.34	4.51	1.83
8010	21-I-81	5.55	3.10	2.45
809	23-I-81	4.45	3.20	1.25
8011	24-I-81	7.51	3.81	4.51

TAULA VI.3.2

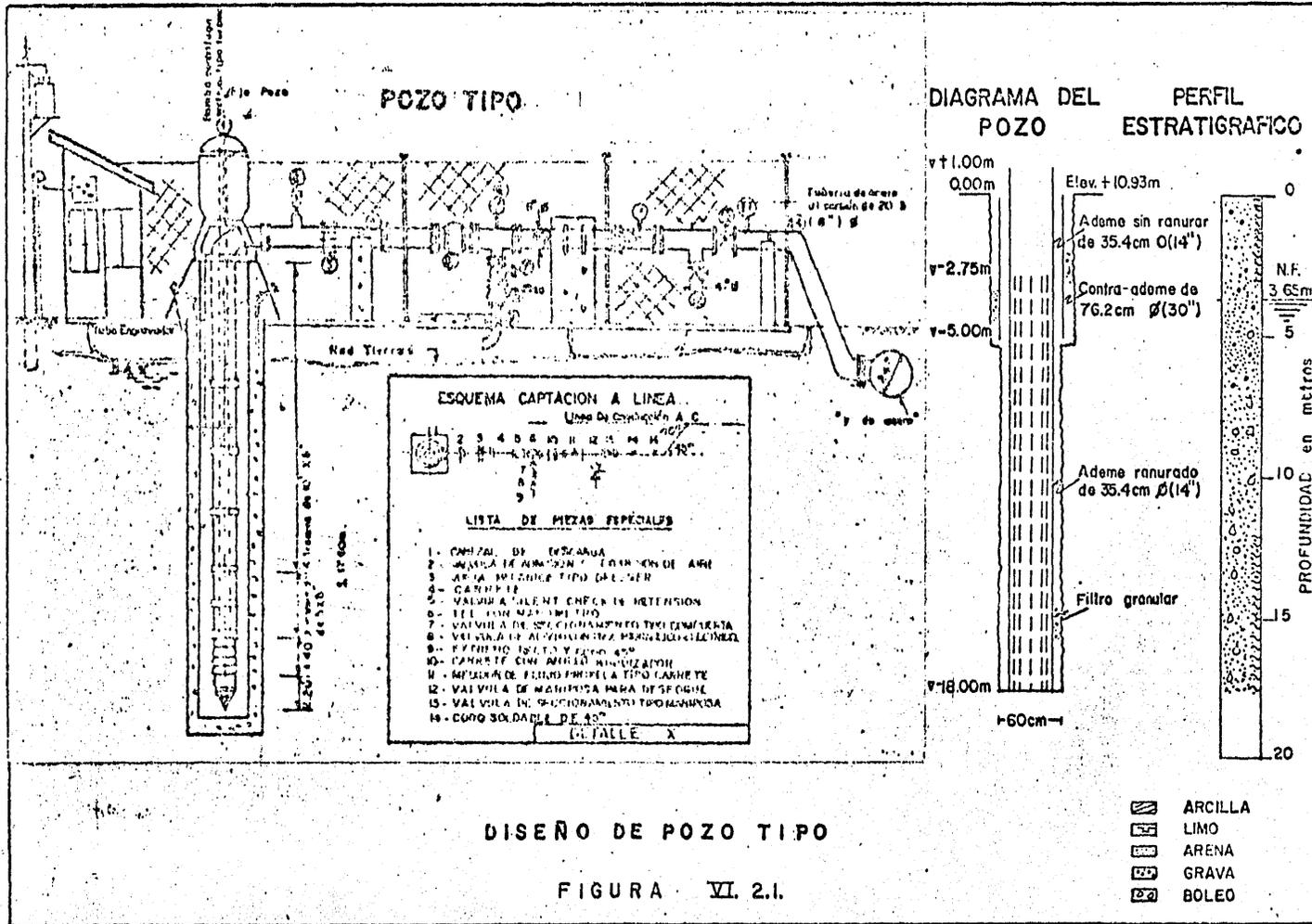
NIVELLS FREATICS

POZO	FECHA DE LECTURA	ELEVACIONES		NIVEL ESTÀTICU		
		TERRENO (m.s.n.m.)	(BOCAL)	LECTURA (m)	ELEVACION (m.s.n.m.)	ALFUNDIDU (m)
47	-X-81	10.65	11.90	4.25	7.65	3.00
33	-X-81	11.22	12.22	6.75	5.47	5.75
36	-X-81	11.57	12.57	6.95	5.62	5.95
39	-X-81	11.63	12.63	7.25	5.38	6.25
43	-XI-81	11.46	12.46	3.50	8.98	2.50
45	-XI-81	11.33	12.75	4.00	8.76	2.85
49	-XI-81	11.24	12.08	5.54	6.54	4.70
51	-XI-81	9.63	10.83	6.00	4.83	4.80
53	-XI-81	10.55	11.45	3.35	8.10	2.45
55	-XI-81	9.98	10.94	4.41	6.53	3.45
39	1-XII-81	11.63	12.63	6.47	6.16	5.47
33	2-XII-81	11.22	12.22	6.15	6.07	5.15
43	7-XII-81	11.46	12.46	2.51	9.97	1.51
47	9-XII-81	10.65	11.90	4.22	7.68	2.97
46	10-XII-81	10.93	11.93	4.65	7.28	3.65
54	15-XII-81	8.95	9.55	5.00	4.55	4.00
36	19-XII-81	11.57	12.57	6.96	5.61	5.96
53	22-I-82	10.55	11.45	2.68	8.77	1.98
55	27-I-82	9.98	10.94	3.67	7.27	2.71
16	-I-82	5.97	6.82	4.50	2.32	3.65
20	-I-82	5.33	6.38	4.40	1.98	3.35
31	-I-82	9.87	11.33	6.56	4.77	5.10
44	-I-82	11.63	12.63	4.45	8.18	3.45
60	-I-82	7.06	7.86	4.20	3.66	3.40
63	-I-82	6.20	7.42	5.12	2.30	3.90
51	1-II-82	9.63	10.83	5.42	5.41	4.22
50	13-II-82	9.33	10.38	6.15	4.23	5.10
49	15-II-82	11.24	12.06	5.29	6.79	1.45
52	20-II-82	9.58	10.13	3.16	6.97	2.61
42	3-III-82	10.29	11.09	6.49	4.60	5.59
19	17-III-82	6.61	7.41	2.00	5.41	1.20
60	19-III-82	7.06	7.86	2.85	5.01	2.05
63	24-III-82	6.20	7.43	2.75	4.67	1.53
21	28-III-82	4.85	5.65	2.50	3.15	1.70
16	31-III-82	5.97	6.82	3.40	3.42	2.55
17	2-IV-82	6.16	6.96	2.49	4.47	1.69
20	13-IV-82	5.33	6.38	2.45	3.93	1.40
18	17-IV-82	6.20	7.00	4.20	2.80	3.40
22	20-IV-82	6.52	7.32	2.50	4.82	1.70
44	20-IV-82	11.63	12.63	2.75	9.88	1.75
45	22-IV-82	11.33	12.76	3.37	9.39	1.94
23	23-IV-82	6.76	7.36	2.40	4.96	1.80
37	6-V-82	10.64	11.51	6.50	5.01	5.63
25	16-V-82	6.95	7.75	1.80	5.95	1.00
26	17-V-82	9.08	9.88	4.28	5.60	3.48
32	20-V-82	10.48	--	5.60	--	--
27	20-V-82	8.84	9.64	5.00	4.64	4.20
28	23-V-82	9.35	10.15	4.95	5.20	3.80
41	26-V-82	10.74	11.54	5.68	5.68	4.68
29	27-V-82	10.00	10.80	5.12	5.68	4.32
30	27-V-82	9.64	10.44	5.92	4.52	5.12
64	30-V-82	6.65	7.45	3.10	4.35	2.30
35	1-VI-82	11.10	--	6.50	--	--
34	2-VI-82	11.38	12.18	6.10	6.08	5.30
57	2-VI-82	7.70	8.50	3.00	5.50	2.20
58	6-VI-82	6.10	6.90	2.21	4.69	1.41
40	10-VI-82	12.66	12.66	6.00	6.66	6.10
61	11-VI-82	6.90	7.70	3.04	4.66	1.54
38	14-VI-82	11.09	11.09	6.30	5.59	5.59
7	15-VI-82	7.21	8.01	5.00	3.01	4.20
8	16-VI-82	6.68	7.48	4.00	3.48	3.20
40	17-VI-82	8.55	9.35	3.00	6.35	2.20
56	22-VI-82	7.15	7.95	3.90	4.05	3.10
59	25-VI-82	4.50	5.30	4.30	1.00	3.30
62	30-VI-82	6.79	7.59	3.80	3.75	3.00
9	4-VII-82	4.72	5.52	2.90	2.62	2.10
10	14-VII-82	5.02	5.06	2.70	3.10	1.70
11	17-VII-82	5.13	5.03	2.50	3.63	1.70
12	20-VII-82	6.41	7.21	3.00	4.21	2.20
13	1-VIII-82	9.70	6.90	3.00	3.00	1.70
14	11-VIII-82	6.70	5.70	2.50	3.00	1.70
15	10-VIII-82	5.03	6.73	3.40	3.17	1.70

TABLA VI.3.2. (CONTINUACION).

NIVELES FREATICOS

FECHA DE LECTURA	ELEVACIONES		N I V E L E S T A T I C O		
	TERRENO (m.s.n.m.)	BROCAL	LECTURA (m)	ELEVACION (m.s.n.m.)	PROFUNDIDAD (m)
26-IV-84	12.65	12.66	8.27	4.29	8.27
26-IV-84	11.83	12.53	8.43	4.20	7.43
26-IV-84	11.89	11.89	8.19	3.70	7.39
26-IV-84	10.84	11.51	8.33	3.18	7.46
26-IV-84	11.57	12.57	7.68	4.89	6.68
26-IV-84	11.10	--	--	--	--
26-IV-84	11.32	12.18	8.56	3.62	7.76
26-IV-84	11.22	12.22	8.23	3.99	7.23
26-IV-84	10.46	--	7.44	--	--
27-IV-84	9.89	11.33	7.62	3.71	5.98
27-IV-84	9.64	10.64	8.10	2.34	7.30
27-IV-84	10.00	10.00	7.49	3.41	6.59
27-IV-84	9.35	10.15	6.26	3.89	5.46
27-IV-84	8.84	9.64	--	--	--
27-IV-84	9.06	9.06	5.08	4.00	4.20
27-IV-84	6.95	7.75	2.36	5.39	1.56
27-IV-84	6.89	7.69	3.66	4.03	2.86
27-IV-84	6.76	7.26	4.09	3.27	3.49
27-IV-84	6.52	7.32	2.79	4.53	1.99
27-IV-84	4.85	5.65	2.56	3.07	1.78
27-IV-84	5.33	6.36	1.49	4.69	0.44
27-IV-84	6.61	7.41	4.80	2.61	4.00
27-IV-84	6.20	7.00	4.24	2.76	3.44
30-IV-84	10.74	11.59	8.20	3.34	7.40
30-IV-84	10.29	11.09	7.89	3.20	7.09
30-IV-84	11.46	12.46	4.37	8.11	3.37
30-IV-84	11.63	12.63	4.96	7.67	3.96
30-IV-84	11.33	12.76	5.69	7.07	4.26
30-IV-84	10.93	11.93	5.19	6.74	4.19
30-IV-84	10.65	11.60	5.95	5.95	4.70
2-V-84	8.55	9.35	6.35	3.00	5.55
2-V-84	11.24	12.08	6.81	5.27	5.97
2-V-84	9.33	10.38	6.46	3.92	5.41
2-V-84	9.63	10.83	4.46	6.37	3.26
2-V-84	9.58	10.13	3.62	6.51	3.07
2-V-84	10.55	11.45	4.55	6.90	3.65
2-V-84	9.55	9.55	5.52	4.03	4.52
2-V-84	9.98	10.94	5.09	5.85	4.13
2-V-84	7.15	7.95	4.95	3.60	4.15
2-V-84	7.70	8.50	4.57	3.93	3.77
2-V-84	6.10	6.90	3.90	3.00	3.10
2-V-84	4.50	5.30	3.14	2.16	2.34
2-V-84	7.06	7.86	4.00	3.86	3.20
2-V-84	6.90	7.70	4.96	2.74	4.16
2-V-84	6.75	7.55	3.91	3.74	3.01
2-V-84	6.20	7.43	4.24	3.18	3.22
2-V-84	6.65	7.45	4.78	2.67	3.98



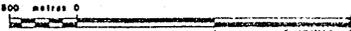
DISEÑO DE POZO TIPO

FIGURA VI. 2.1.

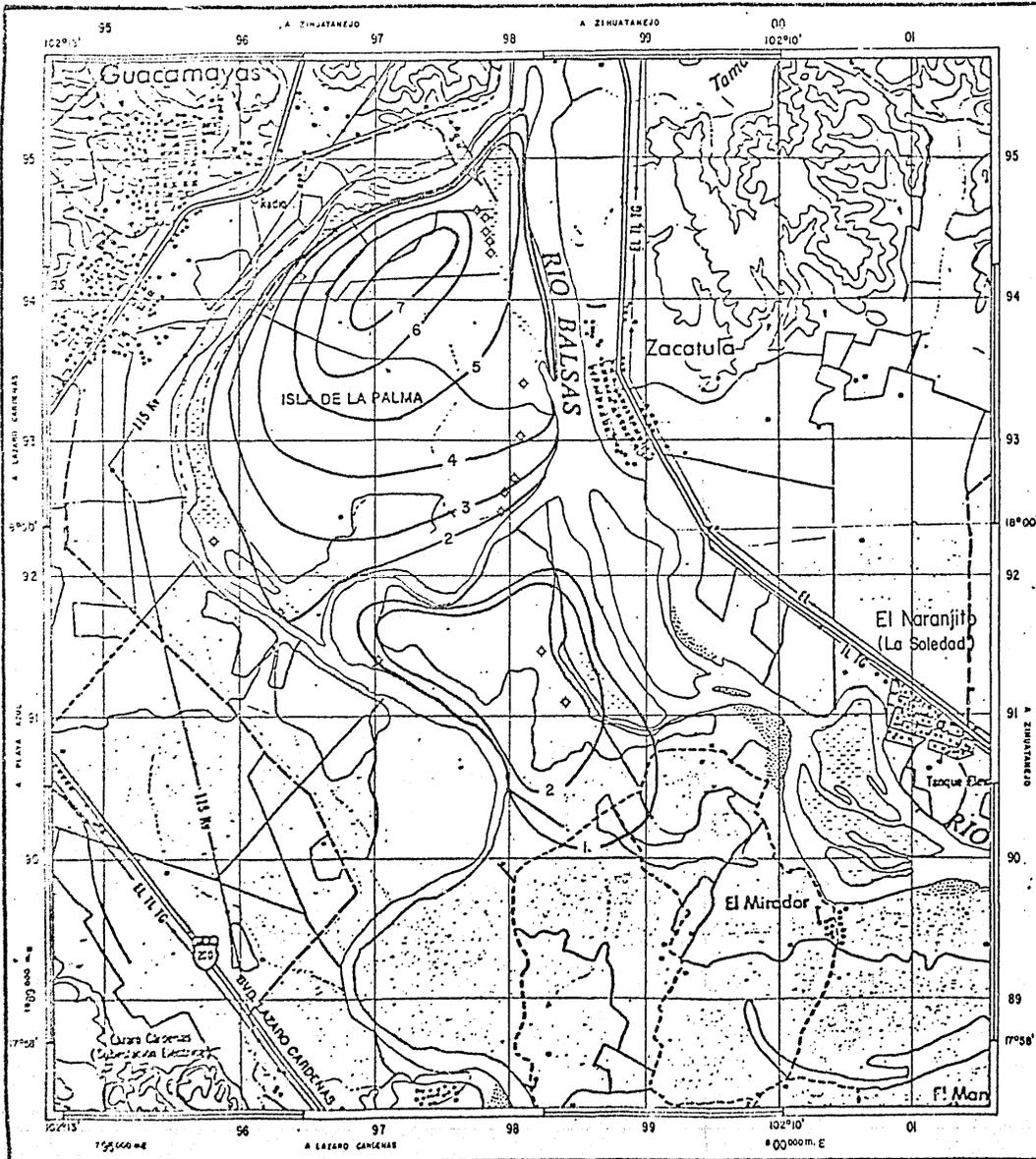
SIMBOLOGIA

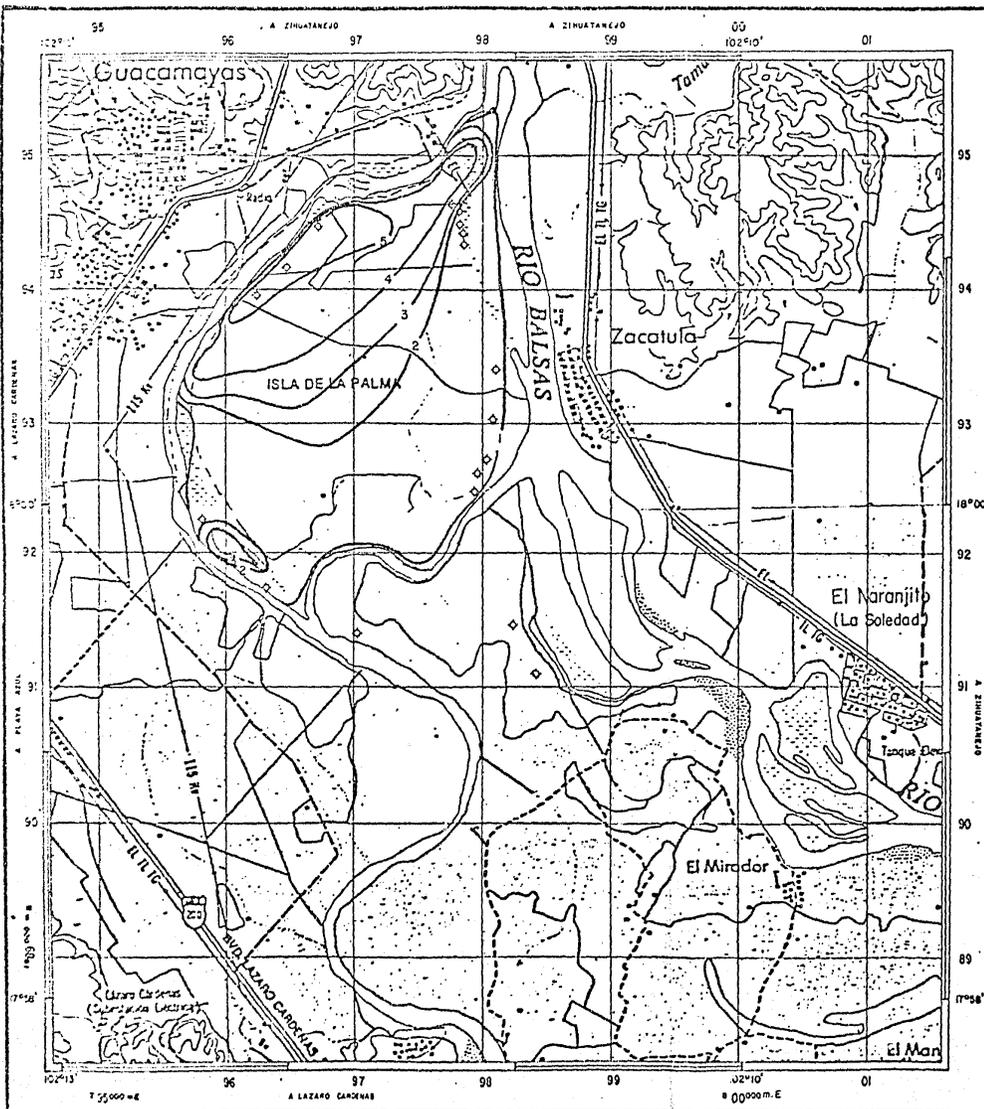
- POZO MUESTREADO 
- SITIO MUESTREADO (SUPERFICIAL) 
- CURVA DE IGUAL PROFUNDIDAD DEL NIVEL ESTÁTICO 

ESCALA 1:25,000

800 METROS 0 
 EQUIDISTANCIA ENTRE CURVAS DE NIVEL: 20 METROS
 LA BASE TOPOGRAFICA FUE TOMADA DE LA CARTOGRAFIA BASICA DE LA CARTERA
 HOJA LA MIRA E 13 869
 HOJA LAZARO CORDERAS E 19 019

un am	FACULTAD DE INGENIERIA DIVISION DE CIENCIAS DE LA TIERRA
	ESTUDIO HIDROGEOLOGICO DELTA DEL RIO BALSAS, MICHOACAN
PROFUNDIDAD DEL NIVEL ESTÁTICO FEBRERO - MARZO / 1982.	
YESIS PROFESIONAL JAI ME JOEL BUTEMPEREZ ARROYO MARIO RAFAEL SCHALES FLORES	
1984	PLANO 22151





SIMBOLOGIA

POZO MUESTREADO 
 SITIO MUESTREADO (SUPERFICIAL) 
 CURVA DE IGUAL PROFUNDIDAD DEL NIVEL ESTÁTICO 

ESCALA 1:25,000

800 metros 0
 EQUIDISTANCIA ENTRE CURVAS DE NIVEL: 20 METROS
 LA BASE TOPOGRAFICA FUE TOMADA DE LA CARTOGRAFIA BASICA DE LA ORETICAL
 HOJA LA MIRA E13880
 HOJA LAZARO CORDERAS E19 D18

un am	FACULTAD DE INGENIERIA
	DIVISION DE CIENCIAS DE LA TIERRA
ESTUDIO HIDROGEOLOGICO DELTA DEL RIO BALSAS, MICHOACAN	
PROFUNDIDAD DEL NIVEL ESTÁTICO ABRIL - MAYO / 1982	
TESIS PROFESIONAL JAIME JOEL BOUTERREZ ARROYO MANO RAFAEL ESCOBAR PLATA	
1986	PLANO N° 37



SIMBOLOGIA

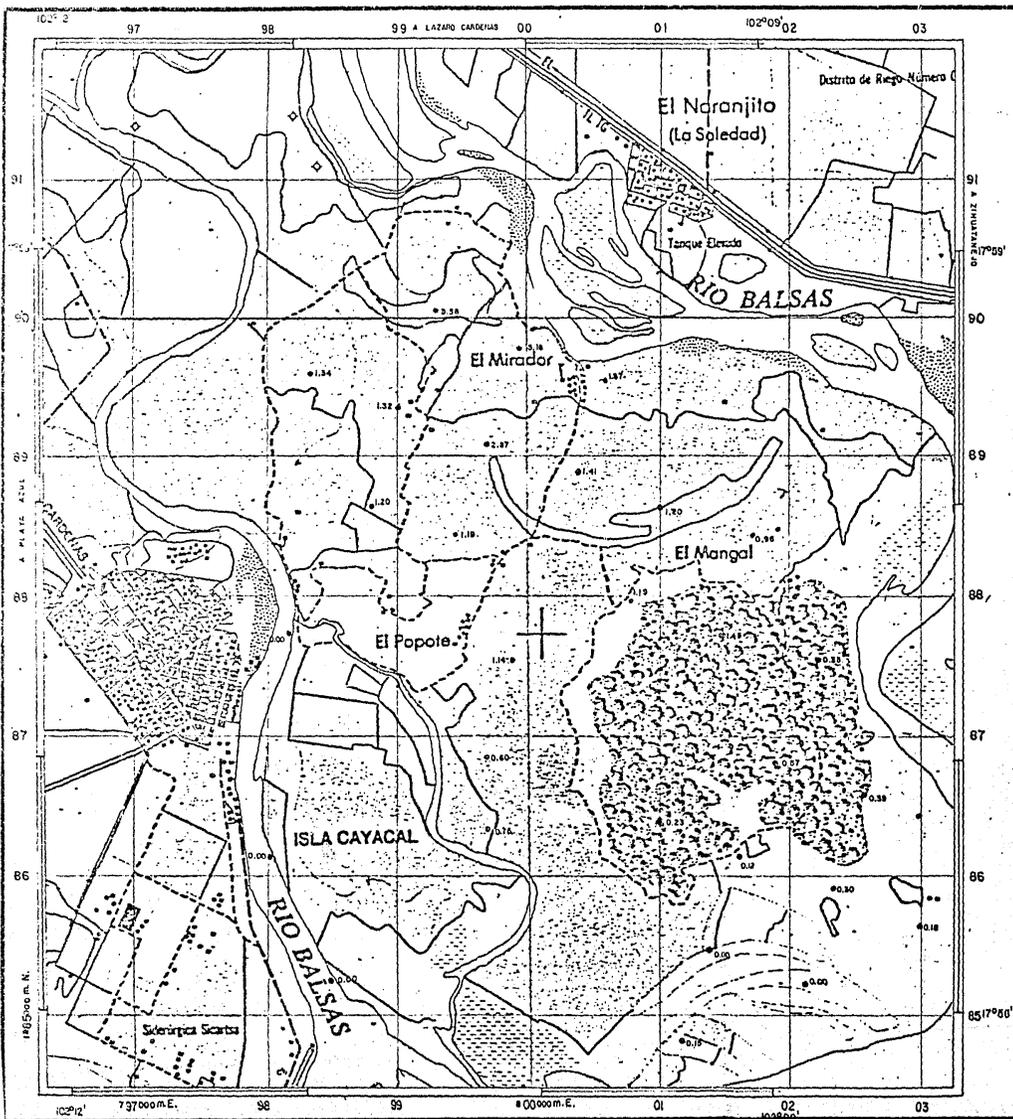
POZO MUESTREADO
SITIO MUESTREADO (SUPERFICIAL).

ESCALA 1:25,000

800 metros 0

EQUIDISTANCIA ENTRE CURVAS DE NIVEL: 20 METROS
LA BASE TOPOGRAFICA FUE TOMADA DE LA CARTOGRAFIA BASICA DE LA DGBRTAL
HOJA LA MIRA E18009
HOJA LAZARO CARDENAS E18108

un am	FACULTAD DE INGENIERIA DIVISION DE CIENCIAS DE LA TIERRA
	ESTUDIO HIDROGEOLOGICO DELTA DEL RIO BALSAS, MICHOACAN
PROFUNDIDAD DEL NIVEL ESTADICO A BRIL — MAYO DE 1964	
TESIS PROFESIONAL JAIPE JOEL GUTIERREZ ARROTO MARIO RAFAEL SONTALEZ FIGUEROA	
1964	PLANO VI.33.



SIMBOLOGIA

POZO MUESTREADO

SITO MUESTREADO (SUPERFICIAL)

CURVA DE IGUAL ELEVACION DEL NIVEL ESTATICO 2.0

ESCALA 1:25,000

800 metros 0

EQUIDISTANCIA ENTRE CURVAS DE NIVEL 20 METROS
LA BASE TOPOGRAFICA FUE TOMADA DE LA CARTOGRAFIA BASICA DE LA DGETENAL

HOJA LA NUBIA E12 85N
HOJA LAZARO CARDENAS E18 D19

un
am

FACULTAD DE INGENIERIA
DIVISION DE CIENCIAS DE LA TIERRA

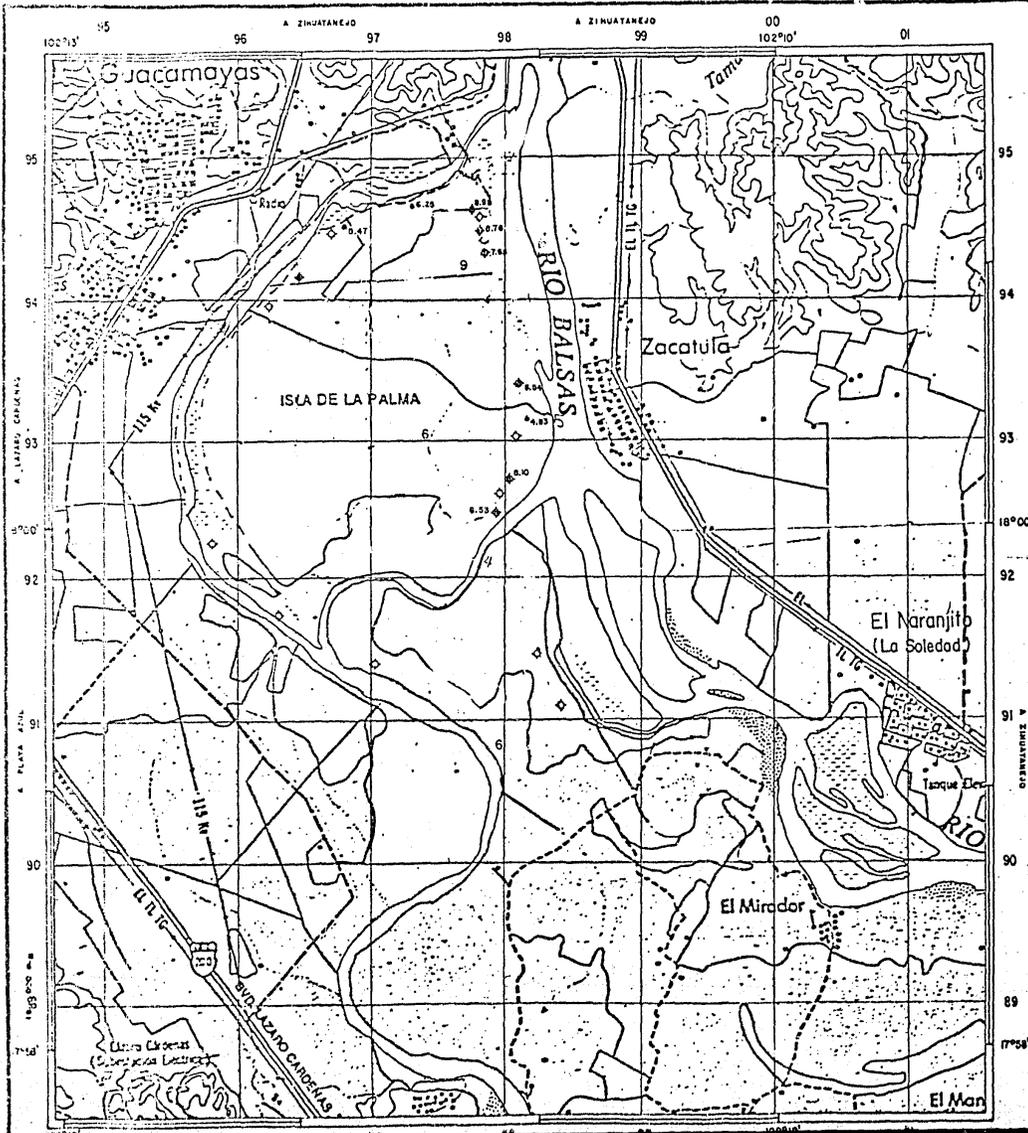
ESTUDIO HIDROGEOLOGICO
DELTA DEL RIO BALSAS, MICHOACAN

ELEVACION DEL NIVEL ESTATICO
ABRIL - MAYO 1980

TESIS PROFESIONAL
JAIME JOEL GUTIERREZ ARROYO - MANIO RAFAEL GONZALEZ PLORES

1984

PLANO III 3.6



SIMBOLOGIA

POZO MUESTREADO

SITIO MUESTREADO (SUPERFICIAL).

CURVAS DE IGUAL ELEVACION DEL NIVEL ESTÁTICO

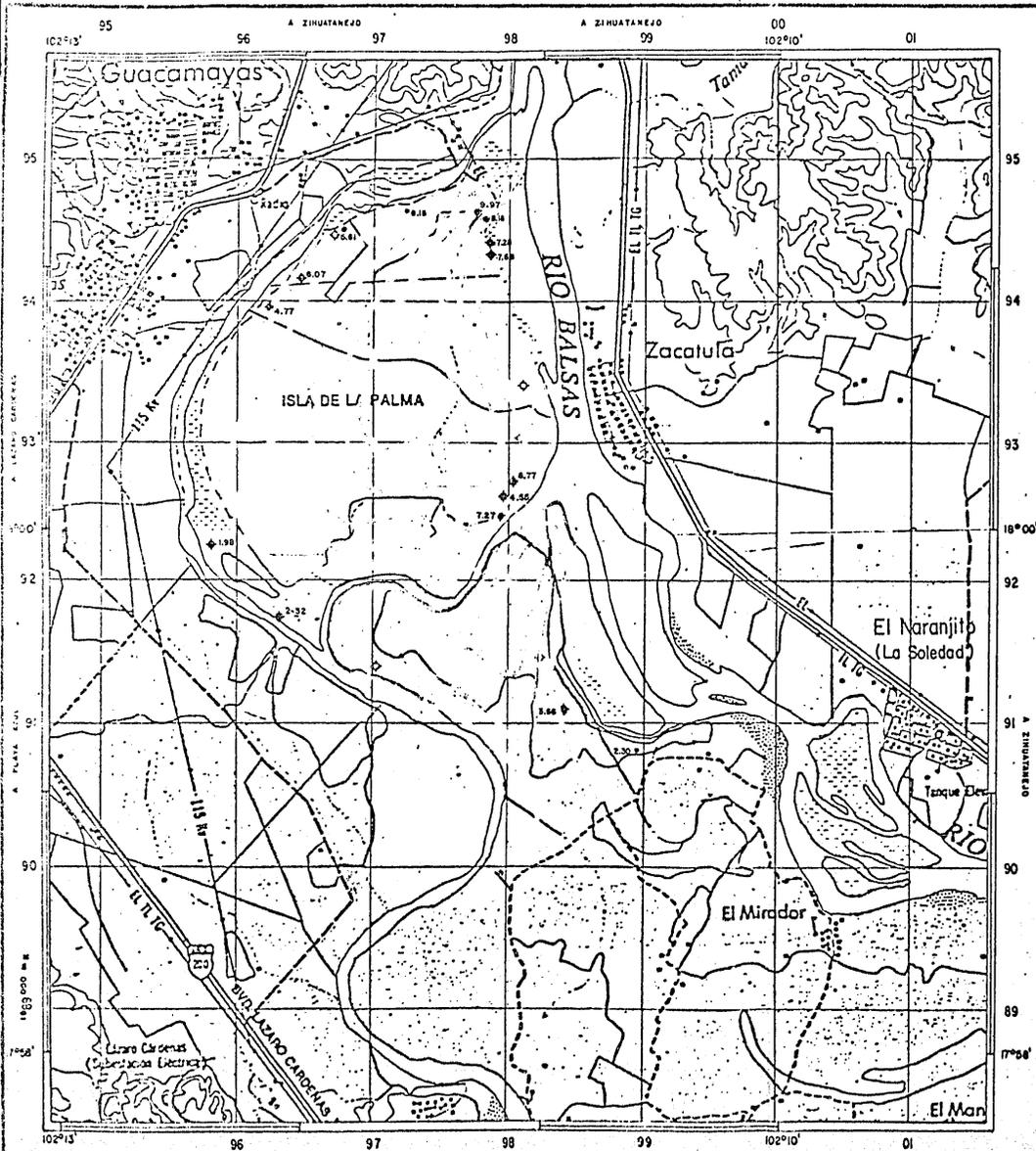


ESCALA 1:25,000

600 metros 0

EQUIDISTANCIA ENTRE CURVAS DE NIVEL: 20 METROS
 LA BASE TOPOGRAFICA FUE TOMADA DE LA CARTOGRAFIA BASICA DE LA OMBTF-AL
 HOJA LA MIRA E 13 889
 HOJA LAZARO CARDENAS E 13 810

	FACULTAD DE INGENIERIA DIVISION DE CIENCIAS DE LA TIERRA
	ESTUDIO HIDROGEOLOGICO DELTA DEL RIO BALSAS, MICHOACAN
ELEVACION DEL NIVEL ESTÁTICO OCTUBRE-NOVIEMBRE DE 1981	
TESIS PROFESIONAL JAIMÉ JOEL GUTIÉRREZ ARROYO MARIÓ RAFAEL GONZÁLEZ FIGUEROA	
1984	PLANO XX 3.6



SIMBOLOGIA

- POZO MUESTREADO 
- SITIO MUESTREADO (SUPERFICIAL). 
- CURVA DE IGUAL ELEVACION DEL NIVEL ESTatico 

ESCALA 1:25,000

600 METROS 0

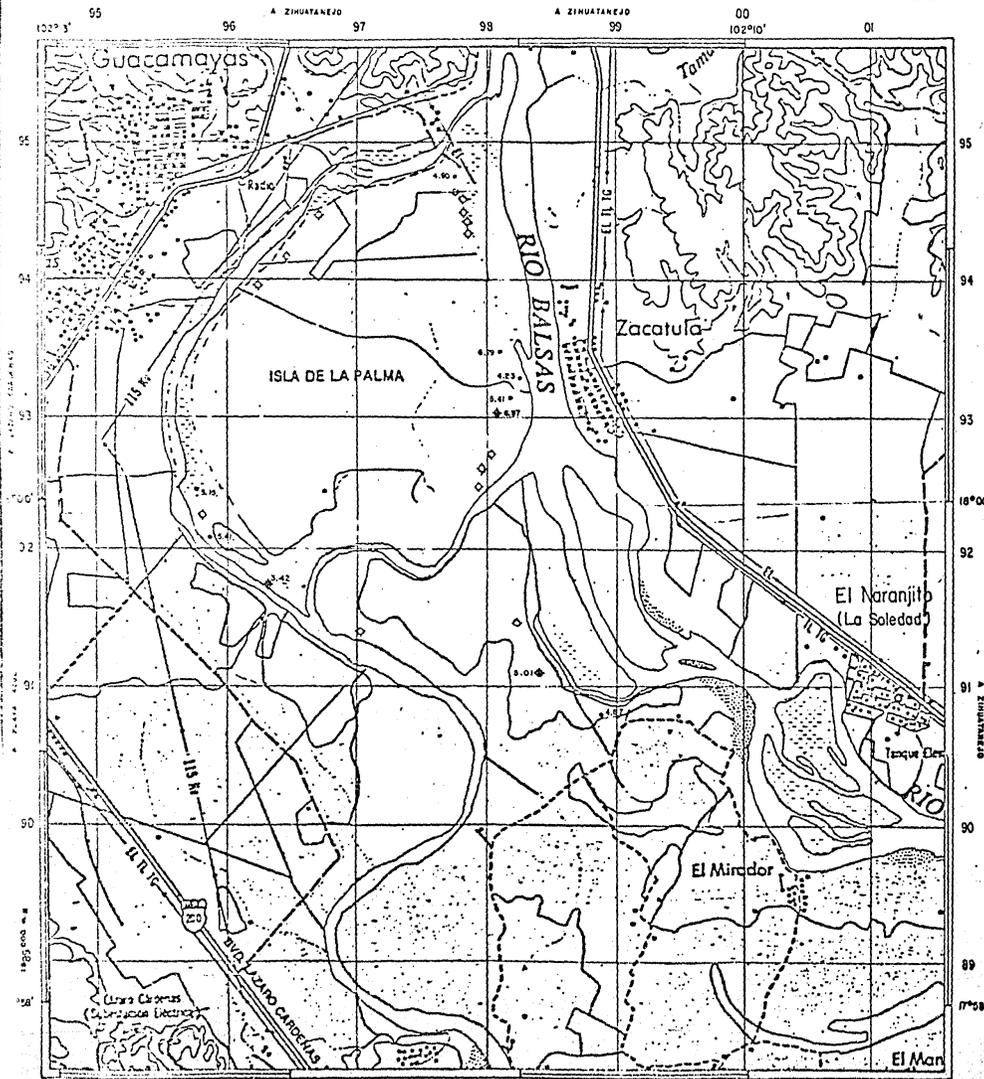
EQUIDISTANCIA ENTRE CURVAS DE NIVEL: 20 METROS

LA BASE TOPOGRAFICA FUE TOMADA DE LA CARTOGRAFIA BASICA DE LA COMENTRAL

HOJA LA MIRA E19889

HOJA LAZARO CARDENAS E19 D19

un am	FACULTAD DE INGENIERIA
	DIVISION DE CIENCIAS DE LA TIERRA
ESTUDIO HIDROGEOLOGICO DELTA DEL RIO BALSAS, MICHOACAN	
ELEVACION DEL NIVEL ESTatico DICIEMBRE/1981- ENERO / 1982.	
TESIS PROFESIONAL	
JAMES JOEL GUTIERREZ ARROYO MANIGRAFAEL GONZALEZ FLORES	
1986	PLANO 22 E.7



SIMBOLOGIA

POZO MUESTREADO

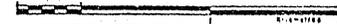
SITIO MUESTREADO (SUPERFICIAL).

CURVA DE IGUAL ELEVACION DEL NIVEL ESTÁTICO



ESCALA 1:25,000

800 metros 0

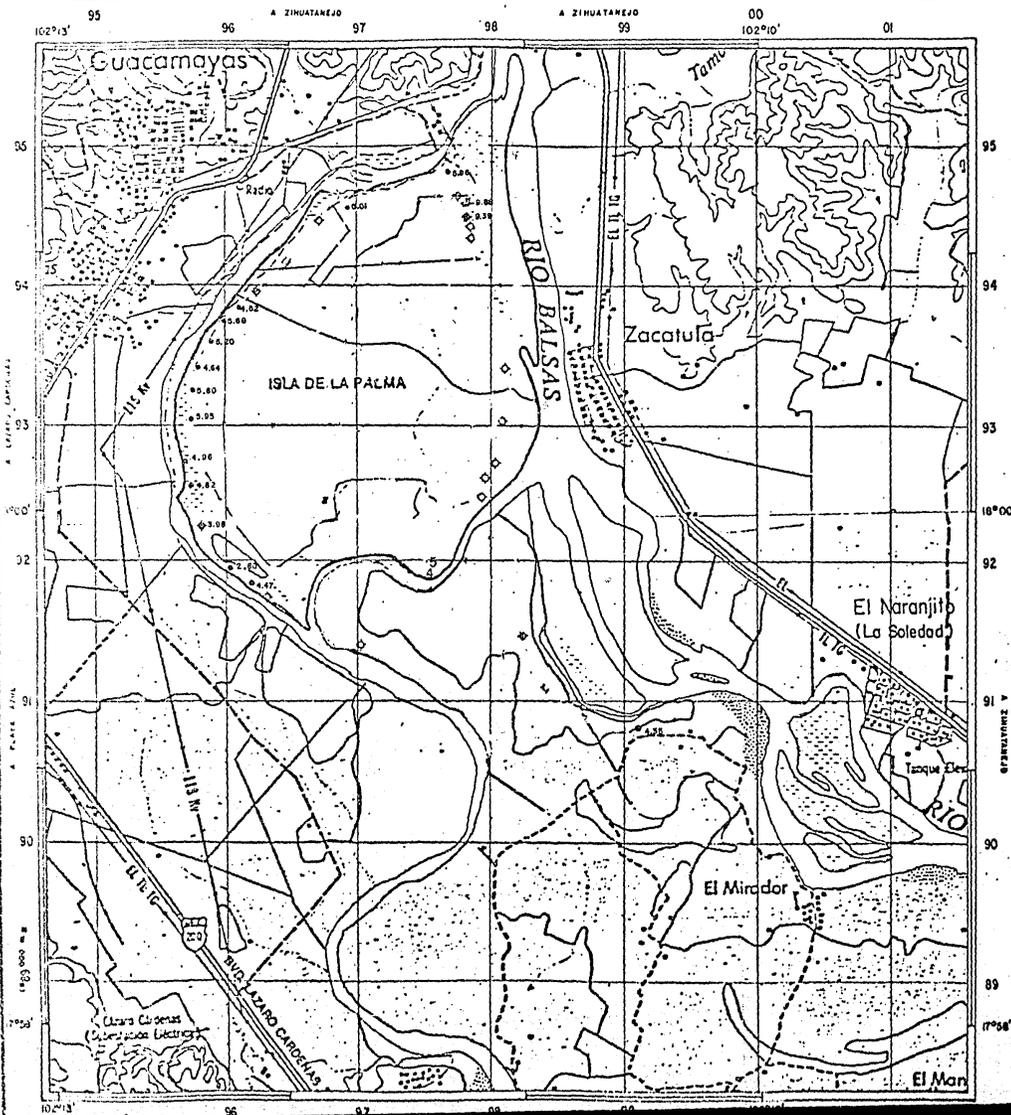


EQUIDISTANCIA ENTRE CURVAS DE NIVEL: 20 METROS
LA BASE TOPOGRAFICA FUE TOMADA DE LA CARTOGRAFIA BASICA DE LA OMBRELA

HOJA LA MIRA E18 988

HOJA LAZARO CORDERAS E18 918

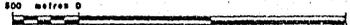
un am	FACULTAD DE INGENIERIA DIVISION DE CIENCIAS DE LA TIERRA
	ESTUDIO HIDROGEOLOGICO DELTA DEL RIO BALSAS, MICHOACAN
ELEVACION DEL NIVEL ESTÁTICO FEBRERO-MARZO DE 1982.	
TESIS PROFESIONAL L. JANE DEL BUTRPEZ ARAGO MARIO RAFAEL SORZALZE FLORES.	
1984	PLANO III 3.8



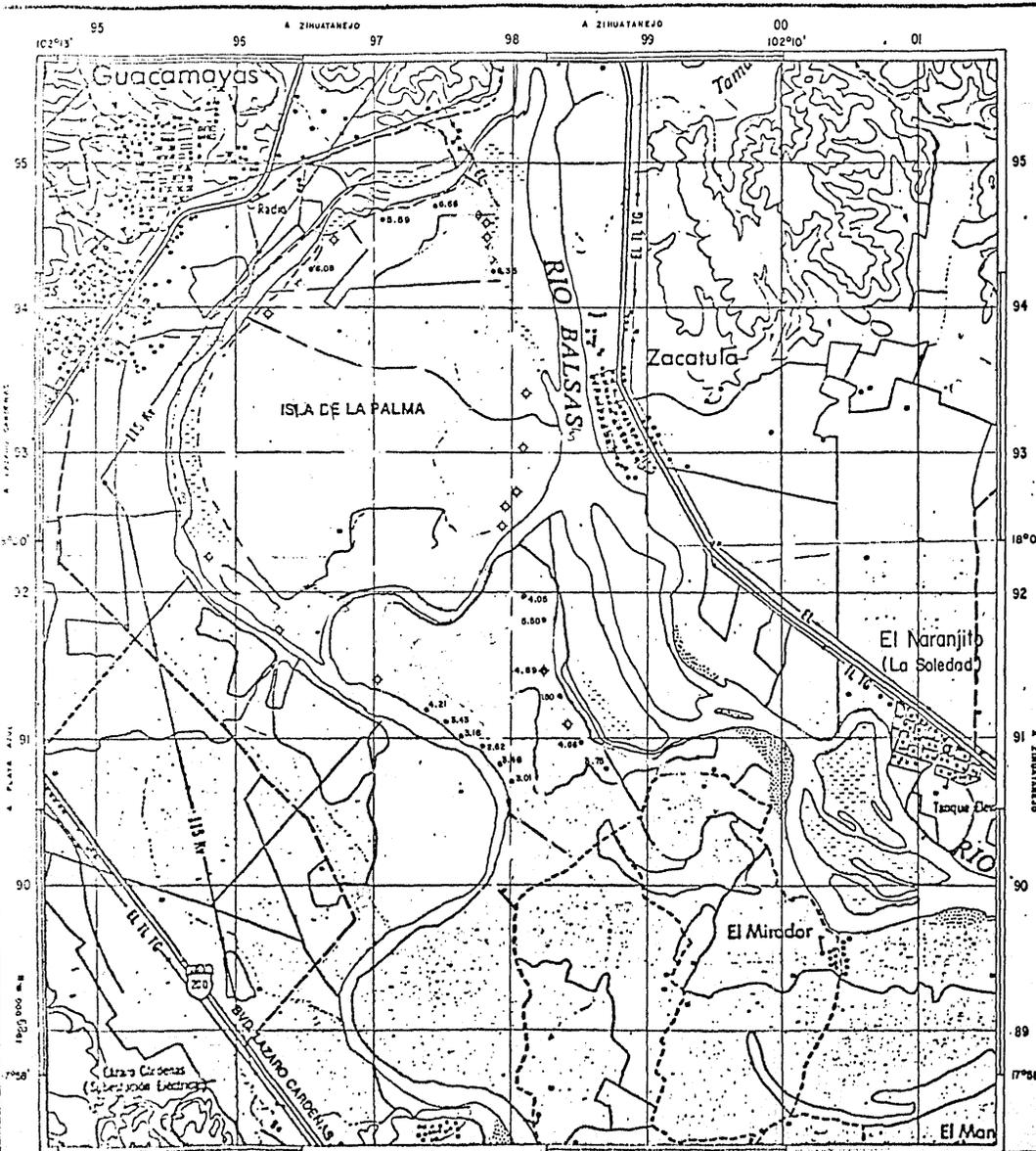
SIMBOLOGIA

- POZO MUESTREADO 
- SITIO MUESTREADO (SUPERFICIAL) 
- CURVA DE IGUAL ELEVACION DEL NIVEL ESTATICO 

ESCALA 1:25,000

800 METROS 0 
 EQUIDISTANCIA EN CURVAS DE NIVEL 20 METROS
 LA BASE TOPOGRAFICA FUE TOMADA DE LA CARTOGRAFIA BASICA DE LA DORTICAL
 HOJA LA MIRA E 19 889
 HOJA LAZARO CARDENAS E 19 D 19

	FACULTAD DE INGENIERIA DIVISION DE CIENCIAS DE LA TIERRA
	ESTUDIO HIDROGEOLOGICO DELTA DEL RIO BALSAS, MICHOACAN
ELEVACION DEL NIVEL ESTATICO ABRIL - MAYO DE 1982.	
TESIS PROFESIONAL JAMES JOEL BUTHPEZ ARROYO MANIO RAFAEL GONZALEZ FLORES	
1984	PLANO III-30



SIMBOLOGIA

- POZO MUESTREADO
- SITIO MUESTREADO (SUPERFICIAL).
- CURVA DE IGUAL ELEVACION DEL NIVEL ESTATICO



ESCALA 1:25,000

600 metros 0

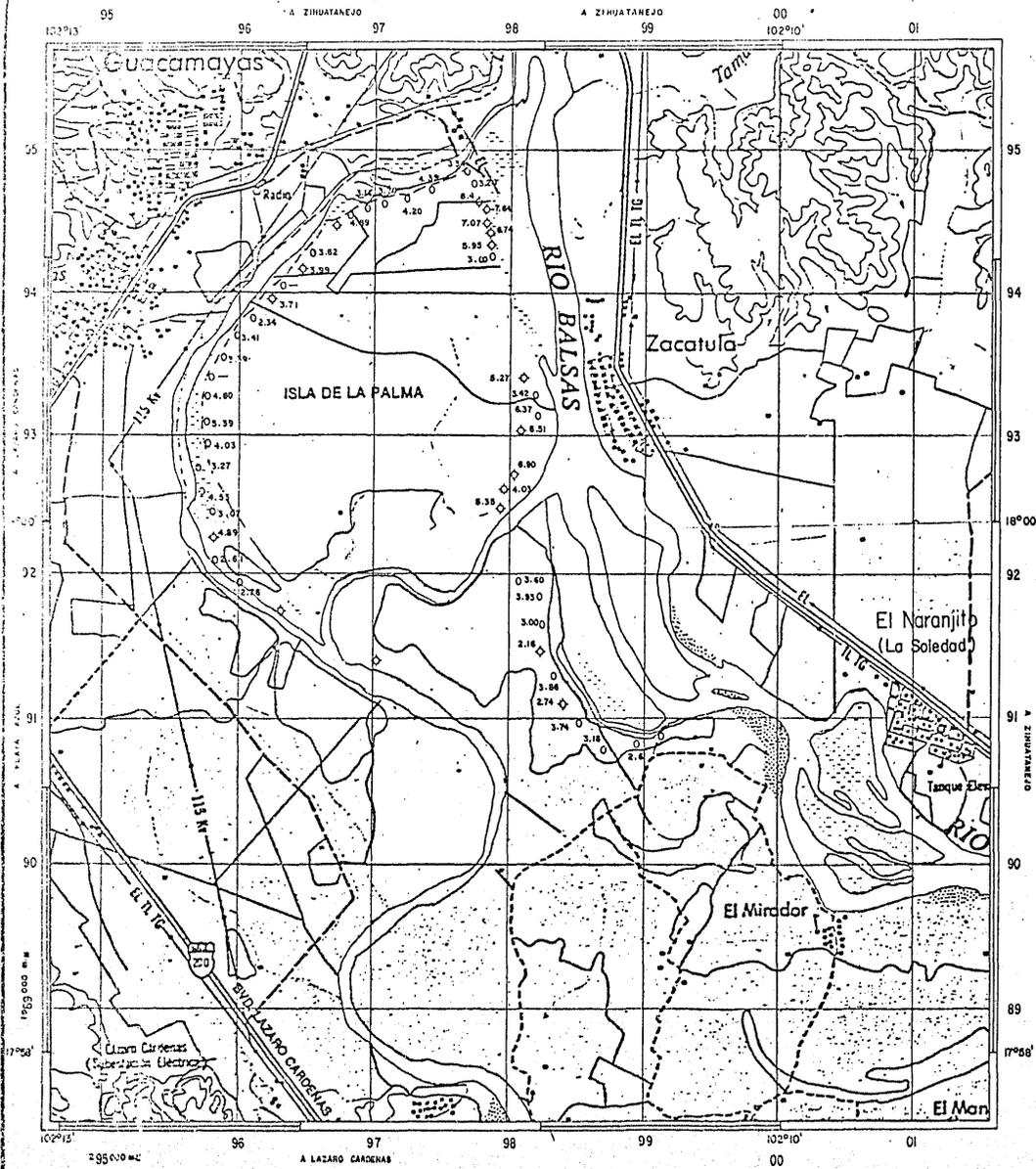
EQUIDISTANCIA ENTRE CURVAS DE NIVEL: 20 METROS

LA BASE TOPOGRAFICA FUE TOMADA DE LA CARTOGRAFIA BASICA DE LA COASTAL

HOJA LA MIRA E18888

HOJA LAZARO CARDENAS E18918

un am	FACULTAD DE INGENIERIA DIVISION DE CIENCIAS DE LA TIERRA
	ESTUDIO HIDROGEOLOGICO DELTA DEL RIO BALSAS, MICHOACAN
ELEVACION DEL NIVEL ESTATICO JUNIO - JULIO / 1982.	
TESIS PROFESIONAL JAIME JOEL GUTIERREZ ARROYO MARIO RAFAEL GONZALEZ FLORES	
1984	PLANO 22 110



SIMBOLOGIA

- POZO MUESTREADO
- SITIO MUESTREADO (SUPERFICIAL).

ESCALA 1:25,000

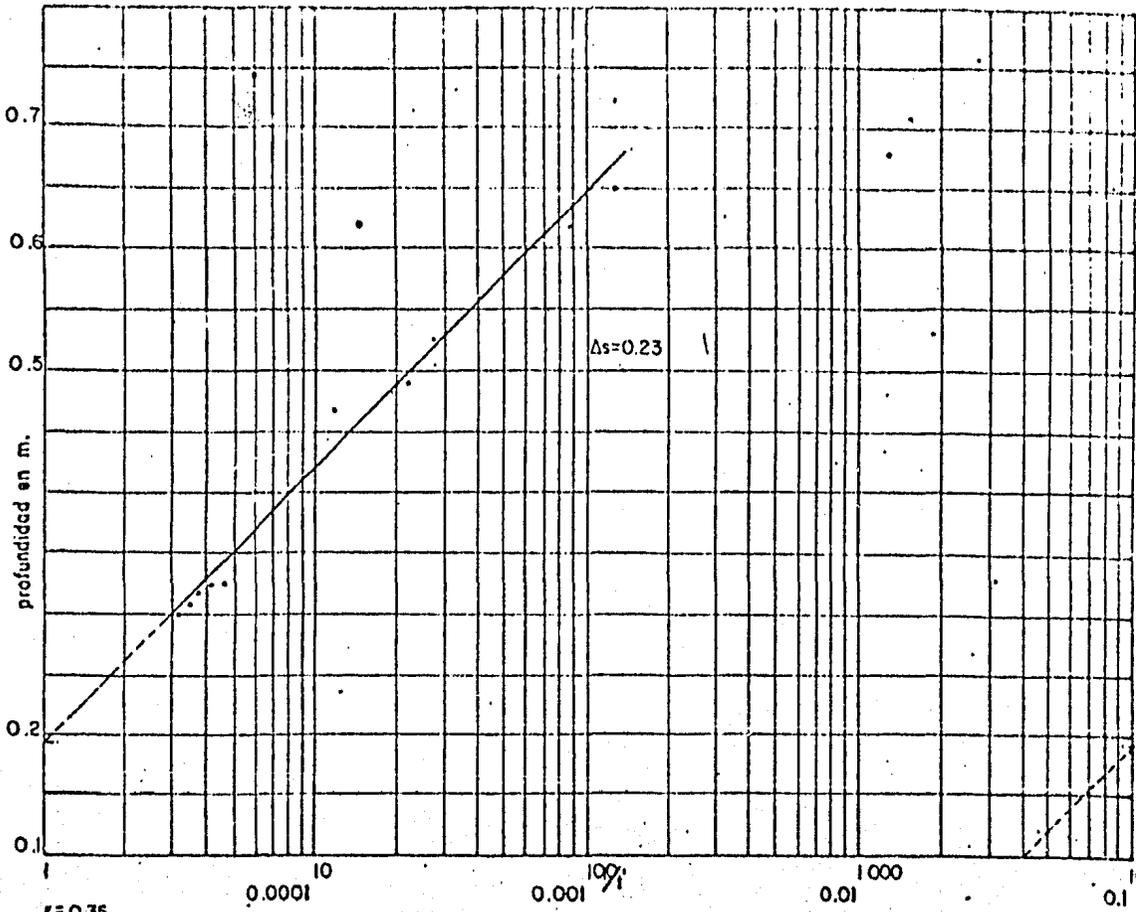


EQUIDISTANCIA ENTRE CURVAS DE NIVEL 20 METROS
 LA BASE TOPOGRAFICA FUE TOMADA DE LA CARTOGRAFIA BASICA DE LA OROGRAN
 HOJA LA MIRA E13889
 HOJA LAZARO CARDENAS E13819

un am	FACULTAD DE INGENIERIA DIVISION DE CIENCIAS DE LA TIERRA
	ESTUDIO HIDROGEOLOGICO DELTA DEL RIO BALSAS, MICHOACAN
ELEVACION DEL NIVEL ESTATICO ABRIL - MAYO 1984.	
T E S I S P R O F E S I O N A L JAIME JOEL GUTIERREZ ARROYO MARIO RAFAEL RONCALIZ FLORES	
1984	PLANO VI. 3. II.

GRAFICA DE TIEMPO DE RECUPERACION

POZO 33 Fecha dic/81
 LUGAR I. La Palma Mich. INTRACION 10 m.
 CAUDAL 2826 lps. y DESCARGA 8"
 PROF. 20 m. CAUDAL ESPECIFICO 7.22 lps/m.



HORA	TIEMPO ACUMULADO EN HRS	PROF. ALN. ACUENNA	1/r
1520			
15205	0.5	0.76	2641.
1521	1.0	0.68	1321
1530	10.0	0.65	133
1535	15.0	0.62	89
1570	50.0	0.53	27.4
1580	60.0	0.49	23
1440	120.0	0.47	12
1680	360.0	0.33	4.6
1740	420.0	0.33	4.1
1800	480.0	0.32	3.75
1860	540.0	0.31	3.4
1920	600.0	0.30	3.2

$r = 0.35$
 $T = 19.89 \times 10^{-3} \text{ m}^2/\text{seg}$
 $Q = 25 \text{ lps.}$
 $S = 1.41$
 $b = 0.04$

$T = \frac{0.183 Q}{\Delta s}$
 $S = \frac{225 T \cdot b}{r^2}$

$T = \frac{0.183 \times 25 \times 10^{-3}}{0.23}$
 $S = \frac{(225)(0.01989)(0.04)}{0.12645}$

$T = 19.89 \times 10^{-3} \text{ m}^2/\text{seg}$
 $S = 1.41$

OBSERVACIONES

GRAFICA VI. 6.1.

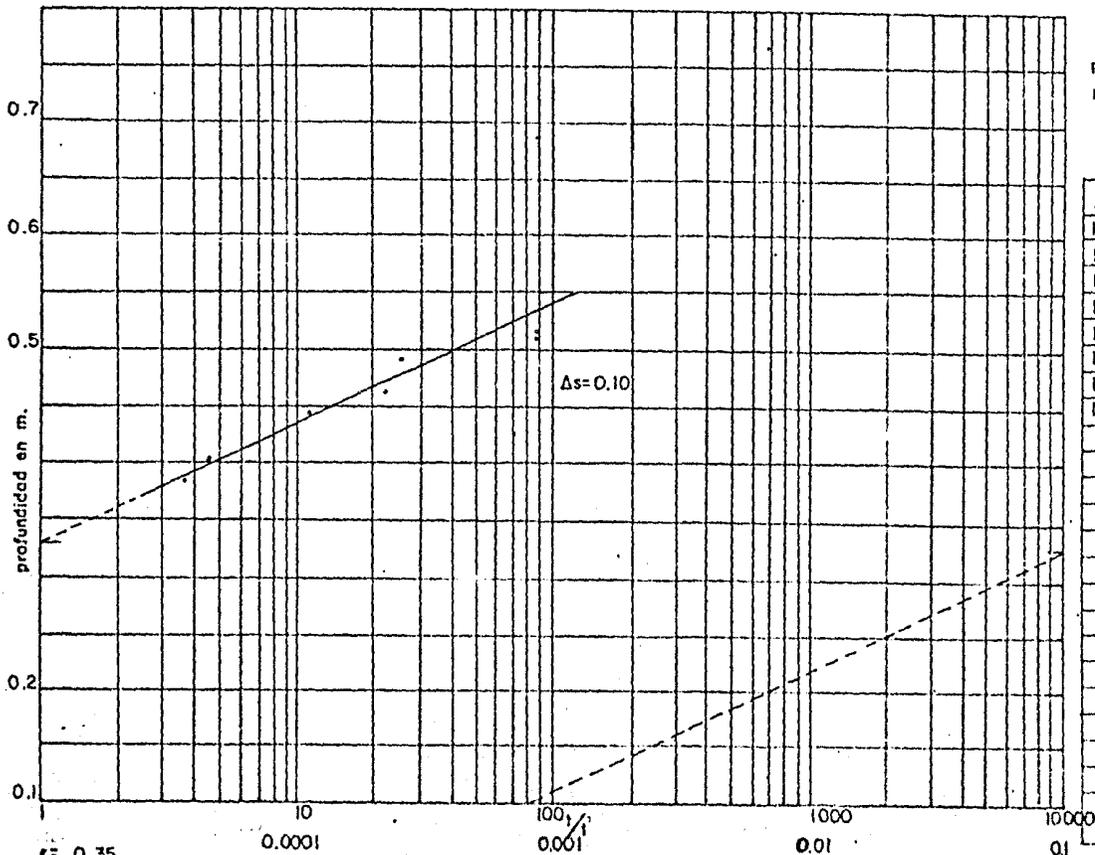
GRAFICA DE PRUEBA DE RECUPERACION
ETAPA DE RECUPERACION

POZO OBS(250m) FICHA dia/81
LUGAR L. La Palma Mich. DURACION 8 Hs.
CAUDAL ___ lps. Ø DESCARGA ___ H.E. ___ m.
PROF. 5 m. CAUDAL ESPECIFICO ___ lps./m.

T HORA	TIEMPO AQU SAR EN MIN	PROF. AL N. AGUA EN M.	1/r
1320			
1325	15	0.51	89
1370	50	0.49	27.4
1380	60	0.46	23
1440	120	0.44	12
1680	360	0.40	4.6
1740	420	0.39	4.1
1800	480	0.38	3.75

OBSERVACIONES

GRAFICA No. 1



$r = 0.35$

$T = 45.75 \times 10^{-3} \text{ m}^2/\text{seg}$

$Q = 25 \text{ lps.}$

$S = 0.06$

$b = 0.0008$

$T = \frac{0.183Q}{\Delta s}$

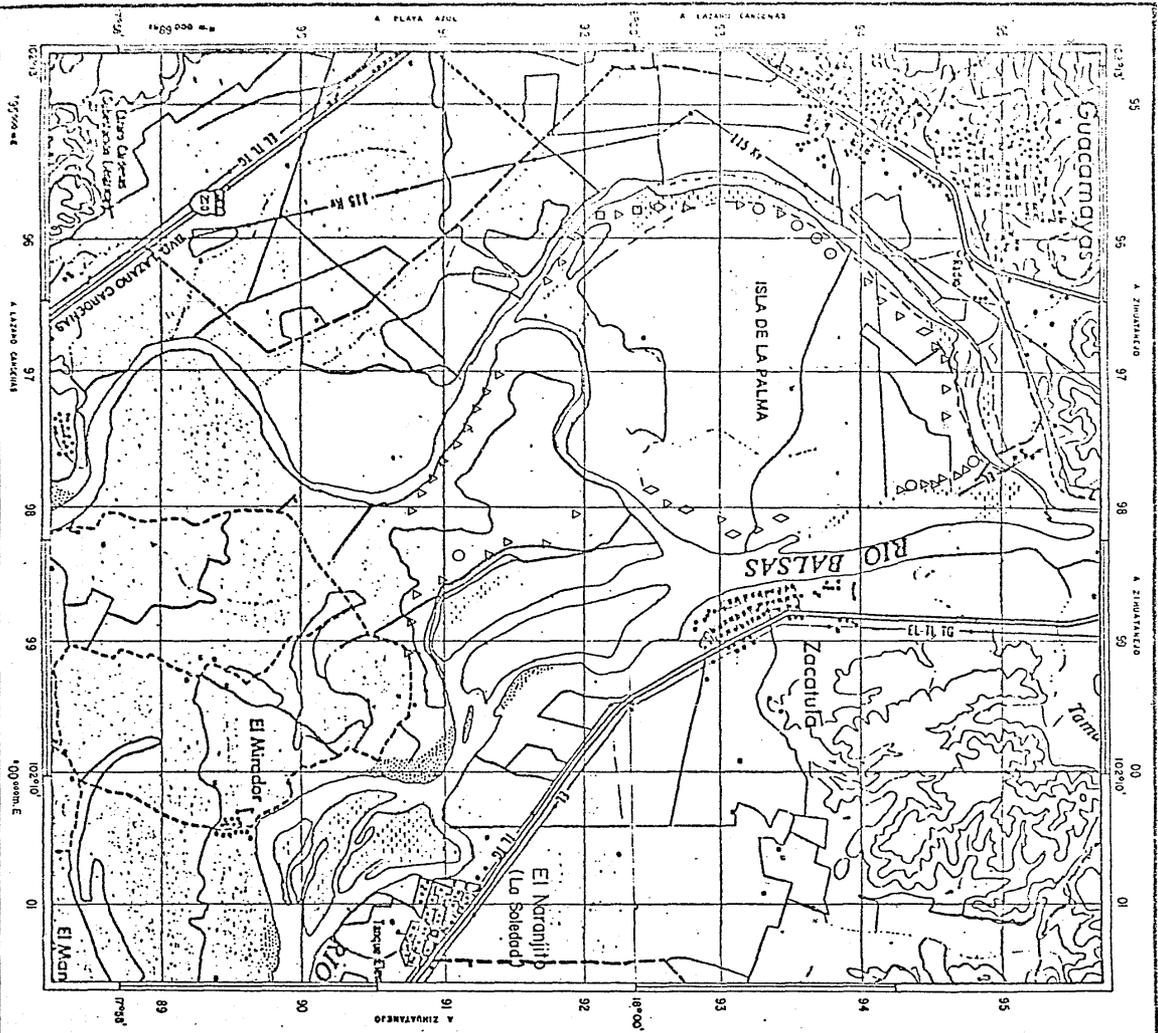
$S = \frac{2.25T \cdot b}{r^2}$

$T = \frac{0.183 \times 25 \times 10^{-3}}{0.10}$

$S = \frac{2.25 (0.04575) (0.0008)}{0.12645}$

$T = 45.75 \times 10^{-3} \text{ m}^2/\text{seg}$

$S = 0.06$



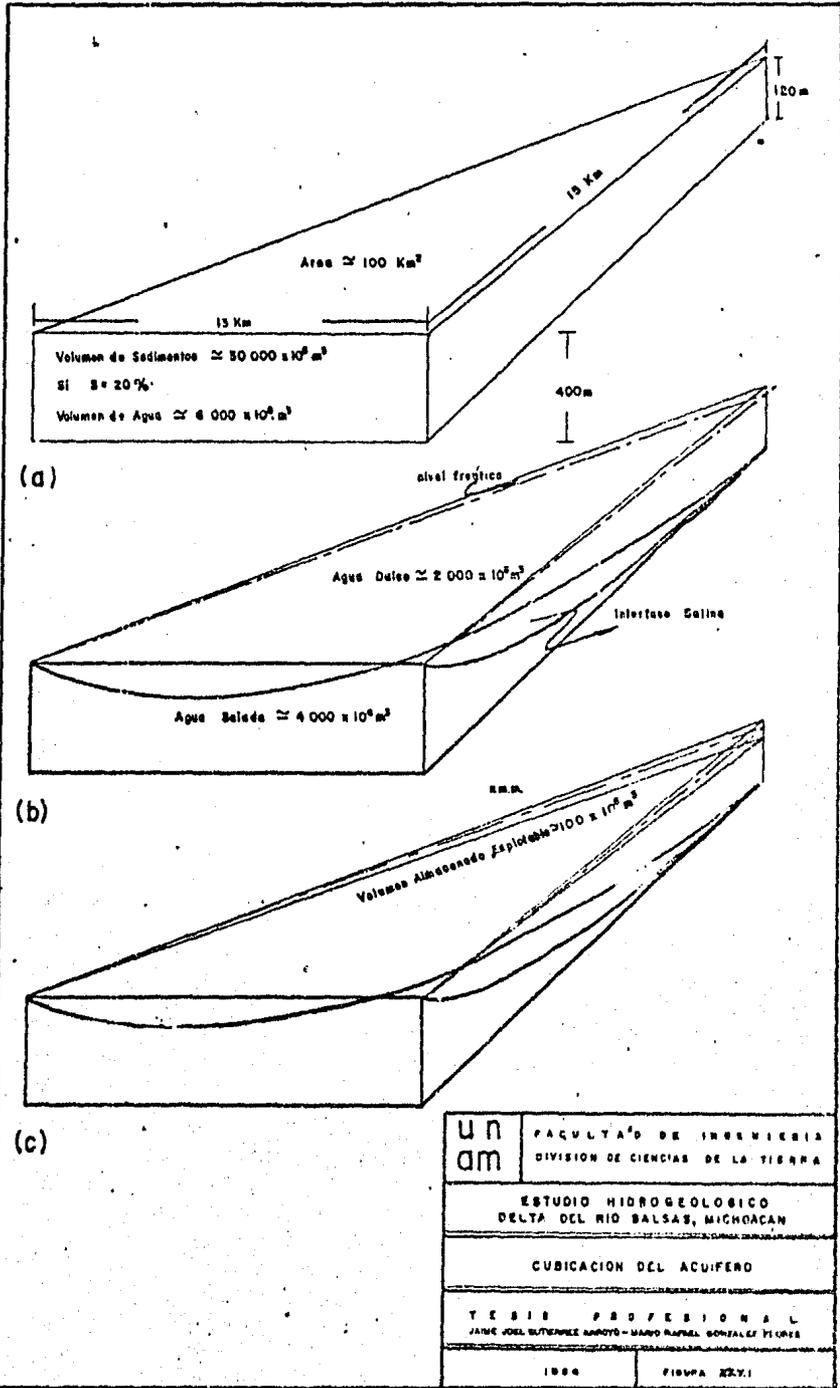
SIMBOLOGIA

- < 5 lbs/m.
- △ 5 < Qr < 20 lbs/m.
- ◇ 20 < Qr < 40 lbs/m.
- Qr > 70 lbs/m.

ESCALA 1:25,000

500 metros
 EQUIVALENCIA ENTRE CUBAS DE VOLUMEN DE TIERRA Y CUBAS DE TIERRA
 LA BASE TOPOGRAFICA DEL TERMINO DE LA CAMPESIA, MARCA DE LA COMITIA.
 NOTA: LA VIDA 119 888
 NOTA: LADO SUR DE LA 519 978

UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE MEXICO	
FACULTAD DE INGENIERIA	
DIVISION DE CIENCIAS DE LA TIERRA	
UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE MEXICO	
ESTUDIO HIDROGEOLOGICO DELTA DEL RIO BALSAS, MICHOACAN	
CAUDALES ESPECIFICOS	
TESIS PROFESIONAL	
HECHO EN EL CENTRO DE INVESTIGACIONES HIDROLOGICAS	
1984	PLANO N° 51



un am	FACULTAD DE INGENIERIA
	DIVISION DE CIENCIAS DE LA TIERRA
ESTUDIO HIDROGEOLOGICO	
DELTA DEL RIO BALSAS, MICHOACAN	
CUBICACION DEL ACUIFERO	
TESIS PROFESIONAL	
JAIRO JOEL SUAREZ ARROYO - MARCO RAFAEL GONZALEZ VICIOS	
1984	FIGURA XXV.1

CAPITULO VII
HIDROGEOQUIMICA

LA INTERPRETACION GEOQUÍMICA DE AGUA SUBTERRÁNEA, SE UTILIZA JUNTO CON LA GEOLOGÍA, HIDROLOGÍA Y GEOFÍSICA, COMO UN AUXILIAR PARA CONOCER O ENTENDER EN UNA FORMA MÁS COMPLETA EL FUNCIONAMIENTO DE LOS ACUÍFEROS Y LA PLANEACIÓN DE UNA Y MÁS RACIONAL EXPLOTACION. (J. MANUEL LESSER, 1978).

PARA EFECTUAR LA PRESENTE INTERPRETACIÓN GEOQUÍMICA, SE TOMÓ EN CUENTA QUE, EL AGUA QUE FORMA ACUÍFEROS DELTÁICOS, PROVIENE PRINCIPALMENTE DE LOS VOLÚMENES DE AGUA SUPERFICIAL QUE SE INFILTRAN POR EL CAUCE DEL RÍO BALSAS, Y EN MENOR MEDIDA POR EL AGUA DE LLUVIA COMO QUEDÓ ASENTADO EN EL INCISO III.6. AL CIRCULAR POR EL SUBSUELO, EL AGUA ENTRA EN CONTACTO CON DIVERSAS ROCAS, DISSOLVIENDO LAS SALES MINERALES QUE LAS FORMAN, PRODUCIENDO CAMBIOS EN SU COMPOSICIÓN ORIGINAL. ASÍ LA QUÍMICA DEL AGUA DEPENDE DE LA COMPOSICIÓN DE LAS ROCAS POR LAS QUE CIRCULA Y DE SU SOLUBILIDAD Y FACTORES QUE LA AFECTAN, COMO SON: -- LAS TEMPERATURAS DEL AGUA Y LAS ROCAS, EL ÁREA DE CONTACTO DEL AGUA CON LAS FORMACIONES, LA VELOCIDAD DE CIRCULACIÓN, LA LONGITUD DEL RECORRIDO, LA PREVIA COMPOSICIÓN QUÍMICA DEL AGUA, GRADO DE AIREACIÓN, PERMEABILIDAD, ETC. (DAVIS Y DEWIESE 1965).

POR LO TANTO, LA COMPOSICIÓN DEL AGUA ESTÁ EN ÍNTIMA RELACIÓN CON EL FUNCIONAMIENTO GENERAL DEL ACUÍFERO. ES POR ELLO QUE, A PARTIR DE SU COMPOSICIÓN QUÍMICA, SE PUEDE OBTENER LA DIRECCIÓN DEL MOVIMIENTO DEL AGUA SUBTERRÁNEA, LA LOCALIZACIÓN DE LAS ZONAS DE RECARGA DEL ACUÍFERO, LOS TIPOS DE ROCAS A TRAVÉS DE LAS CUALES CIRCULA, ASÍ COMO ALGUNAS CARACTERÍSTICAS FÍSICAS DEL ACUÍFERO Y LA CALIDAD DEL AGUA PARA LOS DIVERSOS USOS (JUÁN MANUEL LESSER, 1978).

A LO LARGO DE LA LÍNEA DE COSTA, EL AGUA DE LOS ACUÍFEROS DELTÁICOS, SE ENCUENTRA EN CONTACTO CON EL AGUA DE MAR, EL CONTACTO ENTRE ESTAS MASAS DE AGUA, SE ENCUENTRA EN EQUILIBRIO, EL QUE PUEDE ROMPERSE DE NO PROGRAMARSE UNA EXPLOTACIÓN RACIONAL DEL AGUA DULCE.

EN EL PRESENTE CAPÍTULO, SE PRETENDEN SEÑALAR LAS CONDICIONES EN LAS QUE SE ENCUENTRA EL AGUA CONTENIDO EN LOS ACUÍFEROS DELTÁICOS DEL BALSAS, Y DAR UNA EXPLICACIÓN A LAS DISTRIBUCIONES Y FENÓMENOS QUE OCURREN EN ELLOS, -- PROCEDIÉNDOSE DE LA SIGUIENTE MANERA:

DURANTE EL PERÍODO 1980-1982, SE RECOLECTARON 17 MUESTRAS DE AGUA SUBTERRÁNEA PROCEDENTES DE POZOS PERFORADOS RECIENTEMENTE EN LA ISLA DE LA PALMA, Y MUESTRAS DE AGUA SUPERFICIAL DEL PROPIO RÍO, SEGÚN SE MUESTRA EN LAS TABLAS VII.1.1, VII.1.2, Y EN EL PLANO VII.1.1. POSTERIORMENTE, SE ENVIARON AL LABORATORIO DE LA S.A.R.H., PARA SU ANÁLISIS FÍSICO-QUÍMICO, UNA VEZ OBTENIDOS --

LOS RESULTADOS, SE ORGANIZARON Y CLASIFICARON PARA POSTERIORMENTE EFECTUAR LOS CÁLCULOS NECESARIOS EN SU INTERPRETACIÓN Y FINALMENTE, SE ELABORARON DIAGRAMAS Y CURVAS DE ISOVALORES EN EL PLANO BASE.

LA INTERPRETACIÓN SE LLEVÓ A CABO CON 26 ANÁLISIS Ó SEA UNO POR APROVECHAMIENTO, CON LOS QUE SE ELABORARON CURVAS DE ISOVALORES DE S.T.D., SO_4^{2-} , Cl^- , CO_3^{2-} Y CO_3^{2-} , Ca^{++} , Mg^{++} Y Na^+ , GRAFICÁNDOSE LOS ANIONES Y CATIONES DETERMINADOS EN DIAGRAMAS DE PALMER-PIPPER, A FIN DE OBTENER LA CORRELACIÓN DE LAS AGUAS EN EL ACUÍFERO DELTÁICO.

VII.2 INTERPRETACION HIDROGEOQUIMICA.

VII.2.1 SÓLIDOS TOTALES DISUELTOS (S.T.D.)

LOS SÓLIDOS TOTALES DISUELTOS, REPRESENTAN EL RESIDUO QUE QUEDA AL EVAPORAR CIERTA CANTIDAD DE AGUA, NO SON REPRESENTATIVOS DE LA SUMA DE LAS CONCENTRACIONES DE LOS DIFERENTES ELEMENTOS ANALIZADOS, YA QUE DURANTE LA EVAPORACIÓN EN EL LABORATORIO, LOS SÓLIDOS VOLÁTILES SE PIERDEN Y LOS BICARBONATOS SE CONVIERTEN EN CARBONATOS, TAMBIÉN QUEDA RETENIDA CIERTA CANTIDAD DE AGUA DE CRISTALIZACIÓN QUE NO ALCANZA A EVAPORARSE, POR LO TANTO, EL VALOR DE LOS S.T.D., SÓLO PROPORCIONA UN MEDIO DE ATAQUE DEL AGUA SOBRE LAS FORMACIONES GEOLÓGICAS Y DE LA SOLUBILIDAD Y FACILIDAD DE REMOCIÓN DE LAS SALES DEL SUBSUELO. (DAVIS Y DE Wiest, 1966).

EL PLANO VII.2.1, MUESTRA LA CONFIGURACIÓN DE LAS CURVAS DE IGUAL CONTENIDO DE S.T.D. LOS VALORES OBTENIDOS DE LAS MUESTRAS DE AGUAS SUPERFICIALES VARIAN ENTRE 300 PPM Y 413 PPM, Y LAS DEL SUBSUELO ENTRE 178 PPM Y 488 PPM. EL COMPORTAMIENTO MÁS O MENOS PARALELO AL CAUCE DEL RÍO, INCREMENTADO EL CONTENIDO DE S.T.D. HACIA LAS ZONAS MÁS ALEJADAS DEL CAUCE Y HACIA LA COSTA, CORROBORA LA PREMISA HECHA AL INICIO DEL CAPÍTULO, EN CUANTO A QUE EL RÍO ES LA PRINCIPAL FUENTE DE RECARGA DEL ACUÍFERO.

HACIA EL CENTRO DE LA ISLA DE LA PAMA, SE OBSERVA UNA CONCENTRACIÓN MAYOR DE S.T.D., PRINCIPALMENTE HACIA LA ESQUINA INFERIOR DERECHA (POZOS 51, 52 Y 53), PROBABLEMENTE DEBIDA A LA PRESENCIA DE SEDIMENTOS MÁS SOLUBRES. EL PAULATINO INCREMENTO DE S.T.D. HACIA EL MAR, TAMBIÉN INDICA LA DIRECCIÓN DEL FLUJO SUBTERRÁNEO.

VII.2.2 IÓN SULFATO (SO_4^{2-})

EL IÓN SULFATO PROCEDE DEL LAVADO DE TERRENOS FORMADOS EN CONDICIONES DE GRAN ARIDEZ O EN AMBIENTE MARINO DE LA OXIDACIÓN DE SULFUROS PRESEN-

TES EN LAS ROCAS IGNEAS METAMÓRFICAS O SEDIMENTARIAS. LA DISOLUCIÓN DE YESO Y ANHIDRITA, TAMBIÉN CONTRIBUYE A LA APORTACIÓN DE SULFATOS EN EL AGUA DEL SUBSUELO; LAS ACTIVIDADES URBANAS E INDUSTRIALES Y EN OCASIONES AGRÍCOLAS, PUEDEN APORTAR CANTIDADES IMPORTANTES (CUSTODIO Y LLAYAS, 1976).

EN EL PLANO VII.2.2, SE DIBUJARON LAS CURVAS DE ISOSULFATOS CUYOS VALORES VARÍA ENTRE 40 PPM (POZO 45), Y 116 PPM (POZO 52). FORMÁNDOSE CURVAS SEMEJANTES A LOS DE S.T.D., LO QUE RECONFIRMA LA INFLUENCIA DEL RÍO. ESTOS VALORES EXCEDEN LIGERAMENTE A LOS PROMEDIOS OBTENIDOS POR DAVIS Y DE WIEST, (1966) PARA AGUAS SUBTERRÁNEAS ASOCIADAS CON ROCAS IGNEAS Y METAMÓRFICAS O DE SEDIMENTOS DE ELLAS DERIVADAS (100 PPM EN PROMEDIO), LO QUE PODRÍA DEBERSE A LA INFLUENCIA LOCAL DE DESECHOS INDUSTRIALES DE LOS YACIMIENTOS FERRÍFEROS DE LA REGIÓN Ó BIEN A LA DISOLUCIÓN DE LOS MINERALES SULFATADOS PRESENTES EN LOS DEPÓSITOS CLÁSTICOS QUE CONSTITUYEN EL ACUÍFERO.

VII.2.3 IÓN CLORURO (Cl^-)

LA MAYOR PARTE DEL CLORURO QUE SE ENCUENTRA EN LAS AGUAS SUBTERRÁNEAS, PUEDE PROCEDER DE LAS SIGUIENTES FUENTES; 1) DEL AGUA MARINA DE SEDIMENTACIÓN ATRAPADA EN EL INTERIOR DE LOS SEDIMENTOS, 2) DE LA DISOLUCIÓN DE SAL COMÚN Y DE LOS MINERALES AFINES QUE EXISTEN EN LAS FORMACIONES EVAPORÍTICAS, 3) DE LA CONCENTRACIÓN DE EVAPORACIÓN DE LOS CLORUROS EXISTENTES EN LAS AGUAS DE LLUVIA Y 4) DE LA DISOLUCIÓN DE LAS PARTÍCULAS DE MATERIAL SÓLIDOS EXISTENTES EN LA ATMÓSFERA, ESPECIALMENTE EN LAS REGIONES ÁRIDAS Y ZONAS COSTERAS. — LAS AGUAS SUBTERRÁNEAS POCO PROFUNDAS DE LAS REGIONES LLUVIOSAS, CONTIENEN POR LO GENERAL MENOS DE 30 PPM DEL IÓN CLORURO, MIENTRAS QUE EN LAS REGIONES ÁRIDAS, POR EL CONTRARIO, SON FRECUENTES LAS CONCENTRACIONES EN IÓN CLORURO SUPERIORES A 1 000 PPM, (DAVIS Y WIEST, 1966),

EN EL PLANO VII.2.2, SE OBSERVA QUE LAS CURVAS DE ISOCLORUROS, TAMBIÉN TIENEN UN COMPORTAMIENTO SIMILAR A LOS DE S.T.D., LOS VALORES EXTREMOS REPORTADOS PARA LAS AGUAS SUPERFICIALES SON 8 PPM (ÁPICE DEL DELTA), Y 50 PPM (ENTRE LOS POBLADOS DE ZACÁTULA Y EL HARANJITO); MIENTRAS QUE PARA LAS AGUAS SUBTERRÁNEAS ENTRE 5 PPM (POZO 51), Y 22 PPM (POZO 56), ESTAS CARACTERÍSTICAS INDICAN DE NUEVA CUENTA, QUE LAS AGUAS SUBTERRÁNEAS SON DE RECIENTE INFILTRACIÓN, Y PROVENIENTES DEL RÍO,

HASTA LA ALTURA DEL DELTA, DONDE FUERON OBTENIDAS LAS MUESTRAS DE AGUA, NO SE OBSERVA INFLUENCIA ALGUNA DEL AGUA DE MAR.

VII.2.4 IONES BICARBONATOS Y CARBONATOS ($CO_3^{H^-}$ Y $CO_3^{O^-}$)

LA MAYORÍA DE LOS IONES CARBONATO Y BICARBONATO DE LAS AGUAS SUBTERRÁNEAS, SON DEBIDOS A LA DISOLUCIÓN DEL CO_2 ATMOSFÉRICO O DEL SUELO, ASÍ COMO A LA DISOLUCIÓN DE CALIZAS Y DOLOMITAS, AYUDADA POR EL CO_2 Y/O ÁCIDOS NATURALES (HÚMICOS, OXIDACIÓN DE SULFUROS, ETC.) LA DISOCIACIÓN DE LOS IONES BICARBONATO EN CARBONATO, COMIENZA A TENER REALMENTE EFECTO A PARTIR DE UN VALOR DE PH MAYOR A 8.3, VALOR QUE RARAS VECES EN REBASADO POR LAS AGUAS NATURALES; POR LO QUE RARAS VECES SE TIENE CANTIDADES IMPORTANTES DE IÓN CARBONATO ($\text{CO}_3^{=}$).

LAS CONCENTRACIONES MÁS FRECUENTES EN LAS AGUAS SUBTERRÁNEAS, ESTÁN COMPRENDIDAS ENTRE 50 Y 350 PPM, EL AGUA DE MAR TIENE ALREDEDOR DE 100 PPM. (DAVIS Y DE VIEST, 1966).

EN EL PLANO VII.2.2, SE PRESENTA LA DISTRIBUCIÓN DE LAS CURVAS DE ISOBICARBONATOS, DONDE SE OBSERVA QUE SU CONCENTRACIÓN SE INCREMENTA DE MANERA GENERAL HACIA LA LÍNEA DE PLAYA; DESDE 100 PPM EN EL ÁPICE DEL DELTA, HASTA 250 PPM AL SUR DEL POBLADO EL NARANJITO; DEBIDO A LA DISOLUCIÓN DEL CaCO_3 CONTENIDO EN LOS SEDIMENTOS QUE, DE ACUERDO A ANÁLISIS QUÍMICOS REPORTADOS POR GUTIÉRREZ ESTRADA, 1969 (REF. 33), VARÍA CONSIDERABLEMENTE ENTRE 7000 PPM Y 9000 PPM, EN LOS SEDIMENTOS ARENOSOS DE PLAYA Y RÍO, MIENTRAS QUE LOS SEDIMENTOS ARCILLO-LIMOSOS, INCREMENTAN SU VALOR HASTA 22 600 PPM, VALORES INTERMEDIOS CORRESPONDEN A LOS SEDIMENTOS LIMOSOS Y LIMO-ARENOSOS DE LAS LLANURAS DE INUNDACIÓN, EL INCREMENTO DE BICARBONATOS REGISTRADOS EN LAS MUESTRAS DE AGUA EN DIRECCIÓN AL FLUJO SUBTERRÁNEO MUESTRA UN INCIPIENTE LAVADO DE LOS SEDIMENTOS DELTÁICOS POR LO QUE PUEDE INFERIRSE UNA ALTA PERMEABILIDAD EN EL ACUÍFERO.

LOS PUNTOS DE MAYOR CONCENTRACIÓN (POZOS 51, 52 Y 53), PUEDEN DEBERSE A LA PRESENCIA DE LENTES LIMO-ARCILLOSOS EN EL SUBSUELO.

VII.2.5 IÓN SODIO (Na^+),

SOLUBILIDAD MUY ELEVADA Y MUY DIFÍCIL DE PRECIPITAR, ES AFECTADO FACILMENTE POR EL CAMBIO DE BASES, SUELE IR ASOCIADO AL IÓN Cl^- , AUNQUE NO SIEMPRE SUCEDE ASÍ. LAS AGUAS NATURALES CON ELEVADO CONTENIDO DE Na^+ , SUELEN TENER ELEVADOS CONTENIDOS DE F^- , SU CONCENTRACIÓN EN AGUAS DULCES VARÍA ENTRE 1 Y 150 PPM (CUSTODIO 1970).

ESTE CATION PROCEDE DEL ATAQUE DE FELDSPATOS, FELDÉSPATOIDES Y OTROS SILICATOS; DEL LAVADO DE SEDIMENTOS DE ORIGEN MARINO Y CAMBIO DE BASES CON ARCILLAS DEL MISMO ORIGEN MEZCLA CON AGUA DE MAR LOCALMENTE DE LA DISOLUCIÓN DE EVAPORITAS, RARAS VECES DE EMANACIONES Y FENÓMENOS RELACIONADOS CON

PROCESOS MAGMÁTICOS, CONTAMINACIÓN URBANA E INDUSTRIAL Y DE LA CONCENTRACIÓN DEL AGUA DE LLUVIA, (CUSTODIO 1976),

EL PLANO QUE MUESTRA LAS CURVAS DE IGUAL CONTENIDO DE SODIO, ES EL VII.2.3, EN DICHO SE OBSERVAN CONTENIDOS BAJOS DE SODIO; ESTOS VARIAN ENTRE 11 PPM (POZO 43) Y 96 PPM (POZO 33), LAS AGUAS SUPERFICIALES DEL BALSAS, VARIAN SU CONCENTRACIÓN EN EL DELTA, ENTRE 31 PPM (BRAZO DERECHO DEL RÍO), AGUAS ABAJO DEL DIQUE TAPÓN), Y 130 PPM (PUENTE A LA POBLACIÓN DE ZACATULA), LAS CURVAS CONCÉNTRICAS MUESTRAN UN AUMENTO DE SODIO HACIA MI DE LA ISLA DE LA PALMA, PROBABLEMENTE DEBIDA A LOS EFECTOS DE LA EVAPOTRANSPIRACIÓN EN ESTA ZONA, LOS VALORES BAJOS REPORTADOS INDICAN QUE NO EXISTE CONTAMINACIÓN CON AGUA DE MAR,

VII.2.6 IÓN CALCIO (Ca^{++}),

SALES DE MODERADAMENTE SOLUBLES A MUY SOLUBLES, ES MUY FÁCIL DE PRECIPITAR COMO $CaCO_3$, SU QUÍMICA VA MUY ASOCIADA A LA DE LOS IONES DE CO_3H Y CO_3^{--} EN MUCHAS AGUAS NATURALES, PUDIÉNDOSE PRECIPITAR Y DISOLVER CON FACILIDAD AL CAMBIAR EL PH O LA PRESIÓN PARCIAL DE CO_2 (CUSTODIO, 1976),

LA CONCENTRACIÓN DE CALCIO EN EL AGUA SUBTERRÁNEA, FLUCTUA ENTRE 10 Y 100 PPM (DAVIS Y DE VIEST, 1966), PROCEDE DE LA DISOLUCIÓN DE CALIZAS, DOLOMITAS, YESO Y ANHIDRITA; ATAQUE DE FELDSPATOS Y OTROS SILICATOS CÁLCICOS; DILUCIÓN DEL CEMENTANTE CALCÁREO DE MUCHAS ROCAS; CONCENTRACIÓN DEL AGUA DE LLUVIA; ESTÁ FRECUENTEMENTE EN ESTADO DE SATURACIÓN Y SU ESTABILIDAD EN SOLUCIÓN, DEPENDE DEL EQUILIBRIO $CO_2 - HCO_3^- - CO_3^{--}$; PUEDE PRECIPITARSE CON FACILIDAD Y ES MUY AFECTADO POR EL CAMBIO IÓNICO, (CUSTODIO, 1976),

LA CONFIGURACIÓN DE ESTE CATION, MUESTRA AL IGUAL QUE TODAS LAS ANTERIORES, (PLANO VII,2,3), QUE EL AGUA ES DE RECIENTE INFILTRACIÓN, YA QUE NO VARIA SU CONTENIDO DE IONES CON EL AGUA SUPERFICIAL, HACIA EL ÁNGULO INFERIOR IZQUIERDO, SE PRESENTA UN MAYOR CONTENIDO DE CALCIO QUE PUDIERA DEBERSE A LA DISOLUCIÓN DEL CEMENTANTE CALCÁREO DEL LENTE LIMOSO EXISTENTE EN EL SUBSUELO DETECTADO POR LOS POZOS 16 Y 20,

VII.2.7, IÓN MAGNESIO (Mg^{++}),

ESTE CATION ES MÁS SOLUBLE QUE EL Ca Y MÁS DIFÍCIL DE PRECIPITAR, SU CONCENTRACIÓN EN AGUAS DULCES VARÍA ENTRE 1 Y 100 PPM, PUDIENDO LLEGAR A VECES A ALCUNOS MILES DE PPM EN AGUAS SALINAS Y SALMUERAS, EL AGUA DE MAR CONTIENE NORMALMENTE 1200 PPM (CUSTODIO, 1976),

EL MAGNESIO PROCEDE DE LA DISOLUCIÓN DE DOLOMITAS Y CALIZAS DOLOMIT-

TICAS, ATAQUE DE SILICATOS MAGNÉSICOS Y FERROMAGNÉSICOS; LOCALMENTE DEL LAVAZO DE ROCAS EVAPORITAS MAGNÉSICAS; MEZCLA CON AGUA DEL MAR, Y CONTAMINACIÓN INDUSTRIAL Y MINERA.

EN GENERAL, LOS VALORES REPORTADOS SON BAJOS DESDE 12.4 PPM A 39.4 PPM, EN EL AGUA SUPERFICIAL DONDE SU VALOR SE INCREMENTA HACIA AGUAS ABAJO. EN CUANTO A LAS AGUAS SUBTERRÁNEAS TAMBIÉN SE OBSERVA QUE GUARDAN ÍNTIMA RELACIÓN CON LAS AGUAS DEL RÍO, YA QUE SUS VALORES VARÍA ENTRE 3.6 (POZO 43), 39.4 (POZO 33), SU CONFIGURACIÓN ES SIMILAR A LAS ANTERIORES.

NO OBSTANTE LA CERCANÍA DE LA COSTA, NO SE OBSERVA INFLUENCIA DEL AGUA DE MAR A LA ALTURA DE LA TOMA DE MUESTRAS.

VII.2.8 DUREZA TOTAL.

AL PODER NEUTRALIZANTE DE LOS IONES DE MAGNESIO, HIEPPO. MAGNESIO, COBRE, BARIO Y ZINC, QUE EJERCEN SOBRE EL JABÓN SE LLAMA DUREZA (DAVIS) Y DE WIEST (1966).

SIN EMBARGO, TENIENDO EN CUENTA QUE TODOS ESTOS IONES, A EXCEPCIÓN DEL MAGNESIO Y EL CALCIO, SE PRESENTAN EN CANTIDADES TRAZA, SE ACOSTUMBRA GENERALMENTE CONSIDERAR LA DUREZA DE UN AGUA, COMO SUMA DE LOS IONES DE CALCIO Y MAGNESIO, LA CUAL SE EXPRESA COMO:

$$D = R Mg^{++} + rCa^{++} \quad \text{DONDE: } R = \text{EPM}$$

DE LAS MUESTRAS SUBTERRÁNEAS Y SUPERFICIALES ANALIZADAS EN LA PRESENTE INTERPRETACIÓN, SE OBTUVIERON VALORES OSCILANTES ENTRE 2.34 EPM - 5.48 EPM PARA LAS PRIMERAS, Y 2.72 EPM - 5.48 EPM PARA LAS SEGUNDAS, REGISTRÁNDOSE UN VALOR EXTREMO ANÓMALO DE 13.22 EPM EN LA OBRA DE TOMA DE SICARTSA QUE PODERÍA CORRESPONDER A UN ERROR DE ANÁLISIS O BIEN DEBIDO A CONTAMINACIÓN INDUSTRIAL.

VII.2.9 CONDUCTIVIDAD ELÉCTRICA (C.E.),

LA CONDUCTIVIDAD ELÉCTRICA ES UNA MEDIDA DE LA CAPACIDAD DE UN AGUA PARA CONducir ELECTRICIDAD, SIENDO ÉSTA EL RECÍPROCO DE LA RESISTENCIA, Y ES FUNCIÓN DE LA TEMPERATURA Y DEL TIPO DE CONCENTRACIÓN DE IONES PRESENTES EN EL AGUA, PUESTO QUE LA CONDUCTIVIDAD SE SUELE DETERMINAR A 25° C. SUS VARIACIONES SERÁN FUNCIÓN ÚNICAMENTE DEL TIPO Y CONCENTRACIÓN DE LOS CONSTITUYENTES DL SUELTOS (DAVIS Y DE WIEST, 1966), POR LO QUE SU DETERMINACIÓN AYUDA A ESTIMAR LA CALIDAD QUÍMICA DE LAS MUESTRAS DE AGUA.

ENTRE LOS TIPOS NORMALES DE AGUA NATURAL Y PARA UNA CONCENTRACIÓN DADA DE SÓLIDOS DISUELTOS, LAS AGUAS QUE CONTIENEN BICARBONATO Y SULFATO CÁLCICO SON, POR LO GENERAL, LOS DE MÁS BAJA CONDUCTIVIDAD. EL AGUA DE LLUVIA OSCILA ENTRE 5.0 Y 30 MMHOS; EL AGUA SUBTERRÁNEA POTABLE ENTRE 30 Y 2000 - MMHOS; Y EL AGUA DE MAR DE 45000 A 55000 MMHOS.

LOS VALORES DE C.E, REGISTRADOS EN (TABELAS VII.1.1 - VII.1.2) LAS AGUAS CONTENIDAS EN EL DELTA DEL RÍO BALSAS, SE ENCUENTRAN DENTRO DEL RANGO DE POTABILIDAD PARA LAS AGUAS SUBTERRÁNEAS, PUESTO QUE SUS VALORES OSCILAN ENTRE 334 MMHOS/CM Y 1176 MMHOS/CM, AUNQUE EL RANGO PREDOMINANTE VARÍA ENTRE 400 Y 600 MMHOS.

VII.2.10 INDICES HIDROGEOQUÍMICOS.

EN ACUÍFEROS COSTEROS EN EQUILIBRIO, NO SE PRODUCE MEZCLA NOTABLE ENTRE EL AGUA DULCE DEL ACUÍFERO Y EL AGUA MARINA; SÓLO SE TIENE UNA ZONA DE TRANSICIÓN, LLAMADA INTERFASE, CUYO ANCHO ES VARIABLE SEGÚN LAS FLUCTUACIONES DE NIVEL DEL ACUÍFERO, LA OSCILACIÓN DE LA MAREA, LA FRECUENCIA DE TORMENTAS, LA DISPERSIVIDAD DEL ACUÍFERO, ETC. (CUSTODIO, 1976), SIN EMBARGO, AL ROMPERSE DICHO EQUILIBRIO ENTRE EL AGUA DEL ACUÍFERO Y EL AGUA DE MAR, ADQUIEREN PARTICULAR INTERÉS, LAS RELACIONES ENTRE IONES DISUELTOS (INDICES HIDROGEOQUÍMICOS), YA QUE SON CAPACES DE INDICAR LA ACCIÓN DE FENÓMENOS MODIFICADORES DEL AGUA CONSIDERADA. SE PUEDEN ESTABLECER MUCHOS TIPOS DE RELACIONES CUYA UTILIDAD ES FUNCIÓN DEL PROBLEMA A ESTUDIAR. EN ESTE CASO, SE ANALIZÓ LA RELACIÓN ENTRE LOS IONES MAGNESIO-CALCIO ($R/Mg^{++}/R/CA^{++}$) Y CLORURO-BICARBONATO ($R/CL^{-}/R/CO_3H^{-}$), QUE EN GENERAL, SON LOS DE MÁXIMO INTERÉS CUANDO SE PRODUCE INTRUSIÓN MARINA.

VII.2.10.1 RELACIÓN $R/Mg^{++}/R/CA^{++}$

EN LAS AGUAS CONTINENTALES VARÍA FRECUENTEMENTE ENTRE 0.3 Y 1.5; LOS VALORES PRÓXIMOS A 1, INDICAN LA POSIBLE INFLUENCIA DE TERRELOS DOLOMÍTICO O CON SERPENTINA, Y VALORES SUPERIORES A 1, SUELEN ESTAR EN GENERAL RELACIONADOS CON TERRENOS RICOS EN SILICATOS MAGNÉSICOS, SIN EMBARGO, ES PRECISO ACTUAR CON GRAN PRECAUCIÓN YA QUE CUANDO SE PRODUCE UNA PRECIPITACIÓN DE $CaCO_3$ EN EL AGUA, AUMENTA LA RELACIÓN $R/Mg^{++}/R/CA^{++}$, SIN QUE ELLO INDIQUE NADA SOBRE LOS TERRENOS ATRAVESADOS, COMO EL AGUA DE MAR TIENE $R/Mg/R/CA$ ALREDEDOR DE 5, LAS AGUAS QUE CIRCULAN POR TERRENOS DE FORMACIÓN MARINA O QUE HAN SUFRIDO MEZCLA CON EL AGUA DEL MAR TIENEN TAMBIÉN UNA RELACIÓN ELEVADA, UNA ELEVACIÓN DEL CONTENIDO EN CLORUROS Y DE LA RELACIÓN $R/Mg/R/CA$, PUEDE SER UN BUEN INDICIO DE CONTAMINACIÓN MARINA (CUSTODIO, 1976).

EN LAS AGUAS SUBTERRÁNEAS DEL DELTA, LA RELACIÓN $R/Mg^{++}/R/CA^{++}$ -

OSCILA ENTRE 0,1 Y UN VALOR ANÓMALO EXTREMO DE 1,2 (POZO 33); AUNQUE LA MEDIA VARIA ENTRE 0,2 Y 0,4, LO CUAL INDICA QUE EN LA LOCALIDAD Y A LA PROFUNDIDAD QUE SE TOMARON LAS MUESTRAS DE AGUA NO EXISTEN INDICIOS QUE SURGIERAN UNA POSIBLE INTRUSIÓN MARINA.

VII.2.10.2 RELACIÓN $R \text{Cl}^- / R \text{CO}_3\text{H}^-$

DADO QUE EL CONTENIDO EN CO_3H^- , ES UN VALOR RELATIVAMENTE CONSTANTE EN LAS AGUAS SUBTERRÁNEAS, ES UNA RELACIÓN DE INTERÉS PARA SEGUIR EL PROCESO DE CONCENTRACIÓN EN SALES EN EL SENTIDO DEL FLUJO SUBTERRÁNEO; AUNQUE ESA CONCENTRACIÓN HACE CRECER LIGERAMENTE EL DENOMINADOR, UN AUMENTO EN LA RELACIÓN, INDICA UN AVANCE EN EL PROCESO DE CONCENTRACIÓN. SI EXISTEN FENÓMENOS DE REDUCCIÓN DE SULFATOS O APORTES EXTERIORES DE CO_2 , PUEDE AUMENTAR EL CONTENIDO EN CO_3H^- , Y EN ESTE CASO NO CONVIENE UTILIZAR ESTA RELACIÓN SI NO SE TOMAN PRECAUCIONES. LA PRECIPITACIÓN DE CO_3Ca , TAMBIÉN PUEDE INFLUIR.

LA RELACIÓN $R \text{Cl}^- / R \text{CO}_3\text{H}^-$, ES ESPECIALMENTE ÚTIL EN LA CARACTERIZACIÓN DE LA INTRUSIÓN MARINA, YA QUE EN AGUAS CONTINENTALES TIENE NORMALMENTE UN VALOR ENTRE 0,1 Y 5, Y EN EL AGUA DE MAR VARIA ENTRE 20 Y 50 (CUSTODIO 1970), ASÍ, SI EXISTE INCREMENTO DEL CONTENIDO DE CLORUROS ACOMPAÑADO DE AUMENTO EN LA RELACIÓN $R \text{Cl}^- / R \text{CO}_3\text{H}^-$, ES POSIBLE QUE SEA PRODUCTO DE INTRUSIÓN MARINA.

ESTA RELACIÓN EN LAS AGUAS DELTÁICAS DEL BALSAS, SE MANTIENE CERCA AL LÍMITE INFERIOR PARA LA NORMA DE LAS AGUAS CONTINENTALES; SU VALOR VARIA ENTRE 0,05 Y 0,26; LO CUAL RATIFICA QUE EL ACUÍFERO DELTÁICO DEL RÍO BALSAS, MANTIENE SU ESTADO DE EQUILIBRIO RESPECTO AL AGUA DE MAR.

VII.2.11 ÍNDICE DE SATURACIÓN (I.S.) Y PH.

EL PH ES UN TÉRMINO UNIVERSALMENTE USADO PARA DEFINIR LAS CONDICIONES DE ACIDEZ O ALCALINIDAD PRESENTES EN UNA SOLUCIÓN, REPRESENTANDO SU VALOR LA ACTIVIDAD DEL IÓN HIDRÓGENO.

EL PH NATURAL DE LAS MUESTRAS DE AGUA SUBTERRÁNEA ANALIZADAS ACUÍ, VARIA ENTRE 7,3 (POZOS 50,35,41) Y 8,3 (POZOS 15, 20); MIENTRAS QUE EN LAS AGUAS SUPERFICIALES SE REGISTRARON VALORES ENTRE 7,2 Y 8,1 (TABLAS VII.1, 1 - VII.1.2).

PARA DETERMINAR SU GRADO DE AGRESIVIDAD O INCRUSTABILIDAD, SE CALCULÓ EL ÍNDICE DE SATURACIÓN, MEDIANTE EL EMPLEO DE NOMOGRAMA DE LANGELIER

(GRAF. VII.2.1), DEL CUE SE OBTUVIERON VALORES OSCILANTES ENTRE 0,9 Y -0,7, LO QUE INDICA QUE LAS AGUAS DE LOS POZOS 35, 41, 44, 45, 47, 50, 51 Y 53, SON LIGERAMENTE ACIDAS; LA DE LOS POZOS 15, 20, 33, 42 Y 58 SON LIGERAMENTE INCRUSTANTES Y LA DE LOS POZOS 16, 52 Y 56 SON BALANCEADOS,

VII.3 DIAGRAMA TRIANGULAR DE PALMER - PIPER,

ES LA REPRESENTACIÓN GRÁFICA DE LOS IONES DOMINANTES PRESENTES EN EL AGUA, RESALTÁNDOSE SUS RELACIONES ENTRE SÍ DENTRO DE UNA MISMA MASA DE AGUA, ADEMÁS DE PERMITIR SU CLASIFICACIÓN EN FAMILIAS QUÍMICAS,

CONSTA DE UN TRIÁNGULO EQUILÁTERO, SUBDIVIDIDO EN DOS TRIÁNGULOS EQUILÁTEROS INFERIORES Y UN ROMBO CENTRAL SUPERIOR; LOS LADOS DE LOS TRIÁNGULOS Y EL ROMBO SON IGUALES Y DIVIDIDOS EN 100 PARTES. EL POR CIENTO QUE SE ACOSTUMBRE UTILIZAR ES EL DE E.P.M. DEL IÓN CORRESPONDIENTE,

EL TRIÁNGULO INFERIOR IZQUIERDO REPRESENTA CONCENTRACIONES CATIONICAS, MIENTRAS QUE EL TRIÁNGULO INFERIOR DERECHO, REPRESENTA A LOS ANIONES, EN AMBOS CASOS LA REPRESENTACIÓN ES POR MEDIO DE UN PUNTO, LOS CUALES SE PROYECTAN SOBRE EL ROMBO, SIENDO EL PUNTO DE INTERSECCIÓN LA REPRESENTACIÓN CARACTERÍSTICA DE LA MUESTRA (CUSTODIO, 1976),

CONSTA DE UN TRIÁNGULO EQUILÁTERO, SUBDIVIDIDO EN DOS TRIÁNGULOS EQUILÁTEROS INFERIORES Y UN ROMBO CENTRAL SUPERIOR; LOS LADOS DE LOS TRIÁNGULOS Y EL ROMBO SON IGUALES Y DIVIDIDOS EN 100 PARTES. EL POR CIENTO QUE SE ACOSTUMBRE UTILIZAR ES EL DE E.P.M. DEL IÓN CORRESPONDIENTE,

EL TRIÁNGULO INFERIOR IZQUIERDO REPRESENTA CONCENTRACIONES CATIONICAS, MIENTRAS QUE EL TRIÁNGULO INFERIOR DERECHO, REPRESENTA A LOS ANIONES, EN AMBOS CASOS LA REPRESENTACIÓN ES POR MEDIO DE UN PUNTO, LOS CUALES SE PROYECTAN SOBRE EL ROMBO, SIENDO EL PUNTO DE INTERSECCIÓN LA REPRESENTACIÓN CARACTERÍSTICA DE LA MUESTRA (CUSTODIO, 1976),

EN LAS FIGURAS VII.3.1 Y VII.3.2, SE PRESENTAN LOS DIAGRAMAS TRIANGULARES CORRESPONDIENTES A 17 MUESTRAS DE AGUA SUBTERRÁNEA Y 5 MUESTRAS DE AGUAS SUPERFICIALES, RESPECTIVAMENTE, OBSERVÁNDOSE EN AMBAS FIGURAS QUE, EN LOS ANIONES PREDOMINAN LOS BICARBONATOS CON PORCENTAJES DE ESTE COMPUESTO ENTRE 52% Y 63% EN LA MAYORÍA DE LOS ANÁLISIS, POR LO QUE EN ESTE SENTIDO SE PUEDE CLASIFICAR LAS AGUAS COMO BICARBONATADAS; EN LOS CATIONES EXISTE PREDOMINANCIA DEL CALCIO SOBRE EL SODIO DEL ORDEN DE 45% A 30% RESPECTIVAMENTE, POR LO QUE TANTO EL AGUA SUPERFICIAL COMO EL AGUA SUBTERRÁNEA EN EL ACUÍFERO DELTÁTICO SE PUEDEN CLASIFICAR COMO BICARBONATADA CÁLCICA-SÓDICA,

ESTA AFINIDAD ENTRE LAS AGUAS SUPERFICIALES Y LAS SUBTERRÁNEAS, ES INDICATIVO QUE ÉSTAS ÚLTIMAS SON DE RECIENTE INFILTRACIÓN Y SU MAYOR CONCENTRACIÓN, ES DEBIDA A QUE LOS SEDIMENTOS QUE CONSTITUYEN EL ACUÍFERO, CONTIENEN ENTRE 700 PPM Y 2 260 PPM DE CaCO_3 , SUSCEPTIBLES A SER DISUELTOS.

VII.4 CALIDAD DEL AGUA.

LAS AGUAS SUBTERRÁNEAS Y SUPERFICIALES QUE SON UTILIZADAS PARA SATISFACER LAS NECESIDADES DE AGUA POTABLE DE ZONAS URBANAS, ASÍ COMO LA DESTINADA A LA AGRICULTURA, GANADERÍA E INDUSTRIA, NECESITAN CUMPLIR CON CIERTOS REQUISITOS RESPECTO A SU CONTENIDO DE ELEMENTOS QUÍMICOS, A SUS PROPIEDADES FÍSICAS Y A LA PRESENCIA DE MATERIA ORGÁNICA (CUSTODIO, 1976).

PARA LOS FINES PERSEGUIDOS POR EL PRESENTE ESTUDIO, SE OPTÓ POR ANALIZAR LA CALIDAD DEL AGUA SUBTERRÁNEA PARA USO POTABLE, Y EL AGUA SUPERFICIAL PARA USO INDUSTRIAL ÚNICAMENTE, YA QUE SON LOS FINES PARA LOS CUALES SERÁN DESTINADOS PRINCIPALMENTE.

VII.4.1 CALIDAD DEL AGUA POTABLE.

PARA DETERMINAR LA CALIDAD DEL AGUA SUBTERRÁNEA PARA USO POTABLE, SE COMPARARÁN LOS RESULTADOS OBTENIDOS EN LOS ANÁLISIS QUÍMICOS DE LOS 17 POZOS (TABLA VII.1.1), CON LAS NORMAS DE CALIDAD ESTABLECIDAS POR LA S.S.A., EL 2 DE JULIO DE 1953 (TABLA VII.4.1),

DE DONDE CONCLUÍMOS QUE EL AGUA SUBTERRÁNEA CUMPLE CON LA MAYORÍA DE LAS ESPECIFICACIONES ESTABLECIDAS, EXCEPTUANDO EL POZO 33, ÚNICO EN EL ÁREA QUE REGISTRÓ UN CONTENIDO DE 162 PPM DE MAGNESIO, SUPERIOR AL LÍMITE PERMISIBLE DE 125 PPM; AUNQUE POR TODOS SUS DEMÁS CONSTITUYENTES, SATISFACE LAS NORMAS.

DEBE RECORDARSE QUE LOS ANÁLISIS EFECTUADOS, ESTÁN ENFOCADOS HACIA UNA INTERPRETACIÓN HIDROGEOQUÍMICA, POR LO QUE NO SE INCLUYEN ANÁLISIS DE ELEMENTOS TALES COMO: ARSÉNICO, SELENIO, CROMO, ZINC, COBRE, FIERRO, MAGNESIO Y FLUORUROS; QUE ES IMPORTANTE SU DETERMINACIÓN PARA ESTABLECER CON CERTeza, SI EL AGUA ANALIZADA REÚNE LOS REQUISITOS NECESARIOS PARA SER CONSIDERADA POTABLE.

VII.4.2 CALIDAD DEL AGUA PARA USO INDUSTRIAL.

COMPARANDO LOS RESULTADOS OBTENIDOS DE LAS MUESTRAS SUPERFICIALES DEL RÍO BALSAS (TABLA VII.1.2), CON LAS NORMAS DE CALIDAD PARA USO INDUSTRIAL, (TABLA VII.4.2), SE OBSERVA QUE EL PH, SOBREPASA LIGERAMENTE LAS NORMAS ESTABLECI-

DAS PARA LA INDUSTRIA ALIMENTICIA Y SIDERURGICA; LA TURBIDEZ Y EL COLOR SON MODERADAMENTE ALTOS CON RESPECTO AL REQUERIDO PARA LA ELABORACION DE PLASTICOS CLAROS DE LA INDUSTRIA PETROQUIMICA; LA ALCALINIDAD ES SUPERIOR A LA DESEABLE EN LA ELABORACION DE DULCES; LOS SOLIDOS TOTALES DISUELTOS, RESULTAN MAS ALTOS QUE LOS EXIGIDOS PARA LA ELABORACION DE TELAS, REFRESCOS Y ALGUNOS DERIVADOS DEL PETROLEO,

LA DUREZA DEL AGUA CONSTITUYE UN INDICE IMPORTANTE PARA CLASIFICAR LAS AGUAS DE USO INDUSTRIAL. CUANDO UN AGUA CONTIENE CONCENTRACIONES BAJAS DE DUREZA TOTAL, SE LE DENOMINA AGUA BLANDA Y CUANDO OCURRE LO CONTRARIO, SE LE CONOCE COMO AGUA DURA; DISTINGUIÉNDOSE VARIOS RANGOS (TABLA VII.4.3), AL COMPARAR ESTA TABLA SE CONCLUYE QUE ESTA CARACTERÍSTICA SOBREPASA EL LÍMITE MÁXIMO PERMISIBLE, HACIENDO NECESARIO SU TRATAMIENTO DE ACUERDO AL TIPO DE INDUSTRIA QUE LA REQUIERA.

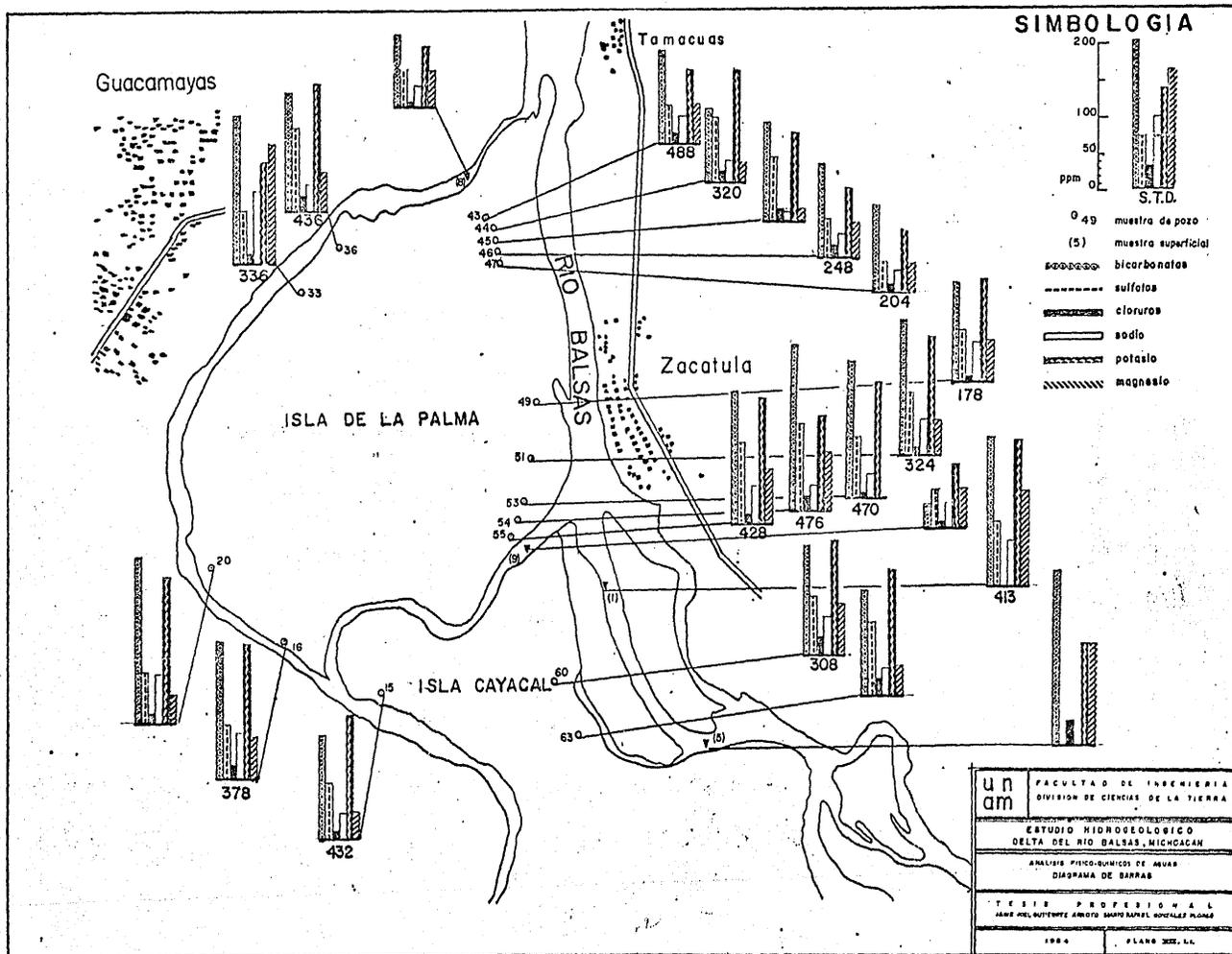
T A B L A VII.1.1.
ANALISIS FISICO-QUIMICO DE AGUAS SUBTERRANEAS DE LA ISLA DE LA PALMA, MICH.

NUMERO DE POZO	FECHA DE MUESTREO	P.H. 6-8	COLOR (Pt-Co) 20	TURBIDIDAD (UTJ) 10	ST Ppm	STD ppm 1000	DUREZA Ca+Mg 300	C.E. en Mohos/cm	INDICE DE SATU RACION	A N I O N E S		C A T I O N E S		R E L A C I O N E S		R E L A C I O N E S								
										SO ₄ ⁻² ppm	NO ₃ ⁻ meq/lt	Na ⁺ ppm	Ca ⁺⁺ meq/lt	Mg ⁺⁺ ppm	CO ₃ ⁻² + HCO ₃ ⁻ ppm	Cl ⁻ ppm	SO ₄ ⁻² meq/lt	Na ⁺ ppm	Ca ⁺⁺ meq/lt	Mg ⁺⁺ ppm	CO ₃ ⁻² + HCO ₃ ⁻ meq/lt	rls/rCa	rci/rCO ₃ l	
15	20-IV-82	7.7	5	9	298	432	77.1	525	0.3	98	2,038	20	0,564	141	2,31	36.0	1,558	67.0	3,38	9,5	0,780	0,2	0,24	
16	21-IV-82	7.4	5	8	378	378	87.9	621	-0.06	75	1,56	20		186	3,05	63,0	2,731	73.6	3,68	14.3	1,175	0,3	0,18	
20	17-V-82	8.3	5	1,5	398		87.9		0.9	68	1,414	14	0,394	221	3,62	66,0	2,891	78.4	3,92	9.5	0,780	0,2	0,11	
33	14-XII-81	7.7	5	1		336	93.4	551	0.1	70	1,456	11	0,310	200	3,28	96,0	4,172	54.0	2,7	39.4	3,238	1,2	0,1	
36		7.3	5	2	462	436	81.5	660	-0.3	112	2,329	20	0,564	160	2,624	37,0	1,603	68.4	3,42	13.1	1,076	0,3	0,2	
43	4-I-82	7.3	5	1		488	52.7	445	-0.7	50	1,04	14	0,394	125	2,05	37,0	1,603	39.6	1,98	13,1	1,076	0,5	0,2	
44	17-V-82	8.1	5	1,5	458	320	65.2	525	0.3	86	1,788	14	0,394	97	1,59	29,0	1,256	59.6	2,98	5.6	0,460	0,1	0,25	
45	17-V-82	7.9	5	1,6	474		50,8			86	1,788	14	0,394	133	2,18	11,0	0,472	47,2	2,36	3.6	0,295	0,1	0,18	
46	4-I-82	7.4	5	1		248	46.9	476	-0.6	50	1,04	14	0,394	125	2,05	29,0	1,261	36.0	1,8	10.9	0,896	0,5	0,15	
47	12-II-82	7.4	5	1	346	204	40.2	334	-0.7	40	0,832	9	0,253	115	1,88	27,0	1,175	32.4	1,62	7.8	0,64	0,4	0,1	
49	9-III-82	7.4	5	1,7	370	178	67.9	880	-0.3	67	1,393	7	0,197	132	2,16	51.2	2,225	54.8	2,74	13.1	1,076	0,4	0,1	
51	4-I-82	7.3	5	0.1	414	324	74.6	565	-0.3	84	1,747	11	0,310	183	3,00	47,0	2,039	63.2	3,16	11.4	0,931	0,3	0,1	
53	9-II-82	7.4	5	0,15	490	470		880	-0.3	80	1,664	5	0,141	183	3,00	30,0	1,295	62.0	3,1					0,5
54	4-I-82	7.6	5	0,5	524	476	72.4	1176	-0,05	116	2,412	18	0,507	224	3,67	33,0	1,430	53.2	2,66	19.2	1,578	0,6	0,1	
55	12-II-82	7.4	5	0,1	494	428	81.1	565	-0.2	109	2,267	13	0,366	179	2,94	50,0	2,184	67,6	3,38	17.5	1,438	0,4	0,1	

T A B L A VII, 1, 2,

ANÁLISIS FÍSICO-QUÍMICO DE AGUAS SUPERFICIALES EN LA DESEMBOCADURA DEL RÍO BALSAS, MICH.

SITIO DE MUESTREO	FECHA DE MUESTREO	p.H	COLOR (Pt-Co) 20	TURBIEDAD (UTJ) 10	S.T.	S.T.D.	DUREZA Ca+Mg	C.E. I. S.	A N I O N E S				S		C A T I O N E S						
									SO ₄ ⁼ ppm	NO ₃ ⁻ meq/lit	Cl ⁻ ppm	CO ₃ ⁼ meq/lit	HCO ₃ ⁼ meq/lit	Na ⁺ ppm	Ca ⁺⁺ meq/lit	Mg ⁺⁺ ppm	Mg ⁺⁺ meq/lit				
FUENTE DE CAPTACION DEL D.I.M.	12-VI-81	8.1	5	3	446	413	94.0	560	ligeramente incrustado.	86	1,78	50	1.41	200	3.28	130	5.67	79.2	3.96	14.8	5.01
OBRA DE TOMA (SI CARTSA) B.O. DER. RIO BALSAS.	7-III-80	8.1	-	-	-	-	70.6	-	ligeramente incrustado.	-	-	26	0.73	241	3.95	74	3.23	54.8	2.74	15.8	1.29
OBRA DE TOMA (SI CARTSA) B.O. DER. RIO BALSAS.	22-V-80	7.7	5	2	414	-	79	-	-	120	2.49	26	0.73	260	4.26	46	1.98	39.6	1.98	39.4	3.23
BRAZO DERECHO DEL RIO BALSAS.	22-V-80	7.8	5	2	326	-	65.2	-	-	97	2.01	26	0.73	254	4.13	36	1.56	32.4	1.62	32.8	2.89
PUNTA DE LA ISLA DEL CAYACAL MARGEN IRE. RIO BALSAS.	6-III-80	7.8	-	-	-	-	88.1	-	-	-	-	32	0.90	235	3.85	-	-	54.8	2.74	33.3	2.73
BRAZO SAN FRANCISCO EN EL NARANJITO.	7-III-80	7.2	-	-	400	-	82.1	-	-	-	-	32	0.90	263	4.31	-	-	53.2	2.66	28.9	2.37
BRAZO SAN FRANCISCO 3 KM. ANTES DE SU DESEMBOCADURA.	7-III-80	7.8	-	-	-	-	80.4	-	-	-	-	26	0.73	235	3.85	-	-	57.6	2.88	22.8	1.87
BRAZO MEJOR OCCUPADO AGUAS ABAJO DEL DIQUE AL CANTARILLA.	2-XII-83	7.9	15	2.2	-	-	46.4	-	-	53	1.10	9	0.25	100	1.64	31	1.36	34.0	1.7	12.4	1.01
BRAZO SAN FRANCISCO A LA ALTURA DEL DIQUE AL CANTARILLA.	2-XII-82	8.1	15	3.3	-	-	46.6	-	-	51	1.06	8	0.22	-	-	33	1.44	34.0	1.7	12.6	1.05



Guacamayas

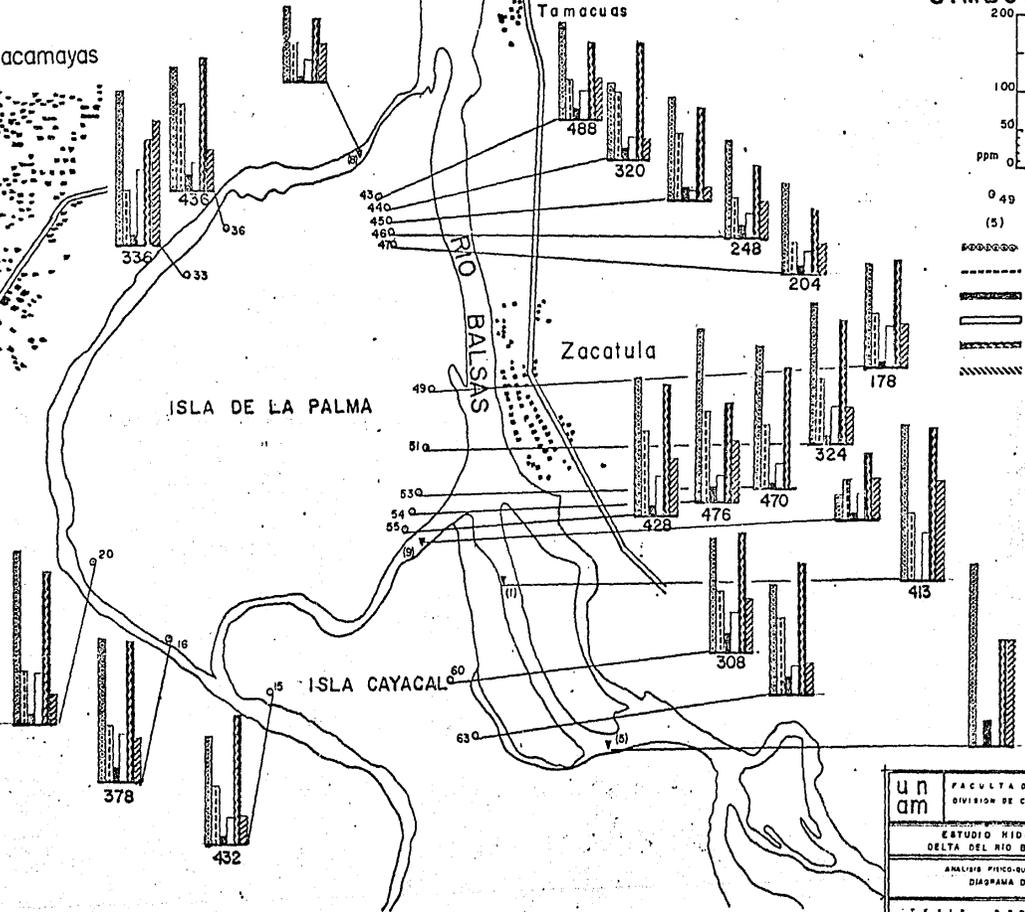
Tamacuas

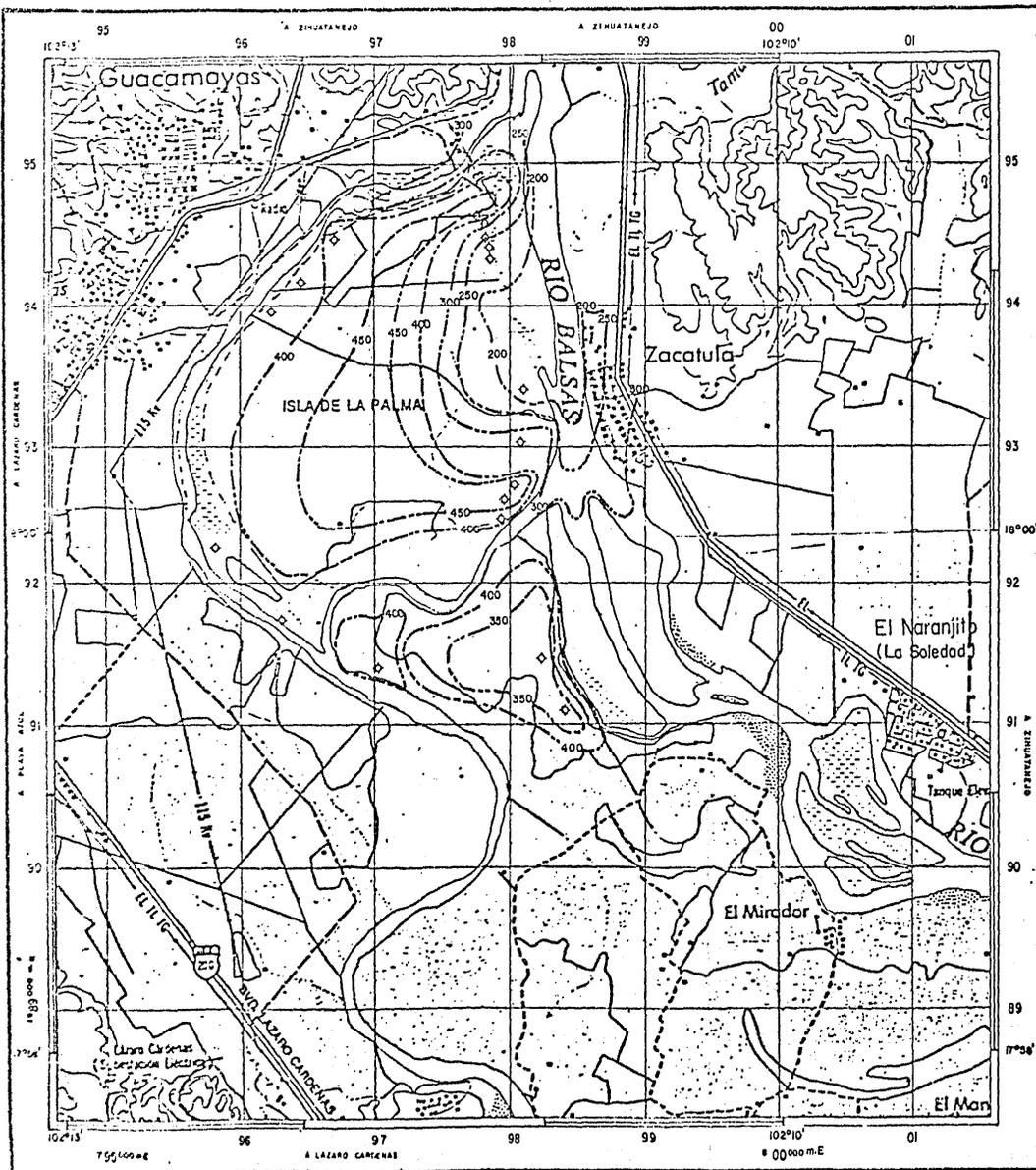
Zacatula

ISLA DE LA PALMA

ISLA CAYACAL

RIO BALSAS





SIMBOLOGIA

POZO MUESTREADO
 SITIO MUESTREADO (SUPERFICIAL).
 SOLIDOS TOTALES DISUELTOS



ESCALA 1:25,000

800 metros 0

EQUIDISTANCIA ENTRE CURVAS DE NIVEL: 20 METROS
 LA BASE TOPOGRAFICA FUE TOMADA DE LA CARTOGRAFIA BASICA DE LA POSTERAL
 HOJA LA MIRA E13 989
 HOJA LAZARO CARDENAS E13 019

un
am

FACULTAD DE INGENIERIA
 DIVISION DE CIENCIAS DE LA TIERRA

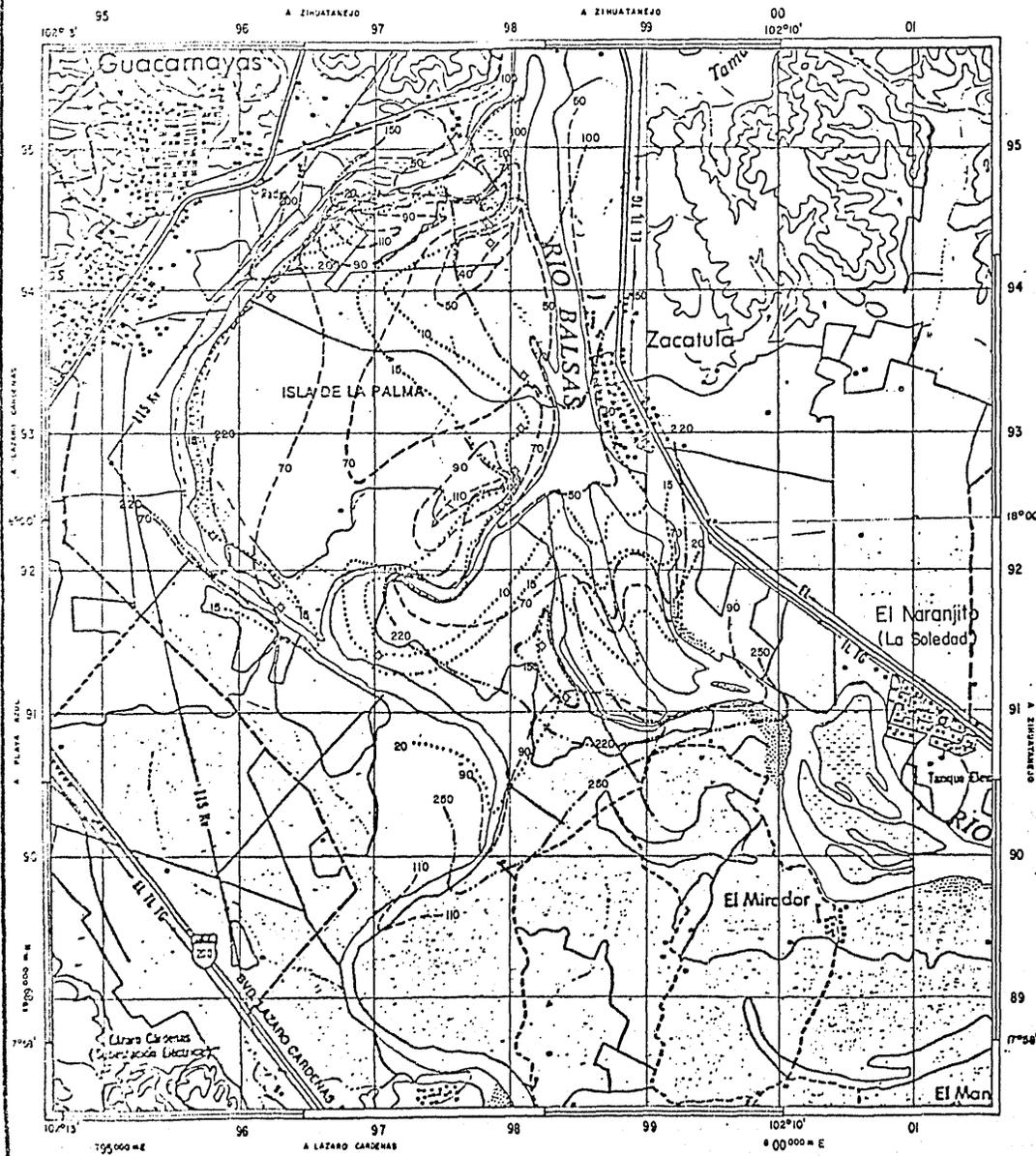
ESTUDIO HIDROGEOLOGICO
 DELTA DEL RIO BALSAS, MICHOACAN

CONFIGURACION DE SOLIDOS TOTALES DISUELTOS

TESIS PROFESIONAL
 JAIME JOEL BUSTAMANTE ARROYO MARIO RAFAEL GONZALEZ FLORES

1984

PLANO VII.21



SIMBOLOGIA

- POZO MUESTREADO 
- SITIO MUESTREADO (SUPERFICIAL). 
- (SO₄²⁻) ISOSULFATOS 
- (CO₃²⁻ + HCO₃⁻) ISOCARBONATOS, BICARBONATOS 
- (Cl⁻) ISOCLORUROS 

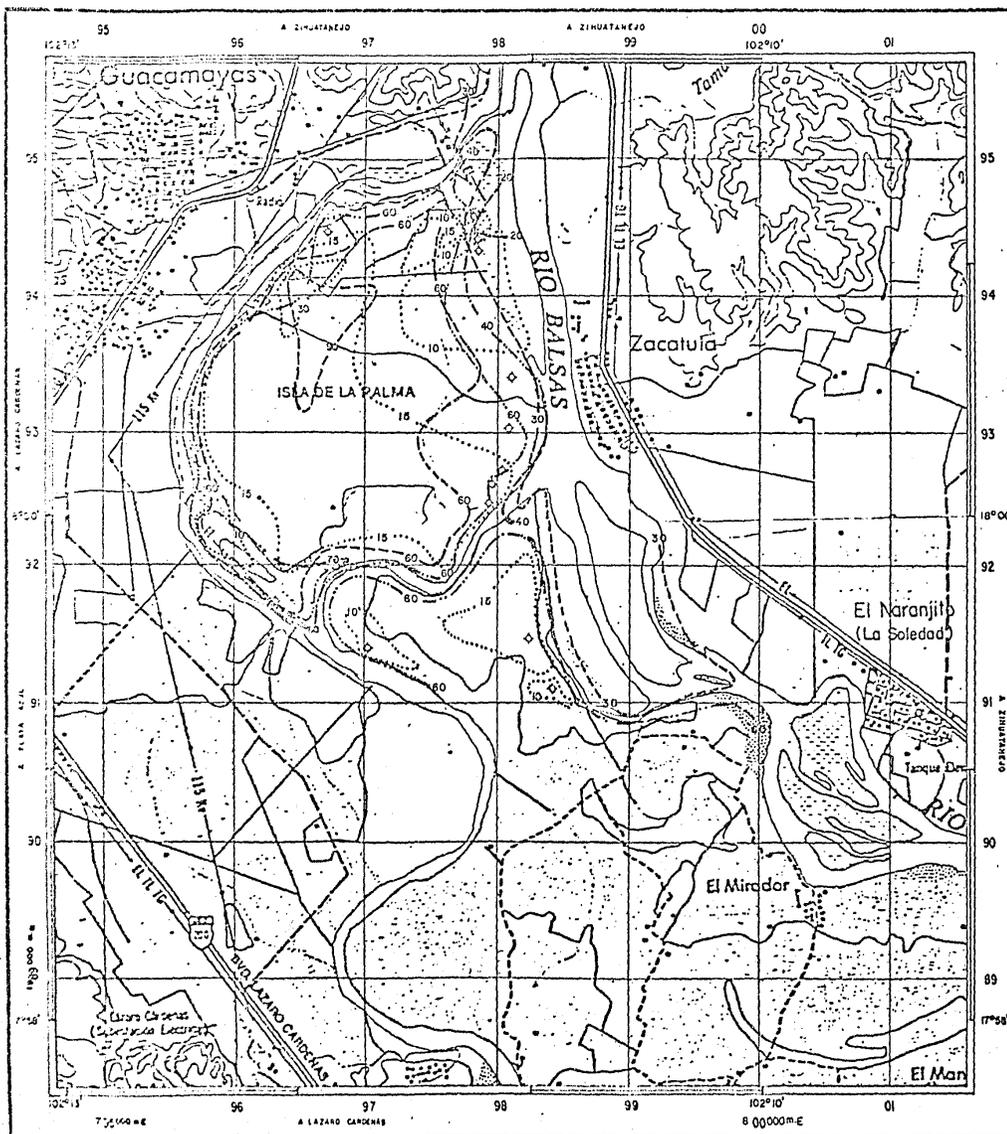
ESCALA 1:25,000



EQUIDISTANCIA ENTRE CURVAS DE NIVEL: 20 METROS
 LA BASE TOPOGRAFICA FUE TOMADA DE LA CARTOGRAFIA BASICA DE LA DGETMEX

HOJA LA NIRA E 13 889
 HOJA LAZARO CARDENAS E 13 D 19

un am	FACULTAD DE INGENIERIA DIVISION DE CIENCIAS DE LA TIERRA
	ESTUDIO HIDROGEOLOGICO DELTA DEL RIO BALSAS, MICHOACAN
CONFIGURACION DE ANIONES	
TÉSIS PROFESIONAL JAIME JOEL GUTIERREZ ARROYO MANO RAFAEL REYES FLORES	
1984	PLANO VII P 2



SIMBOLOGIA

- POZO MUESTREADO 
- SITIO MUESTREADO (SUPERFICIAL). 
- (Ca++) ISOCALCICAS 
- (Mg++) ISOMAGNESICAS 
- (Na+) ISOSODICAS 

ESCALA 1:25,000

800 METROS 0

ECUIDISTANCIA ENTRE CURVAS DE NIVEL 20 METROS

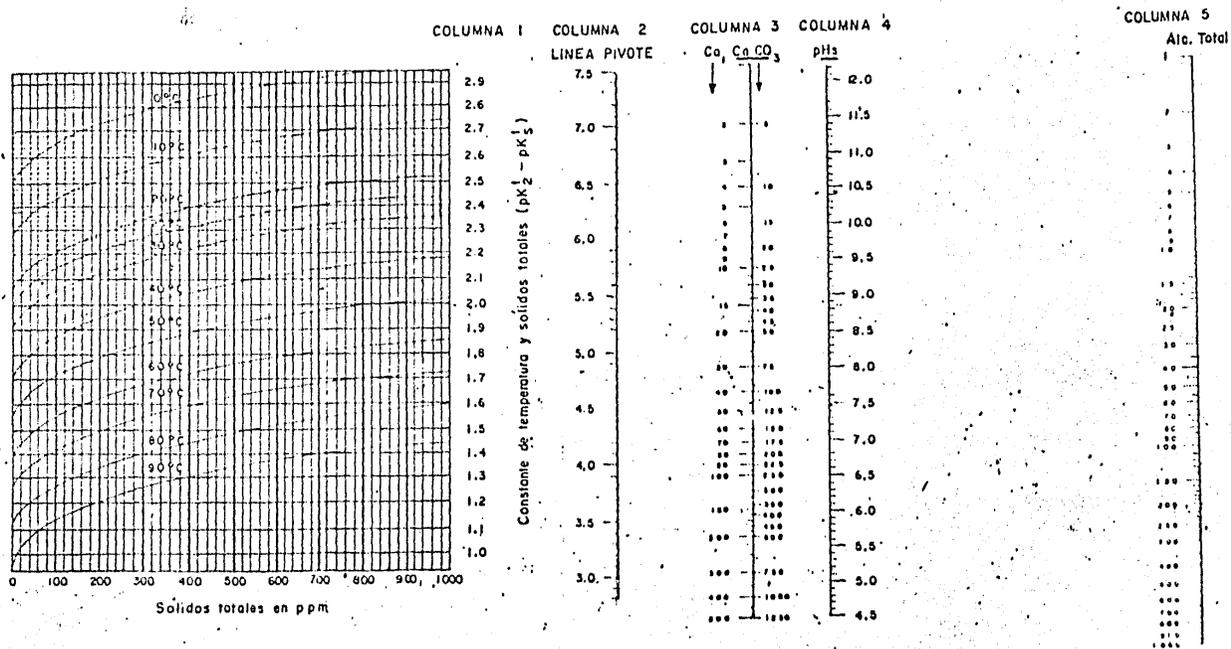
LA BASE TOPOGRAFICA FUE TOMADA DE LA CARTOGRAFIA BASICA DE LA DGTNAL

HOJA LA MIRA E13880

HOJA LAZARO GARDENAS E12 D19

	FACULTAD DE INGENIERIA DIVISION DE CIENCIAS DE LA TIERRA
	ESTUDIO HIDROGEOLOGICO DELTA DEL RIO BALSAS, MICHOACAN
CONFIGURACION DE CATIONES	
TESIS PROFESIONAL L JAIME JOEL BUTRANEZ ARROYO MAPO RAFAEL VICTALES FLORES	
1984	PLANO VII.3

GRAFICA Y NOMOGRAMA PARA LA DETERMINACION DEL pH DE SATURACION POR LA FORMULA DE LANGELIER



DATOS REQUERIDOS PARA LA DETERMINACION DEL pH DE SATURACION

- a.- Alcalinidad total en ppm de CaCO₃
- b.- Calcio, como Ca (escala izquierda) o como CaCO₃ (escala derecha en ppm.)
- c.- Sólidos disueltos totales en ppm.
- d.- Temperatura, en °C, a la que se desea determinar el pH de saturación. (20°C)

INSTRUCCIONES PARA USAR LA GRAFICA

- a.- Conociendo la temperatura y los sólidos totales, encontrar la constante de temperatura y sólidos en la columna 1.
- b.- Alinear esta constante con el valor del calcio de la columna 3, fijando el punto en la columna 2, de la línea pivote.
- c.- Alinear este punto de la línea pivote con la alcalinidad de la columna 5 y leer el pH de saturación en la columna 4.

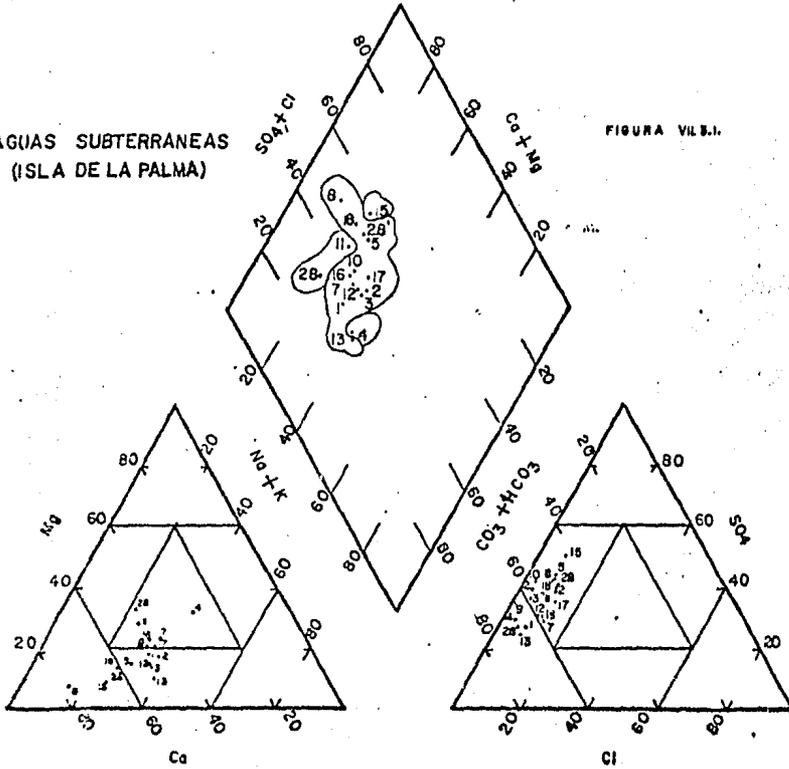
El índice de saturación es el pH actual menos el pH de saturación. Ejemplos:

pH actual	pH de saturación	Índice de saturación
7.6	8.1	-05 (CORROSIVA.)
8.4	7.8	+06 (INCRUSTANTE.)

un am	FACULTAD DE INGENIERIA DIVISION DE CIENCIAS DE LA TIERRA
	ESTUDIO HIDROLOGICO DELTA DEL RIO BASA DE MICHODACAN
GRAFICA Y NOMOGRAMA PARA LA DETERMINACION DEL pH DE SATURACION POR LA FORMULA DE LANGELIER.	
V E R E D E P R E S E N T A JAMES GILBERTSONE AGUIRRE - JUAN RAFAEL GONZALEZ PLUMBER	
1966	GRAFICA No. 1

AGUAS SUBTERRANEAS
(ISLA DE LA PALMA)

FIGURA VII.1.



AGUAS SUPERFICIALES
(DELTA DEL RIO BALSAS)

FIGURA VII.2.

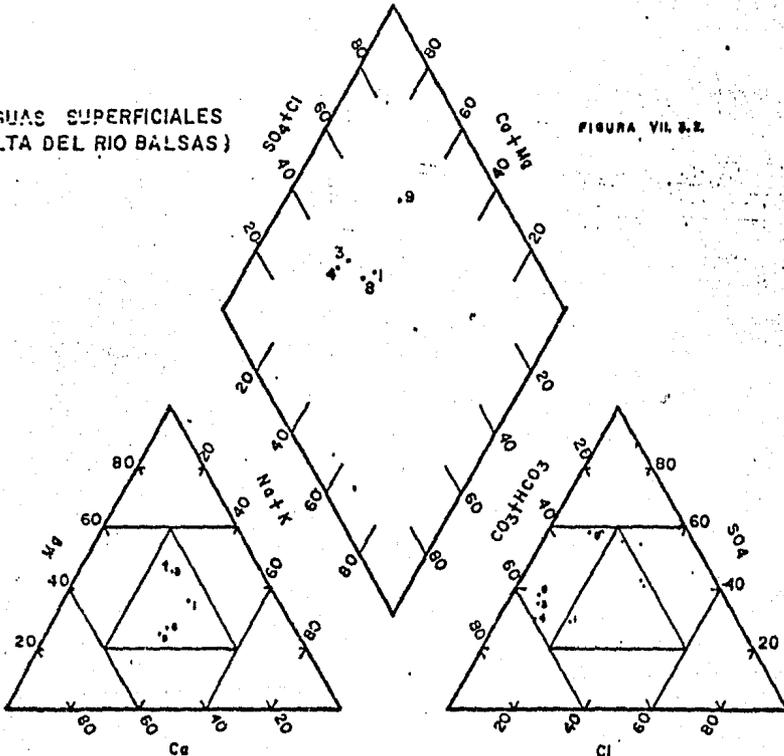


DIAGRAMA TRIANGULAR DE PIPER-PALMER

TABLA VII.4.1. NORMAS DE CALIDAD DE AGUA POTABLE
(S.S.A.)

CARACTERISTICAS FISICAS	LIMITE MAXIMO PERMISIBLE	OBSERVACIONES
Turbiedad	10 (Escala a Sílice)	De no cumplirse con los resultados anteriores, se admitiran aquellos que sean tolerables para los usuarios.
Color	20 (Escala Platino-Cobalto)	
Sabor	Insípida	
Olor	Inodora	

CARACTERISTICAS QUIMICAS	LIMITE MAXIMO PERMISIBLE EN ppm (EXCEPTO *)
Nitrogeno amoniacal (N)	0.50
Nitrogeno proteico (N)	0.10
Nitrogeno de nitratos (N)	5.00
Potencial hidrogeno (p.H.)	8.00
Oxigeno consumido (O)	3.00
Sólidos totales disueltos (S.T.D.)	1000
Alcalinidad total (Ca CO ₃)	400
Dureza total (Ca CO ₃)	300
Cloruro (Cl)	250
Sulfatos (SO ₄)	250
Magnesio (Mg)	125
Zinc (Zn)	15
Cobre (Cu)	3
Fluoruros	1.50
Hierro (Fe) y Mangneso (Mn)	0.30
Arsénico (As)	0.05
Selenio (Se)	0.05
Cromo (Cr)	0.05
Compuestos fenólicos (Fenol)	0.001

CARACTERISTICAS BIOLÓGICAS	NUMERO MAXIMO PERMISIBLE
Organismos de los grupos coli y coliformes	20
Colonias bacterianas por centímetro cúbico de muestra	200

TABLA VII.4.2
CALIDAD DEL AGUA PARA ALGUNAS INDUSTRIAS.

CARACTERISTICAS	INDUSTRIA ALIMENTICIA	INDUSTRIA PAPELERA	INDUSTRIA SIDERURGICA	INDUSTRIA TEXTIL	DERIVADOS DEL PETRO LEO	EMBOTELLADORA
Turbidez	10	5-25	--	--		
Color	10	5-15	--	--	2	2
Dureza total (ppm Ca CO ₃)	25-75	5-100	50	25-55	2	10
Fe + Mn (ppm)	0.2	0.1-0.2	--	--	350	250
Alcalinidad -- TAC (ppm Ca CO ₃)	100	200-300	--	--	0.02-1.5	0.2-0.39
Sólidos totales disueltos (ppm)	--	--	--	--	200	850
Olor y Gusto	No detectable	--	--	100-139	100	50-100
H ₂ S (ppm)	0.2	--	--	--	--	No detectable
p.H.	6.5-7	6-10	6.8-7	--	--	0.2
Otros	Agua potable	Mn 0.05 ppm	C) 175 ppm mat. en suspensión -- 25 ppm -- temp 25°C	OH 8 ppm	2.5-10.5	6-9
					Sulfatos - 300 ppm	Agua potable Mn 0.2 Fe 0.2
					Nitratos - 350 ppm	

TABLA VII.4.3.
DUREZA TOTAL DEL AGUA

DUREZA TOTAL PPM DE Ca CO₃

0 - 60
61 - 120
121 - 180
más de 181

CLASIFICACION

Agua Blanda
Agua Moderadamente Dura
Agua Dura
Agua Muy Dura

CAPITULO VIII
G E O F I S I C A

PARA INVESTIGAR EN FORMA RÁPIDA Y ECONÓMICA LAS CARACTERÍSTICAS GEOLÓGICAS SUBTERRÁNEAS SE HA RECURRIDO AL EMPLEO DEL MÉTODO GEOFÍSICO DE RESISTIVIDAD ELÉCTRICA. ESTE MÉTODO ESTA ORIENTADO A DEFINIR LOS CONTACTOS ENTRE LOS TERRENOS PERMEABLES E IMPERMEABLES A UNA PROFUNDIDAD MÍNIMA DE 60 M Y UNA MÁXIMA DE 250 M.

EN LA PRÁCTICA, NUMEROSAS EXPERIENCIAS HAN PERMITIDO SEÑALAR LA BONDAD DEL MÉTODO RESISTIVO, ACLARANDO QUE LAS MEDIDAS DE RESISTIVIDAD NO DETERMINAN NI LA PRESENCIA DE AGUA, NI LA CANTIDAD DE AGUA DISPONIBLE, SINO QUE UN CONJUNTO DE MEDIDAS DETERMINAN, COMO ES LA DISTRIBUCIÓN DE LA CORRIENTE ELÉCTRICA EN EL SUBSUELO, LO QUE INDUDABLEMENTE ESTÁ RELACIONADO CON SU ESTRUCTURA HIDROGEOLÓGICA. LA INTERPRETACIÓN Y CALIBRACIÓN POSTERIOR A LAS MEDIDAS RESISTIVAS CON DATOS OBTENIDOS DE PERFORACIONES, PERMITE VER HASTA ENTONCES CUAL ES EL HORIZONTE O CUERPO QUE TIENE INTERÉS ACUÍFERO (REF. 23) . ESTA INTERPRETACIÓN, POR TANTO, PRECISA DE IMAGINACIÓN, EXPERIENCIA Y ARTE, ASÍ COMO DE UNA SÓLIDA FORMACIÓN GEOFÍSICA Y UN AMPLIO CONOCIMIENTO DE LA GEOLOGÍA, TECTÓNICA, MORFOLOGÍA, HIDROGEOLOGÍA, ETC. (CUSTODIO, 1976).

LA INFORMACIÓN QUE SE DISPUSO SOBRE EXPLORACIONES INDIRECTAS REALIZADAS CON ANTERIORIDAD AL PRESENTE ESTUDIO, CONSISTIÓ EN DOS ESTUDIOS GEOFÍSICOS REALIZADOS POR LA GERENCIA DE CONSTRUCCIONES DE SICATSA EN 1972 EN LA PLANICIE COSTERA DEL RÍO BALSAS.

EN AMBOS ESTUDIOS, EL OBJETO PERSEGUIDO FUE EL DE DELIMITAR LAS ESTRUCTURAS DEL SUBSUELO Y OBTENER DATOS SOBRE LOS EVENTUALES ACUÍFEROS DE LA ZONA. LOS RESULTADOS DE AMBOS ESTUDIOS SE PRESENTAN EN EL INCISO VIII.4 (ACTIVIDADES DE GABINETE), PARA POSTERIORMENTE INTEGRARLOS CON LOS RESULTADOS OBTENIDOS DURANTE LA EJECUCIÓN DE 15 SONDEOS ELÉCTRICOS VERTICALES (SEV) QUE SE LLEVARON A CABO COMO PARTE DE ESTE ESTUDIO.

VIII.2

EQUIPO EMPLEADO

PARA LA EJECUCIÓN DE LOS 15 SONDEOS ELÉCTRICOS VERTICALES (SEV), SE EMPLEO UN EQUIPO MARCA GISH - ROONEY, MODELO 10 DE PATENTE AMERICANA. ESTE EQUIPO CONSTA DE DOS UNIDADES: UNA QUE CONTIENE LOS INSTRUMENTOS DE MEDICIÓN DE CORRIENTE (I) Y VOLTAJE (V), Y LA OTRA ES LA FUENTE DE CORRIENTE CONTÍNUA A BASE DE SEIS BATERÍAS SECAS DE 45 VOLTS CADA UNA, CONECTADAS EN SERIE. EL VOLTAJE DE SALIDA SE PUEDE EMPLEAR CON VALORES MÚLTIPLOS DE 45 VOLTS CON UN MÁXIMO DE 270 VOLTS. ESTE EQUIPO EN CONDICIONES ÓPTIMAS PUEDE ALCANZAR PROFUNDIDADES DE 600 M. COMO EQUIPO COMPLEMENTARIO Y ACCESORIOS, SE CONTÓ CON CABLE GALVANIZADO, 4 ELECTRODOS DE ACERO INOXIDABLE PARA INYECCIÓN DE CORRIENTE Y CAÍDA.

DE POTENCIAL,

VIII.3. TRABAJO DE CAMPO.

LOS TRABAJOS DE CAMPO CONSISTEN ESENCIALMENTE EN UN RECONOCIMIENTO DE TERRENO PARA FIJAR SITIOS DE MEDICIÓN Y LA OPEACIÓN PARA OBTENER LAS MEDIDAS RESISTIVAS. DE ACUERDO A LOS RESULTADOS OBTENIDOS EN LOS ESTUDIOS GEOFÍSICOS PRECEDENTES Y A LAS VISITAS DE CAMPO, LA ZONA A INVESTIGAR SE LOCALIZÓ EN LAS ISLAS DE LA PALMA Y EL CAYACAL SEGÚN SE MUESTRA EN EL PLANO VIII.3.1.

EL DISPOSITIVO DE MEDIDA SELECCIONADA FUE EL ARREGLO SIMÉTRICO TETRAPOLAR TIPO SCHULMBERGER, PARA UN ESPACIAMIENTO INTERELECTRÓDICO (\overline{AB}) MÁXIMO DE 1.000 M. EL ARREGLO SCHULMBERGER ES EL MÁS AMPLIAMENTE USADO EN PROYECCIÓN GEOELÉCTRICA. PARA ESTE ARREGLO LOS 4 ELECTRODOS SE COLOCAN A LO LARGO DE UNA LÍNEA RECTA SOBRE LA SUPERFICIE DEL TERRENO (FIG. VIII.3.1), EN EL MISMO ORDEN A, M, N, B; LA DISTANCIA \overline{AB} SUELE MAYOR CINCO VECES A LA SEPARACIÓN \overline{MN} .

UNA VEZ INSTALADO EL EQUIPO, VERIFICADA LA CORRECTA POSICIÓN DE LOS ELECTRODOS SE PROCEDE A CALIBRAR LOS INSTRUMENTOS DE MEDIDA, PASO QUE SE REPITE ANTES DE INICIAR CADA SONDEO; POSTERIORMENTE SE EFECTÚA LA CANCELACIÓN DE LAS TENSIONES PARÁSITAS Y SE PROCEDE A REALIZAR LAS MEDIDAS DE ΔV E I CORRESPONDIENTES A LA PRIMERA ESTACIÓN; EN SEGUIDA, LOS PEONES DESPLAZAN LOS ELECTRODOS A LAS DEMÁS POSICIONES; EN CADA POSICIÓN SE DEBE COMPENSAR LA TENSIÓN ENTRE LOS ELECTRODOS M Y N, Y REALIZAR LA MEDICIÓN LO MÁS RÁPIDAMENTE POSIBLE. LO ANTERIOR SE REPETIRÁ EN CADA ESTACIÓN HASTA TERMINAR EL SONDEO.

SIMULTANEAMENTE SE VA COMPROBANDO LA CALIDAD DE LOS RESULTADOS MEDIANTE EL CÁLCULO Y DIBUJO DE LA CURVA DE RESISTIVIDAD APARENTE. SI LA CURVA PRESENTA SALTOS O IRREGULARIDADES, SE REPITEN LAS LECTURAS CORRESPONDIENTES COMO OCURRIÓ EN EL CASO DE LOS SONDEOS 5 Y 11 DEBIDO A RUPTURAS EN EL CABLE Y MALA INTRODUCCIÓN DE LOS ELECTRODOS DE CORRIENTE.

LA OPOSICIÓN QUE MUESTRA LOS MATERIALES AL PASO DE LA CORRIENTE ES UNA RESISTIVIDAD APARENTE QUE RESULTA SER UNA FUNCIÓN DE LA RESISTENCIA ESPECÍFICA REAL DE LOS TERRENOS QUE AFECTAN LA CIRCULACIÓN DE LA CORRIENTE. LA DETERMINACIÓN DEL VALOR DE LA RESISTIVIDAD APARENTE SE OBTIENE MEDIANTE LA MEDIDA DE LA DIFERENCIA DE POTENCIAL ENTRE DOS PUNTOS DEL TERRENO ($\overline{M, N}$), CON RELACIÓN A LA INTENSIDAD DE LA CORRIENTE INTRODUCIDA AL SUBSUELO ($\overline{A, B}$).

LA FORMULA BASE SE DETERMINA DE LA SIGUIENTE MANERA:

$$\rho_{AP} = \frac{\pi}{4} \frac{\overline{AB^2} - \overline{MN^2}}{MN} \frac{\Delta V}{I}$$

CONSIDERANDO UN MEDIO HOMOGÉNEO E ISÓTROPICO COMO EL DE LA FIGURA VIII.3.2 QUE TIENE UNA RESISTIVIDAD ESPECÍFICA (ρ) EN LA QUE SE COLOCA UN ELECTRODO EN A Y SI APLICA UNA CORRIENTE DE INTENSIDAD I Y ADÉMÁS SE TRAZAN DOS ESPESORES DE RADIO (R) Y ($R + DR$) CON CENTRO EN A, SE FORMA UN CONO DE ÁNGULO MUY PEQUEÑO, LA CAÍDA DE POTENCIAL DV , ORIGINADA POR EL PASO DE LA CORRIENTE EN EL TRONCO DEL CONO SEGÚN LA LEY DE OHM SE ESCRIBE:

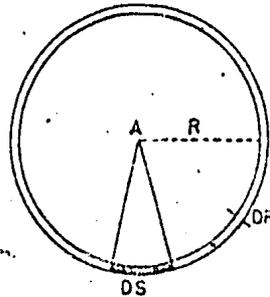
$$-DV = \rho \frac{DR}{DS} I$$

PARA LA ESFERA TOTAL DE RADIO R

$$-DV = \rho \frac{DR}{4\pi R^2} I$$

RESOLVIENDO LA EC. DIFERENCIAL:

$$V = \frac{\rho I}{4\pi} \frac{1}{R} + CTE.$$



Caída de Potencial en un Medio Isótropico

FIG. VIII.3.2

PARA EL CASO DE UNA MEDICIÓN EN EL CUAL LOS ELECTRODOS ESTEN SITUADOS EN LA SUPERFICIE DEL TERRENO, O SEA EN UN SEMIESPACIO INFINITO:

$$V = \frac{\rho I}{2\pi} \frac{1}{R}$$

EN EL CASO DE UN TERRENO CUALQUIERA NO ISÓTROPICO, LA RESISTIVIDAD (ρ) RESULTA APARENTE Y LA FÓRMULA SE EXPRESA:

$$\rho_{AP} = K \frac{V}{I}$$

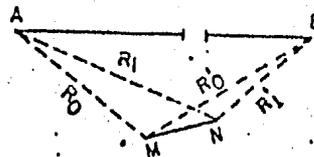


FIG. VIII. 3.3 ARREGLO TIPO

EN LA QUE $K = \frac{2}{\frac{1}{\rho_0} - \frac{1}{\rho_1} - \frac{1}{\rho_0} + \frac{1}{\rho_1}}$ DE ACUERDO AL ARREGLO MDS

TRADO EN LA FIGURA VIII.3.3.

EL CONCEPTO DE ESTE VALOR RADICÁ EN EL HECHO DE QUE PROPORCIONA UNA MEDIDA QUE ES FUNCIÓN DE LA CAIDA DE POTENCIAL DE LOS TERRENOS HOMOGÉNEOS Y LAS UNIDADES ESTÁN EXPRESADAS EN LAS DIMENSIONES DE UNA RESISTENCIA MULTIPLICADA POR SU LONGITUD O SEA EN OHMS/METRO (Ω/m); LOS DEMÁS FACTORES QUE INTERVIENEN ESTÁN EXPRESADOS EN: ΔV (MILIVOLTS) E I (MILIAMPERES); EL VALOR DE K ES DE LONGITUD Y PARA EL CASO DEL ARREGLO TIPO SCHLUMBERGER VARIA SEGÚN LA SEPARACIÓN DE ELECTRÓDOS DE ACUERDO A LA SIGUIENTE FÓRMULA:

$$K = \frac{\pi}{4} \frac{AB^2 - \overline{MN}^2}{MN}$$

EN LA TABLA VIII.3.1 (TABLA RESUMEN DE SONDEOS ELÉCTRICOS VERTICALES) SE MUESTRAN LOS RESULTADOS OBTENIDOS EN LOS 15 SEV PRACTICADOS EN LAS ISLAS DE LA PALMA Y EL CAYACAL.

VIII.4 TRABAJOS DE GABINETE.

LAS ACTIVIDADES DE GABINETE, SON LAS REFERENTES AL PROCESAMIENTO DE LA INFORMACIÓN RECADADA DURANTE LAS ETAPAS DE RECOPIACIÓN Y DE CAMPO.

EL DIAGNÓSTICO DE LOS INFORMES PREVIOS ARROJA LOS SIGUIENTES RESULTADOS:

VIII.4.1 ESTUDIO GEOFÍSICO REALIZADO EN EL AREA DE LA PLANTA SIDERÚRGICA DE LAS TRUCHAS, MICH.

INFORME No. 1770, ELABORADO EN JUNIO DE 1973 POR GEFIMEX, S.A. PARA LA SIDERÚRGICA LAZARO CÁRDENAS.

AREA DE ESTUDIO

APROXIMADAMENTE 10 KM², EN LA ZONA QUE ACTUALMENTE OCUPA LA SIDERÚRGICA LAZARO CÁRDENAS - LAS TRUCHAS, COMPRENDIDO ENTRE LAS COORDENADAS 102° 10' Y 102° 20' DE LONGITUD OESTE Y 17° 55' DE LATITUD NORTE.

OBJETIVO,

DETERMINAR LA ESTRUCTURA DEL SUBSUELO EN UN PERFIL QUE PARTE DE LAS LOYAS SITUADAS AL N.O. DE LA PLANTA Y EN EL ÁREA DE ÉSTA, INVESTIGANDO LA PRESENCIA DEL BASAMENTO ROCOSO HASTA 300 M DE PROFUNDIDAD, Y ASÍ OBTENER DATOS DE LOS EVENTUALES ACUÍFEROS DE LA ZONA.

TRABAJOS ENCOMENDADOS,

DOS PERFILES SÍSMICOS, 16 SONDEOS ELÉCTRICOS VERTICALES, ESTUDIO FOTOGEOLÓGICO.

RESULTADO DE LOS TRABAJOS.

DE ACUERDO A LA INTERPRETACIÓN DE TALES SONDEOS SE OBTUVO QUE -- LOS ALUVIONES RECIENTES TIENEN UN ESPESOR UNIFORME CON RESISTIVIDAD ELEVADA -- (10 A 50 $\Omega\cdot\text{M}$), EN GENERAL, EN EL ESPESOR DRENADO DE 2-3 M Y DE 5 A 40 $\Omega\cdot\text{M}$ EN EL RESTO. LAS CELERIDADES SÍSMICAS SON DE $\alpha = 0.4 \text{ KM/S}$ EN LOS 2-4 PRIMEROS METROS Y EL 1.5. A 1.8 KM/S EN EL RESTO.

LAS RESISTIVIDADES MEDIDAS ACUSA LA PRESENCIA DE LA INTERFASE -- SALINA, A PARTIR DE LAS PROFUNDIDADES DE 60 M EN PROMEDIO

EL AMBIENTE GENERAL ES FAVORABLE, CON PREDOMINANCIA DE LOS ELEMENTOS ARENOSOS Y DE GRAVAS SOBRE LOS LIMO ARCILLOSOS. LAS MEDIDAS SISMO-ELÁSTICAS CONFORMAN ESTOS ASPECTOS. BAJO LOS DOS A CUATRO PRIMEROS METROS SE ENCUENTRAN YA CELERIDADES DE 1.5 A 1.8 KM/S QUE, A PARTIR DE 20-25 M CRECEN HASTA 2 KM/S LOCALMENTE. EXISTEN SIN EMBARGO, ALGUNAS ZONAS DÉBILES LIMITADAS.

VIII.4.2. ESTUDIO GEOHIDROLÓGICO REALIZADO EN LA PLANICIE COSTERA DEL VALLE DEL RÍO ACALPÍCAN, MICH.

INFORME No. 1771 ELABORADO POR GEDFIMEX EN JULIO DE 1973 PARA SICARTSA.

AREA DE ESTUDIO

LÍMITE SE DEL ESTADO DE MICHOACÁN, ENTRE LAS COORDENADAS 17° 55' Y 18° 05' DE LATITUD NORTE Y 102° 20' DE LONGITUD OESTE,

OBJETIVO

DEFINIR LOS CONTACTOS ENTRE LOS TERRENOS PERMEABLES E IMPERMEABLES DEL SUBSUELO HASTA UNA PROFUNDIDAD DEL ORDEN DE 60 M,

PROPORCIONAR INFORMACIÓN NECESARIA PARA LA EXPLOTACIÓN DE LOS ACUÍFEROS EXISTENTES EN EL ÁREA,

TRABAJOS ENCOMENDADOS,

DOS PERFILES (P1 Y P3) DE INVESTIGACIÓN ELÉCTRICA RESISTIVA CON PUESTOS POR 41 S.E.V., OBSERVACIONES PIEZOMÉTRICAS DE LOS MESES DE DICIEMBRE DE 1972 Y JUNIO DE 1973. NIVELACIÓN DE BROCALES, CENSO DE POZOS, PRUEBAS DE EMPALME.

RESULTADO DE LOS TRABAJOS.

EL ÁREA DONDE SE REALIZÓ EL ESTUDIO, GEOFÍSICO SE ENCUENTRA CONSTITUIDA POR SEDIMENTOS CLÁSTICOS DEL Terciario sobre los cuales descansan los SITOS ALUVIALES RECIENTES, PROVENIENTES DEL RÍO ALCALPICHAN.

LOS 41 SONDEOS ELÉCTRICOS RESISTIVOS EJECUTADOS A LO LARGO DE 2 PERFILES (P1 Y P3), AUNQUE EN NÚMERO MUY LIMITADO, PERMITEN ACLARAR LA ESTRUCTURA GEOLÓGICA DE DICHO VALLE, EN LA VERTICAL DE SU LLANURA COSTERA.

SE TRATA DE FORMACIONES GEOLÓGICAS MUY COMPLICADAS DONDE SE ENCUENTRAN UNOS CAMBIOS MUY BRUSCOS DE RESISTIVIDAD QUE SE DEBEN A UNAS ALTERNANCIAS DE DEPÓSITOS ARCILLOS, LIMOSOS Y ARENOSOS, QUE ESTÁN LOCALMENTE CEMENTADOS DE UN FORMA VARIABLE. NO OBTIENE SE DIFERENCIAN CLARAMENTE LA SEPARACIÓN ENTRE LAS FORMACIONES Terciarias DE LAS RECIENTES.

VIII.4.3. METODOLOGÍA DE GABINETE PARA LA INTERPRETACIÓN CONJUNTA.

EL PRIMER PASO CONSISTE EN LA CONSTRUCCIÓN DE CURVAS DE RESISTIVIDAD APARENTE DE LOS 15 SONDEOS PRACTICADOS EN EL ÁREA DE ESTUDIO A FIN DE INTERPRETARLOS TANTO CUALITATIVA COMO CUANTITATIVAMENTE, LO MISMO QUE LOS DEMÁS SONDEOS RECOPIADOS, LOS CUALES A SU VEZ TAMBIÉN FUERON REINTERPRETADOS.

LA INTERPRETACIÓN CUALITATIVA SE LLEVA A EFECTO PARA PODER DETERMINAR UN ESQUEMA DE LA DISTRIBUCIÓN DE LA CORRIENTE EN EL SUBSUELO Y LA INTERPRETACIÓN CUANTITATIVA PARA DEFINIR LA POSICIÓN, ESPESOR Y PROFUNDIDAD DE LAS ZONAS QUE PRESENTAN VARIACIONES O ANOMALIAS RESISTIVAS.

COMO EN ESTE CASO SE CONTÓ CON INFORMACIÓN GEOLÓGICA DEL SUBSUELO, FUE POSIBLE CALIBRAR LAS MEDIDAS RESISTIVAS Y CORRELACIONARLAS CON LOS DIFERENTES ESTRATOS SEDIMENTARIOS ACUMULADOS EN EL DELTA DEL RÍO PALSAS.

EL SEGUNDO PASO CONSISTE EN LA CORRECCIÓN DE DESPLAZAMIENTOS DE LA CURVA, PRINCIPALMENTE EN LOS PUNTOS DE EMPALME (TRANSALPE), ASÍ COMO DE LAS LECTURAS DUDOSAS, OBTENIÉNDOSE DE ESTA FORMA UNA CURVA CONTÍNUA DENOMINADA CURVA DE RESISTIVIDAD APARENTE.

EL SIGUIENTE PASO ES LA INTERPRETACIÓN INDIVIDUAL DE CADA UNA DE LAS CURVAS OBTENIDAS, LA CUAL SE EFECTÚA CON ÁBACOS DE CURVAS PATRÓN, PARA LOS CASOS DE 2, 3 Y 4 CAPAS. ESTAS CURVAS MAESTRAS SE HAN TRAZADO CON VALORES RESISTIVOS TEÓRICOS EN CONDICIONES IDEALES PARA CADA TIPO DE ESTRUCTURA EN EL TERRENO, AUNQUE GENERALMENTE SE REFIEREN A MEDIOS HORIZONTALES ESTRATIFICADOS. ESTAS CURVAS SE CLASIFICAN COMO H, A, K, Y O Y SEGÚN LAS RELACIONES QUE EXISTAN EN LAS CURVAS DE RESISTIVIDAD APARENTE SE PUEDEN HACER TODO TIPO DE COMBINACIONES CON EllAS. PARA CURVAS DE CAMPO CON MÁS DE CUATRO CAPAS, SE UTILIZARON LAS GRÁFICAS AUXILIARES CON LAS CURVAS PATRÓN QUE PARA CADA CASO SE ADECUARON. EL MÉTODO EMPLEADO PARA LA INTERPRETACIÓN FUE EL DE PUNTO AUXILIAR.

COMO RESULTADO DE ESTE PROCEDIMIENTO SE OBTIENEN LOS VALORES REALES DE PROFUNDIDAD Y RESISTIVIDAD DE CADA UNO DE LOS CUERPOS DETECTADOS EN LA CURVA DE RESISTIVIDAD APARENTE. EN LAS FIGURAS VIII.4.1 A VIII.4.15 SE PRESENTAN LAS CURVAS INDIVIDUALES OBTENIDAS Y EN LA TABLA VIII.4.1 LOS RESULTADOS DE LA INTERPRETACIÓN DE CADA CURVA. UNA VEZ HECHO LO ANTERIOR SE CONSTRUYEN LOS PERFILES DE RESULTADOS, COLOCANDO BAJO CADA SONDEO LOS VALORES DE RESISTIVIDAD REAL, OBTENIDOS ASÍ COMO SU PROFUNDIDAD, A FIN DE PODERLOS CORRELACIONAR CON LOS VALORES DE LOS SONDEOS ADJUNTOS QUE CONFIRMAN EL PERFIL, DE TAL MODO QUE SE PUEDAN OBSERVAR TANTO LAS TENDENCIAS GENERALES DE LOS VALORES DE RESISTIVIDAD, ASÍ COMO LA CONTINUIDAD DE LOS CONTACTOS DE LAS DIFERENTES UNIDADES DETECTADAS. EN CASO QUE LOS VALORES NO SEAN CORRELACIONABLES, ESTO PUEDE SER INDICATIVO DE QUE EN EL SUBSUELO EXISTA UNA DISCONTINUIDAD DEBIDA YA SEA A CAMBIOS EN LA NATURALEZA DEL MATERIAL, EN LA ESTRATIGRAFÍA Ó EN SU ESTRUCTURA GEOLÓGICA. CABE ACLARAR QUE EL PERFIL ASÍ OBTENIDO REPRESENTA UNA IMAGEN DE LA ESTRUCTURA DEL SUBSUELO BASADA ÚNICAMENTE EN VALORES DE RESISTIVIDAD DEL TERRENO POR LO QUE ES NECESARIO CALIBRARLO Y CORRELACIONARLO CON INFORMACIÓN GEOLÓGICA TANTO SUPERFICIAL COMO SUBTERRÁNEA.

EN LOS PERFILES GEOFÍSICOS QUE SE INCLUYEN EN EL CUERPO DE ESTE INFORME (PLANOS VIII.4.1 A VIII.4.3) SE PRESENTAN LAS RESISTIVIDADES REALES OBTENIDAS DE SU INTERPRETACIÓN INDIVIDUAL, ASÍ COMO LAS PROFUNDIDADES DE LAS CAPAS DETECTADAS Y SU CORRELACIÓN CON LA GEOLOGÍA DEL SUBSUELO, OBTENIDA DE LOS SONDEOS MECÁNICOS PRACTICADOS EXPRESO.

VIII.5 CRITERIOS GENERALES DE INTERPRETACIÓN.

LOS CRITERIOS GENERALES EMPLEADOS EN LA INTERPRETACIÓN DEL VALOR DE LA RESISTIVIDAD FUERON LOS SIGUIENTES:

A) LOS VALORES DE RESISTIVIDAD ALTOS, CORRESPONDEN A ZONAS INTERESANTES DESDE EL PUNTO DE VISTA PERMEABILIDAD Y PUEDEN CORRESPONDER A PALEOCANALES DEL RÍO Ó A UNA ZONA FRACTURADA.

B) LOS SEDIMENTOS ARENO-LIMOSOS CON GRADO DE CEMENTACIÓN VARIABLE CARACTERÍSTICOS DEL Terciario Continental del Área presentan valores de resistividad medios.

C) VALORES PEQUEÑOS EN LA RESISTIVIDAD DEL TERRENO, PUEDEN CORRESPONDER A MATERIALES ARCILLOSOS Ó ARCILLO-LIMOSOS, A LA PRESENCIA DE SALES DISSUELTAS EN LOS SEDIMENTOS O A LA EXISTENCIA DE AGUA DE MAR.

VIII.6 RESULTADOS.

EN LOS PLANOS VIII.4.1 A VIII.4.3 SE MUESTRAN LOS PERFILES GEOFÍSICOS OBTENIDOS DE LA INTERPRETACIÓN CONJUNTA DE LOS SONDEOS EJECUTADOS EXPRESAMENTE PARA EL PRESENTE ESTUDIO, ASÍ COMO LOS RECOPIADOS DE ESTUDIOS PREVIOS (OPCIT). PARA EXPRESAR ESTOS RESULTADOS EN TÉRMINOS GEOLÓGICOS, SE CORRELACIONARON LOS VALORES DE RESISTIVIDAD CON LA INFORMACIÓN GEOLÓGICA E HIDROLÓGICA DISPONIBLE.

LA INFORMACIÓN OBTENIDA A PARTIR DE LOS SONDEOS EXPLORATORIOS DIRECTOS PRACTICADOS EN EL ÁREA, ASÍ COMO LA DE POZOS A CIELO ABIERTO, LA FOTOINTERPRETACIÓN DE PARES ESTEREOSCÓPICOS Y SU POSTERIOR VERIFICACIÓN DE CAMPO PROPORCIONAN UN CONOCIMIENTO BASTANTE DETALLADO DEL MARCO GEOLÓGICO DE LA ZONA -- QUE SIRVIÓ DE APOYO TANTO A LA INTERPRETACIÓN COMO A LA CALIBRACIÓN DE LOS S.E.V. LA UBICACIÓN DE LOS SONDEOS EXPLORATORIOS DIRECTOS SE MUESTRA EN EL PLANO VIII.3.1.

COMO QUEDA CONSIGNADO EN EL CAPÍTULO VI LA MAYORÍA DE LOS ALUMBRAMIENTOS DE AGUA SUBTERRÁNEA EXISTENTES EN LA REGIÓN SON SOMEROS DEBIDO A QUE -- EL AGUA SUBTERRÁNEA SE ENCUENTRA A Poca PROFUNDIDAD, POR LO QUE LOS CAUDALES -- Y RENDIMIENTOS DE LOS POZOS SITUADOS EN LAS PROXIMIDADES DE LOS SONDEOS, SOLO SIRVIERON DE BASE PARA DAR UNA IDEA CUALITATIVA DE LA PERMEABILIDAD DE LAS "ZONAS" SUPERIORES (HASTA UNA PROFUNDIDAD DE 20 M.) DEFINIDAS EN FUNCIÓN DE LA RESISTIVIDAD.

EL ANÁLISIS INDIVIDUAL DE CADA S.E.V. MUESTRA UNA AMPLIA GAMA DE VALORES DE RESISTIVIDAD QUE PONEN DE MANIFIESTO, EN SU INTERPRETACIÓN CONJUNTA, LA HETEROGENEIDAD DE LOS DEPÓSITOS DEL DELTA DEL RÍO BALSAS TANTO VERTICAL COMO HORIZONTALMENTE, POR LO QUE FUE NECESARIO AGRUPAR LAS RESISTIVIDADES REALES CONFORME A RANGOS SELECCIONADOS DE VALORES, CON LO QUE PUDIERON DELIMITAR -- CUATRO "ZONAS" PRINCIPALES QUE EN CONJUNTO REPRESENTAN LA ESTRUCTURA GEOLÓGICA SUBTERRÁNEA HASTA UNA PROFUNDIDAD DE 100 M APROXIMADAMENTE.

ZONA I, COMPRENDE RESISTIVIDADES ENTRE 20 Y 35 OHM-M, LAS CUA-

LES CORRESPONDEN AL RECUBRIMIENTO SUPERFICIAL CON ESPESORES PROMEDIO DE 2 A 5 M; ESTA UNIDAD SE CORRELACIONA CON MATERIALES ARCILLO-LIMOSOS CON CONTENIDO VARIABLE DE MATERIA ORGÁNICA EN SU PORCIÓN MÁS SUPERFICIAL; SU GRADO DE SATURACIÓN, COMPACTACIÓN Y CEMENTACIÓN SON VARIADOS, PUDIENDOSE CONSIDERAR QUE EL CONTACTO GEOLÉCTRICO ENTRE ESTA UNIDAD Y LA INFRAYACENTE LO MARCA LA PRESENCIA DEL MANTO FREÁTICO.

ZONA II.- EL RANGO DE VALORES DE RESISTIVIDAD, CORRESPONDIENTE A LA SEGUNDA UNIDAD GEOLÉCTRICA, ES MUY AMPLIO, VARIANDO ENTRE 20 Y 440 OHMS-M, CORRESPONDIENTES A LOS DEPÓSITOS DELTAICOS, CONSTITUIDOS POR GRAVAS Y BOLEOS CON ARENA FINA A MEDIA, DE COMPACTACIÓN VARIABLE Y CUYA PERMEABILIDAD DECRECE CONFORME AUMENTA LA RESISTIVIDAD. LAS PROFUNDIDADES PROMEDIO ALCANZADAS POR ESTA UNIDAD VARÍAN ENTRE 40 Y 70 M, CON UN NOTABLE ADELGAZAMIENTO CONFORME SE APROXIMA A LA LÍNEA DE COSTA EN DONDE QUIZÁ NO HAYA CAMBIO EN SU NATURALEZA SEDIMENTOLÓGICA SIHO QUE LOS VALORES AHÍ MEDIDOS, QUE EN GENERAL SON BAJOS, SE DEBEN A LA PRESENCIA DEL AGUA DE MAR. ÉSTA UNIDAD CONSTITUYE EL ACUÍFERO DE LA ZONA.

ZONA III.- AGRUPA A RESISTIVIDADES COMPRENDIDAS ENTRE 2200 Y 3400 OHMS-M QUE SE HAN CORRELACIONADO CON MATERIALES PREDOMINANTEMENTE ARENOSOS CON PRESENCIA DE GRAVAS Y GRAVILLAS. DE ACUERDO A LO MANIFESTADO POR EL ING. VIGILDO COMBAS EN EL ESTUDIO PREVIO (OPCIT) ÉSTA UNIDAD PROBABLEMENTE CORRESPONDA A PALEOCAUCES DEL RÍO BALSAS A LOS QUE LE ASIGNA UNA PERMEABILIDAD ALTA, POR LO QUE RECOMIENDA SU INVESTIGACIÓN MEDIANTE SONDEOS MECÁNICOS. EN OPINIÓN DE LOS AUTORES DELA PRESENTE TESIS, ÉSTA UNIDAD PUDIERA CORRESPONDER A RELLENOS CONSOLIDADOS O CEMENTADOS POCO PERMEABLES COMO LOS DETECTADOS EN EL SONDEO EXPLORATORIO DIRECTO (H-2) EN DONDE FUE ALCANZADA A UNA PROFUNDIDAD DE 59 M.

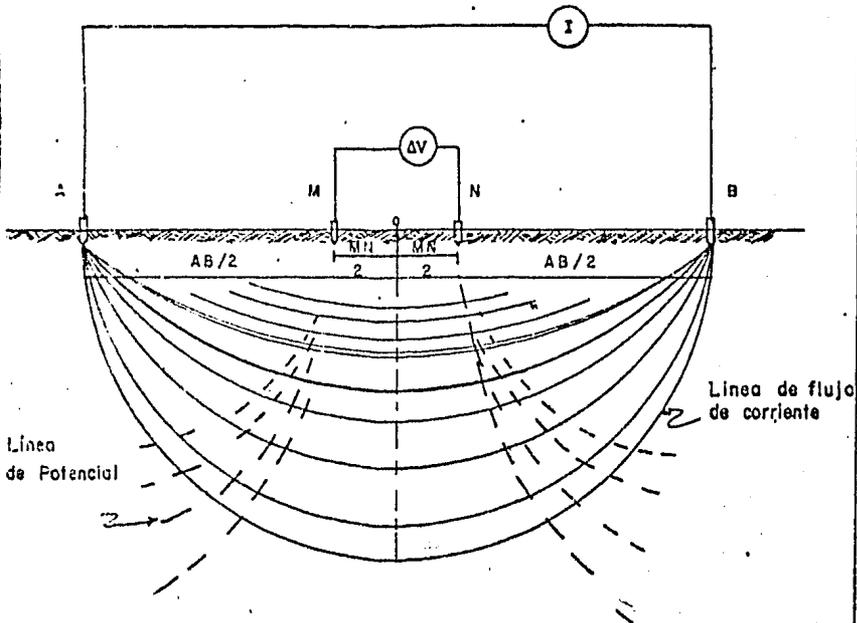
ZONA IV.- COMPRENDE RESISTIVIDADES ENTRE 2 Y 10 OHMS-M; CARACTERÍSTICAS DE RELLENOS DE GRANO PREDOMINANTEMENTE FINO, O BIEN, DE UNA ZONA QUE CONTIENE AGUA DE ALTA SALINIDAD, ÉSTA ZONA SE SUBDIVIDE EN LAS SUBZONAS IVA Y IVB.

LA SUBZONA IVA PRESENTA RESISTIVIDADES ENTRE 3 Y 9 OHMS-M, QUE SE SUPONE SON DEBIDAS A LA PRESENCIA DE UNA ZONA DE DIFUSIÓN SALINA (INTERFASE).

LA SUBZONA IVB, CON RESISTIVIDADES ENTRE 0,5 Y 9 OHMS-M, DEBE CORRESPONDER A LA ZONA SATURADA CON AGUA DE MAR.

DE LO ANTERIOR SE DESPRENDE QUE, NO OBSTANTE LA HETEROGENEIDAD DE

LOS MATERIALES QUE CONSTITUYEN EL SUBSUELO DEL ÁREA ESTUDIADA, SE PRESENTAN -
CONDICIONES FAVORABLES PARA LA CAPTACIÓN DE AGUAS SUBTERRÁNEAS PRINCIPALMENTE
EN LA PORCIÓN OCUPADA POR LA ISLA DE LA PALMA Y LA PARTE NORTE DE LA ISLA DEL
CAYACAL Y SE CONSIDERA QUE LA INTERFASE AGUA DULCE-AGUA SALADA PENETRA 4 KM.-
TIERRA ADENTRO COMO SE ILUSTRÁ EN EL PERFIL VIII.4.1.



Fórmula:

$$\rho_{op} = \frac{\pi}{4} \frac{AB^2 - MN^2}{MN} \frac{\Delta V}{I}$$

CONDICION:

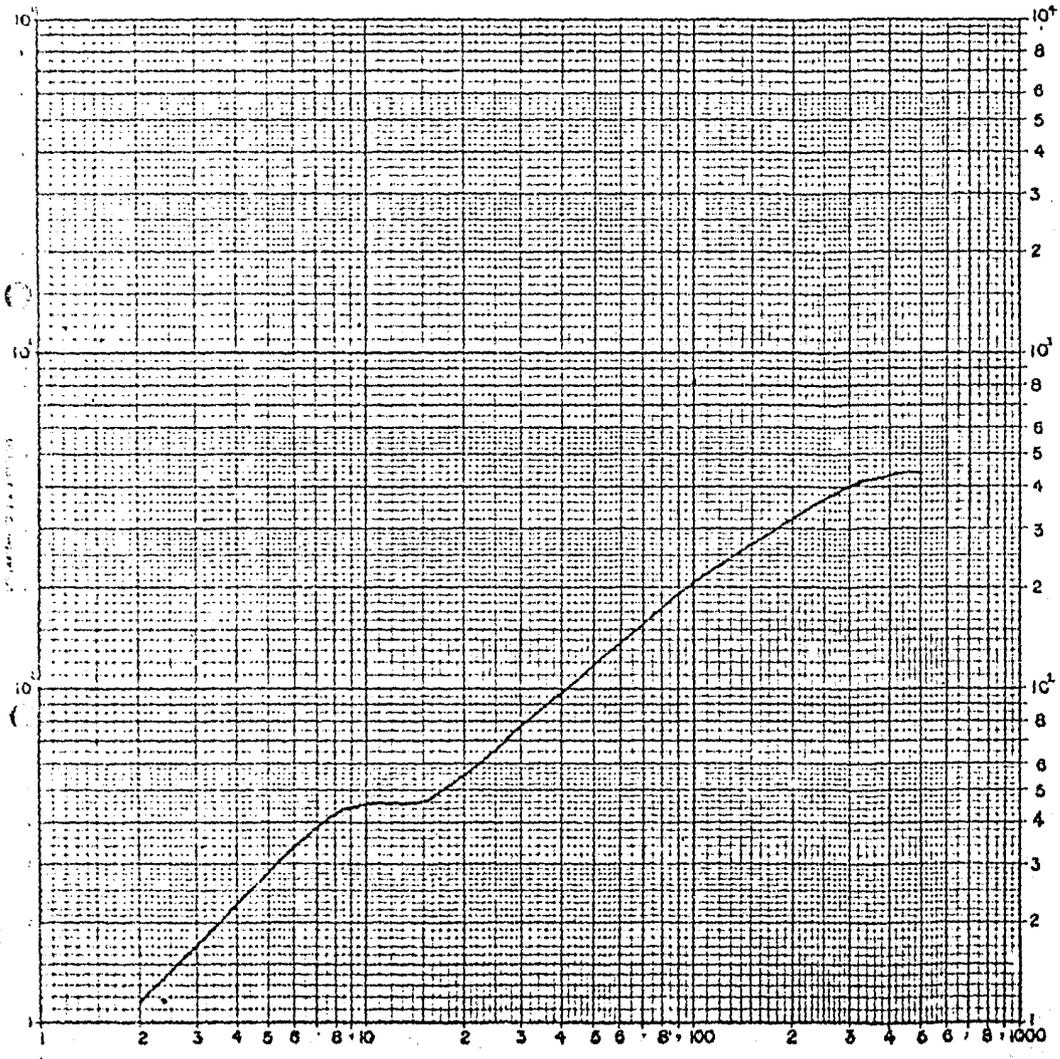
$$AB \geq 5 MN$$

LITERALES:

- o - Centro del arreglo o sondeo
- A,B - Electrodo de corriente
- M,N - Electrodo de Potencial

un am	FACULTAD DE INGENIERIA DIVISION DE CIENCIAS DE LA TIERRA
	ESTUDIO HIDROGEOLOGICO DELTA DEL RIO BALSAS, MICHOACAN
ARREGLO TETRAPOLAR SIMETRICO TIPO SCHLUMBERGER.	
TESIS PROFESIONAL L JAIME JOEL BUTRAGUEZ ARROYO - RAÚL NAFAEL GONZALEZ FLORES	
1984	FIGURA VII.5.1

ESTADO: Michoacán.	LUGAR: Isla la Palma.
MUNICIPIO: Cd. Lazaro Cardenas.	SONDEO No.: 1
PROYECTO: Dto. Industrial Marítimo.	SECCION: 1



ρ_{ap} (ohms-m.)

Figure VIII.4.1

$AB/2$ (m.)

ESTADO: Michoacán.	LUGAR: Isla la Palma.
MUNICIPIO: Cd. Lazaro Cardenas.	SONDEO No.: 3
PROYECTO: Dto. Industrial Marítimo.	SECCION: 1

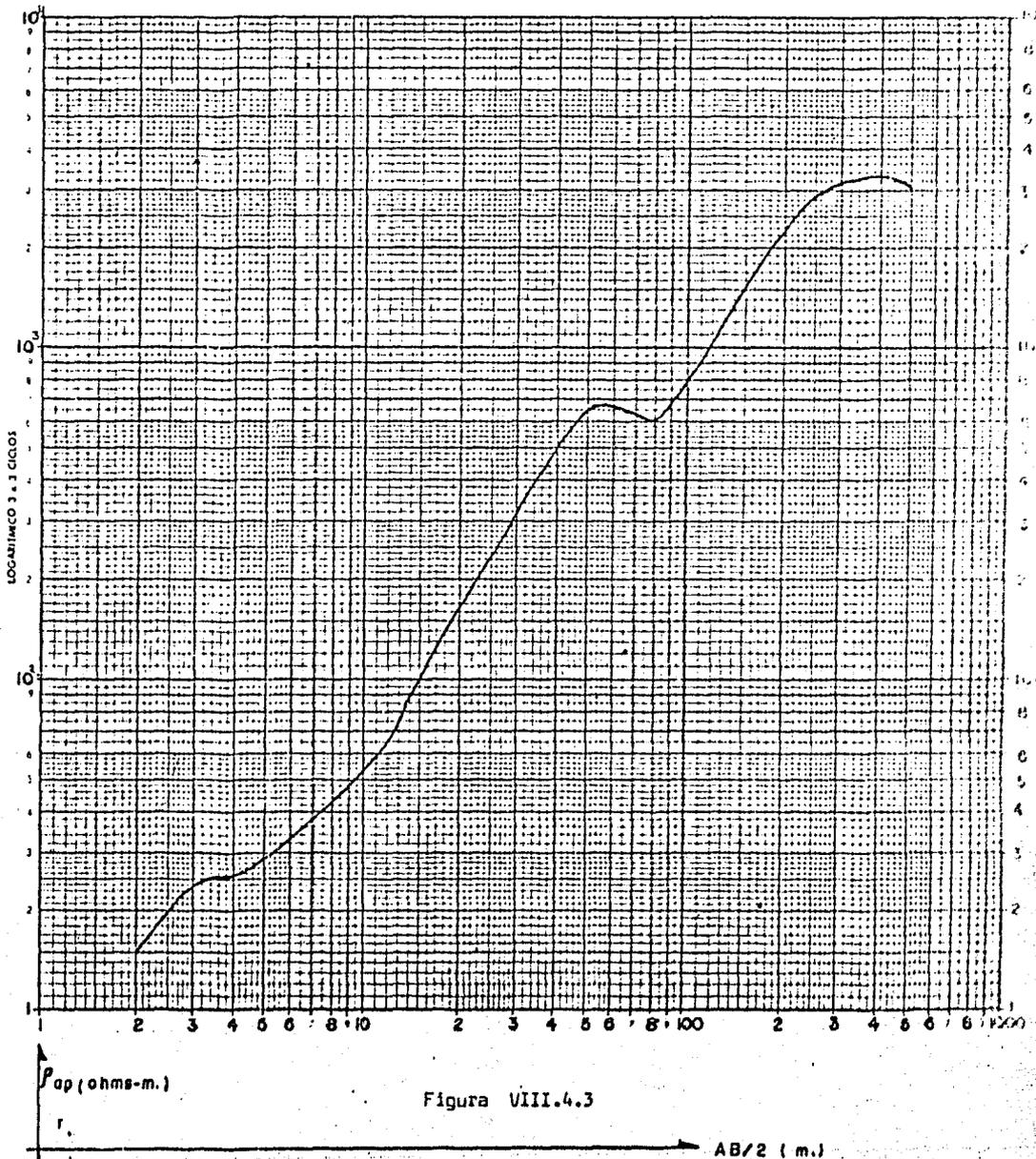


Figura VIII.4.3

ESTADO: Michoacán.	LUGAR: Isla la Palma.
MUNICIPIO: Cd. Lazaro Cardenas.	SONDEO No.: 1
PROYECTO: Dto. Industrial Marítimo.	SECCION: 1

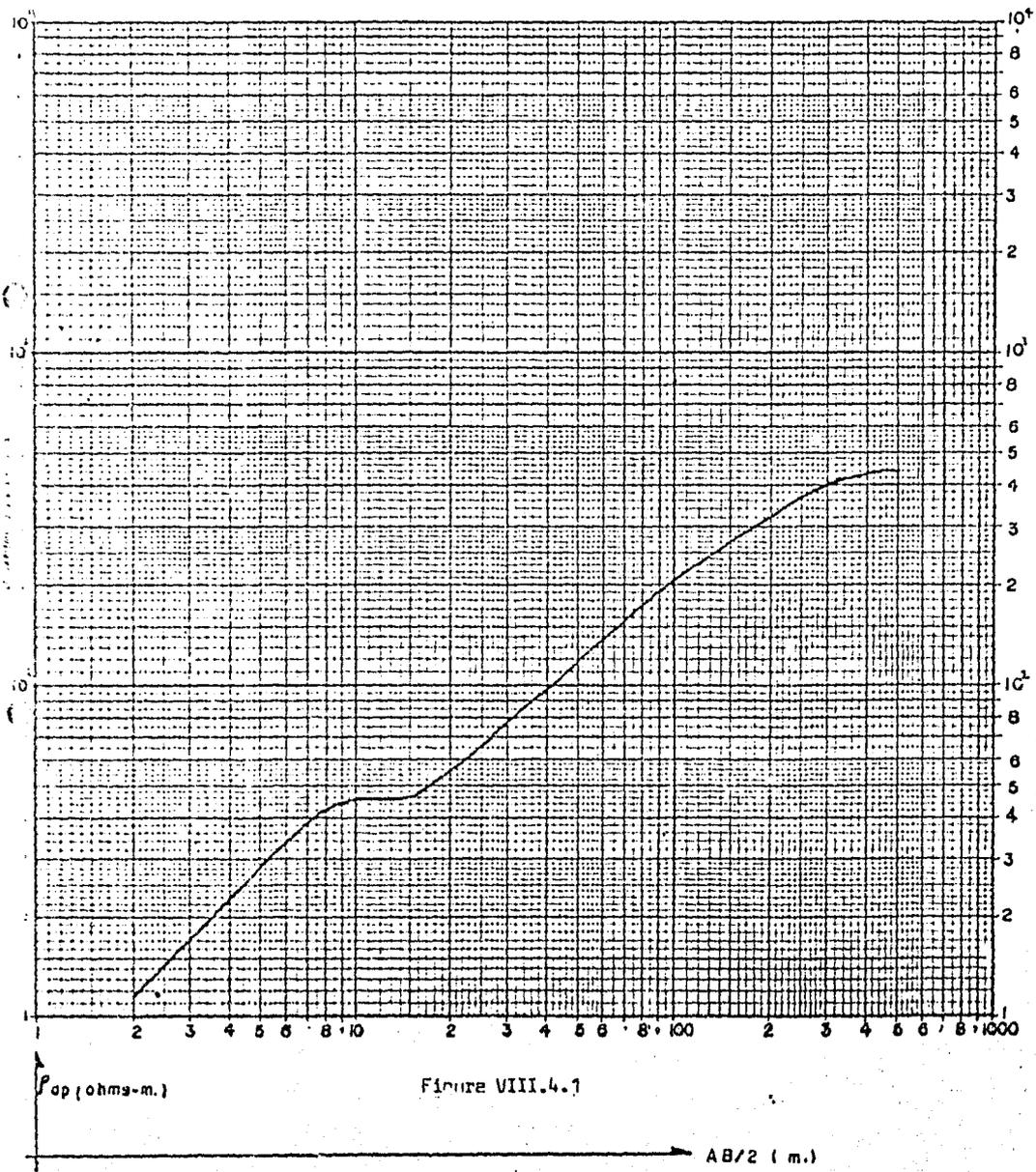


Figure VIII.4.1

ESTADO: Michoacán.

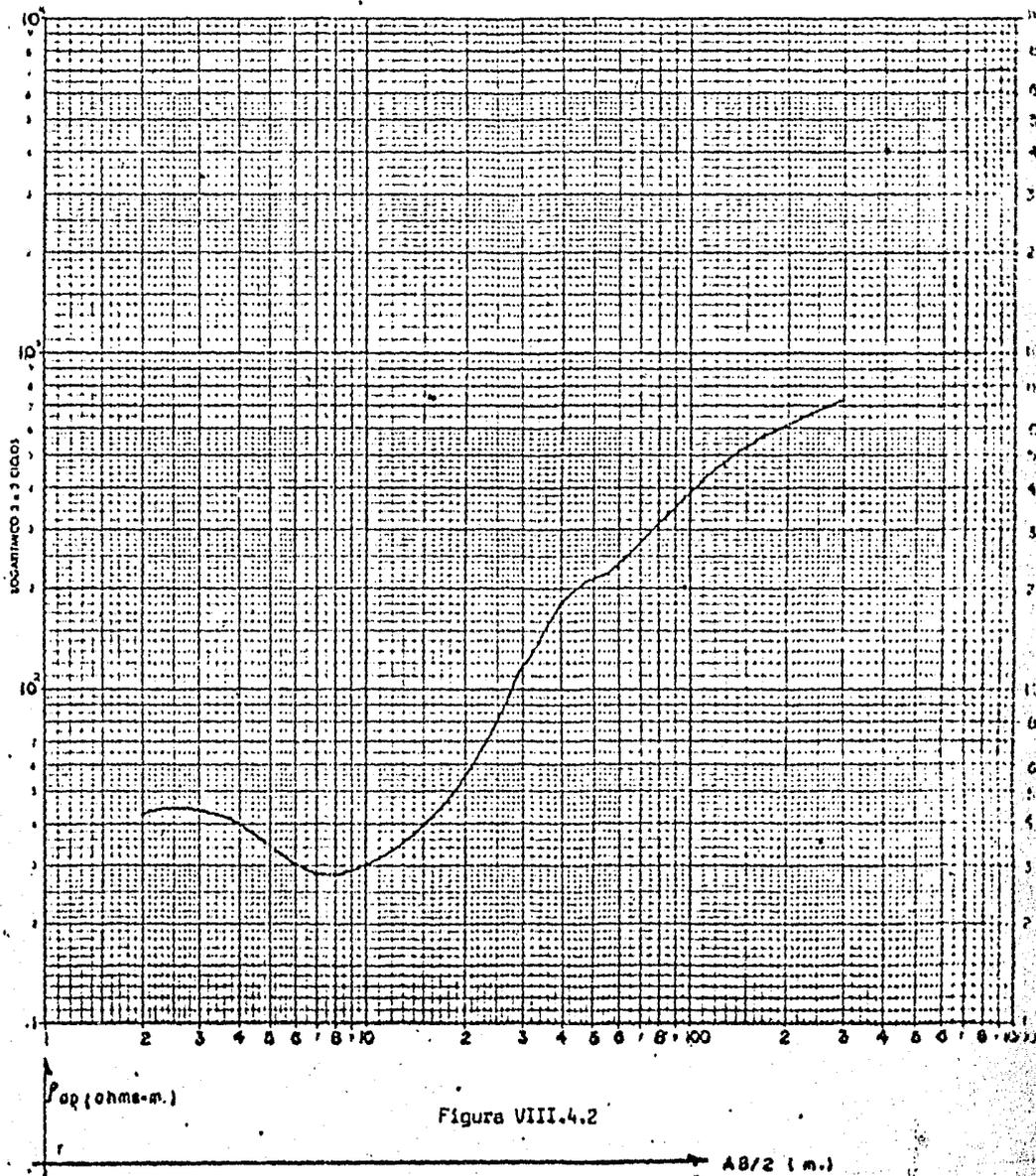
LUGAR: Isla la Palma.

MUNICIPIO: Cd. Lazaro Cardenas.

SONDEO No.: 2

PROYECTO: Dto. Industrial Marítimo.

SECCION: 1



ESTADO: Michoacán.

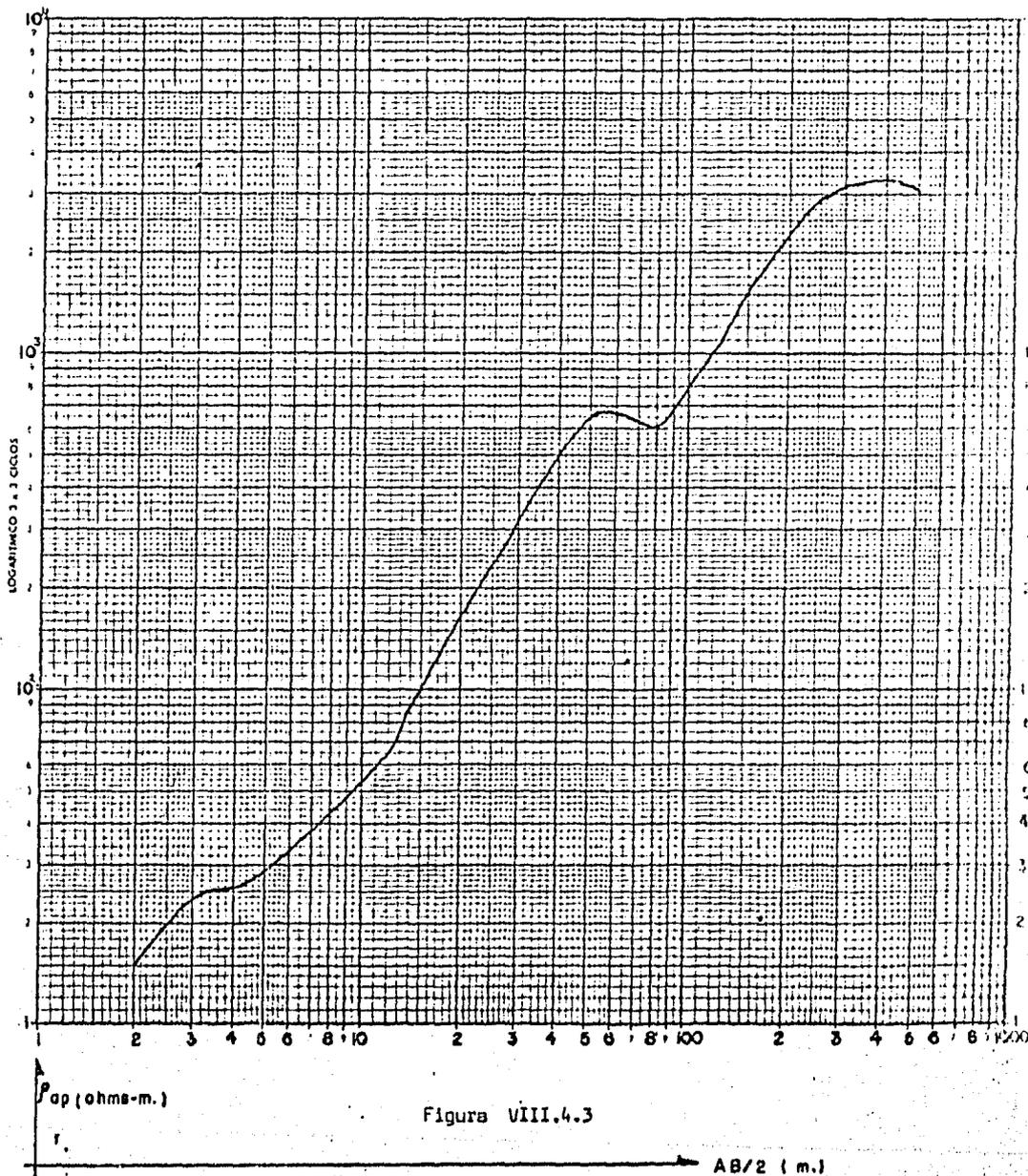
LUGAR: Isla la Palma.

MUNICIPIO: Cd. Lazaro Cardenas.

SONDEO No.: 3

PROYECTO: Dto. Industrial Marítimo.

SECCION: 1



ESTADO: Michoacán.	LUGAR: Isla la Palma.
MUNICIPIO: Cd. Lazaro Cardenas.	SONDEO No.: 4
PROYECTO: Dto. Industrial Marítimo.	SECCION : 2

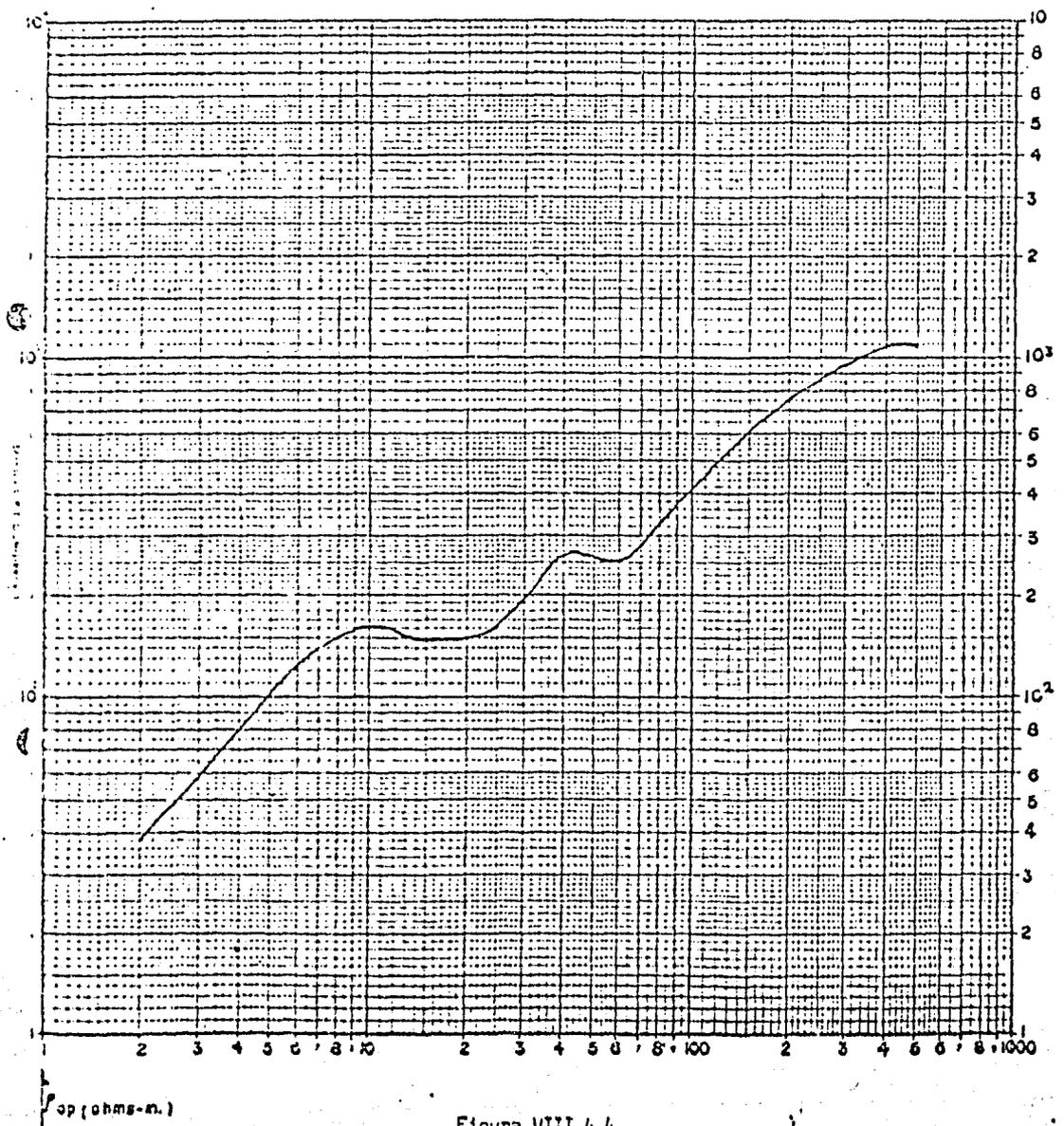
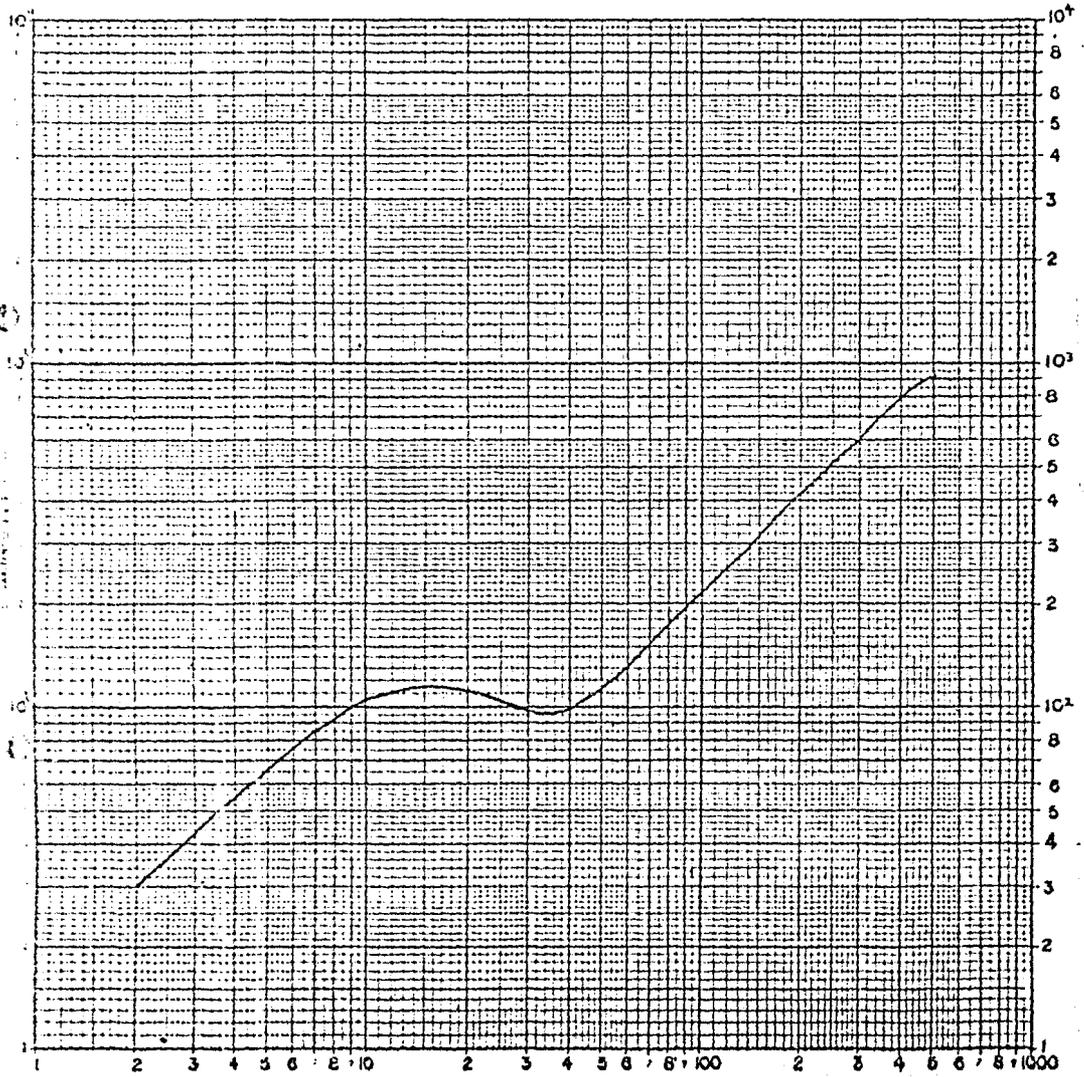


Figura VIII.4.4

AB/2 (m.)

ESTADO: Michoacán.	LUGAR: Isla la Palma.
MUNICIPIO: Cd. Lazaro Cardenas.	SONDEO No.: 5
PROYECTO: Dto. Industrial Marítimo.	SECCION : 2



ρ_{ap} (ohms-m.)

Figura VIII.4.5

$AB/2$ (m.)

ESTADO: Michoacán.	LUGAR: Isla la Palma.
MUNICIPIO: Cd. Lazaro Cardenas.	SONDEO No.: 6
PROYECTO: Dto. Industrial Marítimo.	SECCION : 2

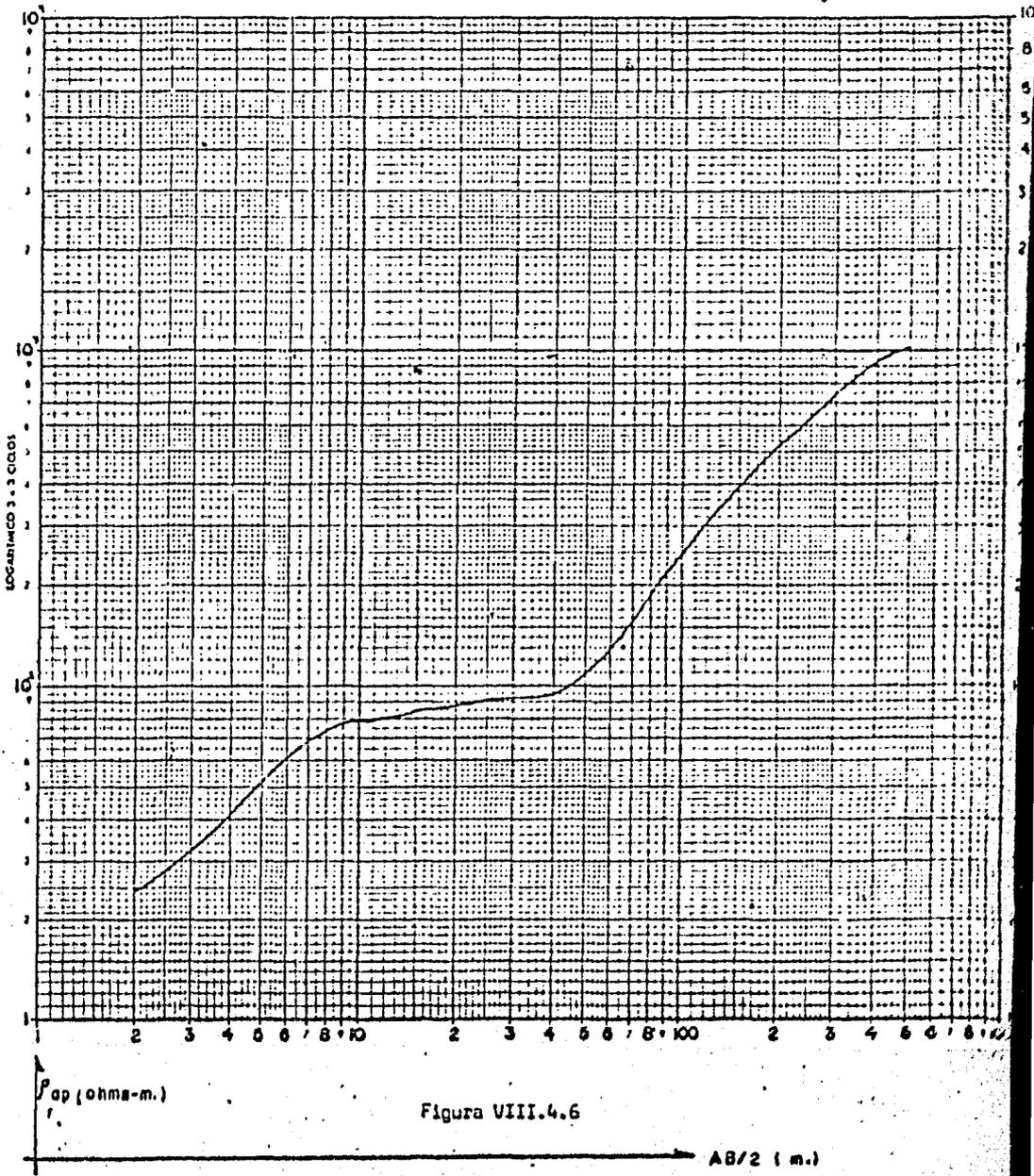


Figura VIII.4.6

ESTADO: Michoacán.

LUGAR: Isla la Palma.

MUNICIPIO: Cd. Lazaro Cardenas.

SONDEO No.: 7

PROYECTO: Dto. Industrial Marítimo.

SECCION : 2

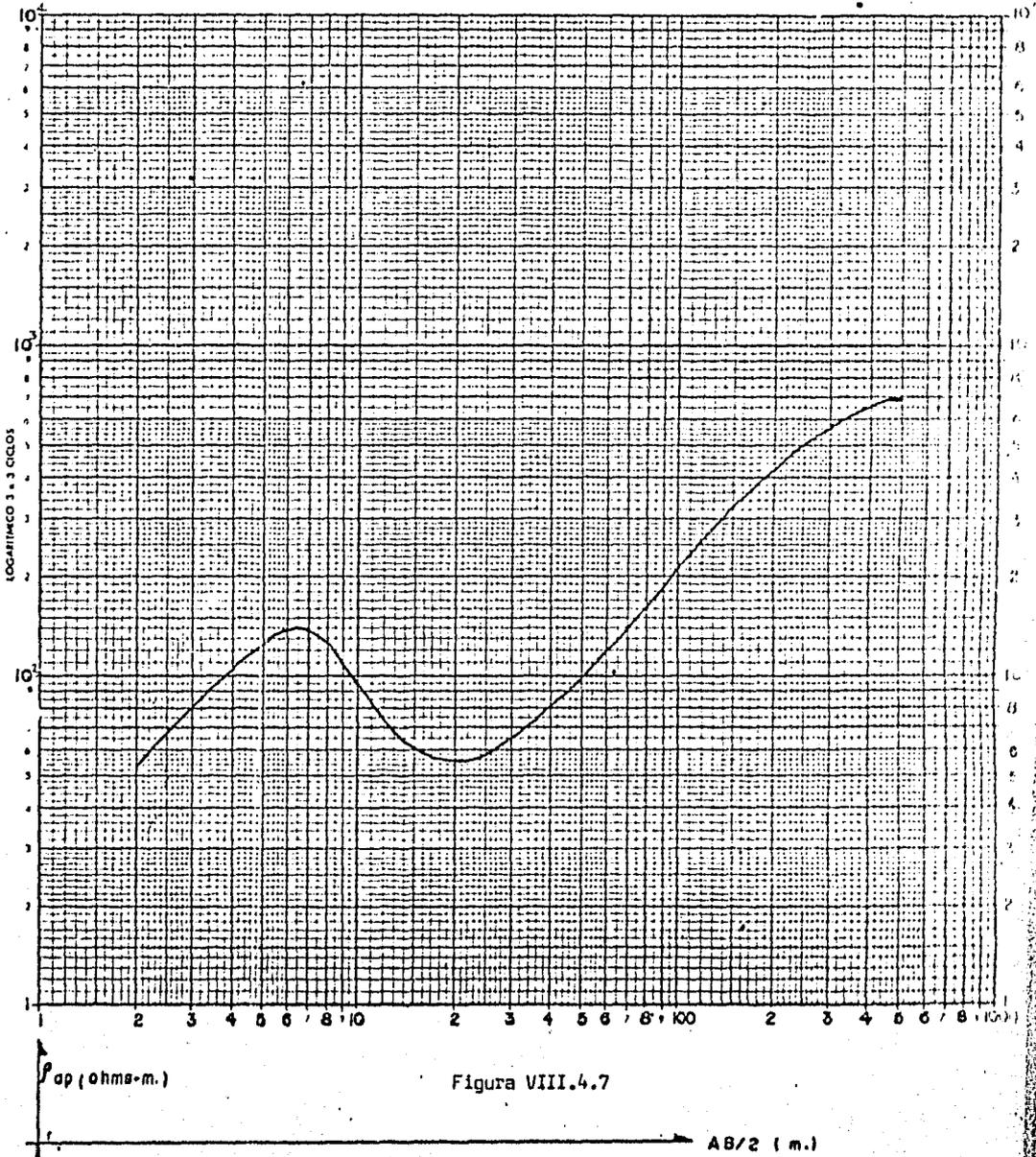


Figura VIII.4.7

ESTADO: Michoacán.

LUGAR: Isla la Palma.

MUNICIPIO: Cd. Lazaro Cardenas.

SONDEO No.: 8

PROYECTO: Dto. Industrial Marítimo.

SECCION: 3

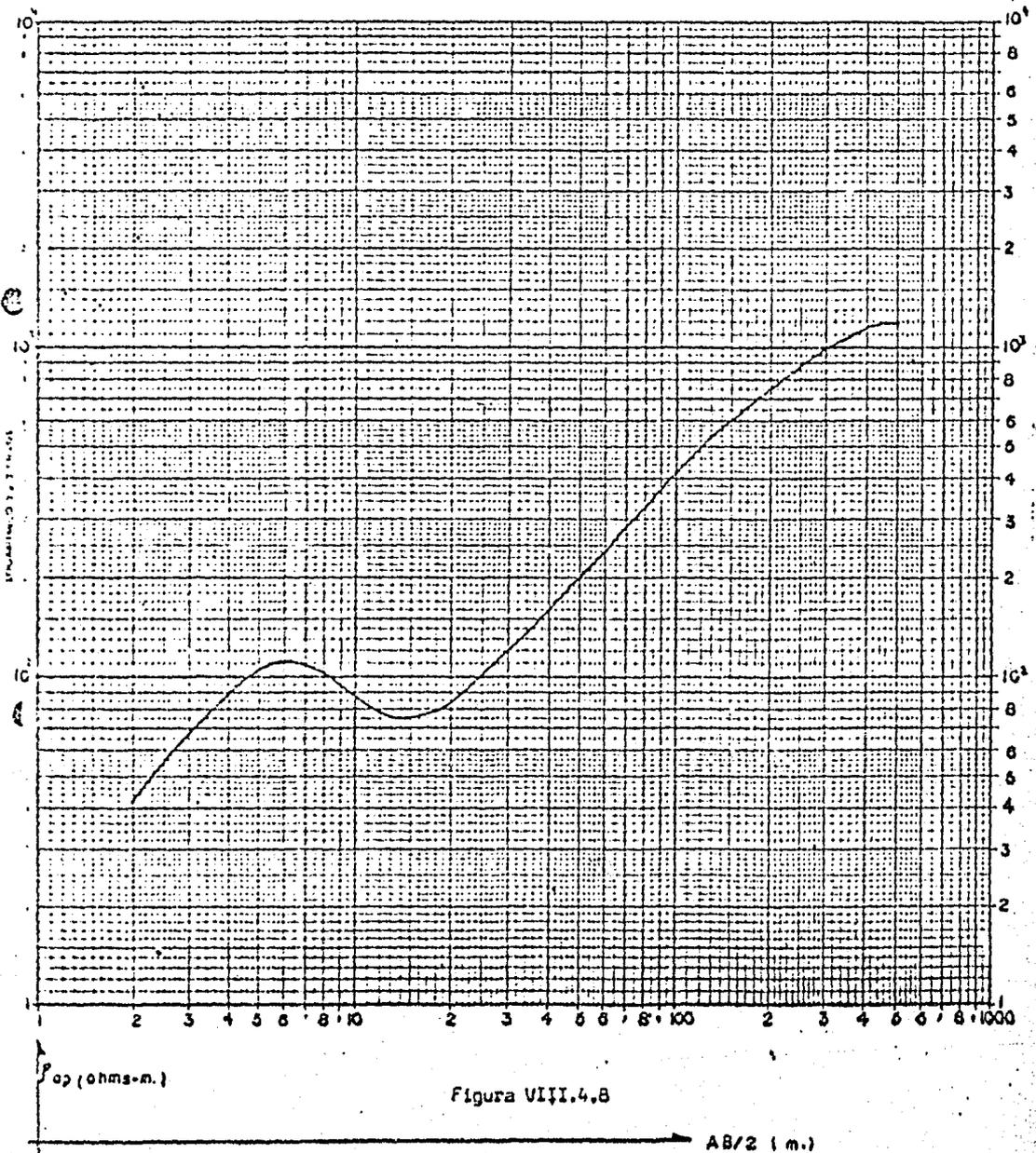


Figura VIII.4.8

AB/2 (m.)

ESTADO: Michoacán.

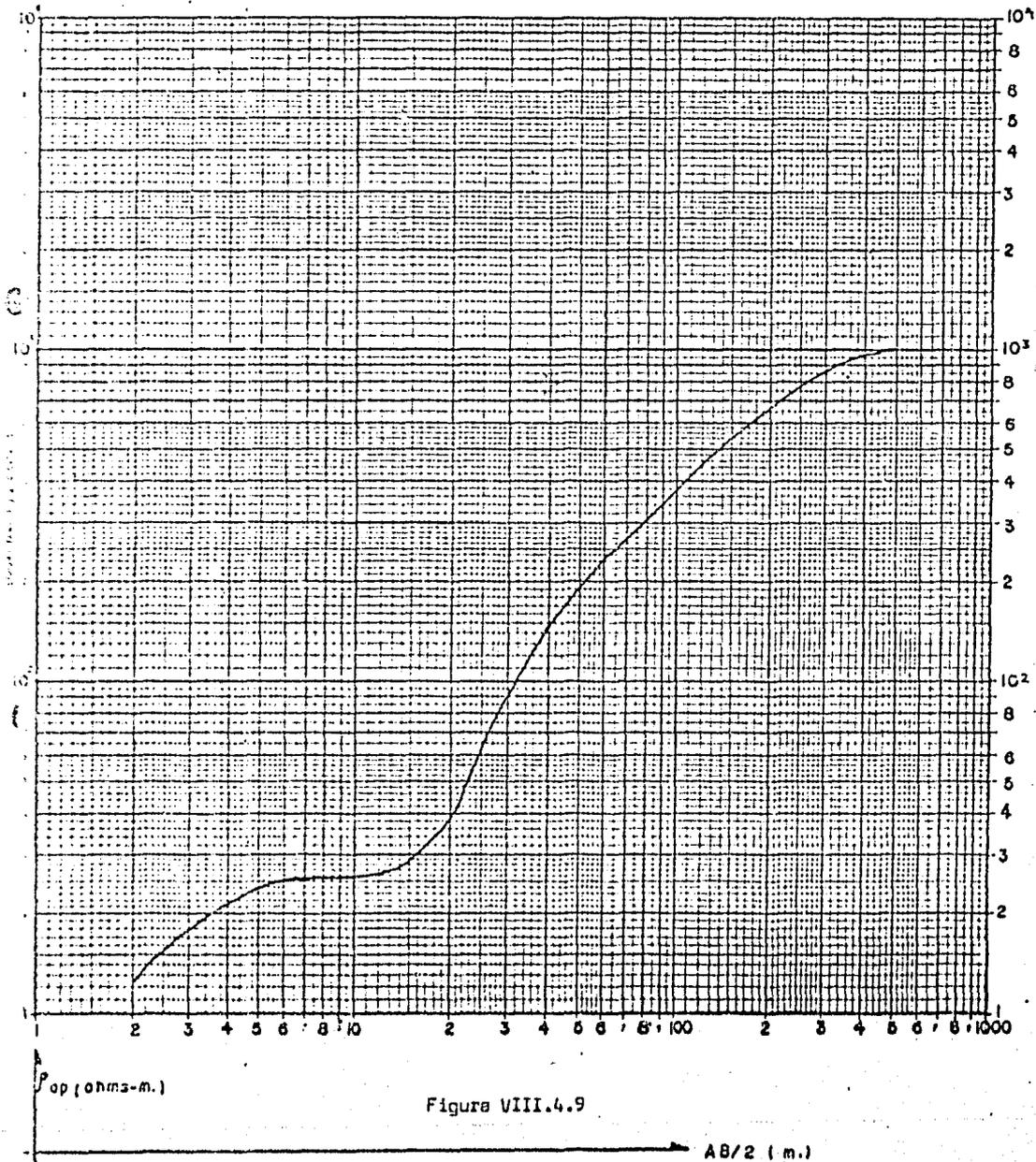
LUGAR: Isla la Palma.

MUNICIPIO: Cd. Lazaro Cardenas.

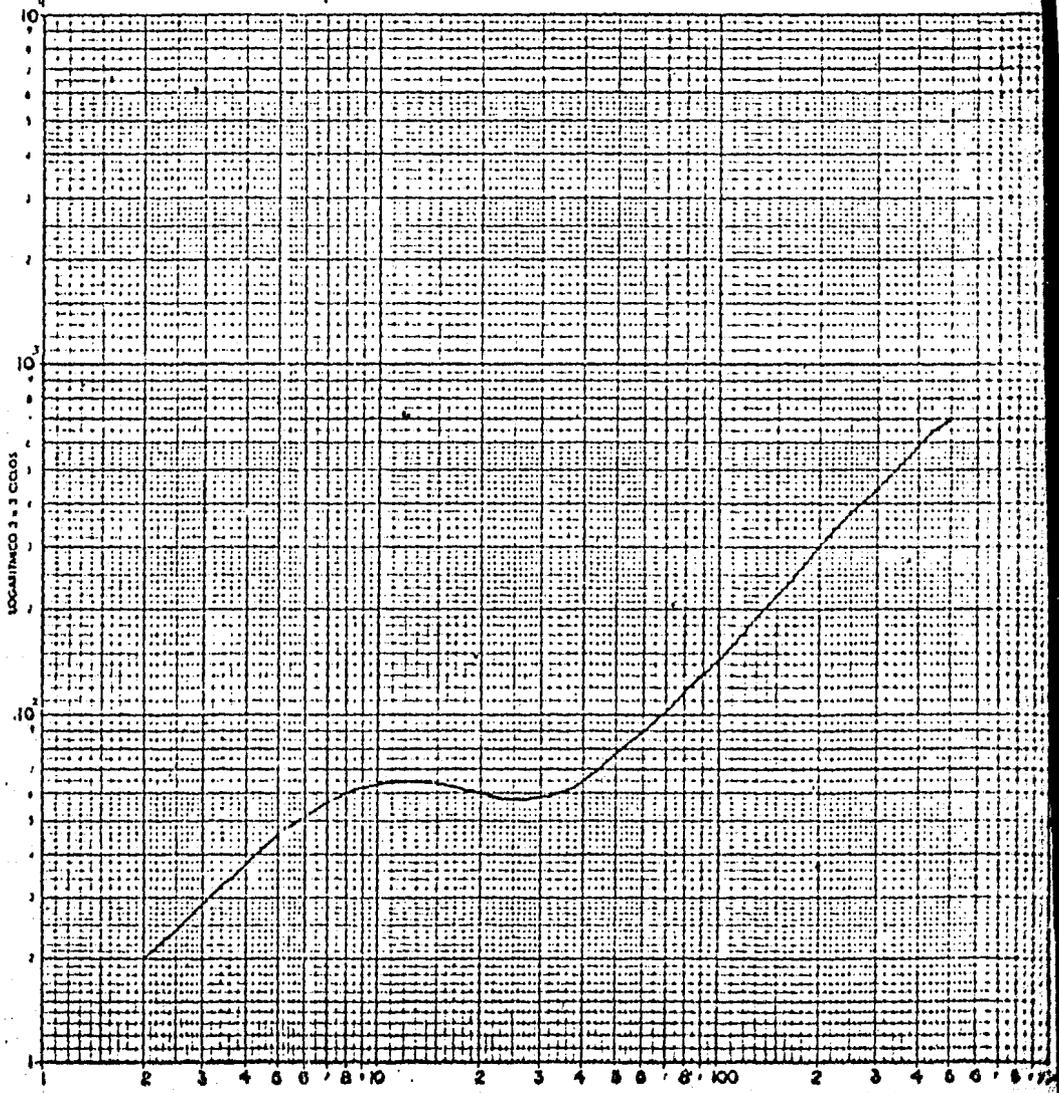
SONDEO No.: 9

PROYECTO: Dto. Industrial Marítimo.

SECCION : 3 v 5



ESTADO: Michoacán.	LUGAR: Isla la Palma.
MUNICIPIO: Cd. Lazaro Cardenas,	SONDEO No.: 10
PROYECTO: Dto. Industrial Marítimo.	SECCION: 3



ρ_{op} (ohms-m.)

Figura VIII.4.10.

A8/2 (m.)

ESTADO: Michoacán.

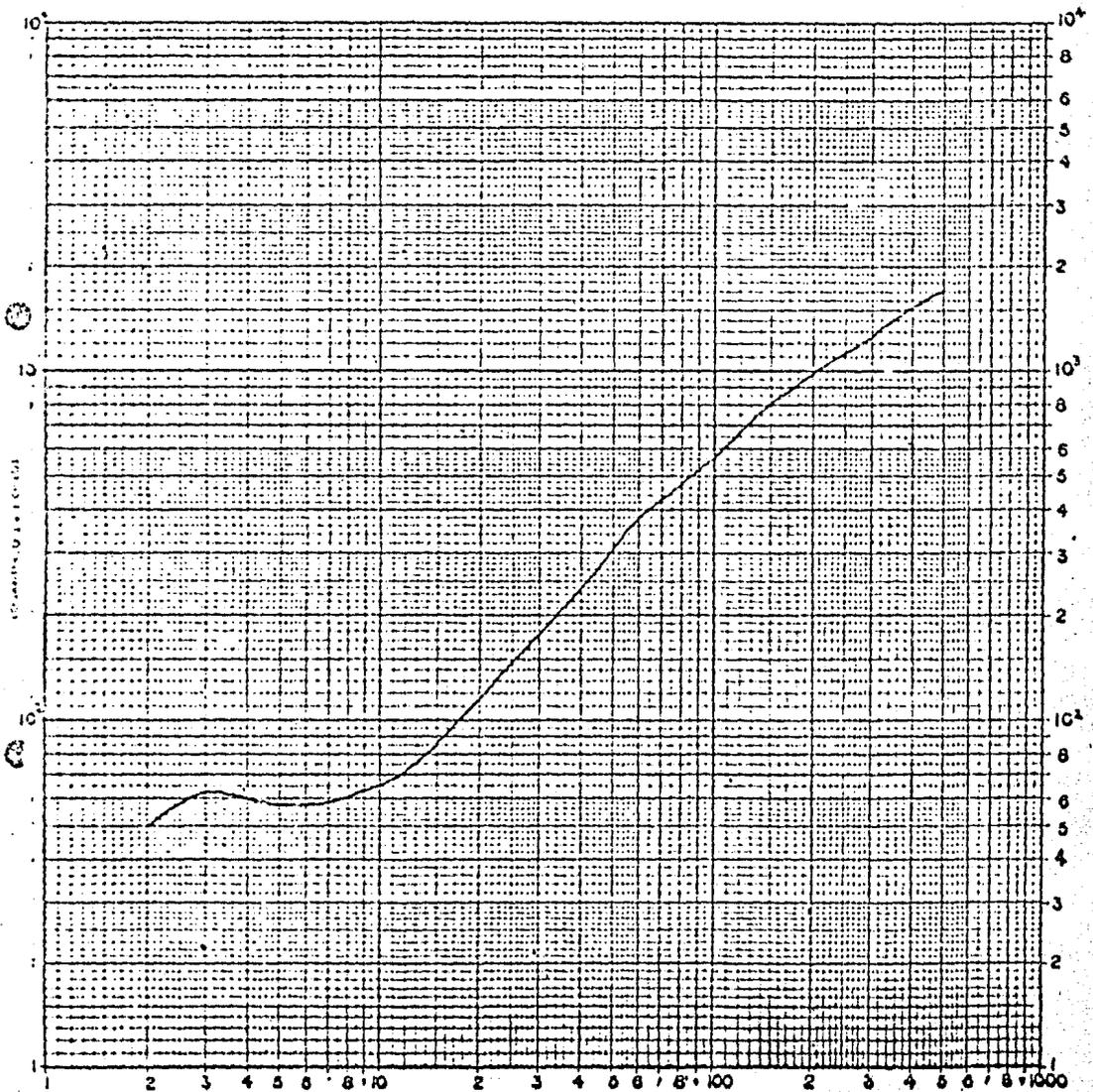
LUGAR: Isla Cayacal.

MUNICIPIO: Cd. Lazaro Cardenas.

SONDEO No.: 12

PROYECTO: Dto. Industrial Marítimo.

SECCION : 5



ρ_{sp} (ohms-m.)

Figura VIII.4.12

AB/2 (m.)

ESTADO: Michoacán.	LUGAR: Isla Cayacal.
MUNICIPIO: Cd. Lazaro Cardenas.	SONDEO No.: 13
PROYECTO: Dto. Industrial Marítimo.	SECCION: 4

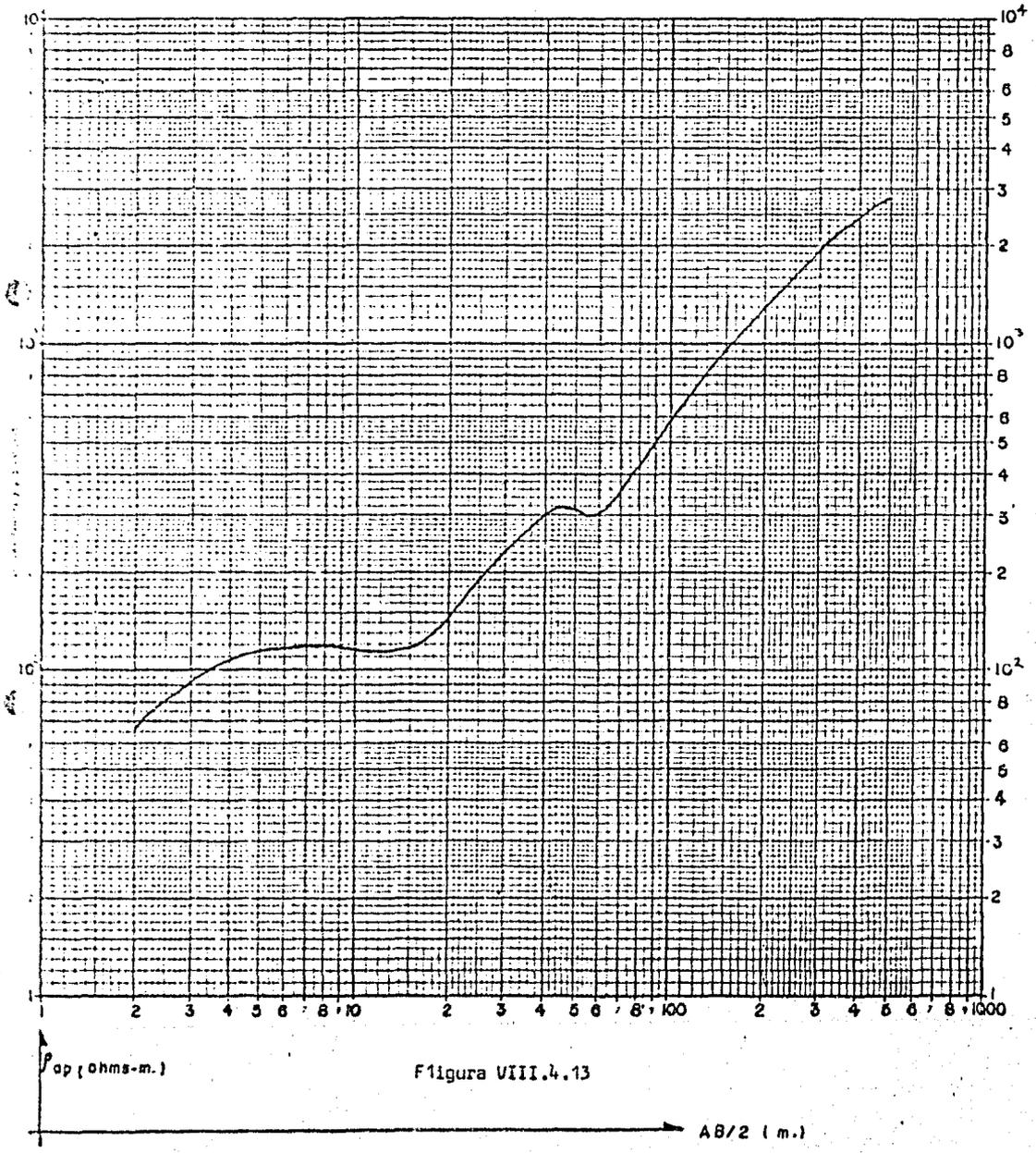


Figura VIII.4.13

ESTADO: Michoacán.

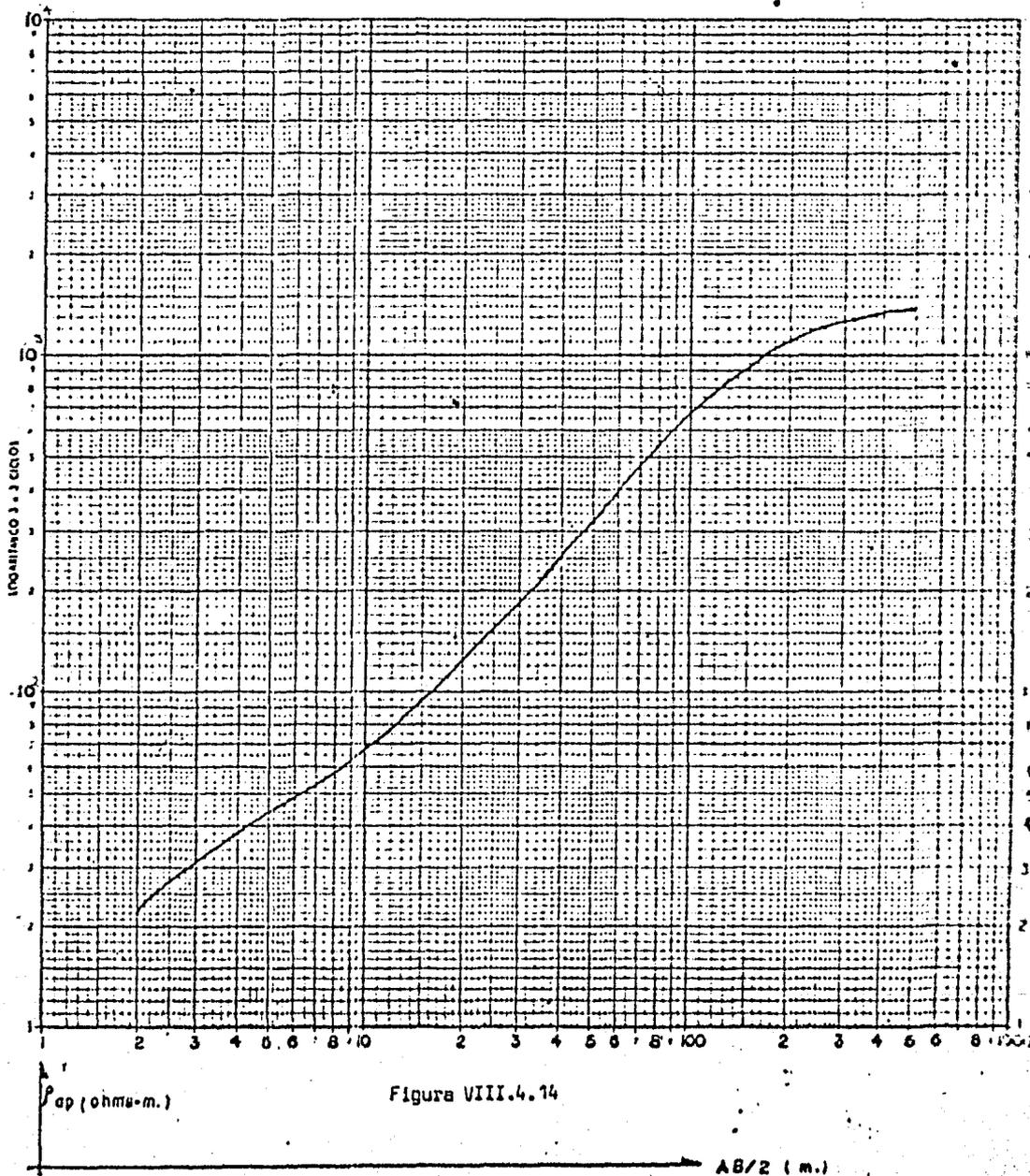
LUGAR: Isla Cayacal.

MUNICIPIO: Cd. Lazaro Cardenas.

SONDEC No.: 14

PROYECTO: Dto. Industrial Marítimo.

SECCION: 4 v 5



ESTADO: Michoacán.	LUGAR: Isla Cayacal.
MUNICIPIO: Cd. Lazaro Cardenas.	SONDEO No.: 15
PROYECTO: Dto. Industrial Marítimo.	SECCION : 4

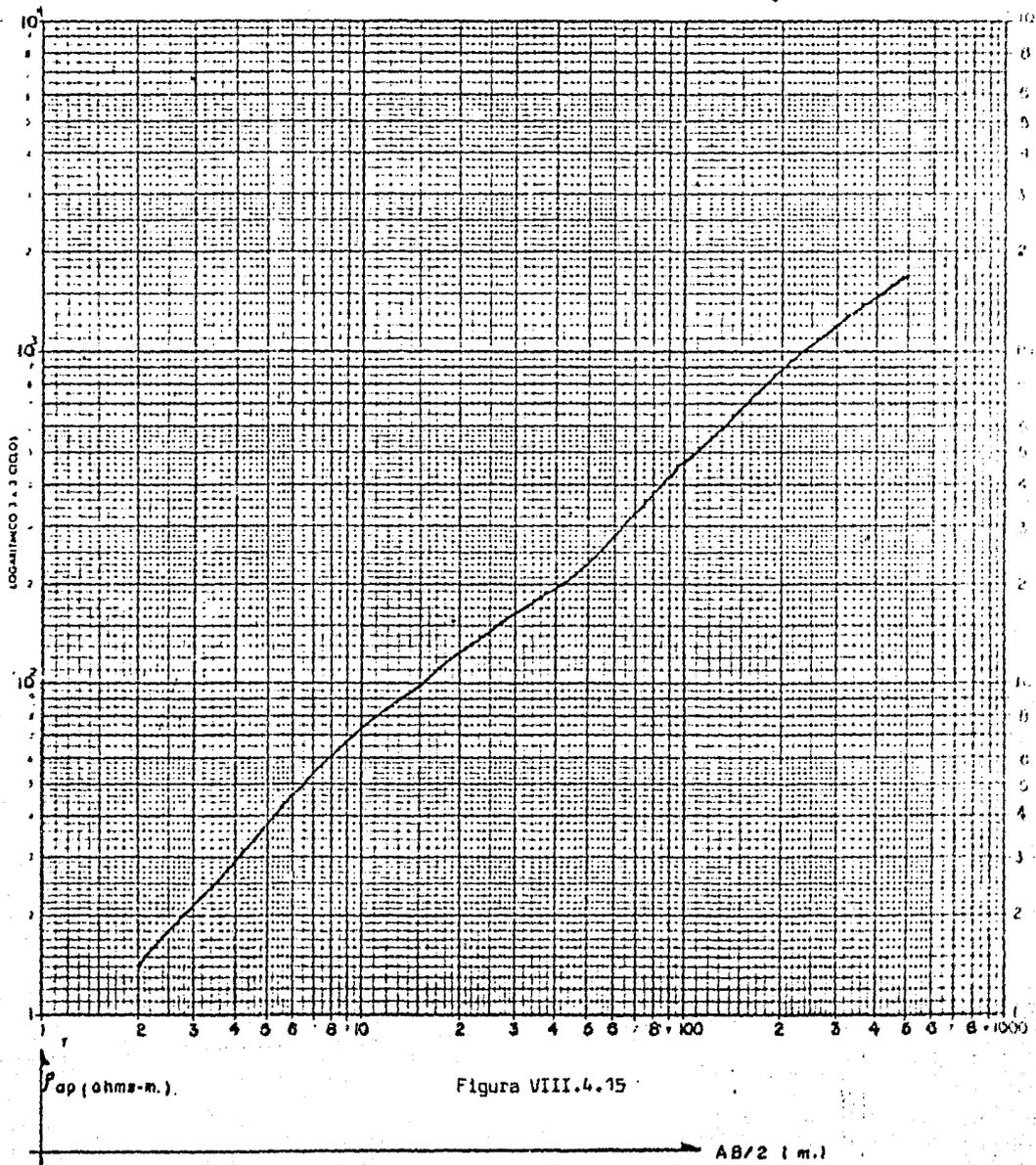


Figura VIII.4.15

TABLA RESUMEN DE RESULTADOS DE LOS SONDEOS GEOELECTRICOS.

Lugar, LA VILLA, CD. J. G. MORALES

Fecha, Junio 1961

No. de Cable	No. S/N	SECCION V					SECCION IV					
		11	12	13	14	15						
1	ρ_1	120	35	44	20	17						
	h1	1.2	1	1	1.6	2						
2	ρ_2	2,400	95	220	85	340						
	h2	5	2.6	4	12	35						
3	ρ_3	220	38	110	3,400	17						
	h3	19	7	29	162	55						
4	ρ_4	440	190	>>110	>>3,400	6,800						
	h4	92	55									
5	ρ_5	>>440	>>190									
	h5											

ρ - resistividad -----ohm-m
 h - profundidad ----- m
 > mayor que ; >> mucho mayor que ; ∞ - prof. desconocida

TABLA RESUMEN DE RESULTADOS DE LOS SONDEOS GEODELECTRICOS.

Lugar: ISLA DE LA PAHA, CD. I.C. HICHOACAN Fecha: Junio 1981.

No. de SIV No. de CADA	SECCION I			SECCION II			SECCION III.				
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	
1	P ₁	16	54	30	35	28	26	38	30	12	18
	h1	2.8	1.6	4	1.3	2	2.5	1.4	1.2	1.8	1.8
2	P ₂	320	22	1,200	500	1,120	260	190	600	120	500
	h2	5.6	6.6	69	4.8	3	9	5	3.6	3.6	4.3
3	P ₃	64	110	30	100	56	52	38	120	95	50
	h3	19.6	33	154	20.8	59	31	17	15.6	20	43
4	P ₄	42	>> 110	>> 30	65	>> 56	34	25	78	2,850	>> 50
	h4	62	>> 00	>> 00	181	>>> 00	141	77	51.6	>> 00	>> 00
5	P ₅	>> 42			>> 65		>> 34	25	>> 780		
	h5	>> 00			>> 00		>> 77		>> 00		

P: resistividad Ohm-cm >> e: conductividad >>> g: conductancia >>>> h: profundidad m

TABLA RESUMEN DE RESULTADOS DE LOS SONDEOS GEOELECTRICOS
ISAL DE LA PALMA Y CAYACAL, LAZARO CARDENAS, MICH.

RESISTIVIDAD (ap. en ohms-m) DEL SONDEO NO.

EST.	AB/2	1	2	3	4	5	6
1	2	41.59	41.59	15.34	49.22	20.57	20.57
2	3	44.20	42.96	23.23	54.81	30.91	31.25
3	4	22.00	37.91	25.12	114.29	42.00	41.72
4	6	32.99	29.68	31.58	62.68	17.49	61.20
5	8	42.69	29.82	35.74	199.64	64.47	71.44
6	10	45.01	30.29	70.67	135.72	102.75	75.11
7	16	48.33	39.63	112.15	146.90	109.84	83.62
8	25	62.45	80.64	254.61	153.02	105.54	88.49
9	40	85.99	204.52	540.79	261.14	49.47	91.11
10*	60	134.70	223.59	724.32	239.29	121.65	117.31
11	80	152.07	319.12	593.59	339.86	171.94	197.71
12	100	195.12	350.71	758.02	402.15	208.65	240.16
13	130	229.57	450.09	1,222.61	611.79	279.61	325.11
14*	160	245.40	535.41	1,727.46	648.67	338.51	435.68
15	190	303.17	483.27	2,197.59	737.73	389.66	486.99
16	250	360.53	648.66	3,798.33	836.97	525.52	636.24
17*	310	387.67	780.97	5,152.80	915.61	602.26	743.11
18	370	430.96	cauce	3,294.20	979.99	743.75	750.35
19	450	425.46	del rfo	3,243.35	1,009.83	848.16	993.43
20	500	427.48	balsas	1,983.44	1,076.91	852.25	968.71

* Estaciones con empalme en electrodos de potencial.

TABLA RESUMEN DE RESULTADOS DE LOS SONDEOS GEOELECTRICOS
ISLA DE LA PALMA Y CAYACAL. LAZARO CARDENAS, MICH.

RESISTIVIDAD (ap. en ohms-m) DEL SONDEO NO.

EST.	AB/2	7	8	9	10	11	12
1	2	52.77	42.41	12.55	19.56	230.89	69.49
2	3	76.11	51.40	16.25	28.00	266.02	63.60
3	4	106.88	87.52	20.74	38.13	350.02	58.93
4	6	136.58	114.98	20.98	49.97	492.02	57.43
5	8	127.13	99.45	25.47	66.61	600.02	60.55
6	10	66.21	92.92	25.99	62.96	613.30	62.95
7	16	62.48	89.15	26.78	61.97	499.86	87.50
8	25	59.80	95.92	69.08	55.85	450.13	141.38
9	40	79.79	159.82	149.09	66.19	539.96	235.69
10*	60	112.97	254.18	282.81	92.93	820.13	357.03
11	80	159.75	310.15	300.11	113.12	974.30	456.09
12	100	205.42	410.22	355.17	146.90	1,197.81	566.00
13	130	263.56	566.79	465.34	169.63	1,208.31	722.16
14*	160	278.86	618.84	623.11	236.81	1,370.39	810.42
15	190	397.43	636.35	656.87	230.33	1,330.61	363.71
16	250	520.32	814.77	723.11	409.42	1,079.57	1,109.67
17*	310	564.57	987.99	846.85	433.13	1,112.53	1,269.25
18	370	559.66	1,047.46	950.03	549.03	993.13	1,492.81
19	450	639.03	1,200.93	968.81	600.60	977.06	1,593.64
20	500	677.95	1,194.94	1,106.54	627.08	860.70	1,548.73

*Estaciones con empalme en electrodos de potencial.

Tabla VIII.3.1

2/3

TABLA RESUMEN DE RESULTADOS DE LOS SONDEOS GEOELECTRICOS
ISLA DE LA PALMA Y CAYACAL. LAZARO CARDENAS, MICH.

RESISTIVIDAD (ap. en ohms-m) DEL SONDEO NO.

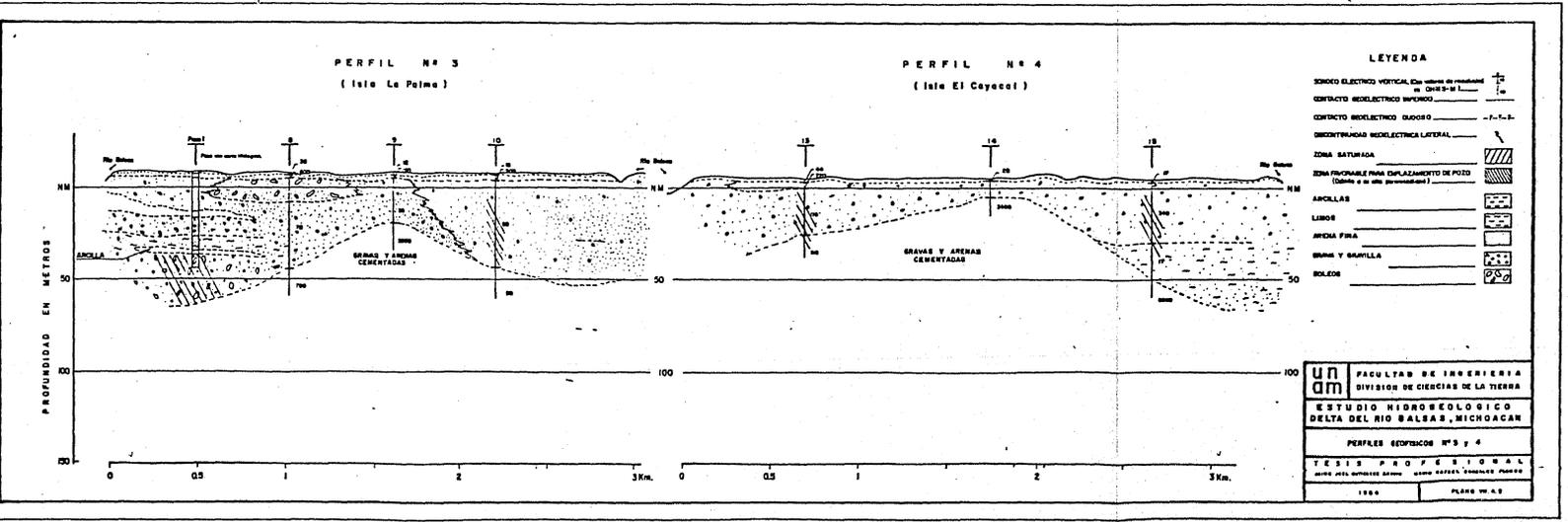
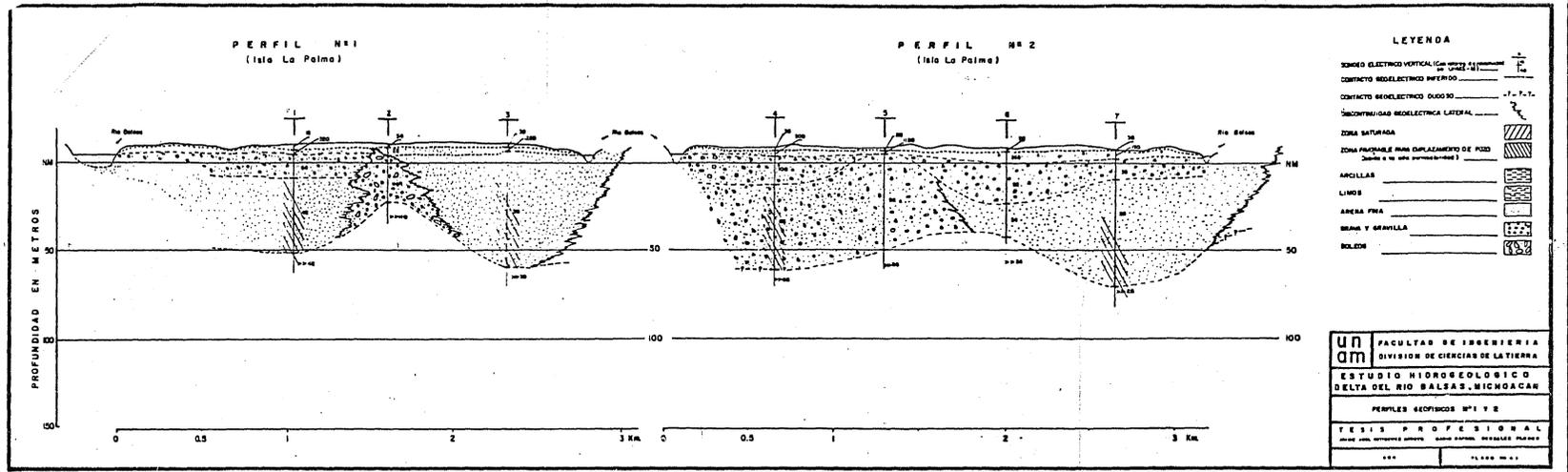
EST.	ABAD	13	14	15		
1	2	70.50	21.23	11.78		
2	3	85.07	31.20	22.31		
3	4	101.12	37.30	29.12		
4	6	40.57	47.79	52.57		
5	8	159.80	69.63	62.29		
6	10	221.76	66.46	73.61		
7	16	114.05	99.11	105.10		
8	25	192.65	161.84	147.93		
9	40	334.26	260.22	189.17		
10	60	228.70	391.05	278.09		
11	80	466.44	468.73	368.58		
12	100	70.63	670.71	457.93		
13	130	606.32	945.66	588.66		
14	160	341.23	972.70	722.07		
15	190	609.66	1,032.23	636.54		
16	250	1,514.18	1,195.56	1,020.50		
17	310	2,128.76	1,280.23	1,206.12		
18	370	2,052.87	1,324.30	1,438.73		
19	450	2,147.71	1,411.86	1,621.27		
20	500	2,184.73	1,397.41	1,652.32		

* Estaciones con empalme en electrodos de potencial.

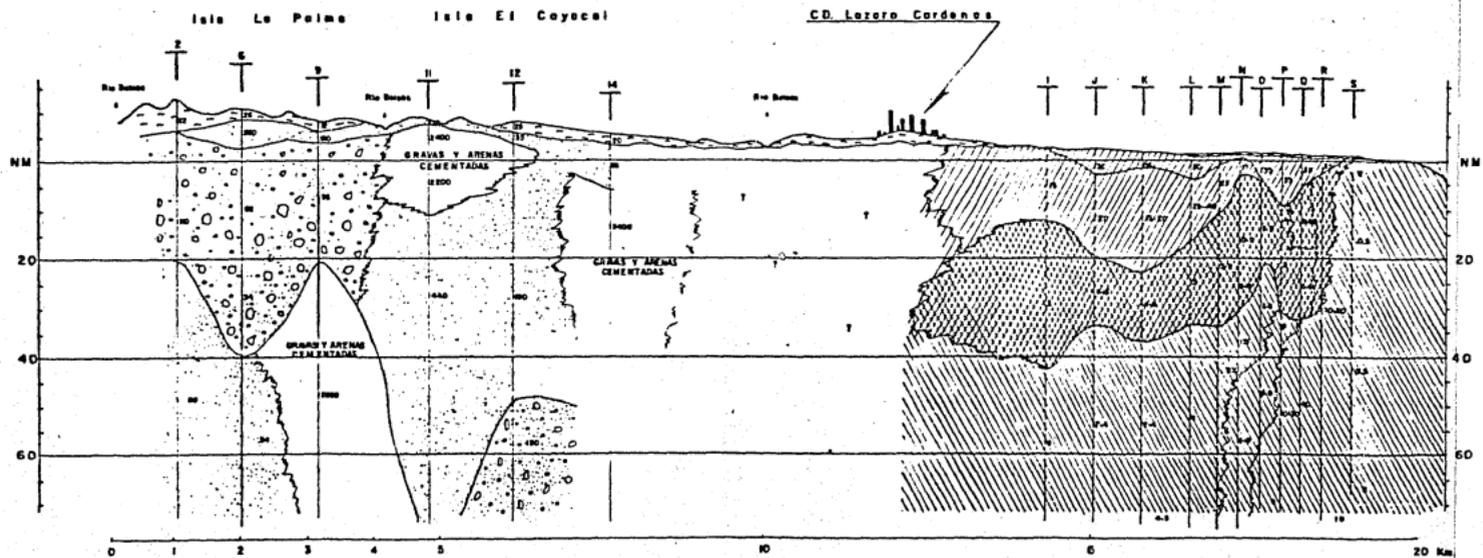
Tabla VIII.3.1

3/3

Tabla VIII.3.1



PERFIL LONGITUDINAL



LEYENDA

- SONIDO ELECTRICO VERTICAL (con escala de resistividad de 1000-20)
- CONTACTO GEOLÓGICO INFERIOR
- CONTACTO GEOLÓGICO SUPERIOR
- IRREGULARIDAD GEOLÓGICA LATERAL
- ZONA SATURADA AGUA DULCE
- INTERFASE SALINA
- AGUA SALADA
- ARCILLAS
- LIMOS
- ARENA
- BRAYA Y BRAYILLA
- BOLEDO

un am	FACULTAD DE INGENIERIA
	DIVISION DE CIENCIAS DE LA TIERRA
ESTUDIO HIDROGEOLOGICO	
DELTA DEL RIO BALSAS, MICHOACAN	
PERFIL GEOLÓGICO LONGITUDINAL AL DELTA DEL RIO BALSAS	
TESIS PROFESIONAL	
JUAN DEL ROSARIO GARCIA DAVID RAMÍREZ ROBERTO PÉREZ	
1984	PLANO 00001

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

DE LOS RESULTADOS OBTENIDOS DURANTE LA ELABORACIÓN DE LA PRESENTE - TESIS, SE LLEGARON A LAS CONCLUSIONES SIGUIENTES, ACERCA DE LAS CARACTERÍSTICAS FÍSICAS DE LOS MATERIALES ACUÍFEROS DE LA REGIÓN Y SU POSIBILIDAD DE EXPLOTACIÓN, DEBIÉNDOSE TOMAR EN CUENTA QUE SE TRATA DE UN ESTUDIO DE CARÁCTER PRELIMINAR QUE CARECE DE SUFICIENTE INFORMACIÓN PIEZOMÉTRICA, LO QUE HIZO IMPOSIBLE LA EVALUACIÓN DEL ACUÍFERO EN CONDICIONES DINÁMICAS.

TOMANDO COMO BASE LAS CONCLUSIONES ARROJADAS AQUÍ, FINALMENTE, SE RECOMIENDAN ALGUNAS ACTIVIDADES A DESARROLLAR EN EL FUTURO PARA EL MEJOR CONOCIMIENTO Y MANEJO DEL ACUÍFERO.

CONCLUSIONES.

- 1.- LAS FAVORABLES CONDICIONES DADAS EN LA DESEMBOCADURA DEL RÍO BALSAS, SIENTAN LAS BASES PARA LA CREACIÓN DE UN POLO DE DESARROLLO Y UN CENTRO URBANO DE SIGNIFICACIÓN NACIONAL.
- 2.- A PARTIR DE LA DÉCADA DE LOS 60S, SE INICIA EL DESARROLLO DE LA REGIÓN, CON LA CONSTRUCCIÓN DEL CAMINO LÁZARO CÁRDENAS - NUEVA ITALIA, UNA PEQUEÑA AEROPISTA DE TIERRA Y DE LAS PRESAS Y PLANTAS HIDROELÉCTRICAS DE INFIERNILLO Y JOSÉ M. MORELOS.
- 3.- EL IMPACTO QUE HA RECIBIDO LA REGIÓN EN LAS ÚLTIMAS DOS DÉCADAS, HA CAUSADO UNA EVOLUCIÓN SUPLENTE RÁPIDA DE SU POBLACIÓN, IMPRIMIÉNDOLE CARACTERÍSTICAS SOCIOCULTURALES MÁS DESARROLLADAS Y NIVELES SUPERIORES DE INGRESO. EL EXPLOSIVO CRECIMIENTO DEMOGRÁFICO EN LA REGIÓN, SUPERA LOS ESFUERZOS E INVERSIONES PARA SU DESARROLLO, POR LO QUE LAS DEMANDAS DE SERVICIOS, ES SUPERIOR A LA OFERTA, CREANDO PROBLEMAS DE VIVIENDA, SALUD, EDUCACIÓN, SERVICIOS PÚBLICOS Y COMERCIO PRINCIPALMENTE.
- 4.- DE LOS SERVICIOS PÚBLICOS, EL RENGLÓN AGUA POTABLE ES UNO DE LOS MÁS IMPORTANTES. ACTUALMENTE, SÓLO EN CIUDAD LÁZARO CÁRDENAS, EXISTE UNA PLANTA POTABILIZADORA QUE OPERA DEFICIENTEMENTE, LAS DEMÁS POBLACIONES, TOMAN AGUA DIRECTAMENTE DEL RÍO O POZOS SIN PREVIO TRATAMIENTO PRIMARIO.
- 5.- DE ACUERDO A LAS PROYECCIONES DE POBLACIÓN Y A LAS POLÍTICAS DE DESARROLLO INDUSTRIAL DEL PLAN NACIONAL DE DESARROLLO URBANO, LAS DEMANDAS DE AGUA PARA USOS MÚLTIPLES AL AÑO 2 000, SERÁN DEL ORDEN DE 60 m³/SEG., POR LO QUE SE HA CONTEMPLADO COMO ALTERNATIVA DE SOLUCIÓN, LA UTILIZACIÓN DE LAS AGUAS SUBPERFICIALES DEL RÍO BALSAS Y LA EXPLOTACIÓN DEL ACUÍFERO GRANULAR DELTÁICO.

- 6.- EL SITIO PROPUESTO PARA LA UBICACIÓN DE UNA OBRA DE TOMA DIRECTA, SE LOCALIZA SOBRE EL BRAZO IZQUIERDO DEL RÍO, A UNA DISTANCIA NO MENOR DE CINCO MIL METROS DE LA DESEMBOLCADERA, EN DONDE SE TIENE UNA PROBABILIDAD MENOR AL 2% DE QUE SE PRESENTEN PROBLEMAS DE CUÑA SALINA. EN CASO DE QUE UNA EMERGENCIA TUVIERA QUE PARAR LA PLANTA DE BOMBEO DE ESTA DERIVACIÓN O QUE LOS DESFOGUES DE LA PRESA LA VILLITA SEAN INSUFICIENTES, SE PREVÉE UNA OBRA AUXILIAR QUE TOQUE EL AGUA EN EL CÁNAL PRINCIPAL MARGEN DERECHA DEL DISTRITO DE RIEGO No. 108 "JOSE MA. MORELOS".
- 7.- EL CLIMA DE LA REGIÓN, ES DE TIPO CÁLIDO SUBHÚMEDO, CON UNA TEMPERATURA MEDIA ANUAL DE 26.94°C, UNA PRECIPITACIÓN TOTAL ANUAL DE 1 160.26 MM, REGIMEN DE LLUVIAS DE VERANO INFLUENCIADO POR ANOMALÍAS CICLÓNICAS, Y UNA LÁMINA DE EVAPOTRANSPIRACIÓN REAL ESTIMADA, MEDIANTE MÉTODOS EMPÍRICOS, ENTRE 778.77 Y 869.71 MM.
- 8.- LA FISIOGRAFÍA DEL DELTA, SE ENCUENTRA ENMARCADA POR LAS SIGUIENTES UNIDADES: 1) LOMAS PREDELTÁICAS, 2) PORCIÓN PENIPLANA, 3) LLANURA COSTERA MARGINAL Y 4) PLATAFORMA CONTINENTAL Y CAÑONES SUBMARINOS.
- 9.- LOS MOVIMIENTOS TECTÓNICOS Y SUS PROCESOS ASOCIADOS A SABER MAGMATISMO Y METAMORFISMO, SON LOS AGENTES INTERNOS RESPONSABLES DE LA CREACIÓN DE LA SIERRA MADRE DEL SUR, LA QUE POSTERIORMENTE, HA SIDO REMODELADA POR LA ACCIÓN CONJUNTA DEL CLIMA, INTEMPERISMO, EROSIÓN Y SEDIMENTACIÓN.
- 10.- EN EL ÁREA CIRCUNVECINA DEL DELTA DEL RÍO BALSAS, SE PUEDEN DISTINGUIR ROCAS DE ORIGEN ÍGNEO Y SEDIMENTARIO PRINCIPALMENTE, Y UNA MÍNIMA PORCIÓN DE ROCAS METAMÓRFICAS DE CONTACTO.
- 11.- EL ÁREA PARECE HABER SIDO LEVANTADA DESDE EL MIOCENO POR FUERZAS TECTÓNICAS COMO LO INDICAN LAS EVIDENCIAS DEJADAS EN LAS ROCAS AFLORANTES DE LA REGIÓN.
- 12.- EN TODA LA REGIÓN, SE PUEDE INDENTIFICAR UN SISTEMA PERPENDICULAR DE FRACTURAMIENTO CUYO RUMBO VARÍA ENTRE 50°-55° NW Y 40°-65° NE, QUE DEBE SER PRODUCIDO POR EL EMPUJE VERTICAL DE LA PLACA OCEÁNICA.
- 13.- LA CABECERA DEL CAÑÓN DE LA NECESIDAD, LABRADA EN SEDIMENTOS RECIENTES Y CON PENDIENTES ABRUPTAS PRÓXIMAS A LA COSTA, SUGIERE QUE EL ÁREA ES INESTABLE Y RÁPIDAMENTE CAMBIANTE.
- 14.- LAS FORMACIONES GEOLÓGICAS IMPERMEABLES (KIMA, TCD, TGR, TVA Y TM), PRÁCTICAMENTE ESTÁN RODEANDO LA FAJA COSTERA DONDE SE ALOJA EL DELTA DEL RÍO BALSAS, Y ESTÁN CONSTITUIDAS POR GRANITOS, METASEDIMENTOS Y ANDESITAS.

- 15.- LOS ACUÍFEROS CONTENIDOS EN LOS DEPÓSITOS GRANULARES DELTÁICOS, EN GENERAL SON DE TIPO LIBRE CON SEMICONFINAMIENTOS LOCALES, DEBIDO A LA PRESENCIA DE LENTES ARCILLO-LIMOSOS DE EXTENSIÓN Y ESPESOR MUY IRREGULAR.
- 16.- LA RECARGA PRINCIPAL, ES DEBIDA AL FLUJO SUBTERRÁNEO QUE ENTRA AL DELTA, — POR EL CAUCE DEL RÍO BALSAS, BOLUMEN CONTROLADO POR LAS NECESIDADES DE TURBINADO DE LA PRESA LA VILLITA. OTRAS FUENTES DE RECARGA AUNQUE DE Poca IMPORTANCIA, SON LA INFILTRACIÓN DE LA LLUVIA PRECIPITADA DIRECTAMENTE SOBRE EL DELTA, Y LOS RETORNOS DE RIEGO.
- 17.- LA DESCARGA PRINCIPAL DEL ACUÍFERO, ES EL FLUJO SUBTERRÁNEO HACIA EL MAR; MIENTRAS QUE LA EVAPOTRANSPIRACIÓN Y LA EXPLOTACIÓN A TRAVÉS DE POZOS, ES POCO SIGNIFICATIVA.
- 18.- LOS VOLÚMENES TURBINADOS POR LA PLANTA HIDROELÉCTRICA DE LA PRESA LA VILLITA, QUE ESCAPAN DIRECTAMENTE AL MAR EN CONDICIONES NORMALES DE OPERACIÓN — ES DE $192 \text{ m}^3/\text{SEG.}$, CON UN GASTO MÁXIMO DE DISEÑO DE $768 \text{ m}^3/\text{SEG.}$ LOS ESCURRIMIENTOS NO REGULADOS POR LA PRESA LA VILLITA, SON DEL ORDEN DE $1 \text{ m}^3/\text{SEG.}$ A $5 \text{ m}^3/\text{SEG.}$, QUE RESULTAN POCO SIGNIFICATIVOS COMPARADOS CON LOS VOLÚMENES TURBINADOS.
- 19.- LA EXTRACCIÓN SUBTERRÁNEA ES PRÁCTICAMENTE NULA. EXISTEN 67 CAPTACIONES DE AGUA SUBTERRÁNEA, TRES DE LOS CUALES SE ENCUENTRAN EN OPERACIÓN.
- 20.- EL COMPORTAMIENTO Y CONFIGURACIÓN PIEZOMÉTRICA NO PUDO SER ESTABLECIDO CON CLARIDAD, DEBIDO A LA ESCASEZ DE LECTURAS EN ESPACIO Y TIEMPO, FACTORES SIMILARMENTE IMPORTANTES YA QUE LA OSCILACIÓN OBSERVADA EN LOS NIVELES, SE DEBEN PRINCIPALMENTE A LAS CONTINUAS VARIACIONES EN EL TIRANTE DEL RÍO.
- 21.- EL ACUÍFERO DELTÁICO, PRESENTA UN GRADIENTE HIDRÁULICO MEDIO DEL ORDEN DE 0.003; UNA CONDUCTIVIDAD HIDRÁULICA DE $10^{-2} \text{ cm}^2/\text{SEG.}$, UN COEFICIENTE DE TRANSMISIVIDAD DEL ORDEN DE $10^{-2} \text{ m}^2/\text{SEG.}$, UN COEFICIENTE DE ALMACENAMIENTO ENTRE 6 Y 20 % Y CAUDALES ESPECÍFICOS ENTRE 3.41 Y 38.81 L.P.S./M.
- 22.- EL VOLUMEN ALMACENADO DE AGUA DULCE POR ENCIMA DEL NIVEL DEL MAR (VOLUMEN APROVECHABLE), ES DEL ORDEN DE 100 MILLONES DE METROS CÚBICOS, VOLUMEN DEFINIDO MEDIANTE CONSIDERACIONES GEOMÉTRICAS PURAMENTE ESTÁTICAS.
- 23.- CONSIDERANDO UN COEFICIENTE DE INFILTRACIÓN DEL 15 %, EL VOLUMEN DE INFILTRACIÓN ANUAL DEL AGUA DE LLUVIA, ES DEL ORDEN DE 35.15 MILLONES DE METROS CÚBICOS.

- 24.- LAS CARACTERÍSTICAS HIDROGEOQUÍMICAS DEL AGUA SUBTERRÁNEA OBTENIDAS DEL ANÁLISIS FÍSICO-QUÍMICO DE 17 MUESTRAS, SON AFINES CON LAS AGUAS SUPERFICIALES, LO QUE ES INDICATIVO DE LO RECIENTE DE SU INFILTRACIÓN. EN GENERAL, LAS AGUAS SE CONSIDERAN POTABLES Y PERTENECIENTES A LA FAMILIA BICARBONATA DE CÁLCICO-SÓDICA. SU UTILIZACIÓN INDUSTRIAL Y URBANA SOLO REQUIERE LIGEROS TRATAMIENTOS, DEPENDIENDO DEL USO AL QUE SE DESTINE.
- 25.- EL ANÁLISIS INDIVIDUAL DE LOS SONDEOS ELÉCTRICOS VERTICALES, MUESTRAN UNA AMPLIA GAMA DE VALORES DE RESISTIVIDAD, TANTO VERTICAL COMO HORIZONTALMENTE, COMO PRODUCTO DEL ARREGLO Y HETEROGENEIDAD GRANULOMÉTRICA DE LOS SEDIMENTOS DELTÁICOS; POR LO QUE, TRATANDO DE AGRUPAR ESTOS VALORES, EN RANGOS DE RESISTIVIDAD, SE DEFINIERON CUATRO UNIDADES GEOELÉCTRICAS PRINCIPALES; SIENDO LA ZONA II (CON RESISTIVIDADES ENTRE 20 Y 440 OHMS-M. Y UNA PROFUNDIDAD ENTRE 40 Y 70 M), LA UNIDAD QUE CONSTITUYÉ EL PRINCIPAL ACUÍFERO DEL DELTA.

RECOMENDACIONES.

1.- DADO QUE LA INFORMACIÓN DISPONIBLE NO FUE SUFICIENTE PARA PRECISAR LOS VOLUMENES DE RECARGA, SE RECOMIENDA INICIAR LA EXPLOTACIÓN DEL ACUÍFERO CON UN CAUDAL MÁXIMO DE 1 M³/SEG., PROCURANDO DISTRIBUIR EL EQUIPAMIENTO DE LOS POZOS PERFORADOR POR LA SAPH LO MEJOR POSIBLE YA QUE LA EXCESIVA PROXIMIDAD ENTRE ELLOS, DA LUGAR A UNA GRAN INTERFERENCIA QUE, ADEMÁS DE REDUCIR SU RENDIMIENTO E INCREMENTAR LOS COSTOS DE OPERACIÓN, PROVOCARÍA UN ABATIMIENTO REGIONAL PELIGROSO SUPERIOR AL TÉCNICAMENTE RECOMENDABLE QUE SERÍA HASTA EL NIVEL MEDIO DEL MAR. SEGÚN SEAN LOS EFECTOS PROVOCADOS POR LA EXTRACCIÓN DE ESTE CAUDAL EN EL PRIMER AÑO DE OPERACIÓN, SE DEFINIRÁ LA CONVENIENCIA DE EQUIPAR LOS POZOS RESTANTES.

EN VIRTUD DE LOS ELEVADOS RENDIMIENTOS OBTENIDOS DURANTE LA ETAPA DE AFORO DE LOS POZOS, PUEDE PARECER EVIDENTE QUE EL ACUÍFERO TIENE POTENCIALIDAD ILIMITADA, SIN EMBARGO, DEBE RECORDARSE QUE EL RENDIMIENTO SÓLO ES CONSECUENCIA DE UNA ALTA TRANSMISIVIDAD Y QUE EL VOLUMEN APROVECHABLE DE UN ACUÍFERO NO DEPENDE TANTO DE SU TRANSMISIVIDAD COMO DE SU VOLUMEN DE RECARGA Y DE SU CAPACIDAD DE ALMACENAMIENTO, Y EN ESTE CASO DE LA POSICIÓN DE LA INTERFASE AGUA DULCE/AGUA DE MAR.

2.- AUNQUE LOS CAUDALES ESPECÍFICOS OBTENIDOS DURANTE LA ETAPA DE AFORO DE LOS POZOS FUERON ALTOS (ENTRE 3.41 Y 38.81 L.P.S.), Y PUDIERA PENSARSE EN LA EXTRACCIÓN DEL NEIRO CÚBICO RECOMENDADO CON UN MÍNIMO DE POZOS, ESTO NO RESULTA CONVENIENTE, SIENDO PREFERIBLE DISTRIBUIR LOS ABATIMIENTOS EN UN ÁREA LO MAYOR

POSIBLE Y DISEÑAR LOS EQUIPOS PARA NIVELES DE BOMBEO POR ENCIMA DEL NIVEL DEL MAR.

3.- DADA LA CERCANÍA DE LOS POZOS AL CAUCE DEL RÍO Y A QUE EL EFECTO INMEDIATO PRODUCIDO POR EL BOMBEO SERÁ EL ABATIMIENTO DE LOS NIVELES, PROBABLEMENTE SE INDUCIRÁ EL FLUJO DEL RÍO A LOS POZOS, POR LO QUE REALMENTE SE ESTARÁ TOMANDO "AGUA FILTRADA" DEL RÍO, Y POR LO TANTO NO SERÍA RECOMENDABLE EQUIPAR LOS POZOS 16 A 26 PERFORADOS EN LA ISLA DE LA PALMA, AGUAS ARAJO DE LA DESCARGA DE AGUAS NEGRAS DEL POBLADO DE GUACAMAYAS, A MENOS DE QUE SE ELIMINEN ESTAS, SE ENCAUCEN MÁS AGUAS ABAJO O SE SOMENTAN A TRATAMIENTO. CABE ACLARAR, QUE EXISTE UNA PLANTA DE TRATAMIENTO DE AGUAS NEGRAS EN DICHO POBLADO FUERA DE OPERACIÓN.

4.- A FIN DE EVITAR PROBLEMAS DE DESEQUILIBRIO DE LA INTERFASE SALINA, SE RECOMIENDA NO BOMBLEAR POR DEBAJO DEL NIVEL MEDIO DEL MAR, Y CONSERVAR UN CIERTO GRADIENTE DE FLUJO HACIA EL MAR, RESTRINGIENDO EL ÁREA SUCEPTIBLE DE EXPLOTACIÓN A LA PARTE NORTE DE LA ISLA DEL CAYACAL HACIA ARRIBA, SEGÚN SE MUESTRA EN EL PLANO HIDROGEOLÓGICO.

5.- ES RECOMENDABLE LLEVAR A CABO, UNA SERIE DE ACTIVIDADES COMPLEMENTARIAS A ESTE TRABAJO, TENDIENTES A OBTENER LA INFORMACIÓN QUE PERMITA DETERMINAR LA RECARGA TOTAL DEL ACUÍFERO. ESTAS ACTIVIDADES SERÍAN:

- A) ESTABLECER UN PROGRAMA DE LECTURAS PIEZOMÉTRICAS DE LOS POZOS, CON UNA FRECUENCIA MENSUAL.
- B) PERFORAR POZOS DE OBSERVACIÓN HACIA EL CENTRO DE LA ISLA DE LA PALMA.
- C) EFECTUAR PRUEBAS DE BOMBEO PROCURANDO "TIRAR" EL AGUA, HASTA EL CAUCE DEL RÍO, PARA TENER UN CONOCIMIENTO MÁS EXACTO DE LAS CARACTERÍSTICAS GEOLÓGICAS DEL ACUÍFERO.
- D) INSTALAR UNA ESTACIÓN HIDROMÉTRICA EN CADA RAMAL DEL RÍO BALSAS, EN LAS PROXIMIDADES DE SU DESEMBOCADURA CON EL OBJETO DE DETERMINAR EL VOLUMEN DE ESCURRIMIENTO DE LA CUENCA FUERA DEL CONTROL DE LA PRESA LA VILLITA.
- E) PROGRAMAR UNA CAMPAÑA DE EXPLORACIÓN GEOFÍSICA, MEDIANTE DOS MÉTODOS CUANDO MENOS, A FIN DE DEFINIR CON CLARIDAD LA PROFUNDIDAD DEL BASINEMENTO Y LA GEOMETRÍA DEL ACUÍFERO YA QUE SÓLO SE TIENE UN CONOCIMIENTO DETALLADO DE LOS PRIMEROS 30 M, PUDIÉNDOSE ADEMÁS EFECTUAR UN PAR DE SONDEOS EXPLORATORIOS DIRECTOS PROFUNDOS QUE CALIBREN LA EXPLORACIÓN DIRECTA.

F) RECOLECTAR MUESTRAS DE AGUA TANTO EN EL LECHO DEL RÍO COMO EN LOS POZOS CON UNA BOTELLA DE WINKLER, A FIN DE OBTENER UN MUESTREO ESTRATIFICADO QUE SIRVA PARA CALIBRAR EL PROGRAMA DE CURVA SALINA EN EL RÍO Y HACER UNA NUEVA INTERPRETACIÓN HIDROGEOQUÍMICA DEL ACUÍFERO, PUDIÉNDOSE PENSAR EN EFECTUAR PERFORACIONES CERCANAS A LA COSTA QUE PERMITAN EL MUESTREO PERIÓDICO DE AGUA, A FIN DE LLEVAR UN CONTROL DEL AVANCE DEL AGUA SAJADA UNA VEZ INICIADA LA EXPLOTACIÓN DEL ACUÍFERO.

BIBLIOGRAFIA

BIBLIOGRAFIA

REFERENCIA

FICHA BIBLIOGRÁFICA

- 1 ACEITUNO S.M.A. (1963) "RECONOCIMIENTO GEOLÓGICO DEL ÁREA DE ARTEAGA - PLAYA AZÚL, NICH." TESIS PROFESIONAL INÉDITA DE LA UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE MÉXICO.
- 2 AMERICAN GEOLOGICAL INSTITUTE (1976). DICTIONARY OF GEOLOGICAL TERMS, ANCHOR PRESS.
- 3 BAZÁN B.S. (1980) METALOGÉNESIS DE LA FAJA -- ESTRUCTURAL MEXICANA GEOMINET 3A. ÉPOCA NO. - 103.
- 4 BIC INGENIEROS CIVILES, S.A. (1981) EXPLORACIONES DE MECÁNICA DE SUELOS EN LA PLANTA DEL BOMBEO DE LA ISLA DE LA PALMA, EN LAZARO CÁRDENAS, NICH. INFORME INÉDITO EXISTENTE EN LOS ARCHIVOS DE LA SARH.
- 5 BIC INGENIEROS CIVILES, S.A. (1982) PROYECTO DEL ABASTECIMIENTO DE AGUA PARA USO INDUSTRIAL MARÍTIMO LAZARO CÁRDENAS, NICH. INFORME INÉDITO EXISTENTE EN LOS ARCHIVOS DE LA SARH.
- 6 BIC INGENIEROS CIVILES, S.A. (1980) PROYECTO DE UNA PRESA DE ALMACENAMIENTO SOBRE EL RÍO MORALILLO PARA SUMINISTRAR AGUA EN BLOQUE A LA CIUDAD DE CERRO AZÚL, VER. INFORME INÉDITO EXISTENTE EN LOS ARCHIVOS DE LA SARH.
- 7 CASTANY, G. (1975) PROSPECCIÓN Y EXPLOTACIÓN DE LAS AGUAS SUBTERRÁNEAS. EDICIONES OMEGA - BARCELONA, ESPAÑA.
- 8 C.F.E. (1980) COMPORTAMIENTO DE LAS PRESAS EN INFIERNILLO Y LA VILLITA, INCLUIDO EL TEMBLOR DE MARZO 14 DE 1979. CENTRO EDITORIAL DE LA COMISIÓN FEDERAL DE ELECTRICIDAD, MÉXICO.

- 9 C.F.E. (1977-1979) DATOS HIDROLÓGICOS Y DE -
GENERACIÓN. PLANTA LA VILLITA, ESTADÍSTICAS
INÉDITAS EXISTENTES EN LOS ARCHIVOS DE LA CO
MISIÓN FEDERAL DE ELECTRICIDAD, MÉXICO.
- 10 COLEMAN J.M., GAGLIANO, S.A. AND MORGAN J.P.
(1964), MISSISSIPPI RIVER AND SUBDELTA; NA-
TURAL MODELS OF DELTAIC SEDIMENTATION, ASSOC.
GEOLOGICAL SOC., XIV: 67-80
- 11 CONACYT (1982) EL REDESCRUBRIMIENTO DE LA --
TIERRA. CONSEJO NACIONAL DE CIENCIA Y TECNO-
LOGIA; MÉXICO.
- 12 CONSULMEX, S.A. (1978) ESTUDIO REGIONAL DE -
LÁZARO CÁRDENAS, MICH. INFORME INÉDITO EXIS-
TENTE EN LOS ARCHIVOS DE SARH.
- 13 CONSULTORES, S.A. (1981) ANÁLISIS DE LA CUÑA
SALINA ESTÁTICA EN LA RECTIFICACIÓN DE LA --
MARGEN IZQUIERDA DEL DELTA DEL RÍO BALSAS, -
MICH. INFORME INÉDITO EXISTENTE EN LOS ARCHI-
VOS DE LA SARH.
- 14 CONSULTORES, S.A. (1982), DEFINICIÓN DE PRO-
YECTOS Y OBRAS PARA EL ABASTECIMIENTO DE --
AGUA EN BLOQUE AL DISTRITO INDUSTRIAL MARÍTI-
MO DE COATZACOALCOS, VER. INFORME INÉDITO --
EXISTENTE EN LOS ARCHIVOS DE LA SARH.
- 15 CONSULTORES, S.A. (1981) "ESTUDIO FOTOGEOLO-
GICO EN LA ZONA LÁZARO CÁRDENAS, EDO. DE MI-
CHOACÁN". INFORME INÉDITO EXISTENTE EN LOS -
ARCHIVOS DE LA SARH.
- 16 CONSULTORES, S.A. (1981) SERVICIOS DE PROS-
PECCIÓN Y LEVANTAMIENTOS GEOLÓGICO Y GEOFISI-
COS EN LA COSTA CHICA, INFORME INÉDITO EXIS-
TENTE EN LOS ARCHIVOS DE LA SARH.
- 17 CÓRDOBA, A Y SAENZ, G. (1980) HIDROGEOQUÍMI-
CA Y SU APLICACIÓN EN EL ESTUDIO GEOHIDROLÓ-
GICO DEL VALLE DE CHIHUAHUA. TESIS PROFESIO-
NAL INÉDITA DE LA UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE --
CHIHUAHUA.

- 18 C.R.M. (1965) GEOLOGÍA REGIONAL Y PROSPECCIÓN MINERA DE LA PORCIÓN SUR DEL ESTADO DE MICHOACÁN, Y SURPONIENTE DEL ESTADO DE GUERRERO, INFORME INÉDITO EXISTENTE EN LOS ARCHIVOS DEL CONSEJO DE RECURSOS MINERALES.
- 19 C.R.M.-O.N.U. (1969) "ESTUDIO DE YACIMIENTOS DE MINERALES METALIFEROS. MÉXICO". ZONA 4 -- CRMNR, MÉXICO.
- 20 CUSTODIO, E. Y LLAMAS, M.R. (EDITORES) (1976) HIDROLOGÍA SUBTERRÁNEA. EDICIONES OMEGA, S.A. BARCELONA, ESPAÑA.
- 21 CHASE, T.E., MENARD, H.W. AND MAMMERICKX -- (1970) BATHYMETRY OF THE NORTH PACIFIC, CHART NO. 10 SCRIPPS INSTITUTION OF OCEANOGRAPHIC AND INSTITUTE OF MARINE RESOURCE SAN DIEGO, U.S.A.
- 22 CHAVARRÍA, L.S. Y ESCOLERO, F.O. (1982). ESTUDIO DE EVALUACIÓN GEOHIDROLÓGICA EN LA ZONA COSTERA DE VERACRUZ. INFORME INÉDITO EXISTENTE EN LOS ARCHIVOS DE LA SARH.
- 23 CHIÑAS, L.R. (1980) LOCALIZACIÓN DE SITIOS PARA PERFORACIÓN. CURSO DE PERFORACIÓN DE POZOS PARA AGUA. CENTRO DE EDUCACIÓN CONTINUA U.N.A.M.
- 24 DAVIS, S.N., Y DE WUEST, R. (1966) HIDROGEOLOGY JOHN VILEY SONS, INC.
- 25 DE CSERNA, Z. (1965) RECONOCIMIENTO GEOLÓGICO EN LA SIERRA MADRE DEL SUR DE MÉXICO, ENTRE CHILPANCINGO Y ACAPULCO, EDO. DE GUERRERO. -- INSTITUTO DE GEOLOGÍA U.N.A.M. BOLETÍN 62.
- 26 DENNIS, J.G., MURAWSKI, H., AND WEBER, C. (1979) INTERNACIONAL TECTONIC LEXICON. INTERNATIONAL UNION OF GEOLOGICAL SCIENCES. STUTGART, GER.
- 27 DERRUAU M. (1978) GEOMORFOLOGÍA. EDITORIAL -- ARIEL, BARCELONA, ESPAÑA. .

- 28 DÍAZ, C.E. (1963) "RECONOCIMIENTO GEOLÓGICO DE LA BOQUILLA Y EL VASO DE LA VILLITA SOBRE EL RÍO BALSAS, MICH. Y GUERRERO". TESIS PROFESIONAL INÉDITA DE LA UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE MÉXICO.
- 29 FRIES, C.J. (1960) "GEOLOGÍA DEL ESTADO DE MORELOS Y PARTES ADYACENTES DE MÉXICO Y GUERRERO, REGIÓN CENTRAL MERIDIONAL DE MÉXICO". INSTITUTO DE GEOLOGÍA UNAM, BOLETÍN. 60
- 30 GEOFIMEX, S.A. (1973) "ESTUDIO GEOFÍSICO REALIZADO EN EL ÁREA DE LA PLANTA SIDERÚRGICA DE LAS TRUCHAS, MICH." INFORME INÉDITO EXISTENTE EN LOS ARCHIVOS DE SICARTSA.
- 31 GEOFIMEX, S.A. (1973) "INFORME RELATIVO AL ESTUDIO GEOHIDROLÓGICO REALIZADO EN LA PLANICIE COSTERA DEL VALLE DEL RÍO ACALPÍCAN, MICH." INFORME INÉDITO EXISTENTE EN LOS ARCHIVOS DE SICARTSA.
- 32 GUERRA P.F. (1964) "INTERPRETACIÓN FOTOGEOLÓGICA DEL DELTA DEL RÍO BALSAS O MEZCALA". PLANO FOTOGEOLÓGICO INÉDITO EXISTENTE EN LOS ARCHIVOS DEL CONSEJO DE RECURSOS MINERALES. MÉXICO.
- 33 GUTIÉRREZ, E.M. (1969) GEOLOGÍA MARINA DEL DELTA DEL RÍO BALSAS, MICH. TESIS PROFESIONAL INÉDITA DE LA UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE MÉXICO.
- 34 HANUS, V. AND VANEK, J. (1979) SUBDUCTION OF THE COCOS PLATE AND DEEP ACTIVE FRACTURE ZONES OF MÉXICO. GEOFÍSICA INTERNACIONAL. INSTITUTO DE GEOFÍSICA, UNAM. VOL. 18 NÚM. 3.
- 35 JOHNSON DIVISION (1975) "EL AGUA SUBTERRÁNEA Y LOS POZOS" U.O.P. INC. U.S.A.
- 36 LESSER I.J.M. (1978) "APUNTES DE HIDROGEOQUÍMICA". INÉDITO. CENTRO DE EDUCACIÓN CONTINUA. UNAM.
- 37 LÓPEZ R.E. (1979) "GEOLOGÍA DE MÉXICO" TOMOS 2 Y 3. EDICIÓN ESCOLAR SEP, MÉXICO.

- 38 LÓPEZ R.R. ET AL (1975) "ESTUDIO GEOMORFOLÓGICO DE LA CUENCA BAJA DEL RÍO CUTZAMALA, -- MICH." INFORME INÉDITO EXISTENTE EN LOS ARCHIVOS DE LA SARH.
- 39 MALDONADO, R.M. (1956) "GEOLOGÍA A LO LARGO DE LA CARRETERA ENTRE MÉXICO, D.F. Y ACAPULCO GRO. VÍA TAXCO GRO. Y CHILPANCINGO, GRO. GEOLOGÍA DE LOS ALREDEDORES DE ACAPULCO, GRO. - LOS YACIMIENTOS DE DOLOMITA DE EL OCOTITO, - GRO." CONGRESO GEOLÓGICO INTERNACIONAL. EXCURSIONES A-9 Y C-12.
- 40 MAPEZ V.E. (1959) "DEPÓSITOS FERRIFEROS DE LAS TRUCHAS, MICH." BOLETÍN 46 DEL C.R.M. MÉXICO.
- 41 MARTÍNEZ L.P. ET AL (1978) "ESTUDIO GEOHIDROLÓGICO DEL VALLE DE CHIHUAHUA. PRIMERA ETAPA". PUBLICACIÓN INÉDITA DE LA UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE CHIHUAHUA. MÉXICO.
- 42 MOLNAR P. AND SYKES, L.R. (1969) TECTONICS OF THE CARIBBEAN AND MIDDLE AMERICA REGIONS FROM FOCAL MECHANISM AND SEIS NUCITI. GEOL. SOC. - AMERICA; BULL 80.
- 43 O.N.U. - O.N.M. (1977) "ESTUDIOS HIDROLÓGICOS MANUAL DE INSTRUCCIONES", ORGANIZACIÓN METEOROLÓGICA MUNDIAL. PUBLICACIÓN No. 140. MANAGUA, NICARAGUA.
- 44 ORTEGA G.F. (1976) "LOS COMPLEJOS METAMÓRFICOS DEL SUR DE MÉXICO Y SU SIGNIFICADO GEOLÓGICO". III CONGRESO LATINOAMERICANO DE GEOLOGÍA. MÉXICO.
- 45 PENN WELL BOOKS (1947) "GLOSARIO DE LA INDUSTRIA PETROLERA", U.S.A.
- 46 RAISZ E. (1964) "LANDFORMS OF MÉXICO PHYSIOGRAPHIC PROVINCES" MAPA CONTEXTO ESCALA APROXIMADA 1:4000 000 2A. EDICIÓN CAMBRIDGE, MASS. - U.S.A.

- 47 SANTOYO V.E. Y MONTAÑEZ C.L. (1977) "EL SUBSUELO DE LA SIDERURGICA LAZARO CARDENAS - LAS TRUCHAS, MICH." INSTITUTO DE INGENIERIA UNAM.
- 48 S.A.R.H. (1978-1984) ARCHIVO TÉCNICO DE LA SUBDIRECCIÓN DE ESTUDIOS PLANES Y PROGRAMAS DE LA S.A.R.H. (INÉDITO).
- 49 S.A.R.H. (1971) "CUENCA DEL MEDIO Y BAJO BALSAS", BOLETÍN HIDROLÓGICO NO. 49. REGIÓN HIDROLÓGICA 18 (PARCIAL).
- 50 S.A.R.H. (1980) "ESPECIFICACIONES PARA LA TOMA DE MUESTRAS DE AGUA", LABORATORIO CENTRAL DEL AGUA, SUBDIRECCIÓN DE OPERACIÓN. INFORME INÉDITO DE LA S.A.R.H. MÉXICO.
- 51 S.A.R.H. (1957-1980) INFORMACIÓN CLIMATOLÓGICA ESTACIONES LA VILLITA Y MELCHOR OCAMPO. SUBDIRECCIÓN DE HIDROLOGÍA. (INÉDITO) S.A.R.H. MÉXICO.
- 52 S.A.R.H. (1979) MANUAL DEL CURSO "ANÁLISIS DE AGUA Y AGUAS DE DESEDO", DIRECCIÓN GENERAL DE PROTECCIÓN Y ORDENACIÓN ECOLÓGICA. 4A. EDICIÓN. S.A.R.H. MÉXICO.
- 53 S.A.R.H. (1980) "TRAYECTORIAS CICLÓNICAS 1960-1980", DIRECCIÓN GENERAL DEL SERVICIO METEOROLÓGICO NACIONAL. S.A.R.H. MÉXICO.
- 54 S.C.T. (1980) "PROGRAMA DE EXPLORACIONES GEOLÓGICAS, AREA INDUSTRIAL PORTUARIA LAZARO CARDENAS, MICH." DIRECCIÓN GENERAL DE OBRAS MARÍTIMAS. (INÉDITO). S.C.T. MÉXICO.
- 55 SEIYA, V. (1980) "LA NUEVA CONCEPCIÓN DE LA TIERRA". EDITORIAL H. BLUME BARCELONA, ESPAÑA.
- 56 SELECCIONES DE SCIENTIFIC AMERICAN, (1982). - - "OCEANOGRAFÍA". EDITORIAL H. BLUME MADRID ESPAÑA.

- 57 . SERVICIOS GEOLÓGICOS, S.A. (1973) "ESTUDIO -
GEOHIDROLÓGICO PRELIMINAR DE LA ZONA COSTERA
DEL ESTADO DE JALISCO", INFORME INÉDITO EXIS-
TENTE EN LOS ARCHIVOS DE LA SARH, MÉXICO.
- 58 SHEPARD F.P. ET AL (1963) INTERNATIONAL CON-
GRESS OF SEDIMENTOLOGY, BÉLGICA.
- 59 SHEPARD F.P. (1973) SUBMARINE GEOLOGY, 3A. -
EDICIÓN.
- 60 SIC (1970) "IX CENSO GENERAL DE POBLACIÓN".-
DIRECCIÓN GENERAL DE ESTADÍSTICA, MÉXICO.
- 61 SOILTEC, S.A. (1981) "ESTUDIO DE LA POTENCIA
LIDAD DEL SUBÁLVEO DEL RÍO BALSAS, MICH." IN-
FORME INÉDITO EXISTENTE EN LOS ARCHIVOS DE -
LA SARH, MÉXICO.
- 62 S.P.P. (1980) CARTOGRAFÍA BÁSICA DE LA DIREC-
CIÓN DE ESTUDIOS DEL TERRITORIO NACIONAL. --
MAPAS, PLANOS Y FOTOGRAFÍAS AÉREAS.
- 63 S.P.P. (1980) "X CENSO GENERAL DE POBLACIÓN"
DIRECCIÓN GENERAL DE ESTADÍSTICA, MÉXICO.
- 64 T.M.I. S.A. (1978) "ESTUDIO GEOFÍSICO PARA -
DETERMINAR LAS CONDICIONES GEOHIDROLÓGICAS -
EN LA VECINDAD DE LA CD. DE HERMOSILLO, SON.,
Y DISPONIBILIDAD DE RECURSOS HIDRÁULICOS SUB-
TERRÁNEOS", INFORME INÉDITO EXISTENTE EN LOS
ARCHIVOS DE LA SANOP, MÉXICO.
- 65 UNAM INSTITUTO DE GEOLOGÍA.
- 66 UNAM TABLAS DE PREDICCIÓN DE MAREAS 1983, -
DATOS GEOFÍSICOS, SERIE A, OCEANOGRAFÍA, -
PUERTOS DEL OCEANO PACÍFICO, INSTITUTO DE -
GEOFÍSICA, UNAM.
- 67 UNAM (1981-1983) GEOFÍSICA INTERNACIONAL, -
REVISTA DE LA UNIÓN GEOFÍSICA MEXICANA. INS-
TITUTO DE GEOFÍSICA, UNAM. VOL. 20 No. 3 Y
22 No. 1.

- 68 UNESCO (1970) "LEYENDA INTERNACIONAL PARA -
MAPAS HIDROGEOLÓGICOS", INSTITUTO DE CIEN--
CIAS GEOLÓGICAS, INGLATERRA.
- 69 UNESCO-OMM (1974) "GLOSARIO HIDROGEOLÓGICO_
INTERNACIONAL", ORGANIZACIÓN METEOROLÓGICA _
MUNDIAL. GINEBRA, SUIZA.
- 70 WRIGHT L.D., COLEMAN, J.M. AND ERICKSON N.W.
"ANALYSIS OF MAJOR RIVER SYSTEM AND THEIR -
DELTA: MORPHOLOGIC AND PROCESS COMPARISONS"
TECHNICAL REPORT No. 156. LOUISIANA STATE UNI-
VERSITY, U.S.A.