

CENTRO EXPERIMENTAL DE INGENIERÍA

LABORATORIO DE GEOTECNIA

RT-LABGEO-011, Revisión 03

Dirección: Vía Tocumen, Campus de Investigación

Informe No. CEI 01-0063-2024

Teléfono: 501-3635



LABORATORIO DE GEOTECNIA
HOJA ELECTRÓNICA
HE-FT-LABGEO-003
Revisión 01



INFORME No.: CEI 01-0063-2024 SOLICITUD No.: CEI 01-0026-2023 CLIENTE: Constructora Nova, S.A.
PROYECTO CSS JJ Vallarino MUESTREO POR: Labgeo FUENTE: H-1 (0.00 - 2.00 m)
IDENT. DEL CLIENTE: Suelo IDENT. DEL LABGEO: 01-0026-M01

CLASIFICACIÓN DE SUELOS PARA PROPÓSITOS INGENIERILES (ASTM D2487 - 17)

TAMIZ	PESO RETENIDO	RETENIDO ACUM	% TOTAL RETENIDO	% TOTAL QUE PASA
		0.0	0.0	100.0
		0.0	0.0	100.0
3"		0.0	0.0	100.0
2"	0.0	0.0	0.0	100.0
1 1/2"	0.0	0.0	0.0	100.0
1"	0.0	0.0	0.0	100.0

TAMIZ	PESO RETENIDO	RETENIDO ACUM	% TOTAL RETENIDO	% TOTAL QUE PASA
3/4"	0.0	0.0	0.0	100.0
3/8"	0.0	0.0	0.0	100.0
No.4	51.8	51.8	20.5	79.5
No.10	31.9	83.6	33.2	66.8
No.40	45.3	128.9	51.1	48.9
No.200	57.0	185.8	73.7	26.3

AGREGADO GRUESO

Peso Muestra Total Secada al Aire 252.00 g

AGREGADO FINO

Peso Muestra Total Seca 252.00 g

%Grava 20.5 %Arena 53.2 %Finos 26.3

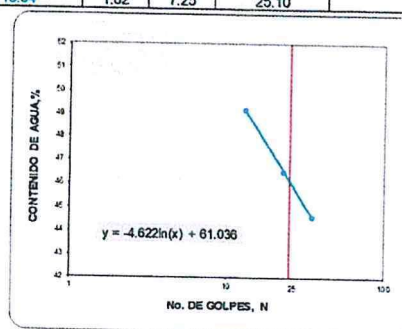
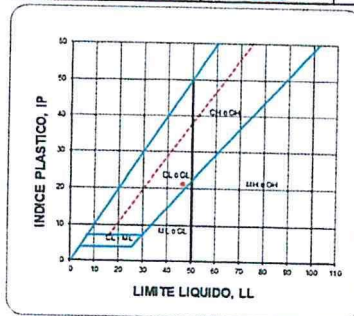
Límite Líquido, Límite Plástico e Índice de Plasticidad de Suelos (ASTM D4318 - 17)

LÍMITE LÍQUIDO

TARA No.	PESO TARA (g)	TARA + SUELO HUM. (g)	TARA + SUELO SECO (g)	PESO DE AGUA (g)	SUELO SECO (g)	CONTENIDO DE AGUA (%)	NUMERO DE GOLPES
T052	11.17	28.67	23.27	5.40	12.10	44.63	35
18	11.22	29.65	23.80	5.85	12.58	46.50	23
L004	10.94	30.50	24.05	6.45	13.11	49.20	13

LÍMITE PLÁSTICO

TARA No.	PESO TARA (g)	TARA + SUELO HUM. (g)	TARA + SUELO SECO (g)	PESO DE AGUA (g)	SUELO SECO (g)	CONTENIDO DE AGUA (%)	PROM
T009	11.79	20.61	18.83	1.78	7.04	25.28	25.19
T026	11.29	20.36	18.54	1.82	7.25	25.10	



LL = 46
LP = 25
IP = 21

CLASIFICACIONES SUCS:

Símbolo de Grupo = SC

Nombre de Grupo = Arena arcillosa con grava

Color = Marrón oliva oscuro (2.5 Y 3/3) Según Munsell

AASHTO = - IG = -

*Nota: La reproducción parcial de este documento requiere la autorización escrita del CEI/LABGEO.

ENSAYADO POR: HB

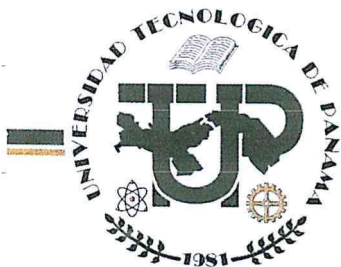
REVISADO POR: RM

FECHA DE ENSAYO: 2024-01-08



Centro Experimental
de Ingeniería

Apdo. 0819-07289, Panamá, República de Panamá



UNIVERSIDAD TECNOLÓGICA DE PANAMÁ

"Camino a la excelencia a través del mejoramiento continuo"

CENTRO EXPERIMENTAL DE INGENIERÍA

LABORATORIO DE GEOTECNIA

RT-LABGEO-011, Revisión 03

Dirección: Vía Tocumen, Campus de Investigación

Teléfono: 501-3635

Informe No. CEI 01-0063-2024



LABORATORIO DE GEOTECNIA
HOJA ELECTRÓNICA
HE-FT-LABGEO-003
Revisión 01



INFORME No.: CEI 01-0063-2024 SOLICITUD No.: CEI 01-0026-2023 CLIENTE: Constructora Nova, S.A.
PROYECTO CSS JJ Vallarino MUESTREO POR: Labgeo FUENTE: H-1 (2.00 - 4.00 m)
IDENT. DEL CLIENTE: Suelo IDENT. DEL LABGEO: 01-0026-M02

CLASIFICACIÓN DE SUELOS PARA PROPÓSITOS INGENIERILES (ASTM D2487 - 17)

TAMIZ	PESO RETENIDO	RETENIDO ACUM	% TOTAL RETENIDO	% TOTAL QUE PASA
		0.0	0.0	100.0
		0.0	0.0	100.0
3"		0.0	0.0	100.0
2"	0.0	0.0	0.0	100.0
1 1/2"	0.0	0.0	0.0	100.0
1"	0.0	0.0	0.0	100.0

AGREGADO GRUESO

Peso Muestra Total Secada al Aire 287.10 g

TAMIZ	PESO RETENIDO	RETENIDO ACUM	% TOTAL RETENIDO	% TOTAL QUE PASA
3/4"	0.0	0.0	0.0	100.0
3/8"	0.0	0.0	0.0	100.0
No.4	4.2	4.2	1.4	98.6
No.10	11.5	15.7	5.5	94.5
No.40	11.6	27.3	9.5	90.5
No.200	24.2	51.5	17.9	82.1

AGREGADO FINO

Peso Muestra Total Seca 287.10 g

%Grava 1.4 %Arena 16.5 %Finos 82.1

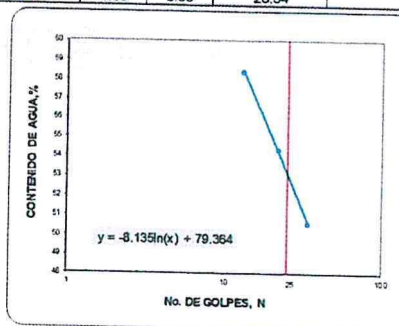
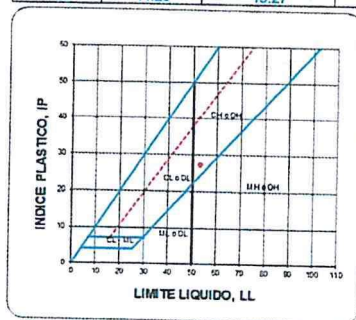
Límite Líquido, Límite Plástico e Índice de Plasticidad de Suelos (ASTM D4318 - 17)

LÍMITE LÍQUIDO

TARA No.	PESO TARA (g)	TARA + SUELO HUM. (g)	TARA + SUELO SECO (g)	PESO DE AGUA (g)	SUELO SECO (g)	CONTENIDO DE AGUA (%)	NUMERO DE GOLPES
T035	11.28	30.35	23.95	6.41	12.67	50.59	34
T045	11.21	31.34	24.25	7.09	13.04	54.37	22
T047	11.20	33.57	25.32	8.25	14.12	58.43	13

LÍMITE PLÁSTICO

TARA No.	PESO TARA (g)	TARA + SUELO HUM. (g)	TARA + SUELO SECO (g)	PESO DE AGUA (g)	SUELO SECO (g)	CONTENIDO DE AGUA (%)	PROM.
T055	10.85	17.47	16.07	1.40	5.22	26.82	26.68
T02	11.26	19.27	17.59	1.68	6.33	26.54	



L.L. = 53
L.P. = 27
I.P. = 27

CLASIFICACIONES SUCS:

Símbolo de Grupo = CH

Nombre de Grupo = Arcilla de alta plasticidad con arena

Color = Rojo amarillento (5 YR 4/6) Según Munsell

AASHTO = - IG = -

*Nota: La reproducción parcial de este documento requiere la autorización escrita del CEI-LABGEO.

ENSAYADO POR: HB

REVISADO POR: RM

FECHA DE ENSAYO: 2024-01-08

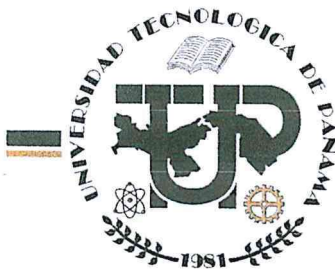


Centro Experimental
de Ingeniería

Apdo. 0819-07289, Panamá, República de Panamá

49 de 71

Central Telefónica: 560-3000
www.utp.ac.pa



CENTRO EXPERIMENTAL DE INGENIERÍA

LABORATORIO DE GEOTECNIA

RT-LABGEO-011, Revisión 03

Dirección: Vía Tocumen, Campus de Investigación

Informe No. CEI 01-0063-2024

Teléfono: 501-3635



LABORATORIO DE GEOTECNIA
HOJA ELECTRÓNICA
HE-FT-LABGEO-003
Revisión 01



INFORME No.: CEI 01-0063-2024 SOLICITUD No.: CEI 01-0026-2023 CLIENTE: Constructora Nova, S.A.
PROYECTO: CSS JJ Vallarino MUESTREO POR: El Cliente FUENTE: H-1 (9.00 - 10.55 m)
IDENT. DEL CLIENTE: Suelo IDENT. DEL LABGEO: 01-0026-M03

CLASIFICACIÓN DE SUELOS PARA PROPÓSITOS INGENIERILES (ASTM D2487 - 17)

TAMIZ	PESO RETENIDO	RETENIDO ACUM	% TOTAL RETENIDO	% TOTAL QUE PASA
		0.0	0.0	100.0
		0.0	0.0	100.0
3"		0.0	0.0	100.0
2"	0.0	0.0	0.0	100.0
1 1/2"	0.0	0.0	0.0	100.0
1"	0.0	0.0	0.0	100.0

TAMIZ	PESO RETENIDO	RETENIDO ACUM	% TOTAL RETENIDO	% TOTAL QUE PASA
3/4"	0.0	0.0	0.0	100.0
3/8"	0.0	0.0	0.0	100.0
No.4	0.8	0.8	0.4	99.6
No.10	2.2	3.0	1.4	98.6
No.40	6.8	9.8	4.7	95.3
No.200	12.2	22.0	10.5	89.5

AGREGADO GRUESO

Peso Muestra Total Secada al Aire 210.00 g

AGREGADO FINO

Peso Muestra Total Seca 210.00 g

%Grava 0.4 %Arena 10.1 %Finos 89.5

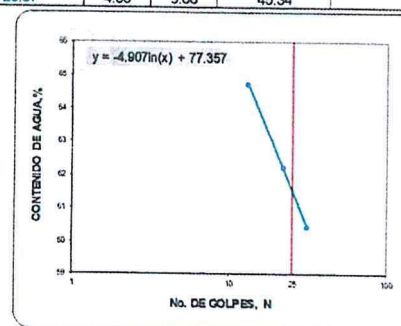
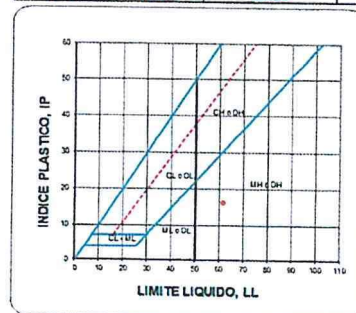
Límite Líquido, Límite Plástico e Índice de Plasticidad de Suelos (ASTM D4318 - 17)

LÍMITE LÍQUIDO

TARA No.	PESO TARA (g)	TARA + SUELO HUM. (g)	TARA + SUELO SECO (g)	PESO DE AGUA (g)	SUELO SECO (g)	CONTENIDO DE AGUA (%)	NUMERO DE GOLPES
T055	10.86	21.21	17.31	3.90	6.45	60.47	31
T002	11.26	25.23	19.87	5.36	8.61	62.25	22
L200	11.84	32.40	24.32	8.08	12.48	64.74	13

LÍMITE PLÁSTICO

TARA No.	PESO TARA (g)	TARA + SUELO HUM. (g)	TARA + SUELO SECO (g)	PESO DE AGUA (g)	SUELO SECO (g)	CONTENIDO DE AGUA (%)	PROM.
T045	11.20	24.05	20.03	4.02	8.83	45.53	45.43
T026	11.21	25.25	20.87	4.38	9.66	45.34	



L.L. = 62
L.P. = 45
I.P. = 16

CLASIFICACIONES SUCS:

Símbolo de Grupo = M-1

Nombre de Grupo = Limo Elástico

Color = Marrón amarillento oscuro, 10 YR 4/6

AASHTO = - IG = -

*Nota: La reproducción parcial de este documento requiere la autorización escrita del CEI-LABGEO.

ENSAYADO POR: JAT

REVISADO POR: RM

FECHA DE ENSAYO: 2024-01-03

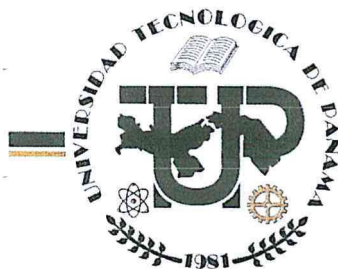


Centro Experimental de Ingeniería

Apdo. 0819-07289, Panamá, República de Panamá

Laboratorio de

Teléfono: 560-3000
www.utp.ac.pa



LABORATORIO DE GEOTECNIA
HOJA ELECTRÓNICA
HE-FT-LABGEO-008
Revisión 01



PROYECTO : CSS-JJ Vallarino INFORME No.: CEI01-0063-2024
LOC. DE PROYECTO : Juan Díaz SOLICITUD No.: CEI01-0026-2023
DESCRIPCIÓN VISUAL : Arena Arcillosa con Grava
FUENTE : Hoyo 1 IDENTIFICACIÓN DEL CLIENTE : Suelo
MUESTREO POR : RF-HB-LP-JD IDENTIFICACIÓN DEL LABGEO : 01-0023-M01
CLIENTE : CSS-JJ Vallarino

ANÁLISIS DE SEDIMENTACIÓN (HIDRÓMETRO) (ASTMD7928 - 21)

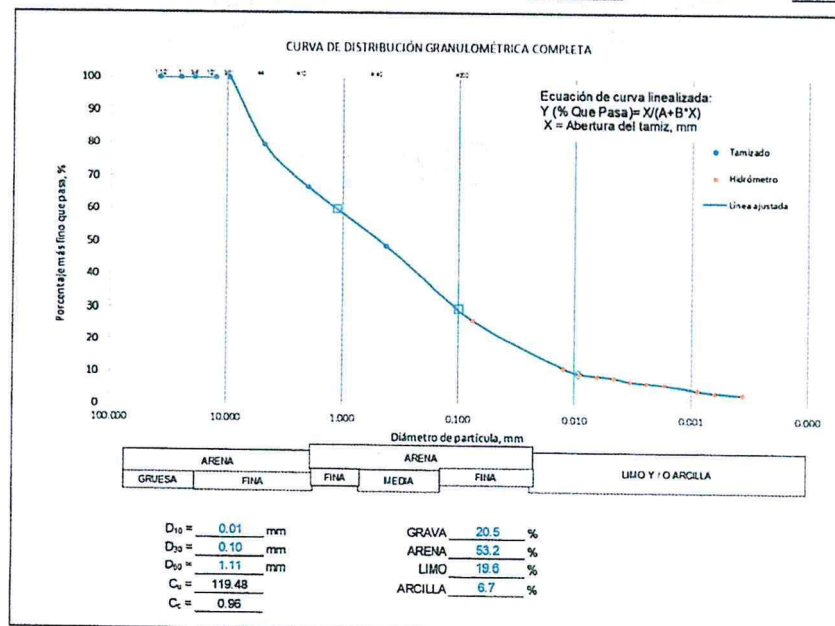
Datos Generales:
Tipo de hidrómetro: 152H Dispersante: (NaPO₃)₆ Tamiz de separación: No. 10 % que pasa el Tamiz #200, P₂ = 45.20
Propiedades:
G_s: 2.220 Volumen de suspensión, V₁₀, cm³: 996.76 Masa del suelo seco, M_s, g: 50.00
Corrección Menisco, C_m: 0.50 Relación de Calibración, Bt (g/L): 4.7201 Desviación Estandar: 3.6E-1

Tiempo T (min)	Lectura Hidrómetro r _m	Temperatura T _m °C	Corrección r _{cm}	Profundidad Efectiva, H _e (cm)	Diámetro de Partículas D, mm	Porcentaje más fino N _s	% Que Pasa Total
0	-	-	-	-	-	-	-
1	21.00	22.3	0.4884	12.58	0.0124	25.47	11.5
2	18.00	22.3	0.4884	13.12	0.0090	21.74	9.8
4	17.00	22.2	0.5250	13.31	0.0064	20.46	9.2
8	16.00	22.2	0.5250	13.49	0.0046	19.22	8.7
15	14.00	22.2	0.5250	13.85	0.0034	16.73	7.6
30	13.00	22.2	0.5250	14.04	0.0024	15.49	7.0
60	12.00	22.2	0.5250	14.22	0.0017	14.25	6.4
240	9.00	22.2	0.5250	14.77	0.0009	10.52	4.8
480	8.00	22.2	0.5250	14.95	0.0006	9.28	4.2
1440	7.00	22.0	0.5978	15.13	0.0004	7.95	3.6

Fecha del ensayo: 2024-03-01 Tiempo Inicial: 08:44 a.m.

*Nota: La reproducción parcial de este documento requiere la autorización escrita del CEI-LABGEO

FECHA DE ENSAYO: 2024-03-01 ENSAYADO POR: JAT REVISADO POR: RM



Centro Experimental
de Ingeniería

Apdo. 0819-07289, Panamá República de Panamá



CENTRO EXPERIMENTAL DE INGENIERÍA

LABORATORIO DE GEOTECNIA

RT-LABGEO-011, Revisión 03

Dirección: Vía Tocumen, Campus de Investigación

Informe No. CEI 01-0063-2024

Teléfono: 501-3635



LABORATORIO DE GEOTECNIA
HOJA ELECTRÓNICA
HE-FT-LABGEO-008
Revisión 01



PROYECTO : CSS-JJ Vallarino INFORME No.: CEI 01-0063-2024
LOC. DE PROYECTO : Juan Díaz SOLICITUD No.: CEI 01-0026-2023
DESCRIPCIÓN VISUAL : Arcilla de Alta Plasticidad con Arena IDENTIFICACIÓN DEL CLIENTE : Suelo
FUENTE : Hoyo 1 IDENTIFICACIÓN DEL LABGEO : 01-0023-M02
MUESTREO POR : RF-HB-LP-JD
CLIENTE : CSS-JJ Vallarino

ANÁLISIS DE SEDIMENTACIÓN (HIDRÓMETRO) (ASTM D7928 - 21)

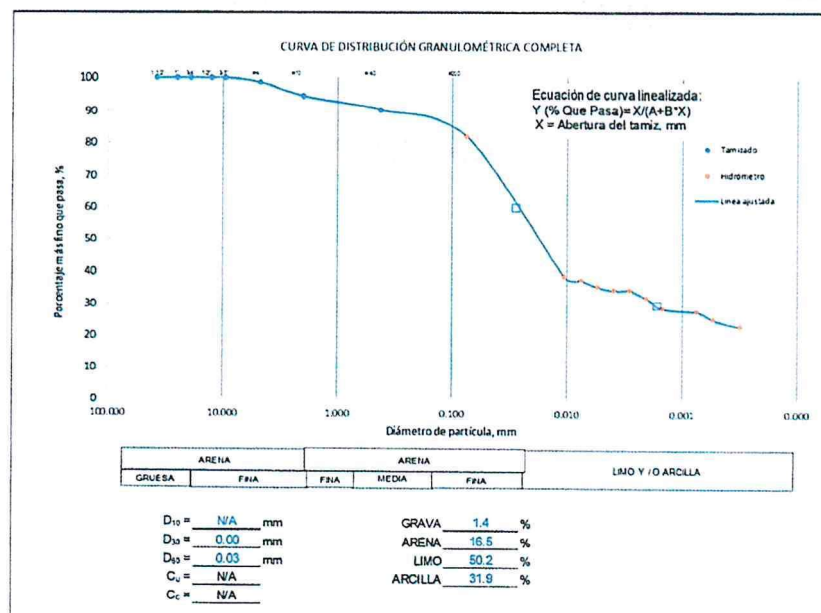
Datos Generales:
Tipo de hidrómetro: 152H Dispersante: (NaPO₃)₆ Tamiz de separación: No 10 % que pasa el Tamiz #200, P_s = 88.00
Propiedades:
G_s: 2.370 Volumen de suspensión, V_{td}, cm³: 998.76 Masa del suelo seco, M_s, g: 50.00
Corrección Menisco, C_m: 0.50 Relación de Calibración, Bt (g/L): 4.7201 Desviación Estandar: 3.6E-1

Tiempo T (min)	Lectura Hidrómetro r _m	Temperatura T _m , °C	Corrección r _{cm}	Profundidad Electiva, H _{em} (cm)	Diámetro de Partículas D _p , mm	Porcentaje más fino N _p	% Que Pasa Total
0	-	-	-	-	-	-	-
1	36.00	22.3	0.4884	9.84	0.0107	44.09	38.8
2	35.00	22.3	0.4884	10.02	0.0076	42.85	37.7
4	33.00	22.2	0.5250	10.39	0.0055	40.32	35.5
8	32.00	22.2	0.5250	10.57	0.0039	39.08	34.4
15	32.00	22.2	0.5250	10.57	0.0029	39.08	34.4
30	30.00	22.2	0.5250	10.93	0.0021	36.60	32.2
60	27.00	22.2	0.5250	11.48	0.0015	32.87	28.9
240	26.00	22.2	0.5250	11.66	0.0007	31.63	27.8
480	24.00	22.2	0.5250	12.03	0.0005	29.15	25.7
1440	22.00	22.0	0.5978	12.39	0.0003	26.57	23.4

Fecha del ensayo: 2024-03-01 Tiempo Inicial: 08:25 a.m.

*Nota: La reproducción parcial de este documento requiere la autorización escrita del CEI-LABGEO

FECHA DE ENSAYO: 2024-03-01 ENSAYADO POR: JAT REVISADO POR: RM



Centro Experimental

Apdo. 0819-07289, Panamá, República de Panamá

Laboratorio de

Geotecnia

Teléfono: 560-30C

www.utp.ac.pa



LABORATORIO DE GEOTECNIA
HOJA ELECTRÓNICA
HE-FT-LABGEO-008
Revisión 01



PROYECTO : CSS-JJ VALLARINO INFORME No.: CEI 01-0063-2024
LOC. DE PROYECTO : Juan Díaz SOLICITUD No.: CEI 01-0026-2023
DESCRIPCIÓN VISUAL : Limo Elástico
FUENTE : Moyo 1 IDENTIFICACIÓN DEL CLIENTE : Suelo
MUESTREO POR : RF-HB-LP-JD IDENTIFICACIÓN DEL LABGEO : 01-0023-M03
CLIENTE : CSS-JJ VALLARINO

ANÁLISIS DE SEDIMENTACIÓN (HIDRÓMETRO) (ASTM D7928 - 21)

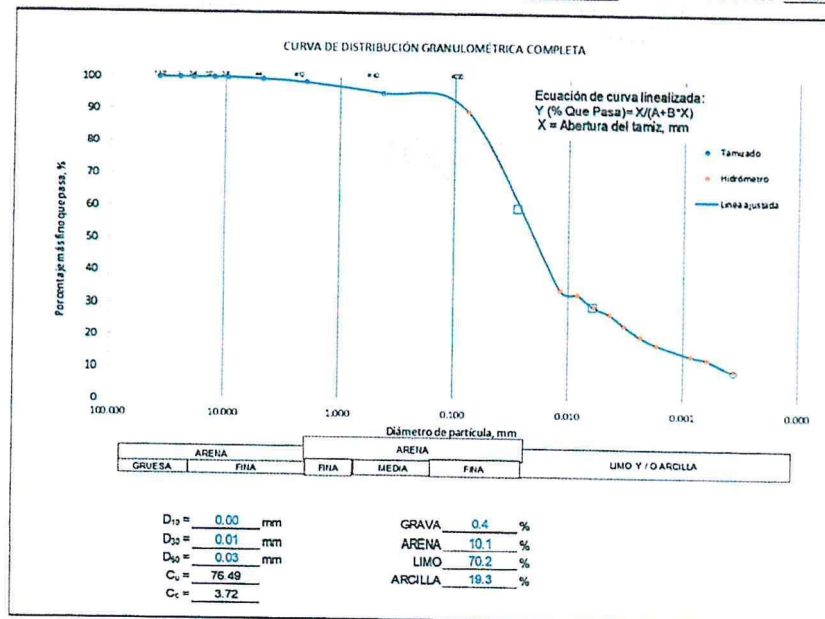
Datos Generales:
Tipo de hidrómetro: 152H Dispersante: (NaPO₃)₆ Tamiz de separación: No. 10 % que pasa el Tamiz #200, P₂₀₀: 94.60
Propiedades:
G_s: 2.180 Volumen de suspensión, V₁₀₀, cm³: 996.76 Masa del suelo seco, M_s, g: 50.00
Corrección Menisco, C_m: 0.50 Relación de Calibración, Bt (g/L): 4.7201 Desviación Estandar: 3.6E-1

Tiempo T (min)	Lectura Hidrómetro r _m	Temperatura T _m , °C	Corrección r _{gm}	Profundidad Efectiva, H _e (cm)	Diámetro de Partículas D, mm	Porcentaje más fino N _s	% Que Pasa Total
0	-	-	-	-	-	-	-
1	30.00	22.3	0.4884	10.93	0.0117	35.65	34.7
2	28.00	22.3	0.4884	11.12	0.0084	35.40	33.5
4	26.00	22.2	0.5250	11.66	0.0060	31.63	29.9
8	24.00	22.2	0.5250	12.03	0.0043	29.15	27.6
15	21.00	22.2	0.5250	12.58	0.0032	25.42	24.1
30	18.00	22.2	0.5250	13.12	0.0023	21.70	20.5
60	16.00	22.2	0.5250	13.49	0.0017	19.22	18.2
240	13.00	22.2	0.5250	14.04	0.0009	15.49	14.7
480	12.00	22.2	0.5250	14.22	0.0006	14.25	13.5
1440	9.00	22.2	0.5250	14.77	0.0004	10.52	10.0

Fecha del ensayo: 2024-03-01 Tiempo Inicial: 08:35 a.m.

*Nota: La reproducción parcial de este documento requiere la autorización escrita del CEI-LABGEO

FECHA DE ENSAYO: 2023-05-10 ENSAYADO POR: HB REVISADO POR: RM



ENSAYO DE CORTE DIRECTO A MUESTRAS DE SUELOS EN CONDICIONES DRENADAS Y CONSOLIDADAS (ASTM D3080)

No. INFORME:	01-0063-2024	DESCRIPCIÓN VISUAL:	Suelo
No. SOLICITUD:	01-0026-2023	IDENTIFICACIÓN DEL CLIENTE:	Suelo
CLIENTE:	Constructora Nova, S.A.	IDENTIFICACIÓN DEL LABGEO:	M01
PROYECTO:	CSS JJ Vallarino	FUENTE:	H-1 (0.00 - 2.00 m)
UBICACIÓN:	Juan Diaz	MUESTREO POR:	LABGEO

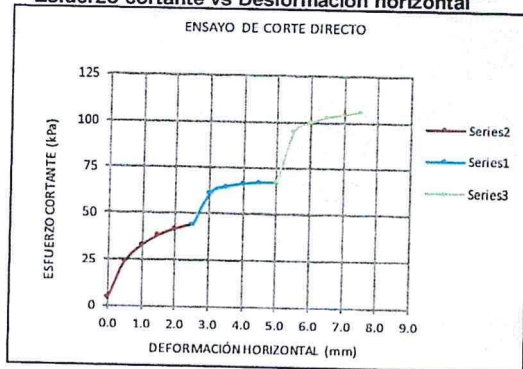
razón de brazos: 10 área de la muestra, mm² 3066

ecuación del anillo: $y(N) = a \cdot x(\text{div}) + b$

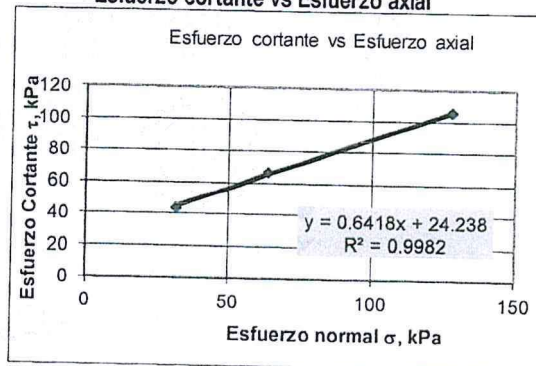
a =	2.53868
b =	12.37068

carga, kg	lectura de deformación	esfuerzo axial σ , kPa	esfuerzo cortante τ , kPa
1	48.0	32	44
2	75.8	64	67
4	123.0	128	106

Esfuerzo cortante vs Deformación horizontal



Esfuerzo cortante vs Esfuerzo axial



ángulo de falla, ϕ	33 °	$\gamma_m =$	2.062 t/m ³	20 kN/m ³
cohesión, c:	2.5 ton/m ²	$\gamma_d =$	1.580 t/m ³	15 kN/m ³
	24.2 kPa			

Peso del anillo, g:	901.63	Muestra + Anillo g	Peso de Muestra g	γ_m t/m ³	γ_d t/m ³
Altura del anillo, cm:	2.00				
Area inicial, cm ² :	30.660	1028.10	126.47	2.062	1.580
Volumen inicial, cm ³ :	61.320				

Humedad Inicial:

Tara	Peso Tara	Suelo Hum. + Tara	Tara + S. Seco	Suelo Hum.	Suelo Seco	ω
A40	49.66	176.24	146.63	126.58	96.97	30.5



Informe No. CEI 01-0063-2024

ENSAYO DE CORTE DIRECTO A MUESTRAS DE SUELOS EN CONDICIONES DRENADAS Y CONSOLIDADAS (ASTM D3080)

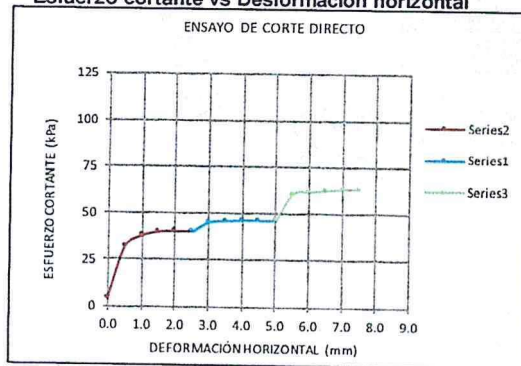
No. INFORME: 01-0063-2024 DESCRIPCIÓN VISUAL: Suelo
No. SOLICITUD: 01-0026-2023 IDENTIFICACIÓN DEL CLIENTE: Suelo
CLIENTE: Constructora Nova, S.A. IDENTIFICACIÓN DEL LABGEO: M02
PROYECTO: CSS JJ Vallarino FUENTE: H-1 (2.00 - 4.00 m)
UBICACIÓN: Juan Díaz MUESTREO POR: LABGEO

razón de brazos: 10 área de la muestra, mm² 3066

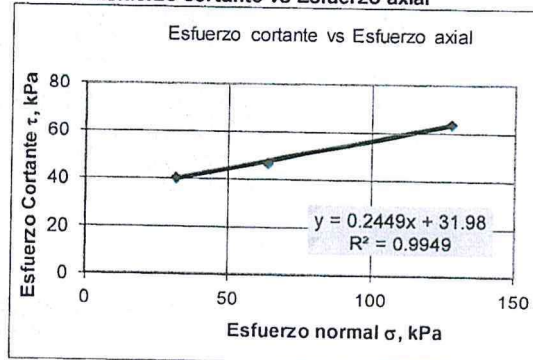
ecuación del anillo: $y(N) = a \cdot x(\text{div}) + b$
a = 2.53868
b = 12.37068

carga, kg	lectura de deformación	esfuerzo axial σ , kPa	esfuerzo cortante τ , kPa
1	44.0	32	40
2	51.5	64	47
4	72.0	128	64

Esfuerzo cortante vs Deformación horizontal



Esfuerzo cortante vs Esfuerzo axial



ángulo de falla, ϕ	14 °	$\gamma_m =$	1.964 t/m ³	19 kN/m ³
cohesión, c:	3.3 ton/m ²	$\gamma_d =$	1.419 t/m ³	14 kN/m ³
	32.0 kPa			

Peso del anillo, g:	901.63	Muestra + Anillo g	Peso de Muestra g	γ_m t/m ³	γ_d t/m ³
Altura del anillo, cm:	2.00				
Area inicial, cm ² :	30.660	1022.04	120.41	1.964	1.419
Volumen inicial, cm ³ :	61.320				

Humedad Inicial:

Tara	Peso Tara	Suelo Hum.+ Tara	Tara + S. Seco	Suelo Hum.	Suelo Seco	ω
A72	49.66	119.35	100.02	69.69	50.36	38.4



Centro Experimental
de Ingeniería

Apdo. 0819-07289, Panamá, República de Panamá

55 de 71

Geotecnia
Central Telefónica: 560-3000
www.utp.ac.pa

ENSAYO DE CORTE DIRECTO A MUESTRAS DE SUELOS EN CONDICIONES DRENADAS Y CONSOLIDADAS (ASTM D3080)

No. INFORME:	01-0063-2024	DESCRIPCIÓN VISUAL:	Suelo
No. SOLICITUD:	01-0026-2023	IDENTIFICACIÓN DEL CLIENTE:	Suelo
CLIENTE:	Constructora Nova, S.A.	IDENTIFICACIÓN DEL LABGEO:	M03
PROYECTO:	CSS JJ Vallarino	FUENTE:	H-1 (9,00 - 10,55 m)
UBICACIÓN:	Juan Díaz	MUESTREO POR:	LABGEO

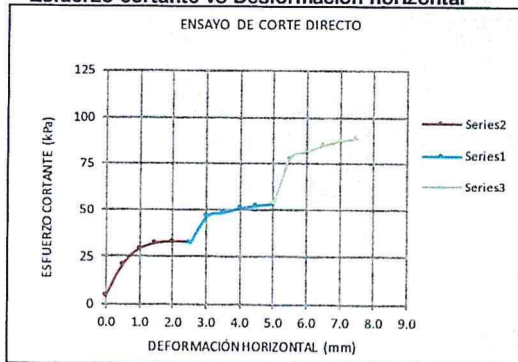
razón de brazos: 10 área de la muestra, mm² 3066

ecuación del anillo: $y(N) = a \cdot x(\text{div}) + b$

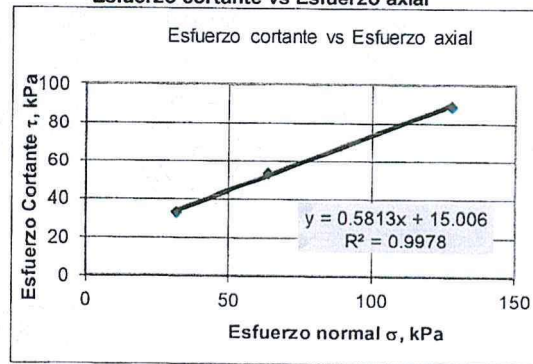
a =	2.53868
b =	12.37068

carga, kg	lectura de deformación	esfuerzo axial σ , kPa	esfuerzo cortante τ , kPa
1	34.5	32	33
2	60.0	64	54
4	102.5	128	89

Esfuerzo cortante vs Deformación horizontal



Esfuerzo cortante vs Esfuerzo axial



ángulo de falla, ϕ	30 °	$\gamma_m =$	1.700 t/m ³	17 kN/m ³
cohesión, c:	1.5 ton/m ²	$\gamma_d =$	1.143 t/m ³	11 kN/m ³
	15.0 kPa			

Peso del anillo, g:	901.63	Muestra + Anillo g	Peso de Muestra g	γ_m t/m ³	γ_d t/m ³
Altura del anillo, cm:	2.00				
Area inicial, cm ² :	30.660	1005.90	104.27	1.700	1.143
Volumen inicial, cm ³ :	61.320				

Humedad Inicial:

Tara	Peso Tara	Suelo Hum.+ Tara	Tara + S. Seco	Suelo Hum.	Suelo Seco	ω
A52	50.02	115.83	94.27	65.81	44.25	48.7



Centro Experimental

de Ingeniería de Panamá, República de Panamá

Laboratorio de

Geotecnia

Central telefónica: 560-3000

www.utp.ac.pa

UNIVERSIDAD TECNOLÓGICA DE PANAMÁ

UNIVERSIDAD TECNOLÓGICA DE PANAMÁ

CENTRO EXPERIMENTAL DE INGENIERÍA

LABORATORIO DE GEOTECNIA

RT-LABGEO-011, Revisión 03

Dirección: Vía Tocumen, Campus de Investigación

Teléfono: 501-3635

Informe No. CEI 01-0063-2024

COMPRESIÓN NO CONFINADA ASTM D2938 / ASTM D7012

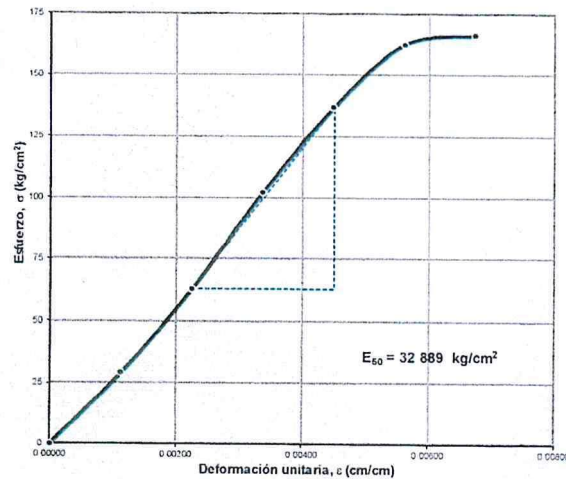
PROYECTO :	<u>Anteproyecto, Edificio de estacionamientos de la Pol. J J Vallarino</u>	SOLICITUD:	<u>01-026-2023</u>
LOCALIZACIÓN :	<u>Panamá, Juan Diaz</u>	INFORME:	<u>01-0063-2024</u>
CLIENTE :	<u>CONSTRUCTORA NOVA S.A</u>	MUESTRA:	<u>01-026-R9</u>
DESCRIPCIÓN DE LA MUESTRA:	<u>Roca sedimentaria color gris claro medio</u>	PROF:	<u>24,70 m</u>
MUESTREADA POR:	<u>LABGEO</u>		

DATOS

Peso Muestra, g	413.430
Diámetro, cm	4.700
Altura, cm	11.300
Peso Muestra, lb	0.911
Diámetro, in	1.850
Altura, in	4.449
Área inicial, cm ²	17.349
Área inicial, in ²	2.689
Volumen inicial, cm ³	196.049
Volumen inicial, in ³	11.964
Confinamiento, Mpa	0

PROPIEDADES

ρ_m , kg/m ³	2108.81
ω , %	1.23
σ_u , MPa	16.33
E_{50} , MPa	3 225
v_s , m/s	798

[illegible]

FECHA: 2024-01-15

PROBADO POR: JAB

REVISADO POR: YW



Centro Experimental
de Ingeniería
Laboratorio de
Geotecnia

Apdo. 0819-07289, Panamá, República de Panamá

UNIVERSIDAD TECNOLÓGICA DE PANAMÁ

UNIVERSIDAD TECNOLÓGICA DE PANAMÁ



Informe No. CEI 01-0063-2024

APÉNDICE "F"

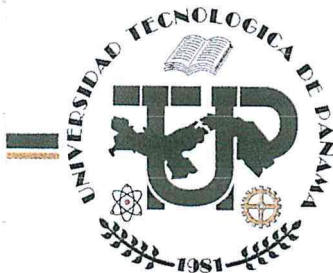
BIBLIOGRAFÍA



**Centro Experimental
de Ingeniería**

**Laboratorio de
Geotecnia**

Apdo. 0819-07289, Panamá, República de Panamá



Informe No. CEI 01-0063-2024

BIBLIOGRAFÍA

1. Das, B (2006), **Principles of Geotechnical Engineering**, Fifth Edition, Thomson Carriada Limited, California State University, Sacramento.
2. American Society for Testing of Materials (2005), Section Four, Construction, **ASTM Volume 04.03 Road and Paving materials: Vehicle – Pavement Systems**, USA.
3. American Society for Testing of Materials (2005), Section Four, Construction, **ASTM Volume 04.08 Soil and Rock (I): D420 – D5876**, USA.
4. American Society for Testing of Materials (2005), Section Four, Construction, **ASTM Volume 04.09 Soil and Rock (I): D5714 – latest**, USA.
5. Junta Técnica de Ingeniería y Arquitectura (2021), **Reglamento para el Diseño Estructural en la República de Panamá (REP-21)**, Panamá.
6. Tamez, E. (2001), **Ingeniería de Cimentaciones – Conceptos Básicos de la Practica**, TGC Geotecnia S.A. de C.V., México.
7. Goodman, R. (1989), **Introduction to Rock Mechanics**, Second Edition, John Wiley and Sons, New York.
8. Stewart, R. and Stewart, J. (1980), **Mapa Geológico de Panamá y sus Alrededores**.
9. Terzaghi, K. and Peck, R.B. (1967), **Soil Mechanics in Engineering Practice**, Second Edition, John Wiley and Sons, New York.
10. Casagrande, A. (1948), **Classification and Identification of Soils**, Transactions ASCE, Volume 113, pp. 901,992.



Centro Experimental

de Ingeniería

Apdo. 0819-07289, Panamá, República de Panamá

Laboratorio de

Geotecnia

INFORME CEI No. 07-1021-2023

26 de enero de 2024

TIPO DE SERVICIO: Prospección Sísmica de onda S

SOLICITUD DE TRABAJO: CEI N° 07-0019-2023

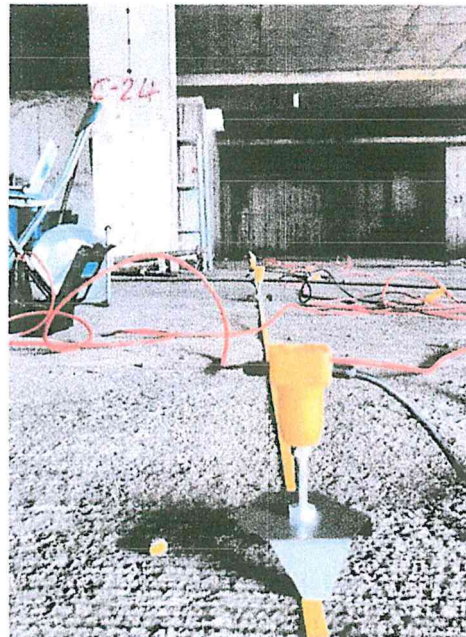
SOLICITADO POR: Constructora NOVA, S.A.

RESPONSABLE: Ing. Luis Ramos / Ing. Edwin Lewis

DIRECCIÓN DEL CLIENTE: Calle 71, San Francisco, Edificio Constructora Nova, Ciudad de Panamá

PROYECTO: Anteproyecto, Desarrollo de Planos, Especificaciones y Aprobaciones para el Edificio de Estacionamientos para la Policlínica Dr. Joaquín José Vallarino.

DIRECCIÓN: Calle 71, San Francisco, Edificio Constructora Nova, Ciudad de Panamá.



Nota: Este documento es estrictamente confidencial y no se facilitará información de este a terceros, salvo autorización por escrito del cliente. No se autoriza la publicación o reproducción de este documento sin la autorización por escrito del laboratorio.

Informe No. CEI-07-1021-2023
Página 1 de 19

Apdo. 0819-07289, Panamá, República de Panamá

Central Telefónica: 560-3000
www.utp.ac.pa



CONTENIDO

1. INTRODUCCIÓN.....	5
1.1 GENERALIDADES.....	5
1.2 OBJETIVO DEL TRABAJO.....	5
1.3 TÓPICOS TEÓRICOS	5
2. LOCALIZACIÓN Y CARACTERÍSTICAS DEL SITIO	8
2.1 UBICACIÓN GEOGRÁFICA DEL SITIO	8
2.2 CONTEXTO GEOLÓGICO DEL SITIO	9
2.3 LA ZONA DE INTERÉS	10
3. METODOLOGÍA	10
3.1 DISPOSITIVOS DE PROSPECCIÓN	10
3.2 METODOLOGÍA DE INVESTIGACIÓN	12
4. RESULTADOS EXPERIMENTALES	13
5. CONCLUSIONES.....	16
6. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS	18



ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1 (a) Ejemplo de trazas de ruido en 16 geófonos de baja frecuencia equi-espaciados 10 m entre ellos, (b) espectro de velocidad de fase de las ondas superficiales y curva de dispersión [transformación al dominio de las frecuencias], y (c) resultado de la resolución del problema inverso 1D de la curva de dispersión extraída del espectro de velocidad.	7
Figura 2 Ubicación geográfica del área de interés, Edificio de Estacionamientos para la Policlínica Dr. Joaquín José Vallarino, provincia de Panamá. El rectángulo amarillo indica la zona en donde se desarrolló la prueba sísmica.....	8
Figura 3 Mapa geológico generalizado del área de interés y alrededores (Atlas Nacional de la República de Panamá, 2016).....	9
Figura 4 Distribución espacial del perfil sísmico establecido en el área de estudio (Edificio de Estacionamientos para la Policlínica Dr. Joaquín José Vallarino).	10
Figura 5 Sismógrafo PASI conectado a una laptop y accesorios utilizados en el estudio.	11
Figura 6 Distribución de los geófonos de baja frecuencia (Hz) a lo largo del perfil establecido en el sitio de interés.	13
Figura 7 Espectro de velocidad compilado y curva de dispersión obtenida a partir de dicho espectro.	14
Figura 8 Modelo 1D de velocidad de onda de corte en función de la profundidad. El modelo ajustado (línea continua en azul) tiende a correlacionarse con el modelo promedio de todos los modelos considerados en el esquema de inversión 1D (línea punteada en rojo).....	15

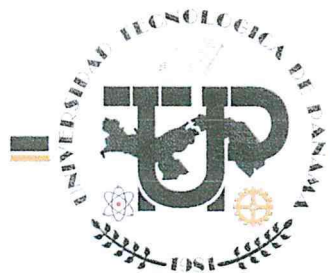


Figura 9 Evolución de los valores ajustados en función de las generaciones o iteraciones.....	16
Figura 10. Clasificación de sitio según ASCE 7-05, en términos de la velocidad de onda de corte.....	17



1. INTRODUCCIÓN

1.1 Generalidades

La caracterización de mantos rocosos y otras formaciones geológicas es un tema que ha sido abordado por los métodos geofísicos, sobre todo en investigaciones recientes relacionadas a la prospección de tipo sísmica (Sass, 2007; Hiltunen y Cramer, 2008; Abd El – Aal y Mohamed, 2009; Palmer, 2009; Chii y Osazuwa, 2010; Al – Saigh y Al – Dabbagh, 2010). Esta metodología se basa en el estudio de la diferencia en las propiedades elásticas de los materiales superficiales como, por ejemplo, los sedimentos no perturbados subyacente o en el manto rocoso.

En cada uno de estos materiales geológicos, las velocidades que experimentan las ondas sísmicas no son las mismas (Abramson et al., 2002). Además de delimitar los diferentes estratos geológicos, los estudios de prospección sísmica también pueden proporcionar importante información para la construcción, la firmeza del suelo y el factor de movimiento de tierras (Stephens, 1978).

1.2 Objetivo del trabajo

Calcular el valor promedio de la velocidad de onda de corte hasta una profundidad de 30 m (V_{s30}) para la clasificación del suelo empleando el método MASW-1D pasivo o ReMi (Refraction Microtremor) en el Edificio de Estacionamientos para la Policlínica Dr. Joaquín José Vallarino ubicado en el corregimiento de Juan Díaz, distrito y provincia de Panamá.

1.3 Tópicos teóricos

El análisis multicanal de ondas superficiales toma en consideración el estudio de las ondas de corte, ondas secundarias u ondas S, siendo la velocidad de éstas,



un parámetro de vital importancia en la evaluación del comportamiento dinámico de los suelos a poca profundidad. La caracterización de un sitio en el cálculo de riesgos sísmicos se encuentra usualmente basado en los valores de velocidad de onda S que se propagan cerca de la superficie. De acuerdo con Park et al., (2002) de todos los tipos de ondas sísmicas, las ondas de superficie se caracterizan por presentar una energía superior por lo que poseen un alto valor de la razón señal-ruido (S/N), hecho que potencializa este método como herramienta para la caracterización sub-superficial. En los suelos estratificados, la velocidad de propagación de una onda de superficie depende de la frecuencia de la onda debido a la dispersión geométrica; siguiendo a algunos autores (Dorman y Ewing, 1962; Aki y Richards, 1980) la velocidad de onda S se puede derivar a partir de un proceso de inversión de la velocidad de fase de las ondas de superficie.

Dentro del Análisis Multicanal de Ondas Superficiales (MASW por sus siglas en inglés) figuran el método activo y pasivo, conocido este último también como Refracción de Microtremores (ReMi), éste último consiste en medir el ruido ambiental a través de un arreglo de geófonos o sensores sísmicos equiespaciados y cuya distribución es bastante similar al empleado en la sísmica de refracción convencional (para estudios de onda P). Esta metodología toma ventaja del ruido ambiental, es decir del tráfico vehicular, funcionamiento de maquinarias, cercanía a fuentes activas, etc. pero ante ambientes de muy bajo nivel de vibraciones, es posible emplear una fuente no controlada de ubicación conocida a fin de enriquecer la razón señal/ruido y así poder obtener un espectro de velocidad que permita extraer a su vez una curva de dispersión bastante clara, de tal forma que ante un proceso de inversión 1D se obtenga un perfil de velocidad de onda de corte (V_s) en función de la profundidad de investigación alcanzada, y por supuesto que este objetivo va a **depender** de la longitud del



tendido (distancia entre el primer y último geófono), distancia entre geófonos, frecuencia del arreglo de geófonos empleados, etc.

La Figura 1(a) muestra un ejemplo de trazas sísmicas obtenidas con 16 geófonos de baja frecuencia separados entre ellos una distancia de 10 m (longitud total el perfil = 150 m), mientras que la Figura 1(b) presenta el espectro de velocidad correspondiente y la (c), un perfil de velocidad de onda S en función de la profundidad, producto de la inversión 1D de la curva de dispersión extraída del espectro de velocidad de fase de las ondas superficiales ya mencionada.

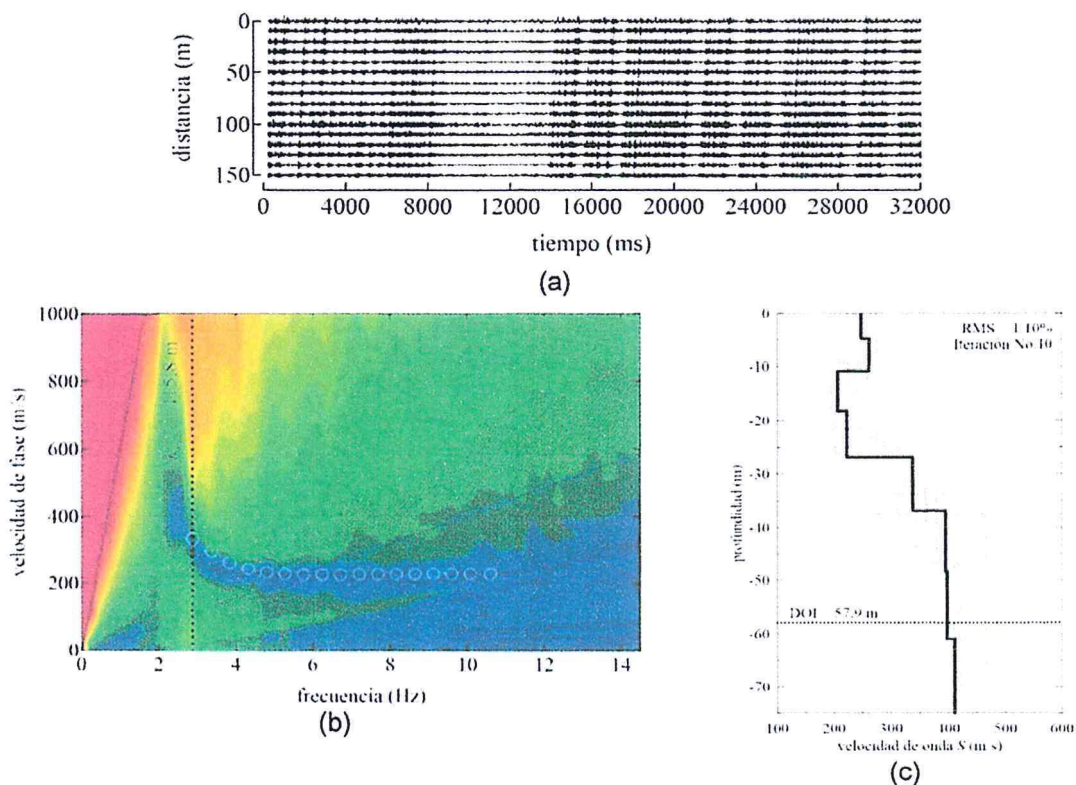


Figura 1 (a) Ejemplo de trazas de ruido en 16 geófonos de baja frecuencia equiespaciados 10 m entre ellos, (b) espectro de velocidad de fase de las ondas superficiales y curva de dispersión [transformación al dominio de las frecuencias], y (c) resultado de la resolución del problema inverso 1D de la curva de dispersión extraída del espectro de velocidad.

2. LOCALIZACIÓN Y CARACTERÍSTICAS DEL SITIO

2.1 Ubicación geográfica del sitio

El área de estudio se encuentra ubicado frente a la Av. Domingo Díaz en el corregimiento de Juan Díaz, distrito y provincia de Panamá como lo muestra el mapa de la Figura 2, con coordenadas 17P 671912,56 mE y 1001372,82 mN.

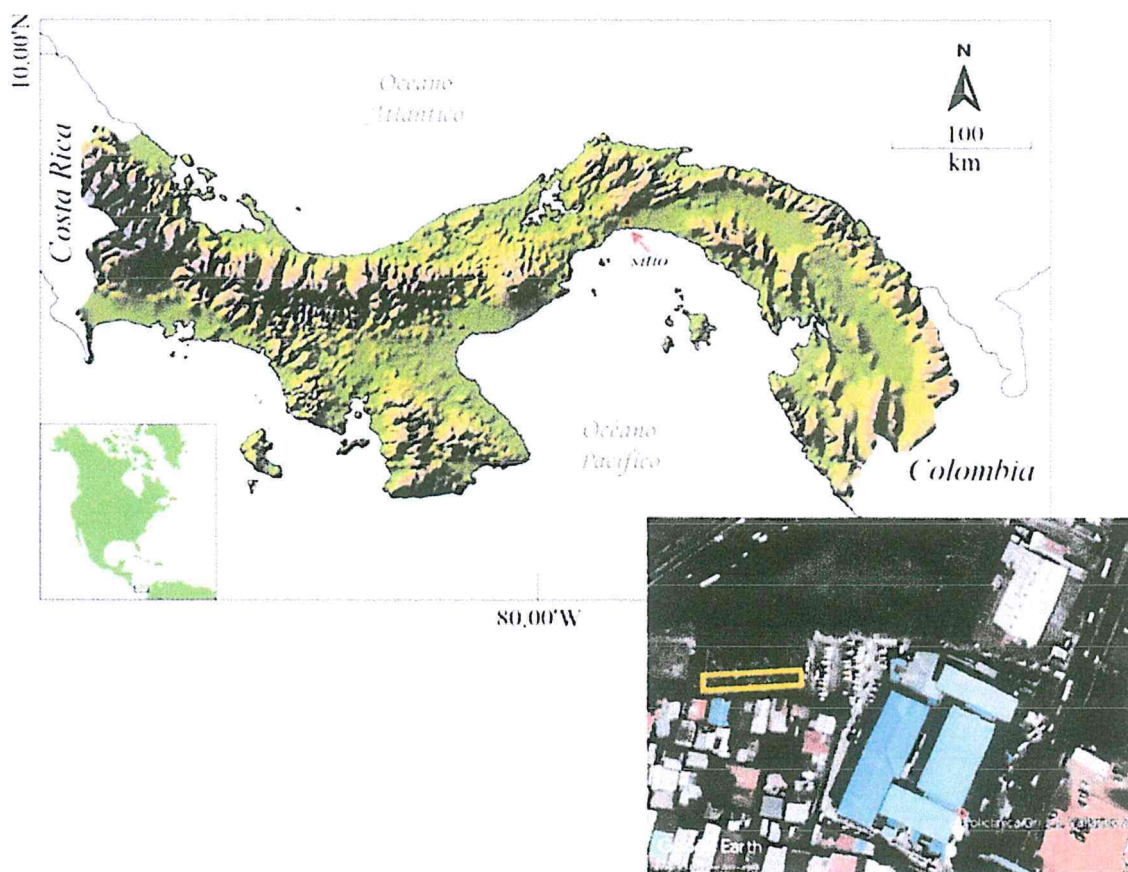


Figura 2 Ubicación geográfica del área de interés, Edificio de Estacionamientos para la Policlínica Dr. Joaquín José Vallarino, provincia de Panamá. El rectángulo amarillo indica la zona en donde se desarrolló la prueba sísmica.

2.2 Contexto geológico del sitio

La Figura 3 muestra un mapa geológico generalizado de la zona de interés y alrededores.

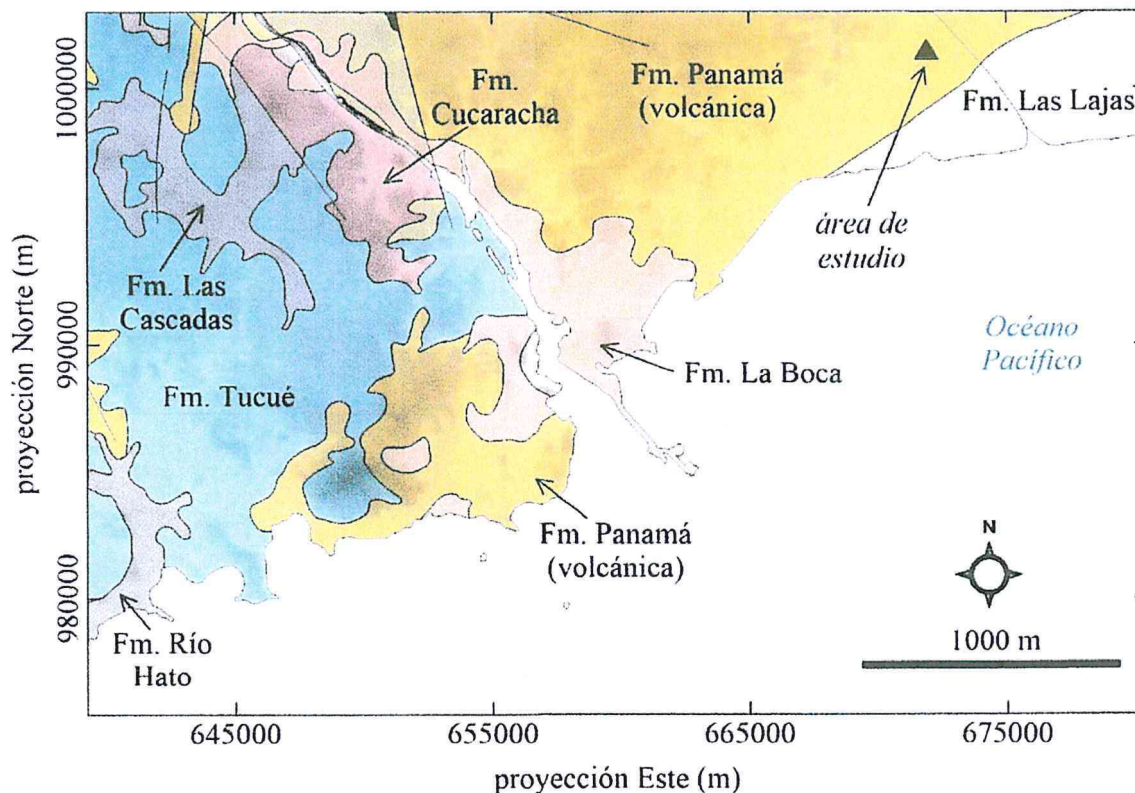


Figura 3 Mapa geológico generalizado del área de interés y alrededores (Atlas Nacional de la República de Panamá, 2016).

De acuerdo con el Mapa Geológico del Atlas Nacional de la República de Panamá (2016), el sitio de interés se encuentra caracterizado por presentar elementos geológicos de la formación Panamá, fase volcánica (Grupo Panamá del período Terciario) en donde figuran las andesitas, aglomerados, tobas de grano fino, conglomerados depositados por corrientes.



2.3 La zona de interés

Con el objetivo de conocer el valor de la V_{s30} , se desarrolló un sondeo sísmico de onda S a lo largo de un perfil de 57,5 m de longitud y con una distribución de 24 geófonos de baja frecuencia. La Figura 4 muestra la distribución de dicho perfil en el sitio de interés iniciando con el extremo g_1 de dicha figura. Las características geológicas del suelo en el lugar de trabajo brindaron un conjunto de condiciones favorables para la puesta en marcha de este tipo de investigación.



Figura 4 Distribución espacial del perfil sísmico establecido en el área de estudio (Edificio de Estacionamientos para la Policlínica Dr. Joaquín José Vallarino).

3. METODOLOGÍA

3.1 Dispositivos de prospección

El desarrollo de este trabajo involucró la utilización de los siguientes dispositivos y programas:



- ☑ Un sismógrafo PASI de 24 canales, 24 geófonos verticales de 4,5 Hz, dos sistemas multi-cables, GPS Garmin, laptop para configuración del sistema, adquisición y almacenaje de la data.
- ☑ Softwares: Gea24 de PASI, winMASW de Heliosoft.

En el perfil analizado la separación entre los geófonos se fijó a 2,5 m. La Figura 5 presenta las características de los dispositivos utilizados en este estudio.



Figura 5 Sismógrafo PASI conectado a una laptop y accesorios utilizados en el estudio.



3.2 Metodología de investigación

En cuanto a la configuración de los parámetros de adquisición se refiere, un muestreo frecuencial de 2 milisegundos fue establecido, un lapso temporal de 32 segundos y un total de 20 archivos fueron configurados en el sistema. Una vez obtenida las formas de onda en cada uno de los 24 canales, las mismas fueron transformadas al espacio de Fourier y de esta forma, a través de un análisis espectral, obtener un espectro de velocidad de fase de la onda superficial; es decir el gráfico que presenta la característica dispersiva de la velocidad de fase de las ondas Rayleigh en función de la frecuencia. Es muy importante tomar en cuenta el rango de frecuencias que contienen los datos de velocidad de fase para su posterior inversión: la frecuencia mínima está ligada a la velocidad de fase máxima y la longitud de onda máxima, y este último parámetro debe ser inferior a la longitud del perfil establecido entre el primer y último geófono (57,5 m en este estudio), Foti et al., (2017). En este ensayo realizado en este trabajo, se tomó con absoluta atención estas restricciones en el esquema de inversión a fin de obtener un modelo 1D confiable y cuyo error de cálculo fuese pequeño.

El software winMASW fue utilizado a fin de obtener la curva de dispersión a partir del modo fundamental de máxima energía (V_f vs f). Luego se procedió con un proceso de inversión de la curva a través de algoritmos genéticos (Dal Moro et al., 2007); la parametrización del modelo se encuentra basado en la suposición de un modelo tabular 1D que consiste de capas con características elásticas lineales y homogéneas bajo un semi-espacio; posteriormente se define el espacio de los parámetros el cual consiste en establecer rangos de velocidad de onda de corte, sus espesores y valores del cociente de Poisson los cuales pueden ser establecidos a partir de los valores dados para suelos saturados, no saturados y formaciones rocosas. Finalmente, el programa extrae todos los perfiles V_s –



profundidad con un bajo valor de discrepancia (error) entre los datos de campo y los sintéticos.

4. RESULTADOS EXPERIMENTALES

El perfil establecido en este estudio no presentó topografía; las características físicas del mismo se presentan en la Figura 6.

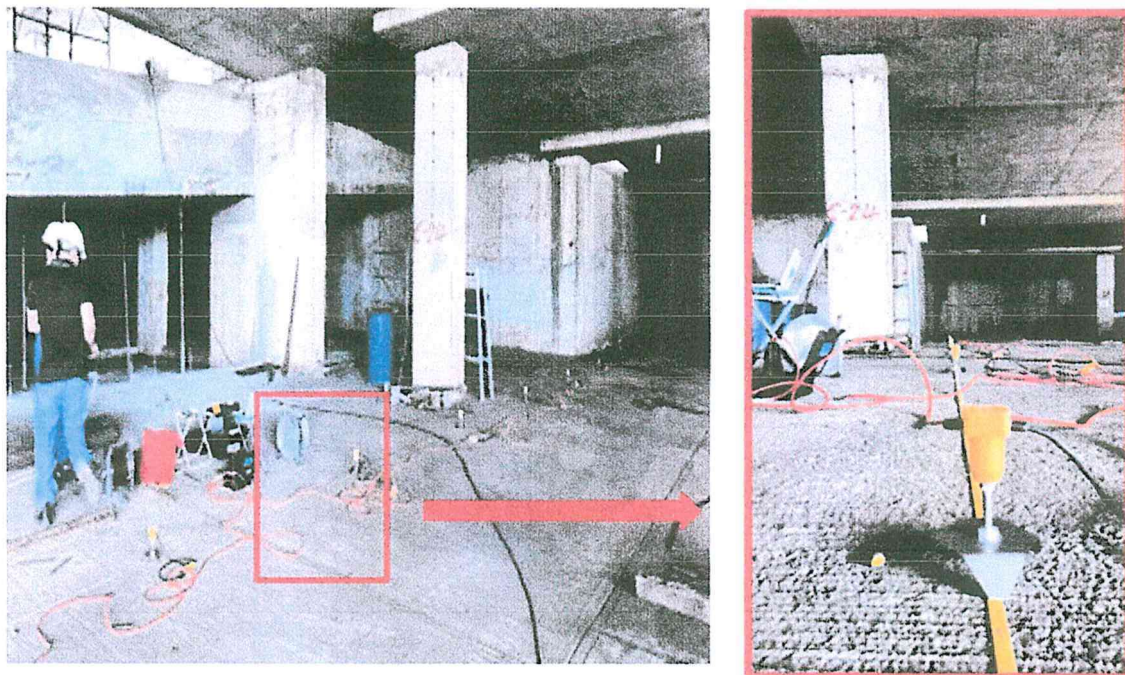


Figura 6 Distribución de los geófonos de baja frecuencia (Hz) a lo largo del perfil establecido en el sitio de interés.

La Figura 7 presenta el espectro de velocidad compilado empleado con las herramientas de winMASW y los pares de datos de velocidad de fase - frecuencia.

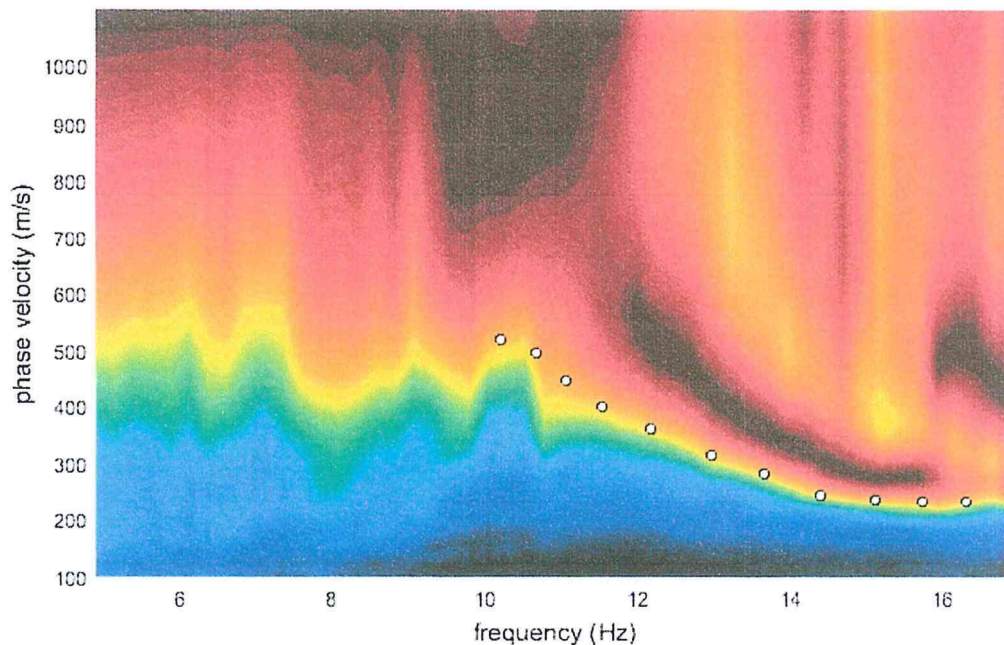


Figura 7 Espectro de velocidad compilado y curva de dispersión obtenida a partir de dicho espectro.

El resultado del proceso de inversión del conjunto de los pares de datos de velocidad de fase de la onda Rayleigh versus la frecuencia extraídos de la Figura 7 se presenta en la línea continua en tono azul de la Figura 8.

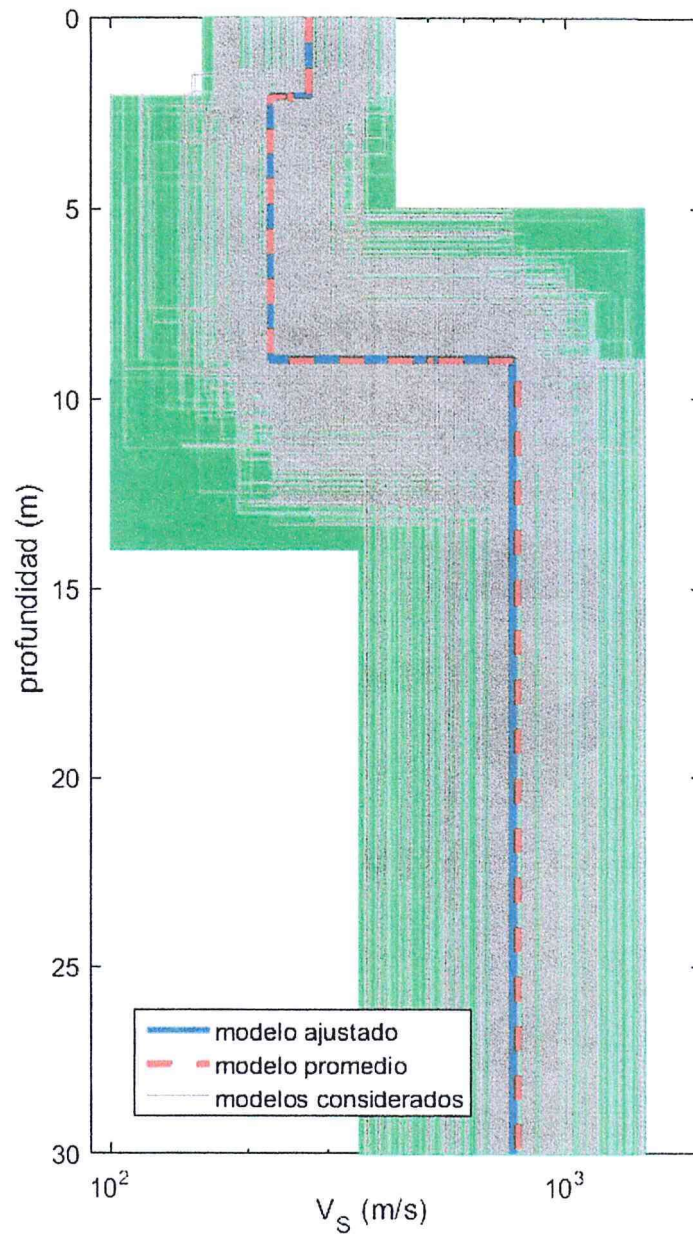


Figura 8 Modelo 1D de velocidad de onda de corte en función de la profundidad. El modelo ajustado (línea continua en azul) tiende a correlacionarse con el modelo promedio de todos los modelos considerados en el esquema de inversión 1D (línea punteada en rojo).

Por su parte, la definición del correcto espacio de los parámetros en el esquema de inversión generó un conjunto de modelos considerados (líneas continuas en tonos gris) y el promedio de ellas en la línea punteada en tonalidad roja. El modelo representado a través de la línea continua en tono azul (mejor modelo) dio por resultado un total de 3 horizontes: el superficial con un valor de velocidad de onda de corte de (273 ± 11) m/s y un espesor de $(2,0 \pm 0,1)$ m, seguido de un segundo horizonte con un valor de velocidad de onda de corte de (225 ± 2) m/s y un espesor de $(6,9 \pm 0,1)$ m, y finalmente un tercer horizonte de (767 ± 86) m/s. La Figura 9 presenta un gráfico sobre la evolución de los valores ajustados en función del número de iteración (generación).

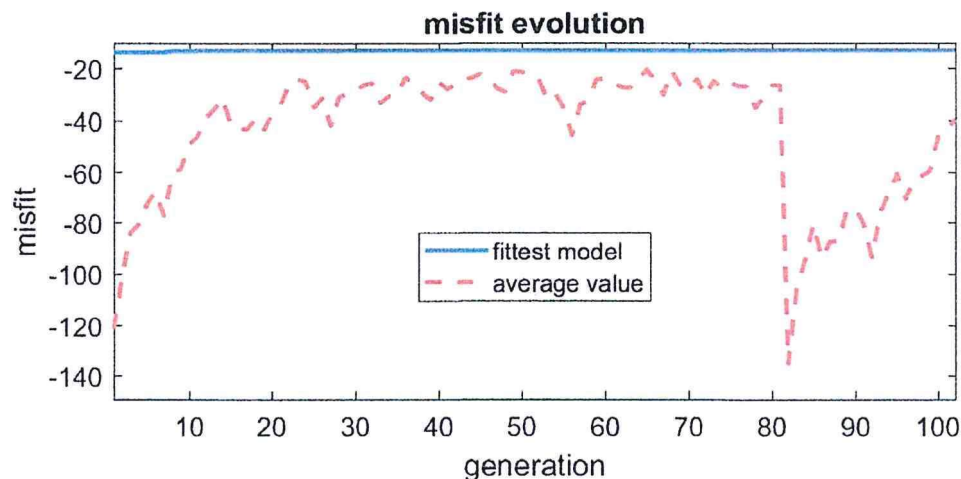
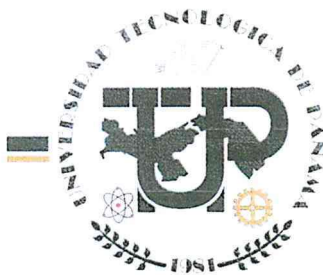


Figura 9 Evolución de los valores ajustados en función de las generaciones o iteraciones.

5. CONCLUSIONES

El gráfico de evolución de los valores ajustados sugiere un resultado confiable ya que los valores de velocidad de onda de corte obtenidos en el mejor modelo presentan dispersiones bajas ($< 11,22\%$) y los correspondientes espesores de cada capa cuyas dispersiones no superan los 0,2 m. Con el resultado de la Figura





8, es posible calcular el valor de la velocidad de onda de corte promedio hasta 30 m, la cual es $V_s (30) = (458 \pm 22) \text{ m/s}$ o $(1503 \pm 72) \text{ ft/s}$ y corresponde a un sitio clase C ya que de acuerdo con la clasificación ASCE 7-05 (Figura 10), se trata de **suelo muy denso, roca suave tipo C**.

Site Class	$\bar{v}_s$	N or $\bar{N}_{60}$	S_u
A. Hard rock	$> 5,000 \text{ ft/s}$	NA	NA
B. Rock	2,500 to 5,000 ft/s	NA	NA
C. Very dense soil and soft rock	1,200 to 2,500 ft/s	> 50	$> 2,000 \text{ psf}$
D. Stiff soil	600 to 1,200 ft/s	15 to 50	1,000 to 2,000 psf
E. Soft clay soil	$< 600 \text{ ft/s}$	< 15	$< 1,000 \text{ psf}$
F. Soils requiring site response analysis in accordance with Section 21.1	Any profile with more than 10 ft of soil having the following characteristics: - Plasticity index $PI > 20$, - Moisture content $w > 40\%$, and - Undrained shear strength $\bar{c}_u < 500 \text{ psf}$ See Section 20.3.1		

For SI: $1 \text{ ft/s} = 0.3048 \text{ m/s}$ $1 \text{ lb/ft}^2 = 0.0479 \text{ kN/m}^2$

Figura 10. Clasificación de sitio según ASCE 7-05, en términos de la velocidad de onda de corte.

Centro Experimental de Ingeniería
Laboratorio de Investigación en Ingeniería y Ciencias Aplicadas

DR. ALEXIS MOJICA
Responsable Técnico y Jefe
Laboratorio de Investigación en
Ingeniería y Ciencias Aplicadas

ING. OSCAR PATIÑO, M.Sc.
Director
Centro Experimental de Ingeniería
Universidad Tecnológica de Panamá



6. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

Abd, E.A. y Mohamed, A.A. 2009. Near – surface seismic refraction applied to exploring subsurface clay layer at a new mining area in southeast Cairo, Egypt. *Arabian Journal of Geosciences*, 3 (2), 105 – 112.

Abramson, L.W.; Lee, T.S.; Sharma, S. y Boyce, G.M. 2002. *Slope stability and stabilization methods*. John Wiley and Sons, Inc., New York, 712 p.

Aki, K. y Richards, P.G. 1980. *Quantitative Seismology*. W.H. Freeman & Co., San Francisco.

Al – Saigh, N.H. y Al – Dabbagh, Th.H. 2010. Identification of Landslide Slip – surface and its Shear Strength: A New Application for Shallow Seismic Refraction Method. *Journal Geological Society of India*, 76, 175 – 190.

ASCE 7-05. *Minimum Design Loads for Buildings and Other Structures*, 388 p.

Chii, C.E. y Osazuwa, I.B. 2010. Seismic refraction tomography of the periphery of an artificial lake in the Precambrian basement complex of Northern Nigeria. *International Journal of the Physical Sciences*, 5 (5), 421 – 431.

Dal Moro, G.; Pipan, M. y Gabrielli, P. 2007. Rayleigh wave dispersión curve inversion via genetic algorithms and Marginal Posterior Probability Density estimation. *Journal of Applied Geophysics*, 61, 39 – 55.

Dorman, J. y Ewing, M. 1962. Numerical inversion of seismic surfacewave dispersion data and crust-mantle structure in the NewYork-Pennsylvania area. *J. Geophys. Res.*, 67, 5227 – 5241.

Foti, S.; Hollender, F.; Garofalo, F.; Albarello, D.; Asten, M.; Bard, P.; Comina, C.; Cornou, C.; Cox, B.; Di Giulio, G.; Forbriger, T.; Hayashi, K.; Lunedei, E.;

Informe No. CEI-07-1021-2023
Página 18 de 19

Apdo. 0819-07289, Panamá, República de Panamá

Central Telefónica: 560-3000
www.utp.ac.pa



Dirección General de
Investigación

Laboratorio de Investigación en
Ingeniería y Ciencias Aplicadas



Martin, A.; Mercerat, D.; Ohrnberger, M.; Poggi, V.; Renalier, F.; Sicilia, D. y Socco, V. 2017. Guidelines for the good practice of surface wave analysis: a product of the InterPACIFIC project. Bulletin of Earthquake Engineering, 16, 2367 – 2420.

Hiltunen, D.R. y Cramer, J. 2008. Application of Seismic Refraction Tomography in Karst Terrane. J. Geotech. and Geoenviron. Engrg. 134 (7), 938 – 948.

Palmer, D. 2009. Exploiting Lateral Resolution of Near – Surface Seismic Refraction Methods. Journal of Earth Science, 20 (3), 526 – 545.

Park, C.B.; Miller, R.D. y Miura, H., 2002. Optimum field parameters of an MASW survey, SEG-J, Tokyo, May 22–23, 2002. Extended Abstracts.

Sass, O. 2007. Bedrock detection and talus thickness assessment in the European Alps using geophysical methods. Journal of applied geophysics, 62 (3), 254 – 269.

Stephens, E. 1978. Calculating earthwork factors using seismic velocities, California. Department of Transportation, Report No. FHWA – CA – TL – 78 – 23.



