UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERIA
FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL

CARACTERISTICAS GEOTECNICAS DEL SUELO DE IQUITOS, PERU

Américo Bustamante
Jorge E. Alva Hurtado

CENTRO PERUANO JAPONES DE INVESTIGACIONES SISMICAS Y MITIGACION DE DESASTRES

INDICE

INTRODUCCION

GEOLOGIA

INVESTIGACIONES GEOTECNICAS

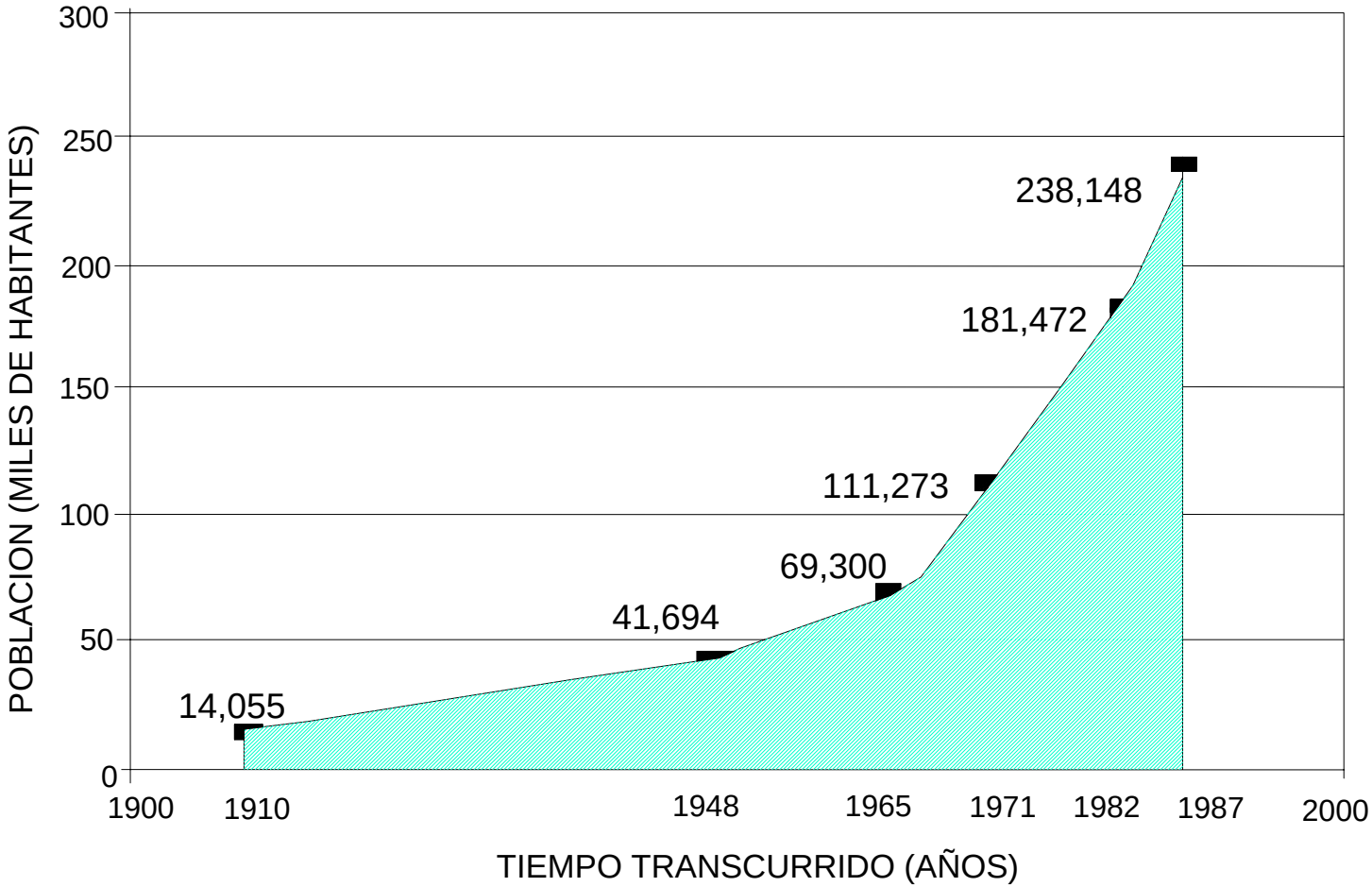
Sector Iquitos
Sector San Juan

ZONIFICACION GEOTECNICA

Zona I Semidomo de Iquitos
Zona II Semidomo de San Juan
Zona III Zona baja del Domo de Iquitos
Zona IV Zona de Reptación
Zona V Zona de Deslizamientos
Zona VI Zona de Sedimentación
Zona VII Zona Inundable

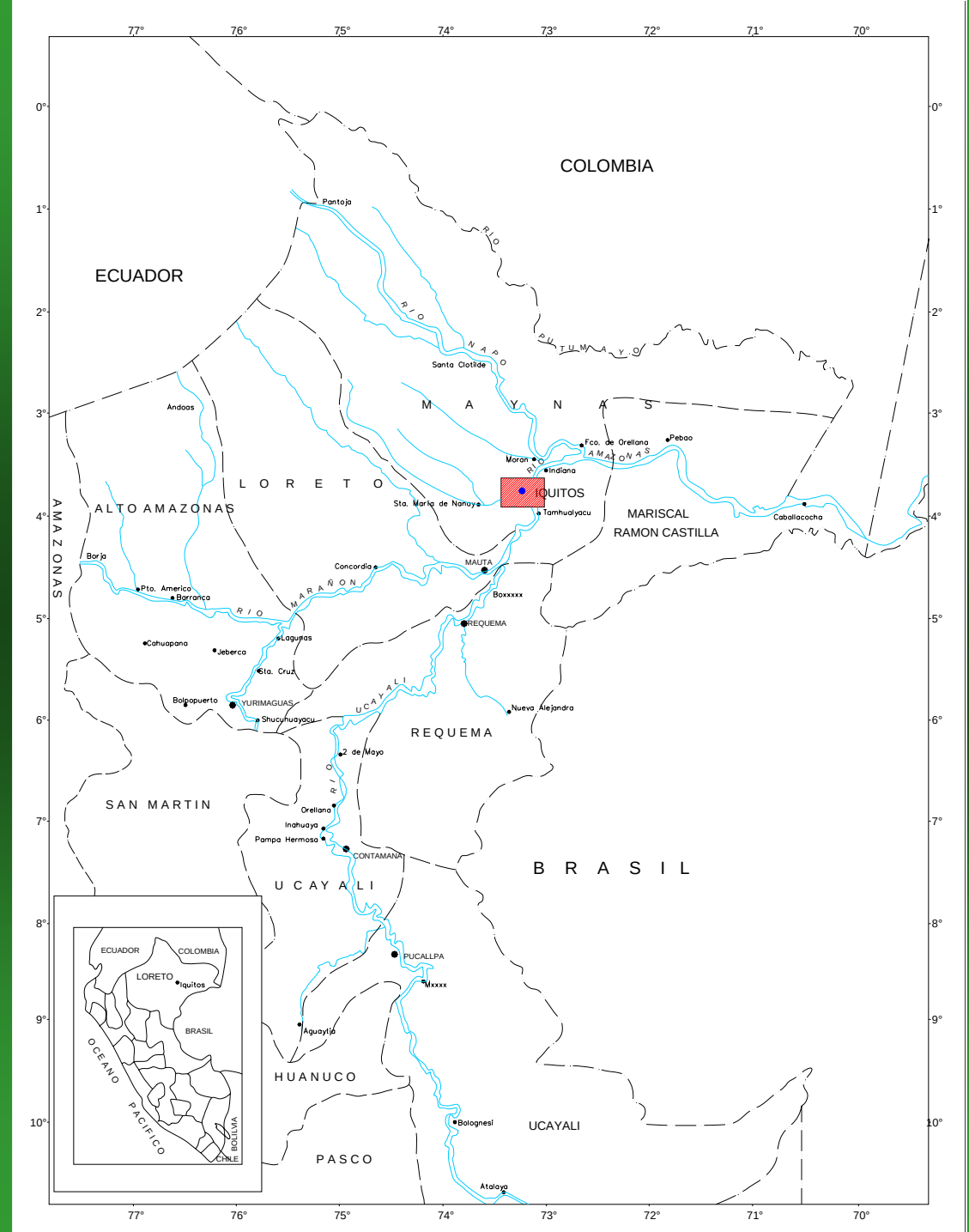
CONCLUSIONES

PROCESO DE DESARROLLO FISICO DE IQUITOS CRECIMIENTO POBLACIONAL 1906-1987

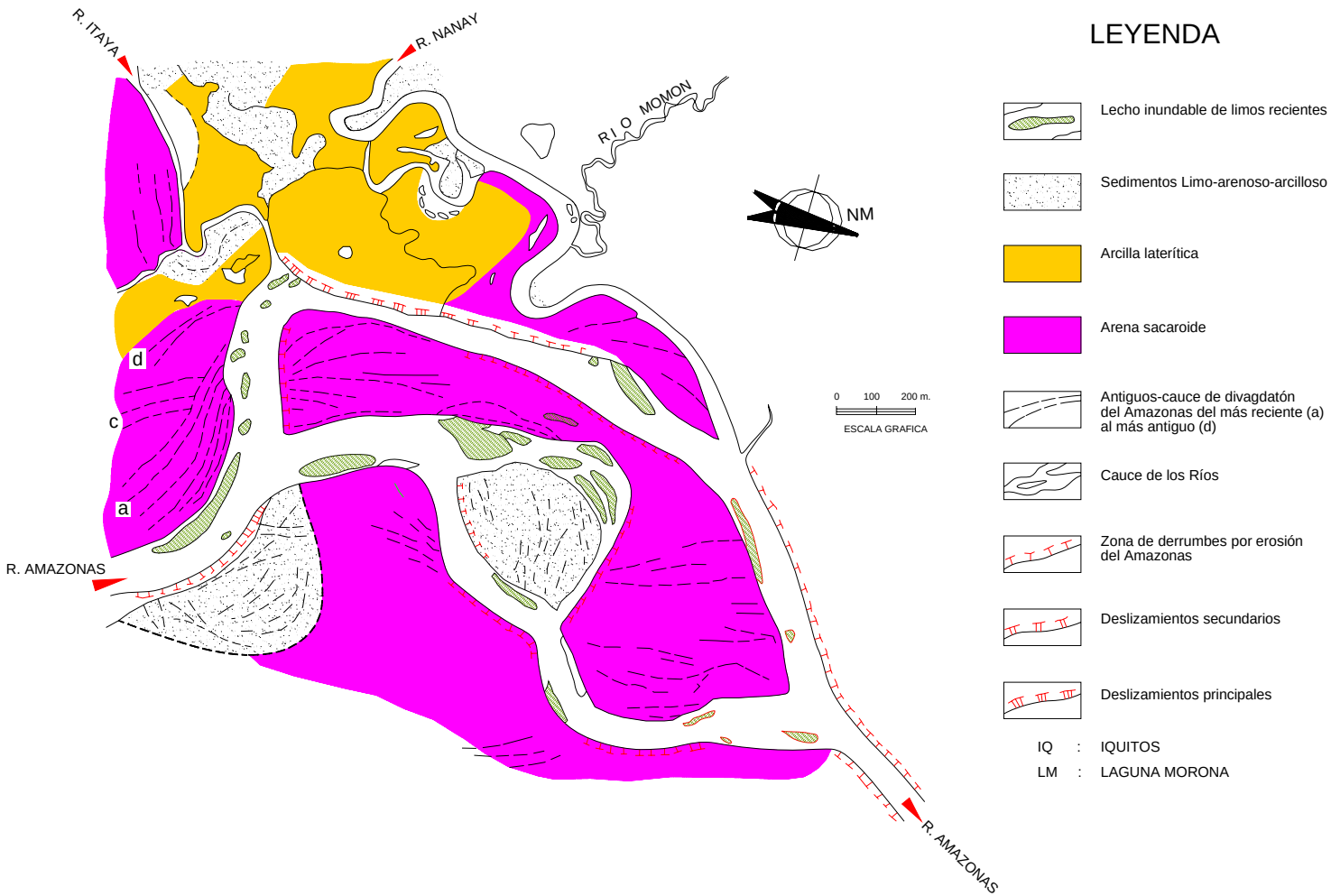


CRECIMIENTO POBLACIONAL DE IQUITOS 1906-1987

(INADUR, 1988)

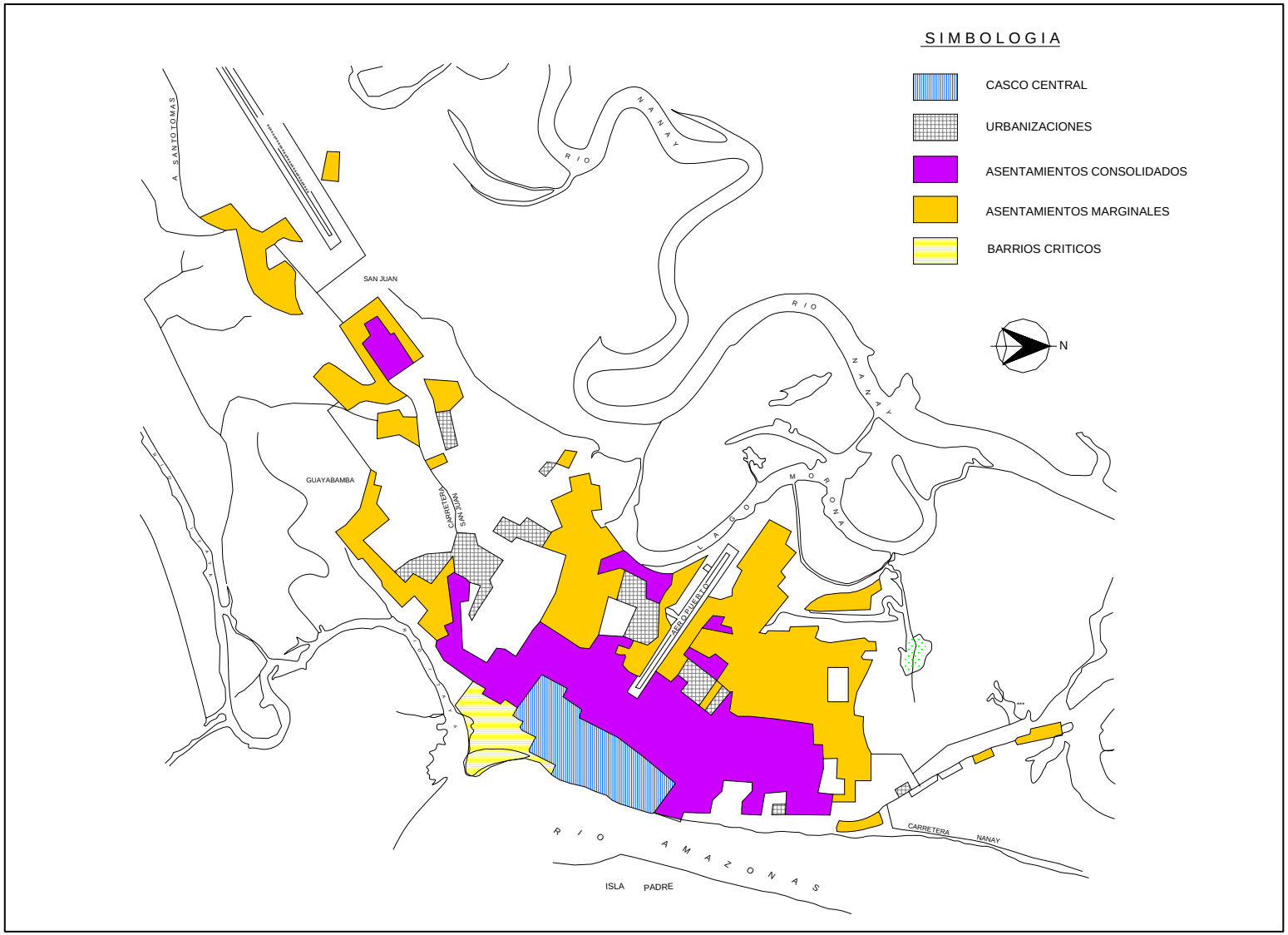


UBICACIÓN DE LA ZONA EN ESTUDIO



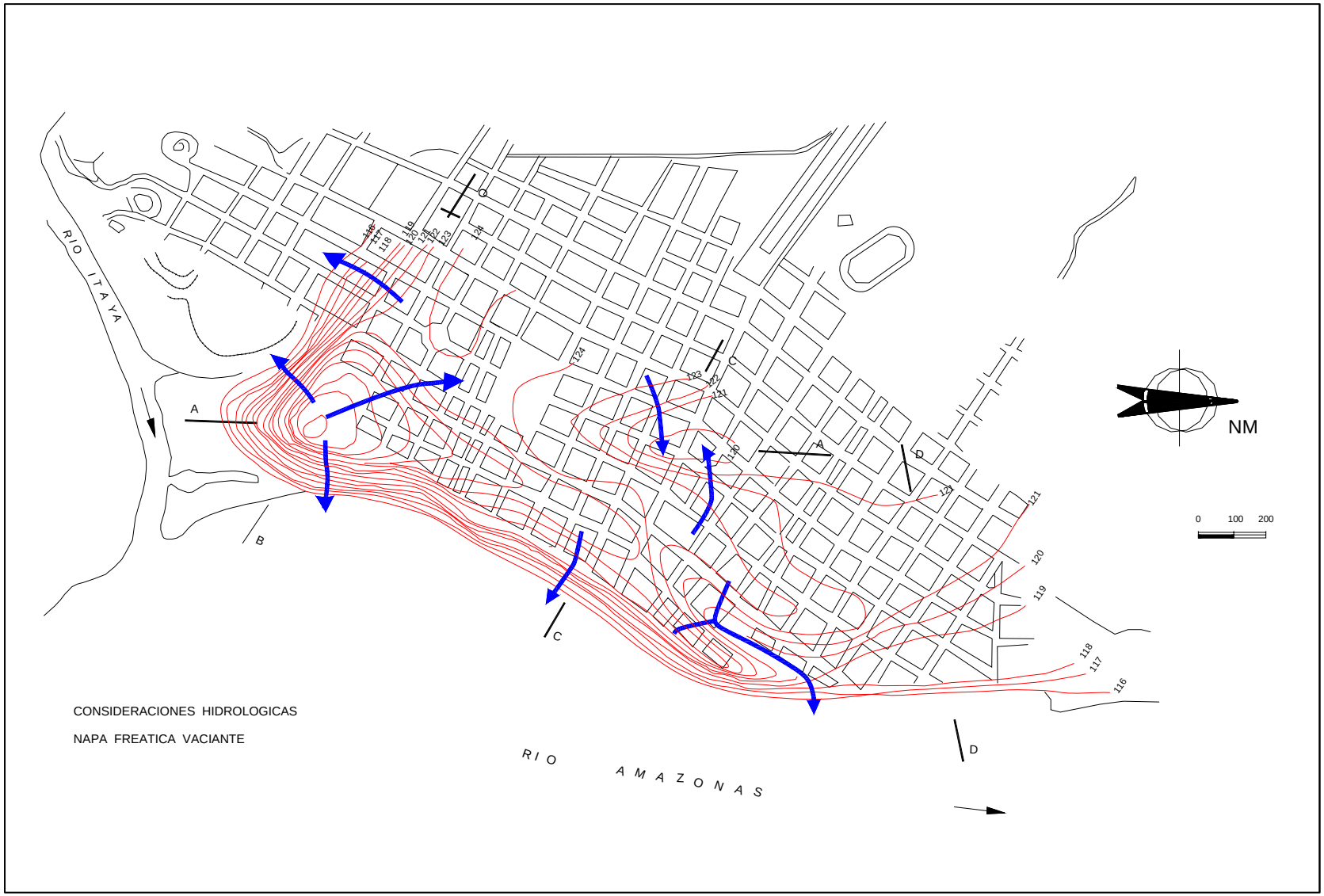
CROQUIS GEOMORFOLOGICO DE IQUITOS Y SUS ALREDEDORES

(Ing. A. Martínez Vargas,1967)



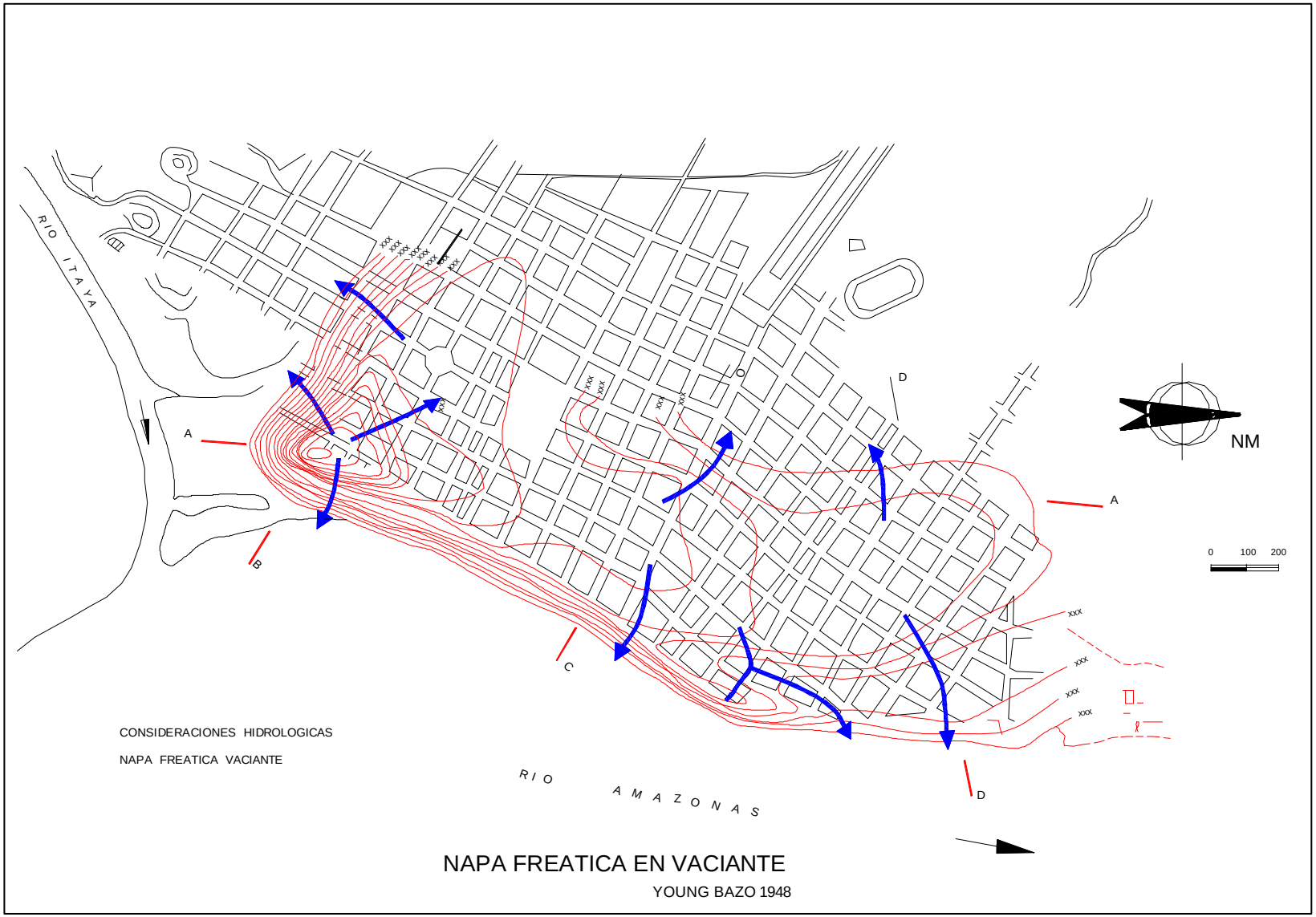
ZONAS RESIDENCIALES HOMOGENEAS DE IQUITOS

(INADUR, 1988)



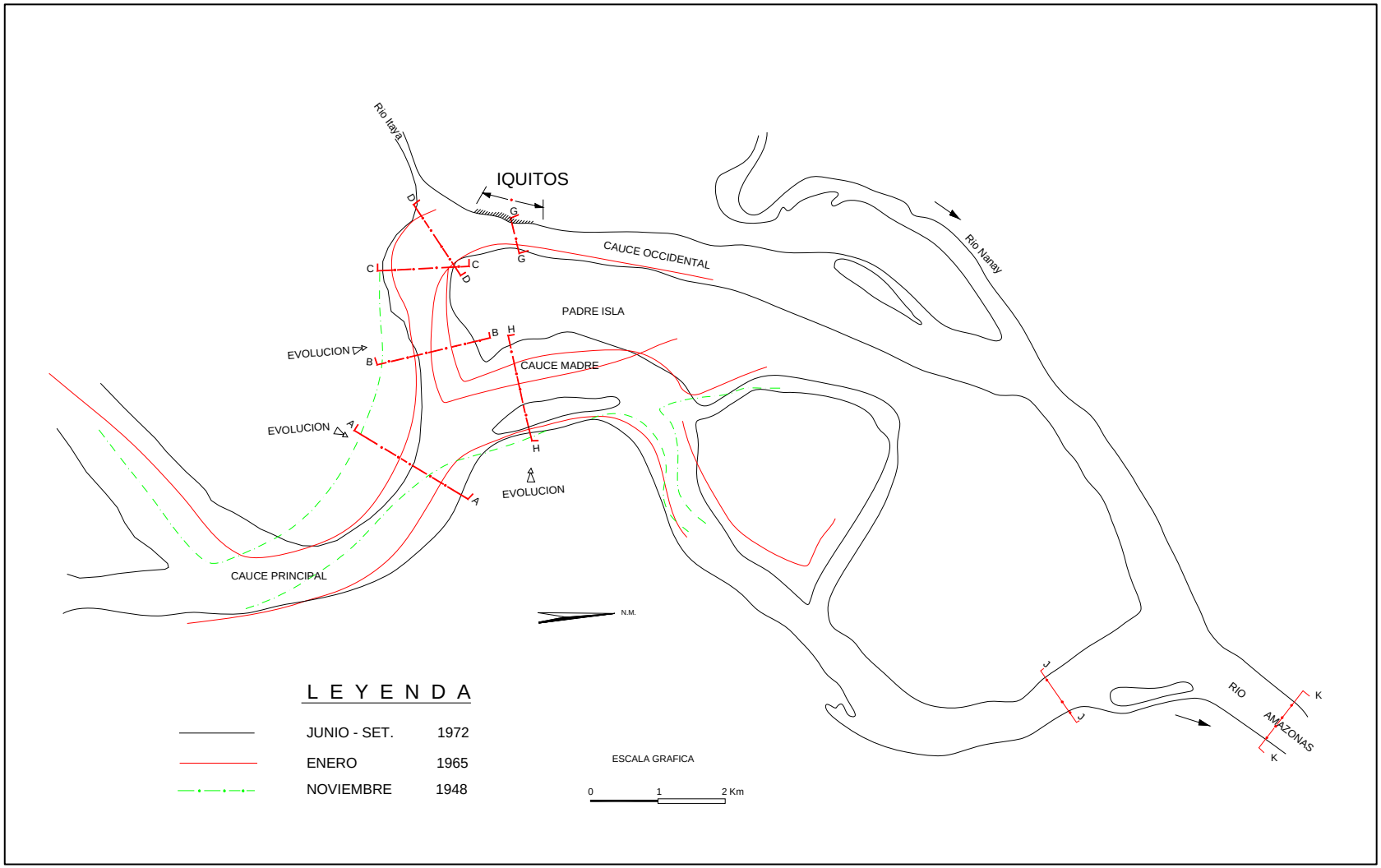
NAPA FREATICA EN CRECIENTE

(Young Bazo,- 1948)



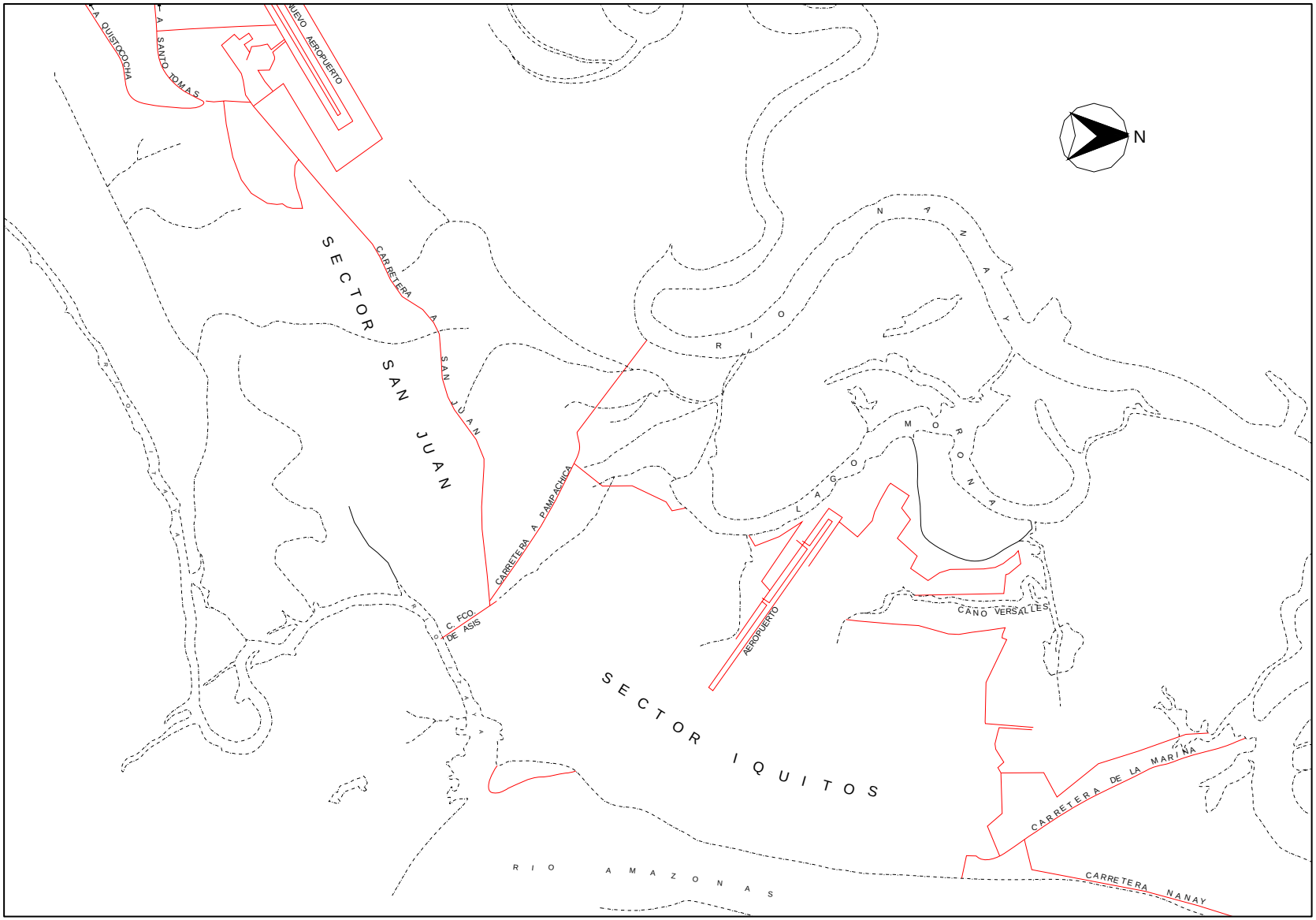
NAPA FREATICA EN VACIANTE

(Young Bazo,- 1948)

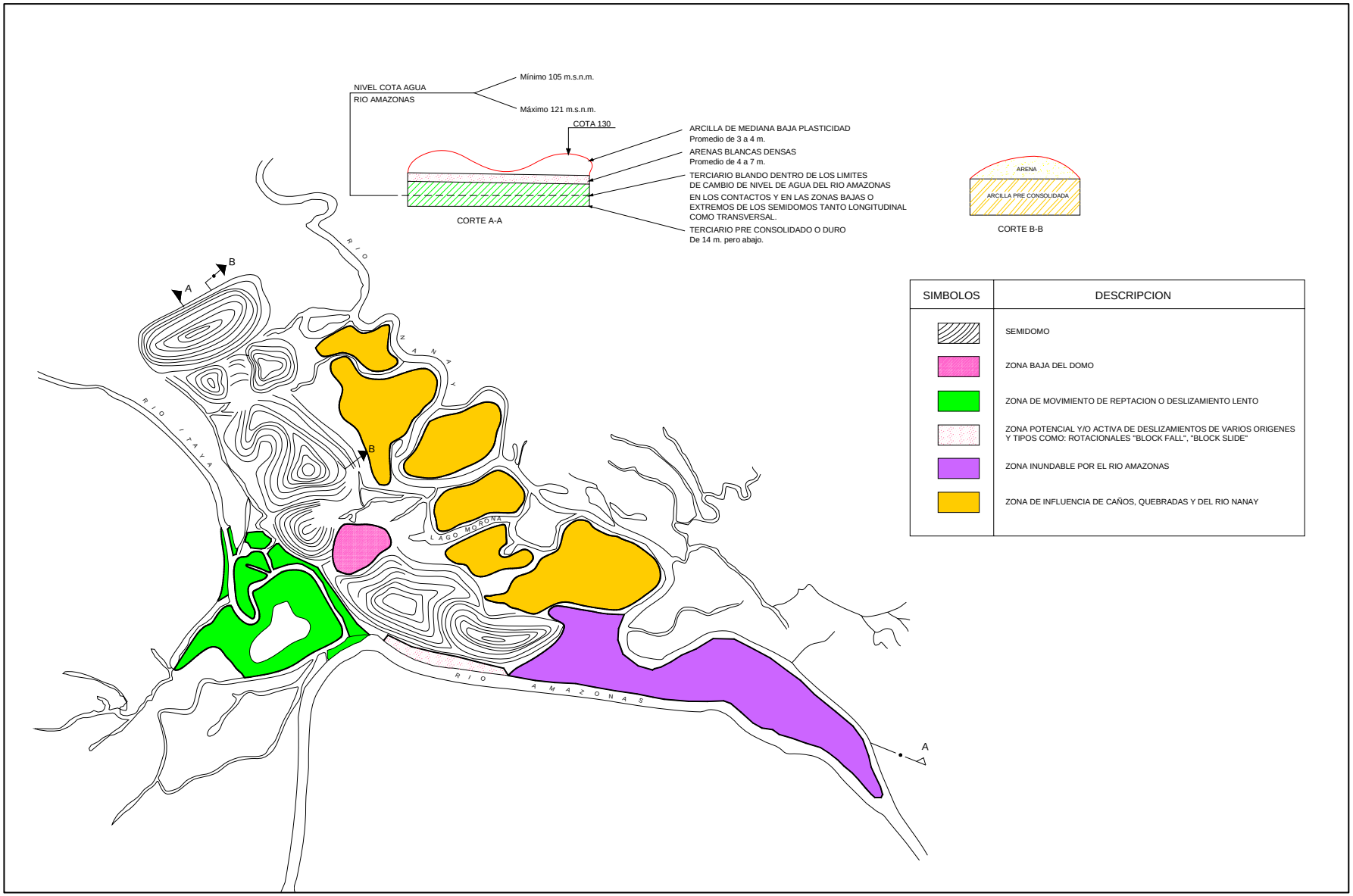


EVOLUCION DEL CAUCE DEL RIO AMAZONAS EN LA VECINDAD DE LA CIUDAD DE IQUITOS

(Gruci, 1973)

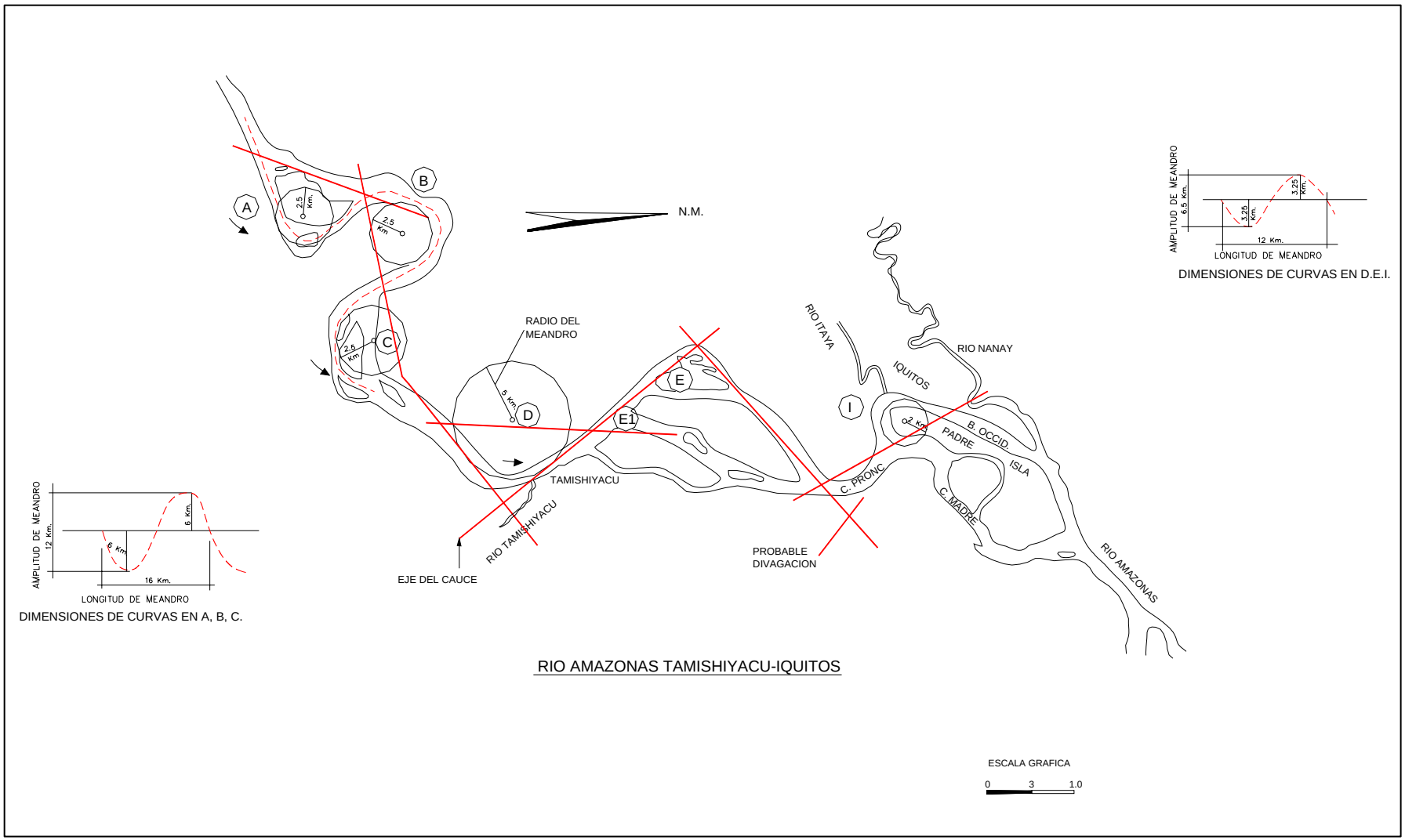


SECTORIZACION DE IQUITOS



PLANO DE ZONIFICACION HIDROGEOTECNICA DE LA CIUDAD DE IQUITOS -1975

Ing. Oscar Maggiolo Robert. (1975)



EL RIO AMAZONAS Y SU FORMACION DE MEANDROS

(Gruci -1973)

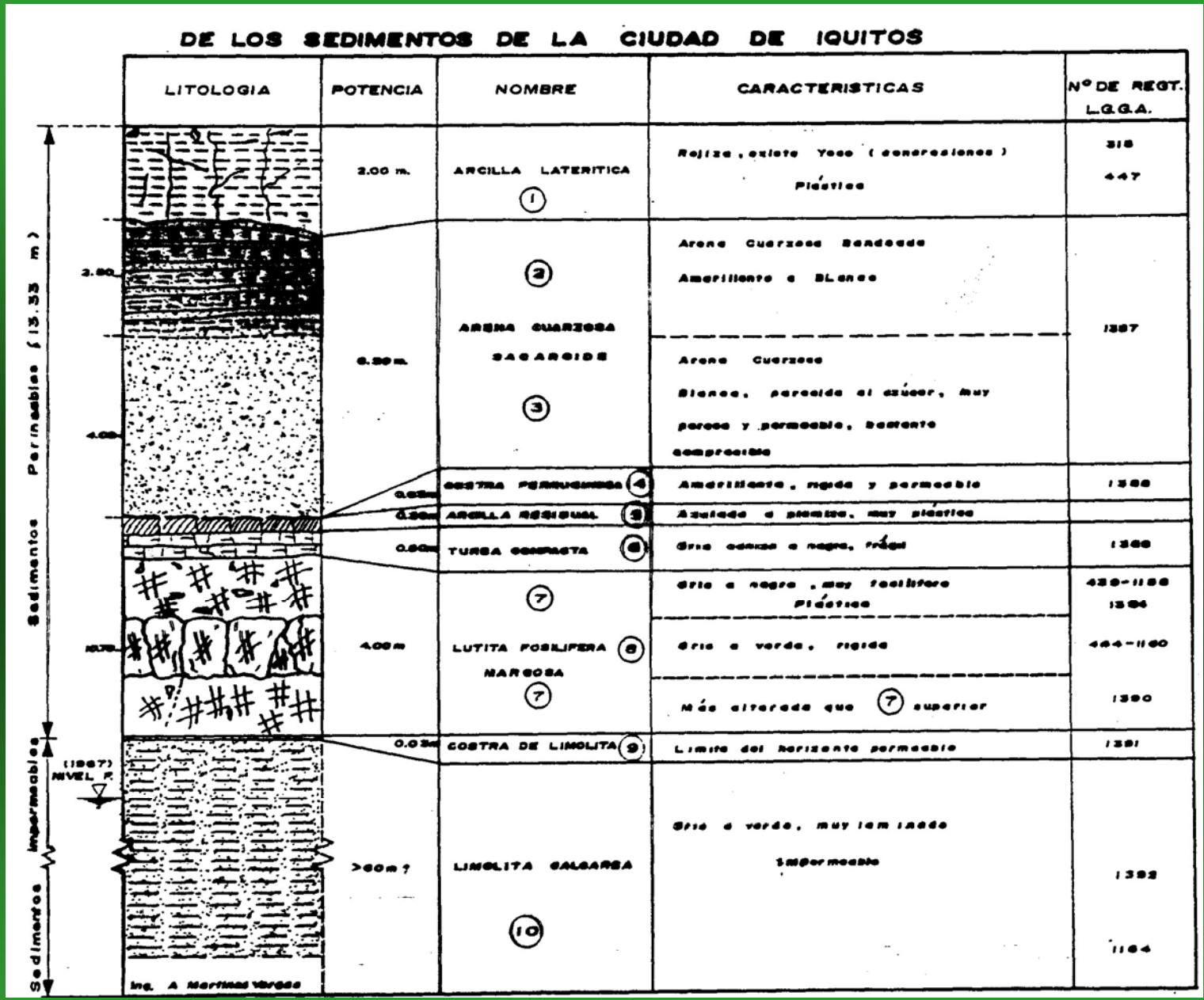
GEOLOGIA

Sedimentos del Holoceno (Cuaternario Reciente)

Sedimentos del Pleistoceno (Cuaternario Antiguo)

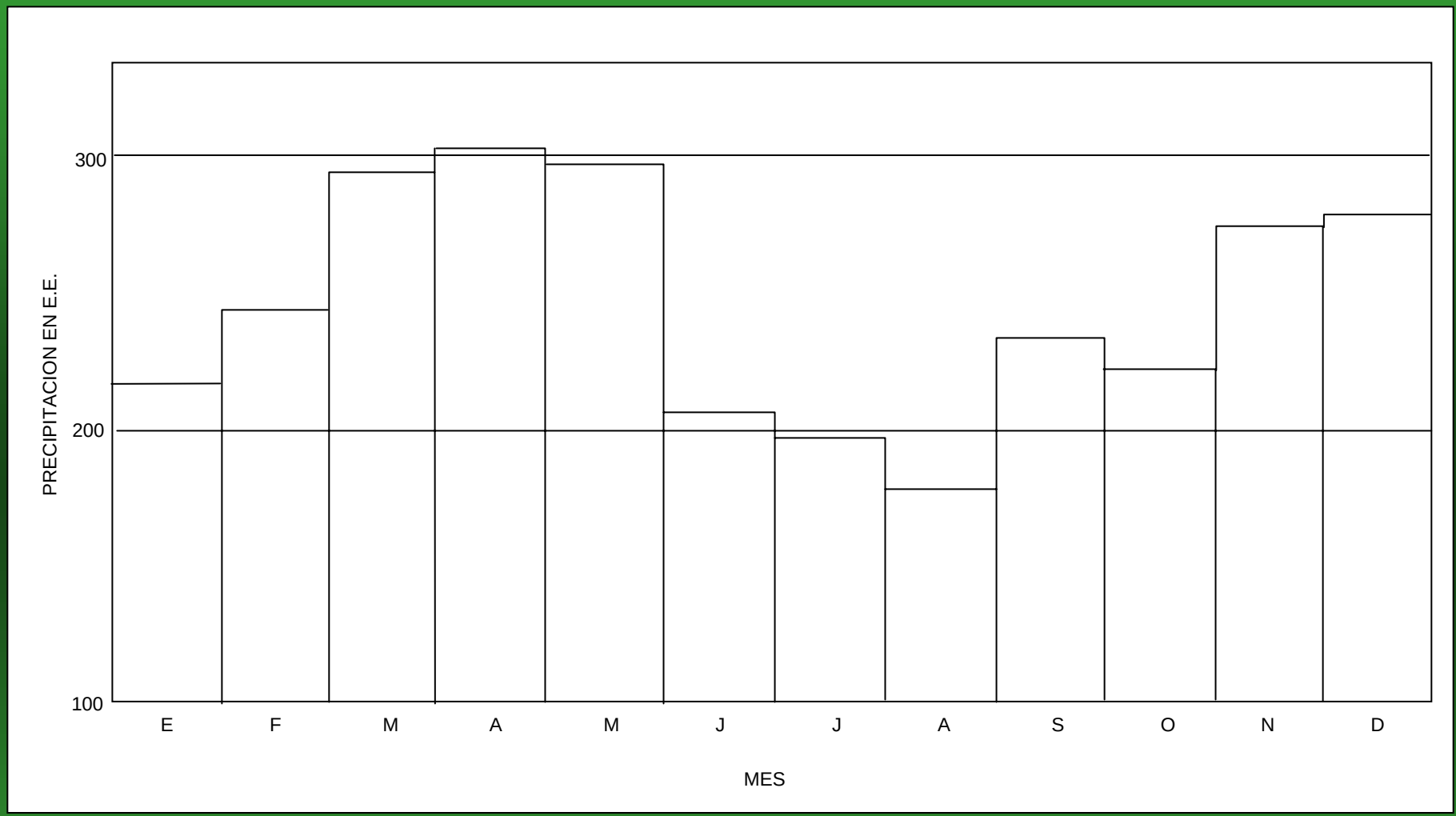
Sedimentos del Terciario

Craton Brasilero (Precámbrico)



COLUMNA ESTRATIGRAFICA DE LOS SEDIMENTOS DE LA CIUDAD DE IQUITOS

(A. Martínez V., 1967)



PRECIPITACION PROMEDIO MENSUAL EN IQUITOS

(Corporación Hidrotécnica ,1983)

INVESTIGACIONES GEOTECNICAS

Recopilación de estudios de mecánica de suelos

Exploración geotécnica de calicatas, posteadora manual y cono holandés

Ensayos de clasificación de suelos, consolidación unidimensional, corte triaxial y corte directo

Sectores Iquitos y San Juan

UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERIA
FACULTAD DE INGENIERIA CIVIL
C I S M I D - Laboratorio Geotécnico

REGISTRO DE SONDAJES

SOLICITADO : CONCYTEC - JICA
PROYECTO : ESTUDIO GEOTECNICO DE IQUITOS
UBICACION : INSTITUTO SUPERIOR TECNOLOGICO

SONDAJE : P-16
FECHA : 25/02/95
OPERACION : A. BUSTAMANTE - R. ZUMARAN

TIPO DE SONDAJE : POSTEADORA MANUAL
PROFUNDIDAD N.F. : 3.65 mt.

PROF. (mt)	ESPESOR (mt)	ESTRATO	MUESTRAS OBTENIDAS	PRUEBAS DE CAMPO D.N. (gr/cm3)	PRUEBAS DE CAMPO H.N (%)	SIMBOLOGIA	GRAFICA	CLASIF SUCS	DESCRIPCION DEL MATERIAL	ENSAYO DE PENETRACION ESTANDAR PROF. (mt)	NUMERO DE GOLPES /PIE	GRAFICA DE N 0 10 20 30 40 50
0.35	0.35	S/M							Arcilla Limosa. Orgánica. Contaminda de raíces y vegetación. Húmeda.			
1.10	0.45	M-1			28.3			CH	Arcilla inorgánica de alta plasticidad. De color ambar. con manchas de color pardo. Muy húmeda. Presenta cristales. LL=84.9, IP=54%.			
		M-2			22.4			CH	Arcilla inorgánica de alta plasticidad. Ambar claro. Muy húmeda. Presenta cristales. LL=52.2%, IP=31%.			
1.60	0.50	M-3			13.8			SC	Arena arcillosa de media plasticidad inorgánica. De color ambar. Muy húmeda. Presenta cristales. LL=31.7%, Ip=11.7%, D50=0.168 m.			
4.45	2.85	M-4			4.6			SP	Arena pobremente graduada. De color blanco. Con horizontales de color pardo. Muy húmeda. No plástica. Inorgánica. Con porcentaje de finos del 2.2% D50=0.476 mm.			

UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERIA
FACULTAD DE INGENIERIA CIVIL
C I S M I D - Laboratorio Geotécnico

ENSAYO DE PENETRACION CONO HOLANDES

SOLICITADO : CONCYTEC - JICA
PROYECTO : ESTUDIO GEOTECNICO DE IQUITOS
UBICACION : INSTITUTO SUPERIOR TECNOLOGICO

SONDAJE : CPT-16
FECHA : 25/02/91
OPERACION : A. B. CH. - R.Z.R.

PROF. (mt)	PERFIL	DESCRIPCION DEL MATERIAL
		Material de relleno, raíces.
1.0		CH. Arcilla de alta plasticidad. LL=84.9 %.IP=31.8%
		CH. LL=52.2%. IP=31.8%
		SC. %finos=29.2. D50=0.169. LL=31%. IP=11.7%
2.50		SP. Arena pobremente graduada %finos=2.2%. D50=0.470.
3.0		
N.F.		
4.0		
5.0		

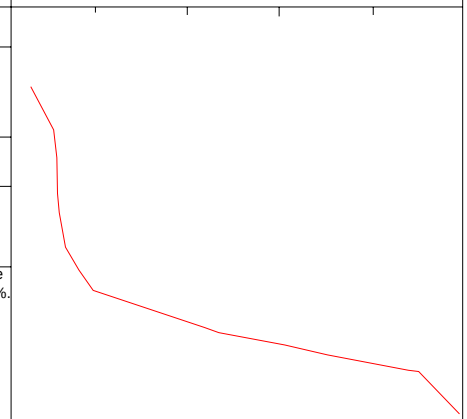


Tabla Nº 1 Ensayos de Consolidación Unidimensional

SECTOR	CALICATA	PROFUNDIDAD (m)	TIPO DE SUELO	e_o	Pc (kg/cm^2)	Cc	Cs
SJ	C-1	0.90 – 1.50	CH	1.140	1.25	0.526	0.037
SJ	C-1	1.60 – 1.90	CH	0.953	2.25	0.275	0.063
SJ	C-2	1.00 - 1.50	CH	1.096	1.75	0.257	0.053
SJ	C-3	1.60 - 2.00	SC	0.626	1.16	0.285	0.012
SJ	C-4	1.80 - 2.10	CH	0.680	2.20	0.156	0.027
SJ	C-5	1.95 - 2.20	CH	1.083	1.60	0.299	0.089
IQ	C-6	1.30 - 1.50	CH	0.741	2.40	0.145	0.025
IQ	C-7	1.80 - 2.10	CH	0.812	1.20	0.277	0.022
IQ	C-8	1.80 - 2.10	SC	0.611	1.05	1.160	0.009
IQ	C-9	2.20 - 2.40	SC	0.584	1.55	1.182	0.011

Tabla Nº 2 Ensayos de Compresión Triaxial No Consolidado – No Drenado (UU)

SECTOR	CALICATA	PROFUNDIDAD (m)	TIPO DE SUELO	C_u (kg/cm²)	ϕ_u (°)	HUMEDAD (%)
SJ	C-1	0.90 - 1.50	CH	0.60	3.5	38.5
SJ	C-2	1.00 - 1.50	CH	0.75	11.0	32.2
SJ	C-3	1.60 - 2.00	SC	0.58	10.0	15.7
SJ	C-4	1.80 - 2.10	CH	1.00	8.0	23.1
SJ	C-5	1.95 - 2.20	CH	0.55	1.0	40.9
IQ	C-6	1.30 - 1.50	CH	0.90	7.5	25.6
IQ	C-7	1.80 - 2.10	CH	0.28	5.5	26.1
IQ	C-8	1.80 - 2.10	SC	0.43	10.0	17.7
IQ	C-9	2.20 – 2.40	SC	0.0	23.0	18.4

Tabla Nº 3 Valores Medios y Desviaciones Estándar de las Propiedades Físicas de los Suelos Sector Iquitos-Iquitos

Nº	Propiedad/Tipo de Suelo		CH	CL	MH	ML	SC	SM	SP	SP-SM	OH	OL
1	Humedad Natural (%)	Rango	(10.0-54.0)	(9.0-47.3)	(12.5-46.0)	(16.4-34.0)	(7.2-29.1)	(6.2-33.9)	(2.9-22.4)	(5.0-21.0)	--	--
		Promedio	27.4	23.4	30.7	25.4	18.7	14.9	10.7	13.5	--	--
		Desv. Est.	6.8	7.3	8.3	6.0	4.5	7.3	6.1	5.4	--	--
2	Límite Líquido (%)	Rango	(50.0-112.0)	(21.2-55.0)	(51.0-94.0)	(28.0-49.0)	(22.0-61.0)	(16.0-30.0)	--	(17.0-28.0)	(51.0-07.0)	(35.0-45.0)
		Promedio	62.7	39.5	67.5	37	36.4	21.9	--	19.3	70.0	40.8
		Desv. Est.	10.9	6.8	10.4	7.1	11.2	3.8	--	3.9	16.0	5.1
3	Límite Plástico (%)	Rango	(14.0-40.0)	(11.5-27.0)	(29.0-53.0)	(22.0-30.0)	(13.0-39.0)	--	--	--	(29.0-68.0)	(26.0-37.0)
		Promedio	24.5	19.9	38	26.5	17.4	--	--	--	41	31.5
		Desv. Est.	5.1	3.1	6.6	2.6	5.5	--	--	--	12.3	4.9
4	Indice Plástico (%)	Rango	(22.0-73.0)	(8.0-38.0)	(20.0-47.0)	(4.0-20.0)	(8.0-35.3)	--	--	--	(12.0-47.0)	(6.0-12.0)
		Promedio	38.3	19.7	29.5	10.2	19.0	--	--	--	29.0	9.3
		Desv. Est.	9.5	6.1	6.9	5.4	8.3	--	--	--	11.5	2.8
5	Límite de Contracción (%)	Rango	(10.0-35.0)	(9.0-33.0)	(16.0-38.0)	--	(12.0-22.4)	--	--	--	--	--
		Promedio	15.5	23.2	28.3	--	17.2	--	--	--	--	--
		Desv. Est.	5.6	9.6	6.9	--	52	--	--	--	--	--
6	Contenido de Finos, % que pasa la malla 200	Rango	(50.5-100.0)	(50.7-100.0)	(50.5-100.0)	(50.2-98.8)	(21.9-49.9)	(12.4-42.0)	(0.5-4.7)	(5.0-11.6)	(58.9-100.0)	--
		Promedio	91.6	84.2	90.5	73.6	41.0	25.4	2.7	7.3	87.2	--
		Desv. Est.	9.6	13.5	13.2	18.7	7.6	10.9	1.3	2.0	19.5	--

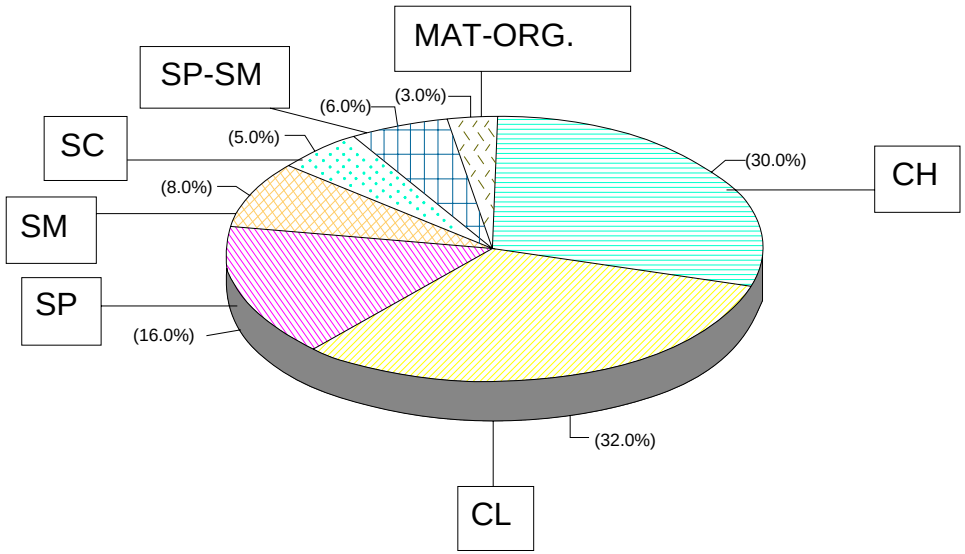
Nº	Propiedad/Tipo de Suelo		CH	CL	MH	ML	SC	SM	SP	SP-SM	OH	OL
7	Diámetro 50 (mm)	Rango	--	--	--	--	(0.074-0.374)	(0.144-0458)	(0.183-0.540)	(0.109.527)	--	--
		Promedio	--	--	--	--	0.160	0.227	0.322	0.287	--	--
		Desv. Est.	--	--	--	--	0.087	0.063	0.089	0.090	--	--
8	Peso Específico de Solidos (%)	Rango	(2.55-2.81)	(2.55-2.80)	(2.48-2.79)	(2.5-2.65)	(2.63-2.76)	(2.53-2.70)	(2.54-2.74)	(2.60-2.67)	(2.12-2.45)	--
		Promedio	2.65	2.62	2.59	2.6	2.66	2.62	2.65	2.64	2.31	--
		Desv. Est.	0.08	0.05	0.10	0.06	0.04	0.04	0.05	0.02	0.17	--
9	Densidad Natural (gr/cc)	Rango	(1.69-2.09)	(1.84-2.06)	(1.61-1.99)	--	(1.9-2.07)	--	--	--	--	--
		Promedio	1.92	1.96	1.86	--	2.00	--	--	--	--	--
		Desv. Est.	0.10	0.06	0.12	--	0.07	--	--	--	--	--
10	Contenido de Coloides < 0.002 mm	Rango	(27.0-68.0)	--	--	--	(20.0-31.9)	--	--	--	--	--
		Promedio	45.4	--	--	--	24.2	--	--	--	--	--
		Desv. Est.	11.3	--	--	--	6.7	--	--	--	--	--
11	Grado de Saturación (%)	Rango	(77.5-100.0)	(79.9-100.0)	--	--	(73.8-95.4)	--		--	--	--
		Promedio	90.4	87.1	--	--	85.3	--	--	--	--	--
		Desv. Est.	6.1	7.6	--	--	9.8	--	--	--	--	--
12	Relación de Vacíos e.	Rango	(0.65-1.21)	(0.53-0.85)	--	--	(0.51-0.61)	--	(0.50-0.55)	--	--	--
		Promedio	0.92	0.66	--	--	0.57	--	0.52	--	--	--
		Desv. Est.	0.18	0.11	--	--	0.04	--	0.83	--	--	--

Tabla Nº 4 Valores Medios y Desviaciones Estándar de las Propiedades Físicas de los Suelos Sector San Juan-Iquitos

Nº	Propiedad/Tipo de Suelo		CH	CL	ML	SC	SM	SP	SP-SM	SM-SC	CL-ML
1	Humedad Natural (%)	Rango	(18.0-63.22)	(14.4-32.9)	(10.5-26.0)	(14.0-24.8)	(10.5-25.6)	(3.5-6.5)	--	--	(16.3-19.3)
		Promedio	34.3	22.4	15.4	19.5	16.1	4.8	--	--	17.7
		Desv. Est.	9.0	5.4	5.7	4.4	4.6	1.2	--	--	1.5
2	Límite Líquido (%)	Rango	(51.0-98.0)	(24.0-49.0)	(14.5-48.0)	(20.0-61.4)	(17.4-27.2)	--	--	(18.0-20.0)	(22.0-28.0)
		Promedio	71.5	36.5	26.1	31.7	19.9	--	--	19.0	24.3
		Desv. Est.	12.8	6.5	13.4	9.0	2.9	--	--	1.0	3.2
3	Límite Plástico (%)	Rango	(13.0-28.0)	(12.0-79.0)	--	(10.0-24.0)	--	--	--	(13.0-15.0)	(16.0-22.0)
		Promedio	26.4	17.2	--	15.5	--	--	--	13.7	18.3
		Desv. Est.	5.2	2.9	--	2.9	--	--	--	1.2	3.2
4	Indice Plástico (%)	Rango	(29.0-64.3)	(8.0-30.0)	--	(7.0-37.4)	--	--	--	(5.0-6.0)	--
		Promedio	45.0	19.2	--	16.2	--	--	--	5.3	--
		Desv. Est.	10.1	5.7	--	7.1	--	--	--	0.6	--
5	Límite de Contracción (%)	Rango	(12.1-23.7)	(16.0-18.5)	--	--	--	--	--	--	--
		Promedio	18.1	17.3	--	-	--	--	--	--	--
		Desv. Est.	3.8	1.1	--	--	--	--	--	--	--
6	Contenido de Finos % que pasa la malla 200	Rango	(63.0-100.0)	(54.7-99.5)	(51.5-87.1)	(18.0-49.5)	(13.3-27.8)	(1.0-4.2)	(5.8-9.5)	(33.0-43.9)	(59.2-65.9)
		Promedio	92.3	73.4	59.6	37.8	24.7	2.4	7.0	39.5	63.2
		Desv. Est.	8.3	13.7	17.3	8.3	9.4	1.2	1.5	5.7	22.3

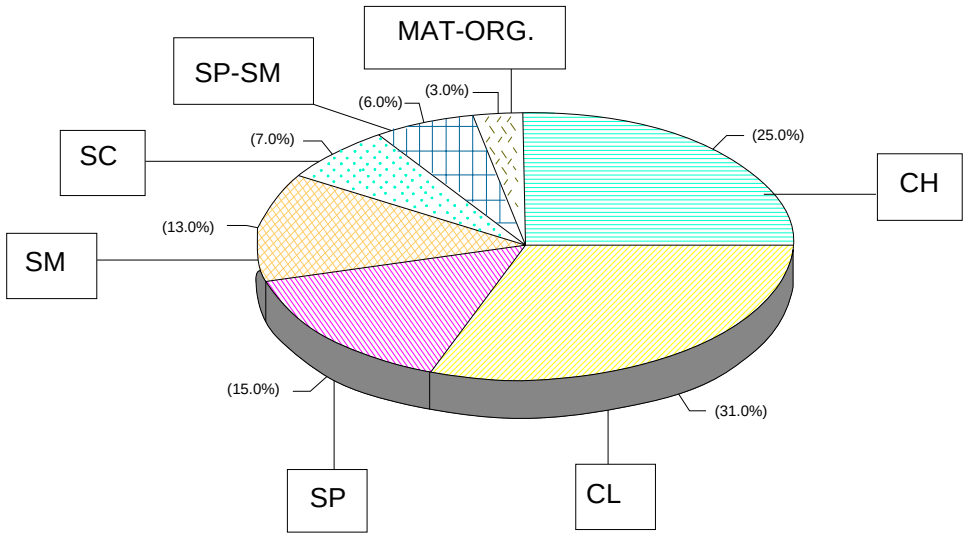
Nº	Propiedad/Tipo de Suelo		CH	CL	ML	SC	SM	SP	SP-SM	SM-SC	CL-ML
7	Diámetro 50 (mm)	Rango	--	--	--	(0.074-0.256)	(0.135-0.324)	(0.240-0.436)	(0.180-0.449)	(0.100-0.145)	--
		Promedio	--	--	--	0.146	0.206	0.375	0.283	0.118	--
		Desv. Est.	--	--	--	0.051	0.063	0.08	0.109	0.024	--
8	Peso Específico de Solidos (%)	Rango	(2.61-2.69)	(2.61-2.68)	--	(2.62-2.65)	--	(2.65-2.66)	--	--	(2.63-2.67)
		Promedio	2.65	2.64	--	2.63	--	2.66	--	--	2.65
		Desv. Est.	0.03	0.03	--	0.02	--	0.01	--	--	0.02
9	Densidad Natural (gr/cc)	Rango	(1.61-2.05)	(1.85-2.02)	--	(1.92-1.97)	--		--	--	--
		Promedio	1.85	1.96	--	1.91	--		--	--	--
		Desv. Est.	0.13	0.06	--	0.07	--		--	--	--
10	Contenido de Coloides < 0.002 mm	Rango	(27.8-75.6)	--	--	--	--		--	--	--
		Promedio	48.0	--	--	--	--		--	--	--
		Desv. Est.	17.2	--	--	--	--		--	--	--
11	Grado de Saturación (%)	Rango	(82.9-99.9)	--	--	(52.3-89.0)	--		--	--	--
		Promedio	90.9	--	--	71.8	--		--	--	--
		Desv. Est.	6.8	--	--	18.5	--		--	--	--
12	Relación de Vacíos e.	Rango	(0.68-1.22)	--	--	(0.63-0.86)	--		--	--	--
		Promedio	1.01	--	--	0.71	--		--	--	--
		Desv. Est.	0.21	--	--	0.10	--		--	--	--

DISTRIBUCION DE SUELOS SECTOR IQUITOS

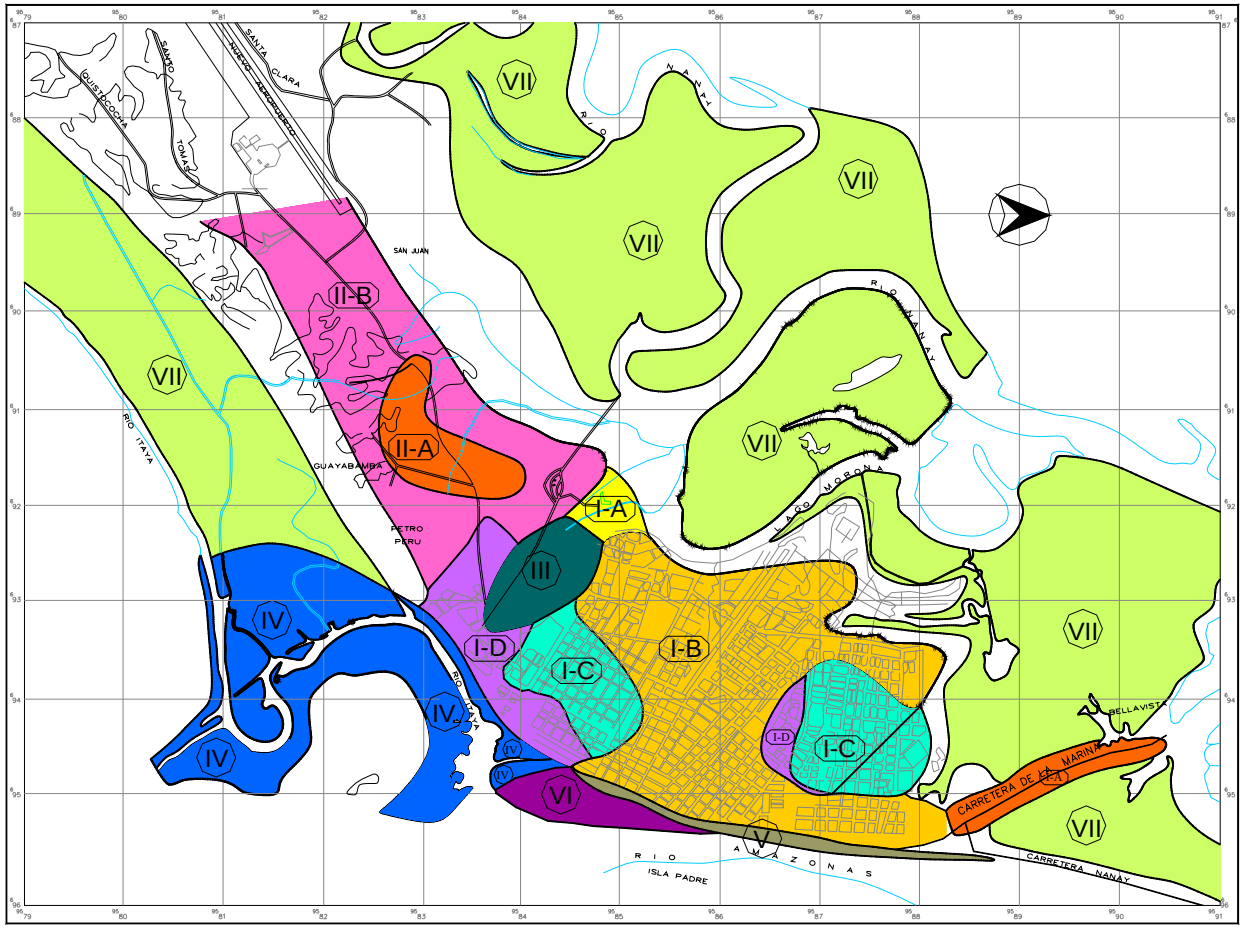


DISTRIBUCION DE SUELOS – SECTOR IQUITOS

DISTRIBUCION DE SUELOS SECTOR SAN JUAN



DISTRIBUCION DE SUELOS – SECTOR SAN JUAN



PARTE A: ZONIFICACION GENERAL

ZONA	SIMBOLO (S)	CARACTERISTICAS DE LA ZONA	CONDICION
I		SEMIDOMO DE IQUITOS - SECTOR IQUITOS	Habitante
II		SEMIDOMO DE SAN JUAN - SECTOR SAN JUAN	
III		ZONA BAJA DEL DOMO DE IQUITOS	
IV		ZONA DE MOVIMIENTO DE REPTACION O DESLIZAMIENTO LENTO	Critica
V		ZONA POTENCIAL Y/O ACTIVA DE DESLIZAMIENTOS	
VI		ZONA DE SEDIMENTACION	
VII		ZONA INUNDABLES POR RIOS Y DE INFLUENCIA DE CAÑOS Y QUEBRADAS	

PARTE B: DIVISION DE LA ZONA I Y II

ZONA	TIPO	SIMBOLO	ESTRATIGRAFIA TIPICA			N.F. (mt.)	Qad.	CIMENTACION PROFUNDA		
			FORMA DEL PERFIL	ESPESOR DE ESTRATOS (mt.)	CLASE PREDOMINANTE	CONSISTENCIA o COMPACIDAD		Superficial (Kg./cm²)	CIMENTAR SOBRE	PROF. (mt.)	RESISTENCIA EN PROFUNDIDAD
I	A		HOMOGENEA	8 a 11	CL - CH	blanda a media	≥ 2.5	1.0 a 1.5	arcilla dura	≥ 11.0	≥ 30 δ q ≥ 160 kg/cm²
	B		HOMOGENEA	1 a 6	CL - CH	blanda a media	≥ 1.0	0.5 a 1.5	arena densa	≥ 6	
				4 a 8	SP	media a densa					
				DEBAJO	CL - CH	dura o rigida					
	C		HOMOGENEA	0 a 3	SC	muy suelta	1 a 3	≤ 1.0	arena densa	≥ 8	
				3 a 7	SP	media densa					
				DEBAJO	CL - CH	dura					
	D		HETEROGENEA	3 a 8	R-CH-SM-OL	muy blanda	≤ 3.5	< 0.5	arcilla dura	≥ 9	
				DEBAJO	CH-ML-OH	blanda a dura					
II	A		HETEROGENEA	2.5 a 8.5	SC - SM	muy suelta	≥ 1.0	< 0.5	arcilla dura o arena densa	≥ 9	N ≥ 30 δ q ≥ 160 kg/cm²
				DEBAJO	CH δ SP	dura δ densa					
	B		HOMOGENEA	0 a 1.5	SC	muy suelta	≥ 0.5	≤ 1.0	arcilla dura	≥ 8	
				1 a 4.5	CL - CH	blanda a media					
				1 a 5	SC-SM-SP	suelta a media					
				DEBAJO	CL - CH	dura					

PLANO DE ZONIFICACION GEOTECNICA DE LA CIUDAD DE IQUITOS

ZONA	SUELO PREDOMINANTE	Qad (Kg/cm^2)	N.F. (m.)	T_h (segs.)	CONDICION
I	CH-CL	1.0-1.5	> 6.0	0.35-0.40	APROPIADA
II	CL-SC	0.5-1.0		0.40-0.50	
III	SC-SM	< 0.5			
IV	SC-SM	--	> 4.0	--	CRITICA
V	SM	< 0.2	< 0.2	0.45-0.55	

CONCLUSIONES

1) Sedimentos predominantes son arena y arcilla, sobre arcilla preconsolidada

2) Las arenas arcillosas y las arcillas superficiales se encuentran saturadas

3) Las propiedades de los suelos de los sectores Iquitos y San Juan son similares

4) La zonificación geotécnica es:

Zona I	Condición habitable, comprende el Semidomo de Iquitos; se ha subdivido en 4 subzonas
Zona II	Condición habitable, comprende el semidomo de San Juan; se ha subdivido en 2 subzonas
Zona III	Condición habitable, comprende la parte baja del Domo de Iquitos, es zona de drenaje natural
Zona IV	Condición crítica, ocurren movimientos de reptación
Zona V	Condición crítica, zona potencial o activa de deslizamientos
Zona VI	Condición crítica, zona de sedimentación
Zona VII	Condición crítica, zona inundable de ríos e influenciada por caños y quebradas