Pérdidas

TABLA 5. Porcentaje admisible de pérdidas técnicas

Nivel de complejidad del sistema	Porcentaje de pérdidas admisibles para el cálculo de la dotación bruta
Bajo	**25%**
Medio	25%
Medio alto	25%
Alto	25%

Pérdidas comerciales. Las pérdidas comerciales se obtienen de la diferencia entre el volumen de agua entregado a la salida de las plantas de tratamiento y el volumen facturado por la Empresa de acueducto. Si el sistema es nuevo no se adoptan perdidas com

Dotación

Dotación Bruta. La dotación bruta debe establecerse según la siguiente ecuación: $d_{bruta} = (d_{neta}) / (1-\%p)$

Nivel de complejidad	**BAJA**		
Pérdidas Técnicas	**25**	%	
Dotación neta	**140.00**	Lt/hab-día	(Consumo Doméstico Total sin pérdidas)
Dotación Bruta	**186.67**	Lt/hab-día	(Consumo Doméstico Total con pérdidas)

El sistema de acueducto se diseña con la dotación bruta establecida en el presente literal cuando el uso residencial represente mas del 90% del consumo total.

Demanda

Caudal medio diario. El caudal medio diario, Qmd, es el caudal medio calculado para la población proyectada con sus ajustes, teniendo en cuenta la dotación bruta asignada. Corresponde al promedio de los consumos diarios en un periodo de un año y puede ca

Qmd = Qmd(doméstico) + Qmd(comercial) + Qmd(industrial) + Qmd(rural) + Qmd(público) + Qmd(escolar) + Qmd(institucional)

$$\textbf{Qmd(doméstico)} = \frac{Pf * d\ bruta}{86400}$$

Población Futura (Pf)	**2000**	habitantes
Dotación Bruta (d_{bruta})	**186.67**	Lt/hab-día
Qmd(doméstico)	**4.321**	Lt/seg

CONSUMO INSTITUCIONAL

Establecimiento	Cantidad un	N° person por día	Total estudian/día	Dotación Lt/pers-día	Qmd Lt/seg
Estacion de policia	1	200	200	150	0.347

Qmd(Institucional) **0.35** Lt/seg

CONSUMO CENTRO COMERCIAL

Establecimiento	Cantidad un	Area m2	Total area	Dotación Lt/m2-día	Qmd Lt/seg
Locales comerciales	1	17523.6	17523.6	6	1.217

Qmd(Locales) **1.22** Lt/seg

CONSUMO ALCALDIA

Establecimiento	Cantidad un	Area m2	Total area	Dotación Lt/m2-día	Qmd Lt/seg
Oficinas	1	13332	13332	20	3.086

Qmd(Oficinas) **3.09** Lt/seg

Total Caudal medio diario

Total Qmd **8.981** Lt/seg

Caudal máximo diario. El caudal máximo diario, QMD, corresponde al consumo máximo registrado durante 24 horas durante un período de un año. Se calcula multiplicando el caudal medio diario por el coeficiente de consumo máximo diario, k1.
El caudal máximo diario se calcula mediante la siguiente ecuación:
QMD = Qmd*k1
Coeficiente de consumo máximo diario - k1,

En caso de sistemas nuevos, el coeficiente de consumo máximo diario, k1, depende del nivel de complejidad del sistema como se establece en la tabla 6.

ARTÍCULO 47. PARAGRAFO 2. Los facores de mayoración K1 y K2 deben calcularse para cada caso con base en los registros históricos de macromedición. En condiciones excepcionales en las que dicha información no esté disponible, debe justificarse la selección

Para poblaciones menores o iguales de 12.500 habitantes, al periodo de diseño, en ningún caso el factor K1 será superior a 1.3 ni el factor K2 superior a 1.6. Para poblaciones mayores de 12.500 habitantes, al periodo de diseño, en ningún caso el factor K1

Nivel de complejidad	BAJA		
k1	1.3		
Qmd	8.981	Lt/seg	
QMD	**11.675**	Lt/seg	**Caudal Máximo Diario**
k2	1.60		
QMD	**11.675**	Lt/seg	**Caudal Máximo Diario**
QMH	**18.680**	Lt/seg	**Caudal Máximo Horario**

Proyecto	SISTEMA DE ACUEDUCTO
Municipio	ACACIAS
Departa.	META

PARAMETROS DE DISEÑO

Periodo de diseño	25	Años
Población actual	2000	Habitantes
Población futura	2000	Habitantes
No. De viviendas	350	Viviendas
Nivel de complejidad del sistema	**BAJA**	
Dotación Neta	140	Lt/hab-día
Pérdidas Técnicas	25.00	%
Dotación Bruta	186.67	Lt/hab-día
Consumo medio diario (Qmd)		
Doméstico	4.321	Lt/seg
Escolar	0.350	Lt/seg
Total Consumo medio diario (Qmd)	8.981	Lt/seg
Coeficiente de QMD, K1	1.30	
Consumo Máximo Diario, QMD	**11.675**	Lt/seg
Coeficiente de QMH, K2	1.60	
Consumo Máximo Horario, QMH	**18.680**	Lt/seg
Consumo Máximo Diario, QMD por vivienda	**0.016**	Lt/seg
Consumo Máximo Diario, QMH por vivienda	**0.026**	Lt/seg
Consumo Máximo Diario, QMD intitucion	**0.455**	Lt/seg
Consumo Máximo Diario, QMH Institucion	**0.560**	Lt/seg
Consumo Máximo Diario, QMD centro comercia	**1.586**	Lt/seg
Consumo Máximo Diario, QMH Centro comercial	**1.952**	Lt/seg
Consumo Máximo Diario, QMD Oficina	**4.017**	Lt/seg
Consumo Máximo Diario, QMH Oficina	**4.944**	Lt/seg

Tabla 12 Análisis hidráulico de la red

Tabla Línea - Nudo:

ID Línea	Nudo Inicial	Nudo Final	Longitud m	Diámetro mm
1	1	2	144.55	114.3
2	2	3	10.96	114.3
3	3	4	21.50	114.3
4	4	5	15.29	88.9
5	5	6	56.47	114.3
6	6	7	27.24	114.3
7	7	9	196.16	88.9
8	7	8	151.66	114.3
9	10	1	21.74	88.9
10	8	11	193.70	114.3

Resultados de Nudo:

ID Nudo	Demanda LPS	Altura m	Presión m	Calidad	
1	0.00	23.59	23.59	0.00	
2	5.50	20.82	20.82	0.00	
3	0.00	20.72	20.72	0.00	
4	0.00	20.53	20.53	0.00	
5	0.00	20.06	20.06	0.00	
6	0.00	19.55	19.55	0.00	
7	0.00	19.31	19.31	0.00	
8	0.00	18.36	18.36	0.00	
9	1.95	19.06	19.06	0.00	
11	8.98	17.15	17.15	0.00	
10	-16.43	25.00	0.00	0.00	Embalse

Página 2
Resultados de Línea:

ID Línea	Caudal LPS	Velocidad m/s	Pérd. Unit. m/km	Estado
1	16.43	1.60	19.13	Abierto
2	10.93	1.07	8.99	Abierto
3	10.93	1.07	8.99	Abierto
4	10.93	1.76	30.57	Abierto
5	10.93	1.07	8.99	Abierto
6	10.93	1.07	8.99	Abierto
7	1.95	0.31	1.26	Abierto
8	8.98	0.88	6.25	Abierto
9	16.43	2.65	65.07	Abierto
10	8.98	0.88	6.25	Abierto

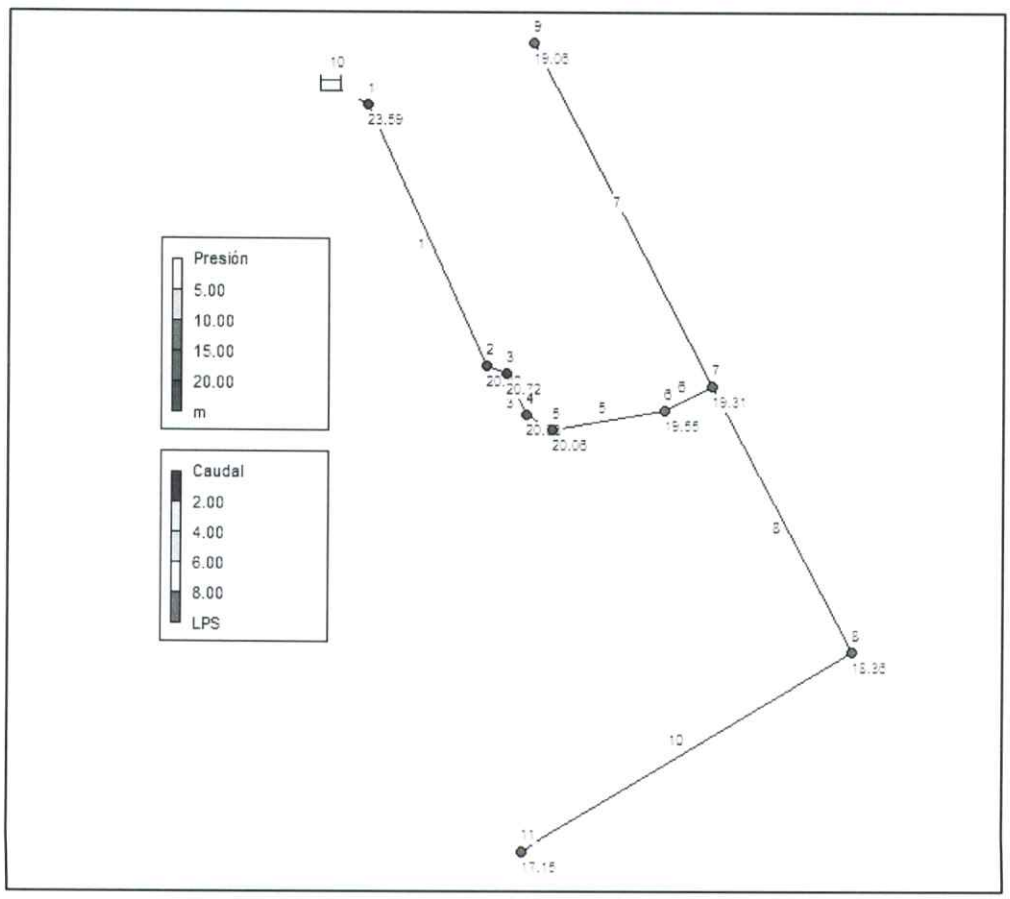


Ilustración 6 Modelo hidráulico de la red

Tabla 13 Red de nodos

ID Nudo	Demanda LPS	Altura m	Presión m	Calidad
Conexión 1	0.00	23.59	23.59	0.00
Conexión 2	5.50	20.82	20.82	0.00
Conexión 3	0.00	20.72	20.72	0.00
Conexión 4	0.00	20.53	20.53	0.00
Conexión 5	0.00	20.06	20.06	0.00
Conexión 6	0.00	19.55	19.55	0.00
Conexión 7	0.00	19.31	19.31	0.00
Conexión 8	0.00	18.36	18.36	0.00
Conexión 9	1.95	19.06	19.06	0.00
Conexión 11	8.98	17.15	17.15	0.00
Embalse 10	-16.43	25.00	0.00	0.00

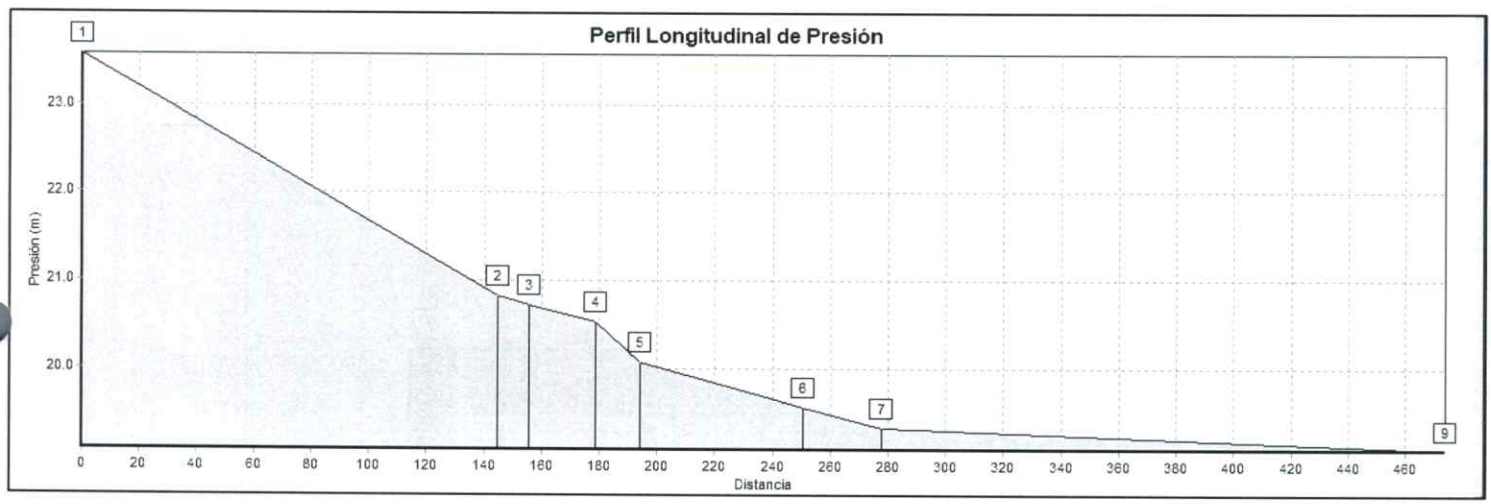


Ilustración 7 Perfil longitudinal Nodo 1 a Nodo 9

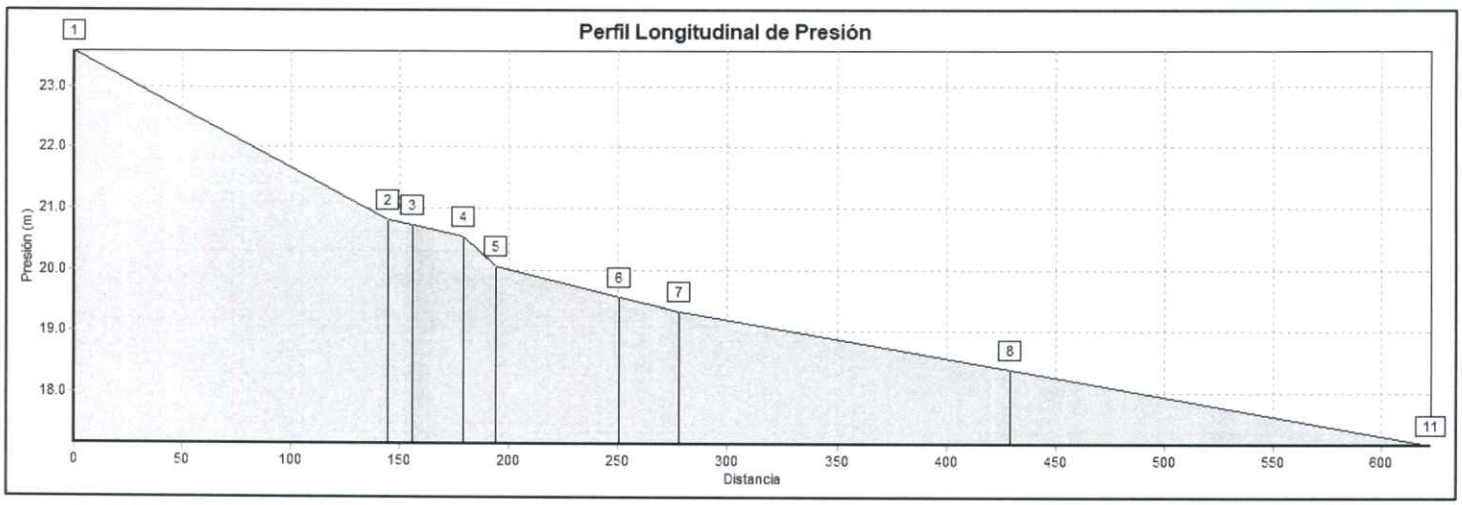


Ilustración 8 Perfil longitudinal Nodo 1 a Nodo 11

RED DE ALCANTARILLADO SANITARIO

Tabla 14 *Calculo de colectores sanitarios*

TRAMO		DISEÑO					QLLENO	VLLENO	HIDRAULICA							T. NORMAL	T. CRITICA	N°
INICIAL	FINAL	LONGITUD	DIAMETRO	IAMETR	PENDIENTE	P			q/Q	v/V	h/D	Yc/D	Rh/D	Rh	V.REAL	Yn	Yc	FROUDE
		m	mm	pulg	%	TERR	lps	m - seg			<0 .75				m - seg	m	m	
1	2	59.29	180	8	0.40%	1.40%	20.36	0.80	0.243	0.69	0.39	0.29	0.21	0.04	0.55	0.07	0.05	0.78
2	E-1	9.13	180	8	1.00%	1.20%	32.19	1.27	0.154	0.61	0.31	0.22	0.18	0.03	0.77	0.06	0.04	1.22
3	4	44.84	180	8	0.70%	1.81%	26.94	1.06	0.244	0.69	0.39	0.29	0.21	0.04	0.73	0.07	0.05	1.03
4	E-2	13.56	180	8	1.00%	3.54%	32.19	1.27	0.204	0.66	0.35	0.26	0.20	0.04	0.83	0.06	0.05	1.23

TRAMO		AREA TRIBUTARIA			QAD	QIND	QC	QINS	QE	QmD	F	QMH	QINF	CAUDAL SANITARIO	CAUDAL DISEÑO
INICIAL	FINAL	ATRAS	PROPIA	TOTAL											
		Ha	Ha	Ha	lps	lps	lps	lps	lps	lps		lps	lps	lps	lps
1	2	0.0000	1.7511	1.7511	1.066	0.00	0.00	0.00	0.35	1.416	3.000	4.249	0.350	4.949	4.949
2	E-1	1.7511	0.0000	1.7511	1.066	0.00	0.00	0.00	0.35	1.416	3.000	4.249	0.350	4.949	4.949
3	4	0.0000	2.3312	2.3312	1.419	0.00	0.00	0.00	0.47	1.885	2.994	5.645	0.466	6.577	6.577
4	E-2	2.3312	0.0000	2.3312	1.419	0.00	0.00	0.00	0.47	1.885	2.994	5.645	0.466	6.577	6.577

TRAMO		ENERGIA		COTA	COTA RASANTE		COTA BATEA		CAIDA	CLASE DE	FUERZA TRACTIVA				
INICIAL	FINAL	CINETICA	ESPECIF.	REBOSE	ORIGEN	FINAL	ORIGEN	FINAL	E/S	REGIMEN	gDis	h/D	RH	T	ANGULO
		m	m	m	m	m	m	m	m		QTOTAL			≥0.1kg/m^2	
1	2	0.02	0.09	543.66	544.630	545.460	543.560	543.320	0.01	SUBCRITICO	4.95	0.39	0.04	0.15	2.69
2	E-1	0.03	0.09	543.41	545.460	545.570	543.310	543.220	0.01	SUPERCRITICO	4.95	0.31	0.03	0.10	2.36
3	4	0.03	0.10	544.99	545.990	546.800	544.890	544.580	0.01	SUPERCRITICO	6.58	0.39	0.04	0.27	2.69
4	E-2	0.04	0.10	544.64	546.800	546.320	544.540	544.400	0.04	SUPERCRITICO	6.58	0.35	0.04	0.35	2.55

Tabla 15 *Calculo de colectores pluviales*

TRAMO		AREA TRIBUTARIA			TIEMPO DE CONCENTRACIÓN			INTENSIDAD	QALL	CAUDAL	DISEÑO				
INICIAL	FINAL	ATRAS	PROPIA	TOTAL	ATRAS	EN RUTA	TOTAL	DE LLUVIAS		DISEÑO	LONGITUD	DIAMETRO	DIAMETRO	PENDIENTE	P
		Ha	Ha	Ha	min	min	min		lps	lps	m	mm	pulg	%	TERR
1	4	0.0000	0.6222	0.6222	16.23	1.20	17.43	107.98	125.34	125.34	112.30	284	12	1.50%	0.85%
2	3	0.0000	0.4350	0.4350	17.43	0.33	17.76	109.63	88.97	88.97	31.10	284	12	0.80%	0.51%
3	4	0.4350	0.0911	0.5261	0.00	0.34	15.00	121.94	119.68	119.68	32.10	327	14	0.80%	1.12%
4	5	1.1483	0.0800	1.2283	0.34	0.53	15.00	121.94	279.43	279.43	49.80	407	18	1.00%	0.78%
5	6	1.2283	0.3774	1.6057	0.88	0.54	15.00	121.94	365.28	365.28	50.80	452	20	1.00%	0.45%
6	9	1.6057	0.1439	1.7496	0.88	0.50	15.00	121.94	398.01	398.01	46.50	595	24	0.80%	2.15%
7	8	0.0000	0.3909	0.3909	1.37	0.95	15.00	121.94	88.93	88.93	88.50	284	12	1.00%	1.04%
8	9	0.3909	0.3980	0.7889	0.00	0.96	15.00	121.94	179.47	179.47	89.50	362	16	0.80%	0.56%
9	DES	2.5385	0.0000	2.5385	0.96	0.35	15.00	121.94	577.48	577.48	32.60	595	24	0.80%	1.60%
10	15	0.0000	0.5291	0.5291	1.30	0.39	15.00	121.94	120.35	120.35	36.30	327	14	1.00%	0.99%
15	ACM	0.5291	0.1829	0.7120	0.00	0.40	15.00	121.94	161.96	161.96	37.30	407	18	1.00%	0.64%
11	12	0.0000	0.4425	0.4425	0.00	0.76	15.00	121.94	100.67	100.67	71.40	284	12	1.00%	0.70%
12	13	0.4425	0.3299	0.7724	0.76	0.58	15.00	121.94	175.71	175.71	54.70	327	14	1.50%	1.37%
13	14	0.7724	0.6342	1.4067	1.35	0.57	15.00	121.94	319.99	319.99	53.10	407	18	1.50%	2.22%
14	DES	2.1956	0.6462	2.8418	1.91	0.27	15.00	121.94	646.47	646.47	25.70	595	24	1.00%	1.79%

TRAMO		QLLENO	VLLENO	HIDRAULICA							T. NORMAL	T. CRITICA	N°	ENERGIA	
INICIAL	FINAL	lps	m - seg	q/Q	v/V	h/D <0 .93	Yc/D	Rh/D	Rh	V.REAL m - seg	Yn m	Yc m	FROUDE	CINETICA m	ESPECIF. m
1	4	133.03	2.10	0.942	1.03	0.85	1.01	0.30	0.09	2.17	0.24	0.29	1.29	0.24	0.48
2	3	97.15	1.53	0.916	1.02	0.84	0.95	0.30	0.09	1.57	0.24	0.27	0.97	0.13	0.36
3	4	141.49	1.68	0.846	1.00	0.79	0.81	0.30	0.10	1.69	0.26	0.27	1.04	0.15	0.40
4	5	283.55	2.18	0.985	1.05	0.88	1.14	0.30	0.12	2.28	0.36	0.46	1.07	0.27	0.62
5	6	375.05	2.34	0.974	1.04	0.87	1.10	0.30	0.14	2.44	0.40	0.50	1.10	0.30	0.70
6	9	698.19	2.51	0.570	0.89	0.61	0.51	0.28	0.17	2.24	0.36	0.30	1.30	0.26	0.62
7	8	108.62	1.71	0.819	0.99	0.77	0.77	0.30	0.09	1.70	0.22	0.22	1.16	0.15	0.37
8	9	185.56	1.80	0.967	1.04	0.87	1.08	0.30	0.11	1.88	0.31	0.39	0.96	0.18	0.49
9	DES	698.19	2.51	0.827	1.00	0.78	0.79	0.30	0.18	2.50	0.46	0.47	1.17	0.32	0.78
10	15	158.19	1.88	0.761	0.97	0.73	0.70	0.30	0.10	1.83	0.24	0.23	1.22	0.17	0.41
15	ACM	283.55	2.18	0.571	0.89	0.61	0.51	0.28	0.11	1.95	0.25	0.21	1.37	0.19	0.44
11	12	108.62	1.71	0.927	1.03	0.84	0.97	0.30	0.09	1.76	0.24	0.28	1.07	0.16	0.40
12	13	193.74	2.31	0.907	1.02	0.83	0.93	0.30	0.10	2.36	0.27	0.30	1.37	0.28	0.55
13	14	347.28	2.67	0.921	1.03	0.84	0.96	0.30	0.12	2.74	0.34	0.39	1.40	0.38	0.72
14	DES	780.60	2.81	0.828	1.00	0.78	0.79	0.30	0.18	2.79	0.46	0.47	1.30	0.40	0.86

TRAMO		COTA	COTA RASANTE		COTA BATEA		COTA DE ENERGIAS		CORTES		CAIDA	CLASE DE	FUERZA TRACTIVA				
INICIAL	FINAL	REBOSE	ORIGEN	FINAL	ORIGEN	FINAL	INICIAL	FINAL	ORIGEN	FINAL	E/S	REGIMEN	gDis	h/D	RH	T	ANGULO
		m	m	m	m	m	m	m	m	m	m		QTOTAL			≥0.2kg/m²	
1	4	545.57	546.410	545.450	544.910	543.230	545.39	543.71	1.50	2.22	0.01	SUPERCRITICO	125.34	0.85	0.09	1.30	4.71
2	3	544.87	545.970	545.810	544.470	544.220	544.83	544.58	1.50	1.59	0.01	SUPERCRITICO	88.97	0.84	0.09	0.70	4.61
3	4	544.64	545.810	545.450	544.210	543.950	544.61	544.35	1.60	1.50	0.01	SUPERCRITICO	119.68	0.79	0.10	0.80	4.38
4	5	544.04	545.450	545.060	543.220	542.720	543.84	543.34	2.23	2.34	0.01	SUPERCRITICO	279.43	0.88	0.12	1.23	4.88
5	6	543.62	545.060	544.830	542.710	542.200	543.41	542.90	2.35	2.63	0.01	SUPERCRITICO	365.28	0.87	0.14	1.37	4.84
6	9	542.76	544.830	543.830	542.190	541.820	542.81	542.44	2.64	2.01	0.01	SUPERCRITICO	398.01	0.61	0.17	1.34	3.57
7	8	544.15	545.250	544.330	543.750	542.870	544.12	543.24	1.50	1.46	0.01	SUPERCRITICO	88.93	0.77	0.09	0.87	4.29
8	9	543.44	544.330	543.830	542.860	542.140	543.35	542.63	1.47	1.69	0.01	SUPERCRITICO	179.47	0.87	0.11	0.88	4.81
9	DES	542.68	543.830	543.310	541.810	541.550	542.59	542.33	2.02	1.76	0.01	SUPERCRITICO	577.48	0.78	0.18	1.46	4.31
						1.760											
10	15	542.31	543.270	542.910	541.870	541.510	542.28	541.92	1.40	1.40	0.01	SUPERCRITICO	120.35	0.73	0.10	0.99	4.11
15	ACM	541.91	542.910	542.670	541.500	541.130	541.94	541.57	1.41	1.54	0.01	SUPERCRITICO	161.96	0.61	0.11	1.15	3.57
						1.540											
11	12	544.68	545.700	545.200	544.200	543.490	544.60	543.89	1.50	1.71	0.01	SUPERCRITICO	100.67	0.84	0.09	0.87	4.65
12	13	544.22	545.200	544.450	543.480	542.660	544.03	543.21	1.72	1.79	0.01	SUPERCRITICO	175.71	0.83	0.10	1.51	4.58
13	14	543.66	544.450	543.270	542.650	541.850	543.37	542.57	1.80	1.42	0.01	SUPERCRITICO	319.99	0.84	0.12	1.87	4.63
14	DES	542.85	543.270	542.810	541.840	541.580	542.70	542.44	1.43	1.23	0.01	SUPERCRITICO	646.47	0.78	0.18	1.82	4.32
						1.230											

DATOS DE DISEÑO SISTEMA HIDRÁULICO

DOTACIÓN

El RAS 2017 en el título B, establece la siguiente dotación:

La ocupacion para este proyecto es de tipo institucional, se reviso la normatividad vigente la cual determina que para cuarteles la dotacion se determina segun la cantidad de habitantes, por lo tanto se calculo que para la estación de policia la ocupacion es de 200 habitantes.Como se observa en la sigueinte tabla la dotacion para este proyecto es de 150 L/PERSONA*DIA ya que el proyecto esta ubicado a una zona menor a 1000 m.s.n.m.

Tabla B.2.9 Consumo institucional

	Tipo de institución	Consumo de agua
Salud	Hospitales, clínicas y centros de salud	800 L/cama/día
	Orfanatos y asilos	500 L/huesped/día
Seguridad	Cuarteles	150 L persona/día
	Cárceles	150 L interno/día

Página 1

tomado resolucion 0330 del 2017

Tipo	Dotación	Can. Por unid	Total (lt)
Dotacion Habitante	150 L/PER*DIA	200	30000

Volumen de almacenamiento para 24 horas: 30 m3

Se considera que el tanque aéreo almacenará el 100% del volumen total

DIMENSIONES DE LOS TANQUES

Tanque	% Almacena.	V. a almacen (m3)	Medidas recomendadas (m)			V. real almacena (m3)
			Largo	Ancho	Alto	
Subterraneo	100%	30.00	4.00	3.80	2.00	30.40

NOTA: Las dimensiones del tanque pueden cambiar según el diseño arquitectonico y/o estructural sin embargo el volumen del mismo se recomienda no modificarlo ya que obedece a los calculos de la dotacion descritos en las normas colombianas vigentes, asi mismo el material con el que sean proyectados puede ser cualquiera que no atente con la salud y que este amparado con las normas colombianas.

DATOS DE DISEÑO SISTEMA HIDRÁULICO

DOTACIÓN

El RAS 2017 en el título B, establece la siguiente dotación:

La ocupacion para este proyecto es de tipo comercial, se reviso la normatividad vigente la cual determina que para locales comerciales la dotacion se determina segun la cantidad de area, por lo tanto se calculo que para el centro comercial el area es de 17523.6 m2.Como se observa en la sigueinte tabla la dotacion para este proyecto es de 6 L/M2*DIA ya que el proyecto esta ubicado a una zona menor a 1000 m.s.n.m.

Tabla B.2.4 Consumo mínimo en comercios

Tipo de instalación	Consumo de agua
Oficinas (cualquier tipo)	20 L/m2/día
Locales comerciales	6 L/m2/día
Mercados	100 L/local/día
Lavanderías de autoservicio	40 L/kilo de ropa seca
Clubes deportivos y servicios privados	150 L/asistente/día
Cines y teatros	6 L/asistente/día

Página 1

tomado resolucion 0330 del 2017

Tipo	Dotación	Can. Por unid	Total (lt)
Dotacion Habitante	6 L/M2*DIA	17523.6	105142

Volumen de almacenamiento para 24 horas 105.1416 m3

Se considera que el tanque aéreo almacenará el 100% del volumen total

DIMENSIONES DE LOS TANQUES

Tanque	% Almacena.	V. a almacen (m3)	Medidas recomendadas (m)			V. real almacena (m3)
			Largo	Ancho	Alto	
Subterraneo	100%	105.14	9.00	8.00	1.50	108.00

NOTA: Las dimensiones del tanque pueden cambiar según el diseño arquitectonico y/o estructural sin embargo el volumen del mismo se recomienda no modificarlo ya que obedece a los calculos de la dotacion descritos en las normas colombianas vigentes, asi mismo el material con el que sean proyectados puede ser cualquiera que no atente con la salud y que este amparado con las normas colombianas.

DATOS DE DISEÑO SISTEMA HIDRÁULICO

DOTACIÓN

El RAS 2017 en el título B, establece la siguiente dotación:

La ocupacion para este proyecto es de tipo oficinas, se reviso la normatividad vigente la cual determina que para oficinas la dotacion se determina segun la cantidad de area, por lo tanto se calculo que para las oficinas el area es de 13332 M2 .Como se observa en la siguiente tabla la dotacion para este proyecto es de 20 L/M2*DIA ya que el proyecto esta ubicado a una zona menor a 1000 m.s.n.m.

Tabla B.2.4 Consumo mínimo en comercios

Tipo de instalación	Consumo de agua
Oficinas (cualquier tipo)	20 L/m2/día
Locales comerciales	6 L/m2/día
Mercados	100 L/local/día
Lavanderías de autoservicio	40 L/kilo de ropa seca
Clubes deportivos y servicios privados	150 L/asistente/día
Cines y teatros	6 L/asistente/día

Página 1

tomado resolucion 0330 del 2017

Tipo	Dotación	Can. Por unid	Total (lt)
Dotacion Habitante	20 L/M2*DIA	13332	266640

Volumen de almacenamiento para 24 horas: 266.64 m3

Se considera que el tanque aéreo almacenará el 100% del volumen total

DIMENSIONES DE LOS TANQUES

Tanque	% Almacena.	V. a almacen (m3)	Medidas recomendadas (m)			V. real almacena (m3)
			Largo	Ancho	Alto	
Subterraneo	100%	266.64	10.00	13.50	2.00	270.00

NOTA: Las dimensiones del tanque pueden cambiar según el diseño arquitectonico y/o estructural sin embargo el volumen del mismo se recomienda no modificarlo ya que obedece a los calculos de la dotacion descritos en las normas colombianas vigentes, asi mismo el material con el que sean proyectados puede ser cualquiera que no atente con la salud y que este amparado con las normas colombianas.

MEMORIAL DE RESPONSABILIDAD

Señor:

EDUARDO CORTES
Alcalde Municipal
Municipio de Acacías, Meta

ASUNTO: Elaboración de Diseño Redes de Acueducto, Alcantarillado Sanitario y Pluvial

Proyecto: "CONSTRUCCIÓN DE OBRAS DE SANEAMIENTO BASICO PARA EL PREDIO LOTE A DEL MUNICIPIO DE ACACÍAS, META".

Certifico que he realizado para el proyecto de inversión cuyo objeto es el **"CONSTRUCCIÓN DE OBRAS DE SANEAMIENTO BASICO PARA EL PREDIO LOTE A DEL MUNICIPIO DE ACACÍAS, META"**, ubicado en el municipio de Acacias, Meta. Identificado con Cédula Catastral: **50006001102070008000** y Matrícula Inmobiliaria: **232-21126**.

*DISEÑO REDES DE ACUEDUCTO, ALCANTARILLADO SANITARIO Y PLUVIAL (Memorias de diseño y Planos de diseño)

Declaro que dichos estudios se realizaron de acuerdo con las normas colombianas vigentes (RAS 2017, NTC 1500 código colombiano de fontanería tercera edición) y que me responsabilizo por los daños y perjuicios que de ellos pudieren derivarse.

Aclaro que me hago responsable por los estudios, siempre y cuando en la obra se hayan seguido al pie de la letra las recomendaciones suscritas, cualquier variación o modificación debe notificárseme de inmediato.

Dado en el municipio de Acacias, departamento del Meta, a los 29 días del mes de octubre de 2022.

JOSE JAVIER CONTRERAS RAMIREZ
ING. CIVIL ESP. EN AGUA Y SANEAMIENTO AMBIENTAL
M.P. 25202- 154902 CND
CC. 74.860.932 DE YOPAL

REPUBLICA DE COLOMBIA
IDENTIFICACION PERSONAL
CEDULA DE CIUDADANIA
74860932
NUMERO

CONTRERAS RAMIREZ
APELLIDOS

JOSE JAVIER
NOMBRES

FIRMA

INDICE DERECHO

FECHA DE NACIMIENTO 23-FEB-1979
YOPAL
(CASANARE)
LUGAR DE NACIMIENTO

1.64 ESTATURA | O+ G.S. RH | M SEXO

19-MAR-1997 YOPAL
FECHA Y LUGAR DE EXPEDICION

REGISTRADORA NACIONAL

A-48C0100-7011200-M-0074850932-20030610 00150U3161N 02 1228687?1

REPUBLICA DE COLOMBIA
CONSEJO PROFESIONAL NACIONAL DE INGENIERIA
COPNIA

MATRICULA PROFESIONAL No.
25202154902CND
INGENIERO CIVIL

DE FECHA 21/05/2008
JOSE JAVIER
CONTRERAS RAMIREZ
C.C. 74860932
UNIVERSIDAD COOPERATIVA
DE COLOMBIA

PRESIDENTE DEL CONSEJO

REPÚBLICA DE COLOMBIA
COPNIA
Consejo Profesional Nacional de Ingeniería

Certificado de vigencia y antecedentes disciplinarios
CVAD-2022-1358218

CONSEJO PROFESIONAL NACIONAL DE INGENIERÍA
COPNIA

EL DIRECTOR GENERAL

CERTIFICA:

1. Que JOSE JAVIER CONTRERAS RAMIREZ, identificado(a) con CEDULA DE CIUDADANIA 74860932, se encuentra inscrito(a) en el Registro Profesional Nacional que lleva esta entidad, en la profesión de INGENIERIA CIVIL con MATRICULA PROFESIONAL 25202-154902 desde el 21 de Mayo de 2008, otorgado(a) mediante Resolución Nacional 371.

2. Que el(la) MATRICULA PROFESIONAL es la autorización que expide el Estado para que el titular ejerza su profesión en todo el territorio de la República de Colombia, de conformidad con lo dispuesto en la Ley 842 de 2003.

3. Que el(la) referido(a) MATRICULA PROFESIONAL se encuentra **VIGENTE**

4. Que el profesional no tiene antecedentes disciplinarios ético-profesionales.

5. Que la presente certificación se expide en Bogotá, D.C., a los veintiséis (26) días del mes de Octubre del año dos mil veintidós (2022).

Rubén Dario Ochoa Arbeláez

Firma del titular (*)

(*)Con el fin de verificar que el titular autoriza su participación en procesos estatales de selección de contratistas. La falta de firma del titular no invalida el Certificado
El presente es un documento público expedido electrónicamente con firma digital que garantiza su plena validez jurídica y probatoria según lo establecido en la Ley 527 de 1999. Para verificar la firma digital, consulte las propiedades del documento original en formato .pdf.
Para verificar la integridad e inalterabilidad del presente documento consulte en el sitio web https://tramites.copnia.gov.co/Copnia_Microsite/CertificateOfGoodStanding/CertificateOfGoodStandingStart indicado el número del certificado que se encuentra en la esquina superior derecha de este documento.

REPUBLICA DE COLOMBIA

UNIVERSIDAD MANUELA BELTRÁN
UMB

PERSONERÍA JURÍDICA RESOLUCIÓN No. 4974 DEL 29 DE DICIEMBRE DE 2004
DEL MINISTERIO DE EDUCACIÓN NACIONAL

EL SEÑOR RECTOR DE ACUERDO A LO DISPUESTO EN EL ARTÍCULO
24 DE LA LEY 30 DEL 29 DE DICIEMBRE DE 1992 Y CONFORME A SUS FACULTADES
ESTATUTARIAS, CONFIERE A:

José Javier Contreras Ramírez

C.C. 74.860.932 de Yopal

EL TÍTULO DE

Especialista en Agua y Saneamiento Ambiental

POR HABER CUMPLIDO CON TODOS LOS REQUISITOS ACADÉMICOS Y LEGALES.

EN TESTIMONIO DE ELLO EXPIDE, FIRMA Y SELLA EL PRESENTE DIPLOMA

EN LA CIUDAD DE BOGOTÁ, D.C.

A LOS 19 DÍAS DEL MES JULIO DE 2013

RECTOR

DIRECTOR REGISTRO Y CONTROL ACADÉMICO

SECRETARIO GENERAL

DIRECTOR DE PROGRAMA

Libro de Registro No. [illegible]
Acta de Grado No. [illegible]
Folio No. [illegible]
Registro Profesional No. [illegible]

02050

NHSQ S.A.S. INGENIERIA HACEMOS LO CORRECTO, CORRECTAMENTE	CONSECUTIVO: EG-076-W-1174-22 PAGINAS: 1 DE 116	ISO 9001:2015 BUREAU VERITAS Certification CO18.01105

ESTUDIO GEOTÉCNICO

De acuerdo con el Reglamento Colombiano de Construcción Sismo Resistente NSR-10 y RAS17

Este documento es propiedad de NHSQ INGENIERIA y no debe ser modificado, copiado o difundido por ningún medio a persona alguna no autorizada sin el permiso o aprobación del propietario. El solicitante o usuario será responsable por cualquier uso indebido. Este documento no es válido sin la firma en original.

DEPARTAMENTO:	MUNICIPIO:	FECHA DE ENTREGA:
META	ACACIAS	JUNIO DE 2022

ELABORADO Y APROBADO:	VERSIÓN	FECHA	DESCRIPCIÓN
Ing. NESTOR HERNÁN SUAREZ Q. Especialista en Geotecnia Vial y Pavimentos Especialista en Patología de la Construcción M.P. 25202-158140 CND			

SOLICITANTE:
CONSORCIO DISEÑOS ACACIAS 2022

PROYECTO:
CONSTRUCCIÓN DE OBRAS DE SANEAMIENTO BÁSICO PARA EL PREDIO LOTE A EN EL MUNICIPIO DE ACACIAS,META.

MEMORIAL DE RESPONSABILIDAD

Yo, NESTOR HERNÁN SUAREZ QUIÑONES, identificado con cédula de ciudadanía N° 79.877.431 de Bogotá, en mi calidad de Ingeniero Civil, especialista en geotecnia vial y pavimentos y especialista en patología de la construcción con Matrícula Profesional N° 25202-158140 CND, Certifico que realicé el estudio geotécnico, de acuerdo con la norma colombiana de diseño y construcción sismo resistente, NSR-10, RAS17 y demás leyes y decretos existentes, para el proyecto " CONSTRUCCION DE OBRAS DE SANEAMIENTO BASICO PARA EL PREDIO LOTE A EN EL MUNICIPIO DE ACACÍAS, META".

Por lo anterior, manifiesto que es viable la construcción del proyecto, siempre y cuando se construyan las obras de acuerdo con las recomendaciones efectuadas en los estudios geotécnicos.

Acepto y reconozco que la revisión efectuada por la entidad a la cual se presenta el proyecto no constituye una aprobación al estudio, sino una verificación del cumplimiento de los reglamentos y decretos antes mencionados.

La presente se expide a solicitud del interesado el mes de junio de 2022.

Cordialmente,

Ing. NÉSTOR HERNAN SUAREZ QUIÑONES
Especialista en Geotecnia Vial y Pavimentos
Especialista en Patología de la Construcción
R/L NHSQ INGENIERÍA S.A.S
Nit: 901.047.361-5

TABLA DE CONTENIDO

1 INTRODUCCIÓN 10
2 OBJETIVO GENERAL 11
3 GENERALIDADES DEL PROYECTO 12
4 LOCALIZACIÓN GENERAL DEL PROYECTO 13
5 ENTORNO GEOLÓGICO Y GEOMORFOLÓGICO 16
6 METODOLOGÍA 23
7 PERFIL ESTRATIGRÁFICO PROMEDIO 27
8 CLASIFICACIÓN DEL SUELO 28
9 CONDICIONES DEL PROYECTO 33
10 ANÁLISIS GEOTÉCNICO 34
11 RECOMENDACIONES DE CIMENTACIÓN 56
12 ANÁLISIS DE ESTABILIDAD DE TALUDES DE CORTE A DIFERENTES ALTURAS 59
13 RESUMEN DE LOS RESULTADOS DE FACTORES DE SEGURIDAD 61
14 ENTIBADO Y TABLESTACADO 72
15 EXCAVACIÓN DE ZANJAS 77
16 ESPECIFICACIONES TÉCNICAS PARA ALCANTARILLADO 78
17 ENSAYOS BÁSICOS PARA LA OBRA 81
18 CONTROL DE PROCEDENCIA DE LOS MATERIALES 81
19 RECOMENDACIONES CONSTRUCTIVAS GENERALES 82
20 CONCLUSIONES 83
21 BIBLIOGRAFÍA 85

LISTADO DE TABLAS

Tabla 1 Clasificación de las unidades de construcción por categorías 24
Tabla 2 Categoría de la unidad de construcción 24
Tabla 3 Profundidad de sondeos. 25
Tabla 4 Ensayos de laboratorio 27
Tabla 5 calculo N_{60} 29
Tabla 6 Factor de corrección 29
Tabla 7 Evaluación del potencial de expansión de acuerdo con NSR-10 32
Tabla 8 Definición de zona de amenaza sísmica 33
Tabla 9 Valores del coeficiente de Importancia NSR-10 34
Tabla 10 Profundidad del nivel freático 34
Tabla 11 Correlación entre SPT y valores de resistencia de suelos granulares 35
Tabla 12 Correlación entre SPT y valores de resistencia de suelos arcillosos 35
Tabla 13 Correlación entre SPT y valores de resistencia de suelos para arcillas 35
Tabla 14 Correlación entre SPT y valores de resistencia de suelos para suelos arenosos 35
Tabla 15 Cálculo de la capacidad de carga 0.50 – 6.00 m (Sondeo 1 al 3) B=1.00 m 39
Tabla 16 Cálculo de la capacidad de carga 0.50 – 6.00 m (Sondeo 1 al 3) B=1.50 m 40
Tabla 17 Cálculo de la capacidad de carga 0.50 – 6.00 m (Sondeo 1 al 3) B=2.00 m 41
Tabla 18 Ecuación para el cálculo de asentamientos 42
Tabla 19 Cálculo de Asentamientos – Sondeo 1 al 3 (Prof. 1.50 m) 42
Tabla 20 Clasificación del suelo 43
Tabla 21 Coeficiente Fa periodos cortos 43
Tabla 22 Coeficiente Fv periodos intermedio 44
Tabla 23 Factores de Seguridad Indirectos F_{sicp} Mínimos 48
Tabla 24 Carga Muerta + Carga Viva Normal (Sondeo 1 al 3) B=1.00 m 49
Tabla 25 Carga Muerta + Carga Viva Máxima (Sondeo 1 al 3) B=1.00 m 50
Tabla 26 Carga Muerta + Carga Viva Normal + Sismo De Diseño Seudo Estático (Sondeo 1 al 3) B=1.00 m 51
Tabla 27 Factores de Seguridad Básicos Mínimos Directos 52
Tabla 28 Carga Muerta + Carga Viva Normal (Sondeo 1 al 3) B=1.00 m 53
Tabla 29 Carga Muerta + Carga Viva Máxima (Sondeo 1 al 3) B=1.00 m 54
Tabla 30 Carga Muerta + Carga Viva Normal + Sismo De Diseño Seudo Estático (Sondeo 1 al 3) B=1.00 m 55
Tabla 31 Parámetros de diseño 60
Tabla 32 Factores mínimos de seguridad 61
Tabla 33 Factores de seguridad, altura 2.00m con nivel freático y condición estática 62
Tabla 34 Factores de seguridad, altura 2.00m con nivel freático y condición pseudoestatica 63
Tabla 35 Factores de seguridad, altura 3.00m con nivel freático y condición estática 64
Tabla 36 Factores de seguridad, altura 3.00m con nivel freático y condición pseudoestatica 65
Tabla 37 Factores de seguridad, altura 4.00m con nivel freático y condición estática 66
Tabla 38 Factores de seguridad, altura 4.00m con nivel freático y condición pseudoestatica 67
Tabla 39 Factores de seguridad, altura 5.00m con nivel freático y condición estática 68
Tabla 40 Factores de seguridad, altura 5.00m con nivel freático y condición pseudoestática 69
Tabla 41 Factores de seguridad, altura 6.00m con nivel freático y condición estática 70
Tabla 42 Factores de seguridad, altura 6.00m con nivel freático y condición pseudoestatica 71
Tabla 43 Especificaciones material de relleno 79

Tabla 44 Franjas granulométricas para material filtrante 80
Tabla 45 Ensayos Básicos, control en obra 81

LISTADO DE MAPAS

Mapa 1 Localización general del sitio donde se realizó la exploración de campo. 13
Mapa 2 Plano geológico de departamento del Meta 16
Mapa 3 Zonas de Amenaza Sísmica aplicable a edificaciones para la NSR-10 en función de A_a y A_v 33

LISTADO DE IMÁGENES

Imagen 1 Ubicación general del estudio, Estación de policía, Acacias, Meta 14
Imagen 2 Cimentación superficial inclinada (Ecuaciones de Hansen y Vesic) 38
Imagen 3 Coeficiente de amplificación Fa del suelo para la zona de periodos cortos del espectro 44
Imagen 4 Coeficiente de amplificación Fv del suelo para la zona de periodos intermedios del espectro 45
Imagen 5 Espectro Elástico de Aceleraciones de Diseño como fracción de g 46
Imagen 6 Espectro Elástico de aceleraciones de Diseño como fracción de g 46
Imagen 7 Espectro de aceleraciones horizontales elástico del umbral de daño como fracción de g 47
Imagen 8 Análisis de licuación 48
Imagen 9 Cimentación tipo 1 57
Imagen 10 Cimentación tipo 2 57
Imagen 11 Cimentación tipo 3 58
Imagen 12 Cimentación tipo 4 58
Imagen 13 Cimentación tipo 5 59
Imagen 14 Modelación altura 2.00m, con nivel freático y condición estática. 62
Imagen 15 Modelación altura 2.00m, con nivel freático y condición pseudoestática. 63
Imagen 16 Modelación altura 3.00m, sin nivel freático y condición estática. 64
Imagen 17 Modelación altura 3.00m, con nivel freático y condición pseudoestática. 65
Imagen 18 Modelación altura 4.00m, con nivel freático y condición estática. 66
Imagen 19 Modelación altura 4.00m, con nivel freático y condición pseudoestática. 67
Imagen 20 Modelación altura 5.00m, sin nivel freático y condición estática. 68
Imagen 21 Modelación altura 5.00m, sin nivel freático y condición pseudoestática. 69
Imagen 22 Modelación altura 6.00m, sin nivel freático y condición estática. 70
Imagen 23 Modelación altura 6.00m, sin nivel freático y condición pseudoestática. 71
Imagen 24 Entibado en madera y metálico tipo cajón 72
Imagen 25 Entibado en madera recomendado 75
Imagen 26 Entibado metálico tipo cajón a 4.00m 76
Imagen 27 Entibado metálico tipo cajón a 5.00m 76
Imagen 28 Entibado metálico tipo cajón a 6.00m 77

LISTADO DE FIGURAS

Figura 1 Perfil estratigráfico sondeo 1 al 3 28
Figura 2 Formula N promedio. 28
Figura 3 Formula N60. 29

LISTA DE ANEXOS

Anexo 1 Registro Fotográfico 86
Anexo 2 Registro estratigráfico y resultados de laboratorio sondeo S1 88
Anexo 3 Registro estratigráfico y resultados de laboratorio sondeo S2 89
Anexo 4 Registro estratigráfico y resultados de laboratorio sondeo S3 90
Anexo 15 Resultados del ensayo de corte directo 91
Anexo 16 Planos de ubicación de los sondeos 92
Anexo 17 Diploma y acta de grado de especialización en geotecnia 94
Anexo 18 Certificados de calibración 97
Anexo 9 Certificación ISO9001-2015 101

CUMPLIMIENTO DEL REGLAMENTO COLOMBIANO DE CONSTRUCCIÓN SISMO RESISTENTE NSR-10 Y NORMA RAS

El presente estudio geotécnico cumple con las exigencias del Reglamento Colombiano de Construcción Sismo resistente NSR-10 título H, como se puede apreciar en la siguiente tabla:

CAPÍTULO	EXIGENCIA DEL REGLAMENTO		CUMPLIMIENTO	PÁGINA
H.1.1.2.1 Firma de los estudios	Ingeniero civil con 5 años de experiencia y/o estudios de postgrado en geotecnia	O.K.	✓	2
	Memorial de responsabilidad, copnia y tarjeta profesional vigente	O.K.	✓	2
H.2.2.2.1 (a) Información del proyecto	Nombre		✓	1
	Planos de localización regional y local del proyecto		✓	12
	Localización de los sondeos realizados		✓	73
	Objeto del estudio		✓	10
	Descripción general del proyecto		✓	11
	Sistema estructural		✓	11
	Evaluación de Cargas		✓	11
H.3.1 Unidades de construcción	**(a)** Una edificación en altura,		✓	11
	(b) Grupo de construcciones adosadas, cuya longitud máxima en planta no exceda los 40 m,		N.A	--
	(c) Cada zona separada por juntas de construcción,		N.A	--
	(d) Construcciones adosadas de categoría baja, hasta una longitud máxima en planta de 80 m		N.A	--
	(e) Cada fracción del proyecto con alturas, cargas o niveles de excavación diferentes.		N.A	--
H.3.1.1 Clasificación de las unidades de construcción por categorías	Categoría Baja hasta 3 niveles	O.K.	✓	29
	Categoría Media 4 a 10 niveles	N.A.		
	Categoría Alta 11 a 20 niveles	N.A.		
	Categoría Especial mayor de 20 niveles	N.A.		
H.2.1.1.1 - H.3.2.2 Investigación del subsuelo y exploración de campo	Apiques	N.A.	✓	30
	Trincheras	N.A.		
	Perforación o sondeo con muestreo o sondeos estáticos o dinámicos	O.K.		
	U otros procedimientos exploratorios reconocidos en la práctica	N.A.		
H.2.1.1.2 Análisis y recomendaciones	Interpretación técnica conducente a la caracterización del subsuelo y la evaluación de posibles mecanismos de falla y de deformación para sustituir los parámetros y las recomendaciones necesarias para el diseño y la construcción de los sistemas de cimentación y contención y de otras obras en el terreno influenciadas por factores geotécnicos.	O.K.	✓	39
H.3.2.3 Número mínimo de sondeos	El número mínimo de sondeos de exploración que deberán efectuarse en el terreno donde se desarrollará el proyecto se definen en la tabla H.3.2-1.		✓	29
H.3.2.4 Características y distribución de los sondeos	Las características y distribución de los sondeos deben cumplir las disposiciones enunciadas en el Informe además de las ya enunciadas en H.3.1-1 y H.3.2-1		✓	29
H.3.2.5 Profundidad de los sondeos	Por lo menos el 50% de todos los sondeos debe alcanzar la profundidad dada en la Tabla H.3.2-1, afectada a su vez por los criterios enunciados en el informe		✓	29
H.3.2.6 Número mínimo de sondeos	Dependerán de la unidad de construcción		✓	29
Cap. A.2 Definición de los niveles de amenaza y movimientos sísmicos de diseño	Se define los parámetros Aa, Av, Fa y Fv de acuerdo con el N, Vs e Su y los resultados de los sondeos		✓	46
H.2.2.2.1 (b) y (c) Información del subsuelo	Resumen del reconocimiento de campo		✓	28
	Morfología del terreno		✓	17-28
	Origen geológico		✓	17-28

CAPÍTULO	EXIGENCIA DEL REGLAMENTO			CUMPLIMIENTO	PÁGINA
	Características físico-químicas			✓	17-28
	Niveles freáticos con la interpretación de su significado			✓	39
H.2.2.2.1 (c) Información de cada unidad geológica	Identificación, espesor, distribución y parámetros obtenidos en los ensayos de campo y laboratorio.			✓	17-28
H.2.2.2.1 (d) Análisis geotécnico	Resumen de los análisis y justificación de los sistemas geotécnicos adaptados. Alternativas de cimentación y contención. Evaluaciones de estabilidad de las excavaciones.			✓	39
H.2.2.2.1 Registros de perforación	Perfiles de los sondeos.			✓	32
H.2.2.2.1 Resultado de pruebas y ensayos de campo y laboratorio	Resultado de cada uno de los ensayos de campo y laboratorio realizados en forma de gráficos o tablas.			✓	Ver anexos
H.2.5 Clasificación de los suelos como granulares o cohesivos	Se definen cuáles suelos pueden considerarse como granulares y cuáles como cohesivos.			✓	36
H.2.6 Normas técnicas	Normas que forman parte integrante del Reglamento NSR-10 y que fueron utilizadas para el desarrollo del presente estudio.			✓	11
H.3.3.3 Propiedades básicas mínimas de los suelos	Se especifican las propiedades mínimas de resistencia que se deben presentar, ensayo corte directo o SPT para suelos granulares y compresión simple o corte directo para suelos cohesivos.			✓	32
H.3.3.5 Ejecución de ensayos en campo	El ingeniero responsable del estudio podrá llevar a cabo pruebas de campo para la determinación de propiedades geomecánicas con equipos y metodologías de reconocida aceptación técnica.			✓	30
	Equipo de perforación	Mecánico	O.K.		
		Rotación	N.A.		
			N.A.		
	Certificados de calibración		O.K.	✓	Ver anexos
Cap. H.9 Condiciones geotécnicas especiales	Se requiere identificar los suelos expansivos, los suelos colapsables y analizar los efectos de la vegetación.			✓	43
H.2.3 Analizar la existencia de agua subterránea	Los estudios geotécnicos deben analizar la existencia de agua libre, flujos potenciales de agua subterránea y la presencia de paleocauces.			✓	N.A.
H.4.6 Definición de la profundidad de cimentación	Se establecen las profundidades mínimas de cimentación para los cálculos de capacidad teniendo en cuenta la posibilidad de erosión, fubificación, cambios de humedad y raíces de árboles.			--	56
H.4.7 Cálculo de factor de seguridad de las cimentaciones	El NSR-10 aconseja los factores de seguridad que se deben cumplir para capacidad de soporte de cimentaciones.			✓	50
H.4.8 Cálculo de asentamientos	Se exige calcular los asentamientos mediante modelos de aceptación generalizada, empleando parámetros de deformación obtenidos a partir de ensayos de laboratorio o campo.			✓	43-45
Cap. H.5 Estudio de estabilidad de taludes y laderas	Se establecen los procedimientos para el cálculo de estabilidad de taludes y excavaciones.		N.A.	--	N.A.
H.5.2.5 Definición del sismo de diseño para análisis seudoestático de taludes	Se definen los valores mínimos de aceleración para el análisis seudoestático de taludes.		N.A.	--	N.A.
			N.A.	--	N.A.

CAPÍTULO	EXIGENCIA DEL REGLAMENTO		CUMPLIMIENTO	PÁGINA
H.2.4.3 Cumplimiento de factores de seguridad mínimos para estabilidad de taludes	En la tabla H.2.4-1 se establecen los factores de seguridad básicos mínimos directos.			
Cap. H.6 Análisis de presiones de tierras y estructuras de contención	Se establecen los criterios para el análisis de presiones de tierra y estructuras de contención.	N.A.	--	N.A.
H.2.2.2.1 (e) Recomendaciones para el diseño	Tipo de cimentación	O.K.	✓	56-62
	Profundidad de apoyo	O.K.	✓	56-62
	Presiones admisibles	O.K.	✓	41
	Asentamientos calculados incluyendo diferenciales	O.K.	✓	43-45
	Tipos de estructuras de contención y parámetros para su diseño	N.A.	--	N.A.
	Perfil de suelo para diseño sismo resistente	O.K.	✓	32
	Parámetros para análisis de interacción suelo estructura	O.K.	✓	48
	Planes de contingencia en caso de que se excedan los valores,	N.A.	--	N.A.
	Evaluación de estabilidad de excavaciones, laderas y rellenos; y diseño de filtros.	N.A.	--	N.A.
H.2.2.2.1 (f) Recomendaciones para la protección de edificaciones y predios vecinos	Cuando las condiciones del terreno y el ingeniero encargado del estudio lo estime necesario se debe elaborar un capítulo que contenga estimación de los asentamientos ocasionados por presencia de nivel freático y otros efectos, diseño de sistemas de soporte y medidas preventivas.	N.A.	--	N.A.
H.2.2.2.1 (g) Recomendaciones para construcción (Sistema constructivo)	Es un documento de obligatoria elaboración, el cual debe ser verificado por las autoridades que expidan las licencias de construcción.	O.K.	✓	11
Cap. H.8.4 Sistema constructivo de cimentaciones	Definir profundidad de desplante, secuencia para realizar las excavaciones, disposición de sobrantes, tiempo máximo de exposición, efectos de los cambios de humedad.	O.K.	✓	56-62
Cap. H.8.2 Sistema constructivo de excavaciones	Procedimiento de excavación para minimizar los movimientos de las construcciones vecinas y servicios públicos, control de flujo de agua subterránea, secuencia de excavación, protección de taludes permanentes y plan de contingencia para excavaciones.	O.K.	✓	56-62
Cap. H.8.3 Sistema constructivo de estructuras de contención	Se debe incluir la secuencia completa de ejecución de actividades de tal manera que se garantice que los suelos no sufran variaciones importantes en su rigidez y resistencia, sistemas de drenaje preventivo.	N.A.	--	N.A.
H.2.2.3 Asesoría geotécnica en las etapas de diseño y construcción	Para proyectos de categoría media, alta y especial, se debe contar con el acompañamiento de un Ingeniero Geotecnista quién aprobará durante la ejecución de la obra los niveles y estratos de cimentación y los procedimientos de excavación.	O.K.	✓	72
H.2.2.2 (h) Anexos	Resumen de los resultados en forma de gráficos, fotografías, registros de perforación y resultados de ensayos de campo y laboratorio.	O.K.	✓	66-83

1 INTRODUCCIÓN

El presente estudio tiene como objetivo definir las propiedades geotécnicas del suelo, condiciones del subsuelo y el asentamiento tolerable con el fin de conocer la capacidad portante del suelo y así recomendar el sistema de cimentación más conveniente para el proyecto de "CONSTRUCCION DE OBRAS DE SANEAMIENTO BASICO PARA EL PREDIO LOTE A EN EL MUNICIPIO DE ACACÍAS, META".

En el documento inicialmente se presenta toda la información previa obtenida, se hace referencia a las características del sitio y del entorno en general, a las características del proyecto a ejecutar y a la investigación de campo realizada con los respectivos ensayos de laboratorio y verificación.

Luego se desarrolla el análisis de los datos obtenidos, tanto en campo como en laboratorio; se determinan las características del subsuelo, su estratigrafía y se realiza una interpretación geotécnica.

Finalmente, se presenta el resumen de la evaluación de los trabajos de campo, ensayos de laboratorio, análisis de ingeniería, capacidad admisible de carga, se define el tipo de cimentación más adecuada y se presentan las recomendaciones para el manejo de taludes, luego se presentan las conclusiones y recomendaciones que garanticen el adecuado comportamiento del sistema y la estabilidad de las redes proyectadas.

Es importante resaltar que el estudio se ejecutó de acuerdo con el reglamento colombiano de construcción sismo resistente, NSR-10 título H y la norma RAS17.

Nuestra empresa cuenta en la actualidad con Certificación ISO9001-2015 con la entidad Bureau Veritas y los equipos de laboratorios se encuentran calibrados por una entidad Acreditada por la ONAC, tal y como lo solicita la Norma.

2 OBJETIVO GENERAL

Basados en la NSR-10 y norma RAS, el objetivo principal es definir las características actuales del terreno, el tipo de cimentación más apropiado y emitir las conclusiones y recomendaciones que permitan garantizar la estabilidad del proyecto.

2.1 Objetivos Específicos

- Planear y ejecutar un completo programa de exploración y ensayos de campo y laboratorio sobre el sitio en estudio.
- Investigar la clase de terreno para definir la cimentación adecuada para el proyecto.
- Recomendar los anchos de excavación y sistema de entibado.
- Determinar la zona de amenaza sísmica y el coeficiente de importancia de acuerdo con el uso de la edificación a construir.
- Conocer mediante ensayos de laboratorio las propiedades de los materiales de cada estrato encontrado en el área del proyecto.
- Definir la información geotécnica necesaria y suficiente, que permita establecer los parámetros de diseño, para el dimensionamiento geotécnico de la cimentación, considerando como criterios de diseño, la capacidad portante, los asentamientos y las fuerzas horizontales.
- Calcular la capacidad portante y el asentamiento del suelo.
- Detectar la posición del nivel de aguas freáticas (NAF).
- Obtener los parámetros geotécnicos que se requieren para el diseño de cimentaciones, estructuras enterradas y estructuras de contención.
- Establecer la profundidad adecuada para la cimentación de la estructura.

3 GENERALIDADES DEL PROYECTO

Se realizo el estudio geotécnico para construcción de obras de saneamiento básico para la construcción de palacio municipal y distrito de policía en el municipio de acacías.

Los sitios escogidos para los ensayos se realizaron dentro del área a construir señalado por el ingeniero a cargo del proyecto.

3.1 Alcance del estudio

Para la realización del estudio se ejecutaron sondeos manuales y ensayos de laboratorio, se analizó la geología general de la región y se consultaron los estudios de otros sitios cercanos al área; sin embargo, al construir el proyecto pueden encontrarse condiciones diferentes, las cuales no fueron detectadas en el momento de la realización del estudio.

3.2 Cumplimiento del Reglamento Colombiano de Construcción Sismo

El presente Estudio Geotécnico cumple con la Ley 400 del 19 de agosto de 1997 y el Decreto 926 del 19 de marzo de 2010 (Reglamento Colombiano de Construcción Sismo Resistente NSR-10) y la norma RAS17.

El ingeniero geotecnista da fe de que conoce el sitio y lo ha visitado para efectos de la elaboración del estudio.

3.3 Sistema estructural

El sistema estructural propuesto consiste en un sistema de redes de alcantarillado y cajas o pozos de inspección.

3.4 Información existente

No se encontró información existente en las entidades públicas o privadas.

3.5 Descripción de cargas de las obras proyectadas

Los tipos de carga que una tubería enterrada debe soportar son principalmente los siguientes:

Cargas de Trabajo: Peso de la tubería, Peso del fluido y Carga muerta externa.

Cargas Vivas: Cargas vivas en vías, Cargas vivas de vías férreas y ferrocarriles, Cargas vivas de aviones y Cargas vivas durante una construcción.

Carga por Impacto: Estas cargas se representan por un factor que mayora las cargas vivas.

La carga muerta externa total de diseño por unidad de longitud de la tubería (We) está dada por la suma de la carga de suelo (Wd), la carga externa concentrada (Wcsu) y la carga externa equivalente debido al peso del líquido en la tubería (Ww), por unidad de longitud en cada caso.

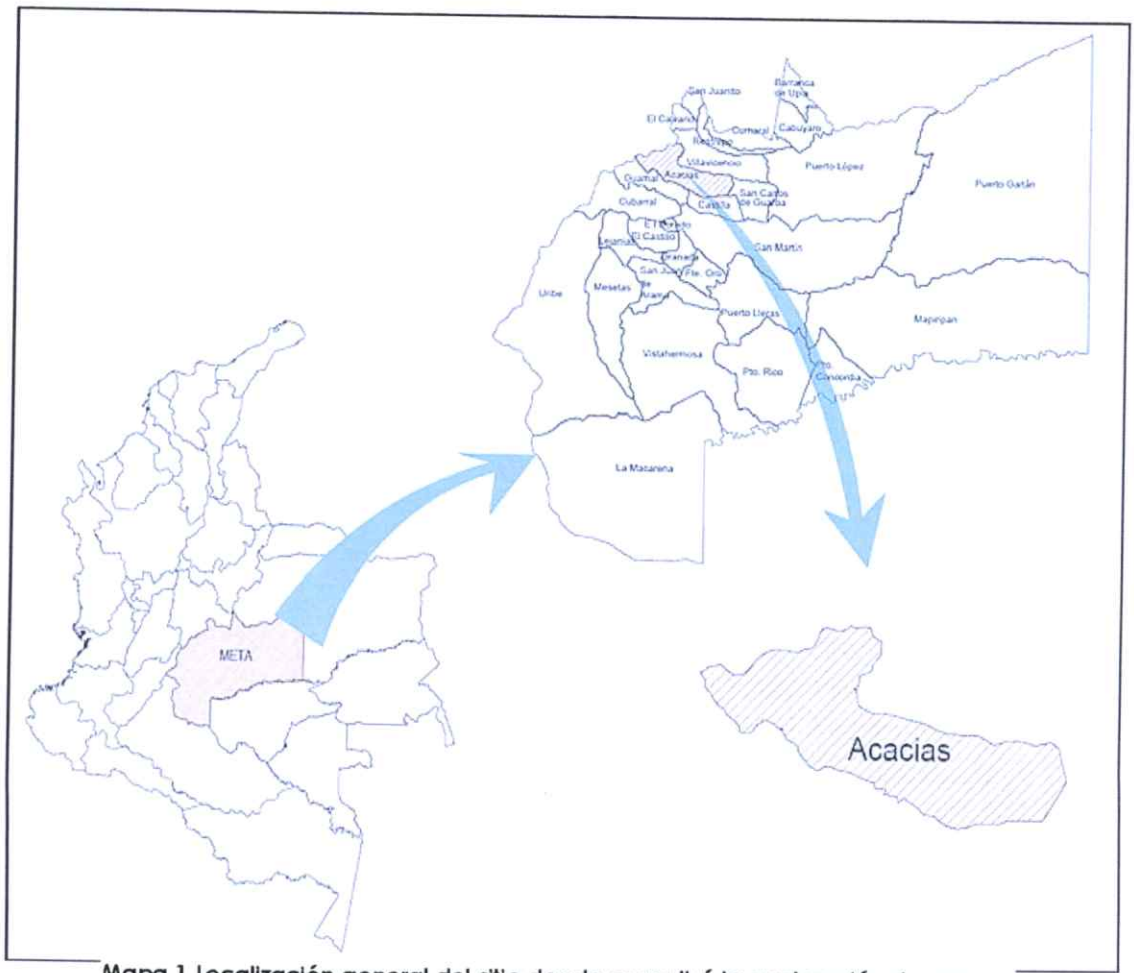
4 LOCALIZACIÓN GENERAL DEL PROYECTO

La zona en estudio está ubicada en el municipio de Acacias, municipio colombiano, situado en el departamento del Meta. Es uno de los municipios más importantes de este departamento, no solo por su población e importancia económica sino por el tesoro cultural que hay en ella.

La ciudad se ubica 28 km al sur de Villavicencio, y a 126 km de distancia de Bogotá, capital de Colombia.

Acacías hace parte de los Llanos orientales, y se encuentra bastante cerca de la Cordillera Oriental. Ramal de la Cordillera de los Andes, lo que genera una temperatura media de 24° C (75,2° F). En Acacías, los veranos son muy calientes y secos, los inviernos son cortos, caliente, mojados y parcialmente nublados. Durante el transcurso del año, la temperatura generalmente varía de 19 °C a 31 °C y rara vez baja a menos de 15 °C o sube a más de 34 °C.

A continuación, se muestra la localización general donde se realizaron los sondeos.



Mapa 1 Localización general del sitio donde se realizó la exploración de campo.

Fuente: Propia

Imagen 1 Ubicación general del estudio, Palacio Municipal y Distrito de policía, Acacias, Meta

Fuente: Google earth

4.1 Características físicas generales del lote y del área estudiada

Se pretende realizar la construcción del sistema de acueducto y alcantarillado de luna estación de policía en el municipio de Acacias, departamento del Meta; Los sitios escogidos para los ensayos se realizaron dentro del área a construir señalado por el ingeniero a cargo del proyecto.

4.2 Características ambientales

4.2.1 Clima[1]

El Municipio de Acacías se encuentra enmarcado dentro de la región objeto de estudio general de suelos de los Municipios del Calvario, Guamal, Villavicencio, Restrepo y Cumaral elaborado por IGAC subdirección agrológica 1980. La región objeto de este estudio abarca tres grades unidades bioclimáticas:

Zona Cordillerana, Piedemonte Llanero y Plano de desborde. La mayor parte la ocupa el plano de desborde.

[1] Plan básico de ordenamiento territorial – Municipio de Acacias. Pág. 33.

Con base en el análisis de la información climática se han podido establecer grandes diferencias en cuanto a clima se refiere. En la Zona Cordillerana se presentan precipitaciones que superan los 3.000 mm de promedio anual, con temperaturas bajas.

En el Piedemonte las precipitaciones y las temperaturas aumentan gradualmente, no así hacia las formas de terrazas, plano aluvial marginal y planicie aluvial de desborde donde las precipitaciones disminuyen y las temperaturas aumentan. En la mayor extensión del municipio se encuentra dentro un régimen de lluvias que oscilan entre 3.000 y 4.000 mm por año y temperaturas entre 17 y 27°C, corresponde al clima cálido y húmedo.

4.2.2 Precipitación [2]

De acuerdo con la distribución de las lluvias se pueden diferenciar dos períodos de alta pluviosidad y uno de menor precipitación más o menos definidos. Se registra la mayor cantidad de lluvias en los meses de abril, mayo y junio; a partir de este mes se presenta una pequeña disminución en la precipitación pluvial; pero se conservan las lluvias que se acrecientan nuevamente en el mes de octubre.

El periodo de menor precipitación va de noviembre a febrero que comúnmente se denomina de verano. Los registros de precipitación están representados por la estación pluviométrica corriente Acacías con datos que oscilan entre 3.522 y 9766 mm/año. Estos registros no alcanzan a ser representativos en toda el área, pero dan una idea de las condiciones pluviométricas. La precipitación promedio es de 4972 mm/año.

4.2.3 Temperatura [3]

En la parte occidental del área urbana se encuentran los pisos subtropicales y bajo montano y en poca proporción bosque húmedo.

Las temperaturas medias corresponden a un piso térmico tropical de 24°C y en la parte de cordillera a un subtropical variados de 18°C a 24°C. Para el sector de Acacías (aunque similar en todo el Departamento) la temperatura es máxima entre enero y abril, sobre los 27°C.

Con pisos más altos en febrero, descendiendo entre marzo y julio con pico en julio de 23.5°C, volviendo a ascender entre agosto y diciembre. Lo que da por resultado una variación estable en cuanto a temperaturas.

4.2.4 Humedad Relativa [4]

Los valores para este fenómeno atmosférico están dados por la estación meteorológica del aeropuerto de Vanguardia Villavicencio.

La humedad relativa media anual es de 75% generalmente alta en horas de la mañana (84% promedio), a mediodía la humedad relativa disminuye hasta un 65% y vuelve a aumentar en la tarde para registrar un promedio de 80%. Los promedios mensuales de humedad más bajos se

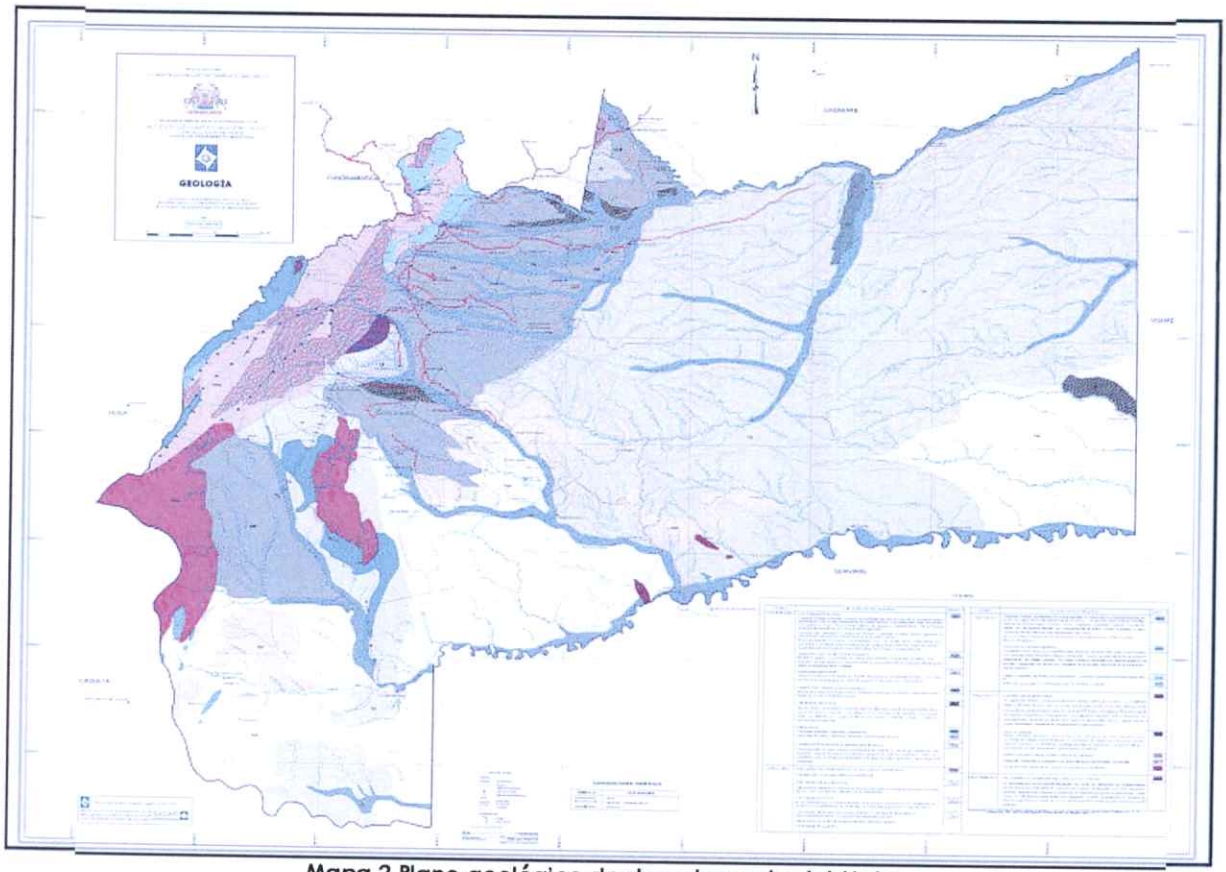
[2] Plan básico de ordenamiento territorial – Municipio de Acacías. Pág. 34.
[3] Plan básico de ordenamiento territorial – Municipio de Acacías. Pág. 35.
[4] Plan básico de ordenamiento territorial – Municipio de Acacías. Pág. 35.

registran en los meses de enero a marzo. En el resto de los meses, la humedad relativa media mensual sube a valores superiores a 77%: Los meses de junio y julio son los de más alto registro, entre 81% y 82%.

5 ENTORNO GEOLÓGICO Y GEOMORFOLÓGICO

Todo proyecto por construir está influenciado por las condiciones geológicas, tanto locales como regionales, y ninguna de las dos debe descartarse con miras a realizar los diseños respectivos y evaluar el comportamiento futuro de las obras construidas.

5.1 Localización geológica regional del proyecto



Mapa 2 Plano geológico de departamento del Meta
Fuente: Instituto Geográfico Agustín Codazzi - IGAC

El proyecto se ubica el municipio de Acacias el cual ha sido formado por una serie de eventos geológicos dominados principalmente por la tectónica regional y la modelación geomorfológica de los períodos geológicos recientes.

5.2 Aspectos Geológicos[5]

La vertiente Este de la Cordillera Oriental está constituida por afloramientos rocosos de dirección NNE- SSW. Esquistos metamórficos ordovicianos afloran en forma de inclusiones entre las lutitas y las areniscas cretácicas. En la parte baja de la cordillera se encuentra depósitos terciarios que afloran hacia el Este.
La geología de las áreas de estudio, se enmarcan también dentro del contexto general que define la estructura (litología y tectónica) de la cordillera Oriental: se trata de relieves estructurales en sedimentos plegados que han sido objeto de una intensa disección diferencial con su labor selectiva. La morfoestructura del área contemplada de la cordillera oriental está ligada esencialmente al tipo de material rocoso y al tipo de movimientos tectónicos que han afectado profundamente al macizo antiguo y a su cobertura sedimentaria.

Es por esto que aquí los pliegues y las fallas hayan interferido simultáneamente en la definición de la estructura. Los anticlinales están construidos en rocas resistentes, areniscas, calizas masivas o conglomerados y las depresiones sinclinales en rocas poco resistentes como las arcillolitas o de alternancia de areniscas con arcillolitas. Además, la erosión diferencial ha jugado un rol muy importante en la escultura de estos relieves ofreciendo una gama variada de "relieves residuales" sobre todo en la vertiente occidental como lo atestiguan la presencia de cuestas y combas o anticlinales tumbados. Se trata del relieve típico de una cuenca sedimentaria caracterizado por la presencia de capas duras alternando con capas menos resistentes, concordantes o débilmente concordantes que hacen que el relieve se organice según el dispositivo estructural.

Litología: La composición litológica aproximada de estas formaciones está representada de la siguiente manera:

- Terciario Superior Medio, compuesto por areniscas y conglomerados.
- Terciario Inferior (formación Guaduas), compuesto por areniscas y esquistos arcillosos.
- Cretáceo Superior (formación Guadalupe), compuesto por areniscas.
- Cretáceo Medio (formación Villeta), constituido por shales con capas de calizas.
- Paleozoico (Carbonífero), formado por esquistos que alteran con calizas metamórficas.

Mantos de ceniza (extrusiones ígneas): Se restringe exclusivamente a sectores muy localizados de la cordillera, en el macizo de Sumapaz sin que su espesor supere el metro; proceden de eyecciones del Nevado del Ruiz. Generalmente están interestratificadas con sedimentos de origen glaciar (morrenas a 3.380) lo que determina la ausencia de un modelo específico. En el flanco oriental no se encontraron vestigios y si existieron, no permanecieron por las fuertes pendientes.

Rocas Metamórficas: Este grupo de rocas, expuestas exclusivamente en el flanco oriental de la cordillera, constituyen el basamento más antiguo del área del transeco. Está representado por el grupo Quetame de edad Paleozoica (cambro-ordoviciano), constituido por esquistos

[5] Plan básico de ordenamiento territorial – Municipio de Acacías. Pág. 51 – 70.

cloríticos verdes y negros, filitas, pizarras y niveles locales de areniscas, denominadas por D. Suescun (1965) como los esquistos de Quetame.

La base de la serie de Quetame lo constituye un conglomerado seguido por niveles de pizarras de 800 m de espesor fuertemente subplegada (llamadas pizarras de Saname, por Hubach, 1957). Las pizarras están cubiertas localmente, y en forma discordante, por niveles de areniscas cuarzosas.

Todo el conjunto que atraviesa el sector en dirección N-S, presenta un modelado abrupto con vertientes largas y empinadas y entalles profundos de la red de drenaje que originan una fuerte inestabilidad del material (pendientes de 35 a 70°).

Además, los esquistos presentan un buzamiento sub-vertical y están poco alterados, pero intensamente diaclasados y fracturados lo que favorece, junto con la alta humedad edáfica, los desprendimientos (bajo bosque y bajo pasto) y la solifluxión.

En sectores donde la alteración es mayor (se destacan hasta 5 m de alterita) aumenta la concentración de agua y por tanto la plasticidad del material arcilloso, lo que aumenta a su vez los desprendimientos y la solifluxión, esta última domina en los coluvios de pie de vertiente. En las vertientes, por encima de los 1520 m.s.n.m., aumentan la pendiente y el número de desprendimientos.

Rocas sedimentarias: La inmensa gama de rocas sedimentarias existentes en este sector de la cordillera oriental, de composición y comportamiento diferente, han permitido diferenciar tres grupos.

- Rocas resistentes: conglomerados, areniscas, calizas.
- Rocas blandas: lutitas, arcillolitas.
- Rocas heterogéneas: complejo de rocas resistentes y blandas como conglomerados y lutitas, lutitas y areniscas interestratificadas, arcillolitas y calizas interestratificadas.

Areniscas masivas: Representadas principalmente por las formaciones cretáceas del grupo Guadalupe, grupo Villeta y formación, Cáqueza (areniscas de Gutiérrez- Quetame) en el flanco oriental. En el occidente, cerca de San Juan de Rio seco y desde el valle del Magdalena hacia el páramo de Sumapaz forman flancos muy estrechos y alargados de anticlinales muchas veces fallados, originando escarpes de frente de cabalgamiento que separan amplias depresiones sinclinales (sinclinal de San Bernardo-Cabrera).

En los sectores donde estas areniscas son cortadas por ríos, como el Sumapaz, forman cañones profundos de paredes sub-verticales donde dominan los desprendimientos y desplomes. En toda la región están presentes los cuatro niveles definidos por Hubach (1957): areniscas de labor, tierna nivel de plaeners y arenisca dura.

Dichos niveles están ampliamente representados en la cuenca del Río Sumapaz donde forman fajas longitudinales muy estrechas. Las areniscas tiernas y de labor forman los reveses estructurales que buzan hacia el sureste. El nivel de plaeners que consta de lutitas negras interestratificadas con porcelanitas y areniscas muy finas, conforman una faja muy delgada en

el eje del anticlinal entre la arenisca de labor y tierna y los gruesos bancos de areniscas dura (300 m de espesor) intercalada con lutitas.

Las areniscas ofrecen en general un modelo de vertientes abruptas mostrando poca alteración del substrato, pero con una fuerte fracturación. Su comportamiento frente a los procesos erosivos es diferencial variable por las variaciones bioclimáticas, se desarrollan en especial procesos de remoción en masa, desplomes, derrumbes o deslizamientos.

En la vertiente occidental están presentes las areniscas de Gutiérrez- Quetame a lo largo de la quebrada Palmarito (afluente del Río Blanco al este de Gutiérrez) conformando relieves prominentes de anticlinales y sinclinales estrechos y fallados. Son areniscas cuarzosas masivas de 300 y 700 m de espesor con alteritas arcillosas que presentan fuertes incisiones por la red de drenaje.

Hacia el oeste de la población de Cáqueza, un poco al norte del área del estudio, alcanzan a aflorar las areniscas conglomeráticas de Cáqueza, de espesor variable que pasa lateralmente a facies arcillosas.

Se desarrollan procesos ligados principalmente a la solifluxión (sobre todo en las alteritas de tipo arcilloso) con algunos golpes de cuchara y surcos.

Lutitas: Las lutitas puras o shales negros aparecen sólo en la vertiente occidental representadas por la formación Villeta inferior de Cretáceo y Superior. Ofreciendo relieves de resistencia variable según ese medio climático, con espesor mayor de 600 m.

En el área de San Juan de Rioseco, las lutitas aparecen en los alrededores de las poblaciones de Bituima y Quipile, en una ancha faja longitudinal. Son facies bastante arcillosas con intercalaciones de arenisca fina, conformando generalmente relieves bajos (colinas). En los sectores indicados las características del clima que han permitido una buena cobertura vegetal, con un elevado porcentaje de humedad dan origen a movimientos en masa.

Más comúnmente las lutitas aparecen interestratificadas con delgados bancos de areniscas que constituyen superficies de deslizamientos potenciales. Las lutitas, en su mayor parte alteradas, son materiales de poca resistencia a la erosión en relación con las areniscas. Se observa que en los frentes de monoclinal forman abruptos importantes y en los anticlinales o sinclinales ofrecen un relieve de colinas donde domina el escurrimiento superficial.

En el páramo de Sumapaz, dentro del piso periglaciar, los sitios donde hay estos materiales están sometidos diariamente a la gelifracción a nivel del micromodelado con desprendimientos locales.

A alturas inferiores, en medios de alta humedad edáfica están sometidas a la sofusión y donde se presentan fuertes periodos secos al escurrimiento concentrado en surcos y cárcavas. La red de drenaje es muy intensa y profunda formando valles agudos.

Lutitas interestratificadas con calizas: Las lutitas interestratificadas con calizas constituyen un conjunto de poca resistencia, originando un modelado de colinas con dolinas de origen cárstico bien expuestas en el nacimiento del Río San Juan (sinclinorio de Une), formaciones de Chipaque y Fómeque; consta de bancos gruesos de lutitas negras con lentes de caliza, arenisca y arcillas.

Son formaciones poco resistentes a la erosión situadas en las márgenes y en las depresiones sinclinales donde se observa un drenaje débil y discontinuo muy seguramente por la presencia de calizas (sector de Villa Rica); domina el escurrimiento difuso y la sofusión. En el flanco oriental, donde afloran las capas rojas del Valle del Guatiquía y del Río Clariza, formando relieves abruptos, donde alternan capas de 200 a 300 m de lutitas y calizas, las cuales están cubiertas en forma discordante por una capa delgada conglomerados. Dominan los procesos ligados a la sufosión, golpes de cuchara y procesos de disolución química.

Arcillas y arcillolitas: Las arcillolitas como unidad pura, comprenden principalmente las facies arcillosas de las formaciones Guaduas y Bogotá del Maestrichtiano- Paleoceno variando su espesor de 500 a 1700 m. Ellas constituyen el fondo del sinclinal de San Juan de Río seco y de Iconozo donde conforman un modelado suave de colinas bordeadas por las crestas monoclinales en areniscas o conglomerados.

En estos sectores caracterizados por un clima de tendencia seca, las arcillolitas presentan un alto grado de impermeabilidad susceptibles al escurrimiento superficial difuso o concentrado. Además, con una cobertura vegetal conformada por arbustos bajos, dispersos, el suelo aparece frecuentemente desnudo.

En la cuenca del Sumapaz la formación Guaduas se vuelve más arenosa, dando origen a un modelado de colinas, con salientes rocosas producto de la erosión diferencial, con arcillas y areniscas interestratificadas, estas últimas conforman los relieves más prominentes. Ellas están constituyendo el sinclinal de Iconozo y San Bernardo en el flanco que colinda con las crestas estructurales del Guadalupe.

En el sector de Iconozo las arcillolitas presentan un comportamiento altamente plástico; posiblemente por la infiltración mayor en los reveses del monoclinal, da lugar a procesos de solifluxión en áreas de cultivo.

Arcillolitas interestratificadas con areniscas: Este conjunto litológico dominante en la depresión sinclinal de San Bernardo corresponden a las formaciones Guaduas y Gualanday medio de edad Eoceno Superior.

En la región de San Bernardo-Cabrera constituye un conjunto de materiales poco consolidados compuestos de gredas abigarradas y areniscas de grano grueso, con un nivel espeso de arcillas. Cuando están bajo clima húmedo domina el escurrimiento difuso a concentrado en surcos y cárcavas, los deslizamientos rotacionales y la solifluxión dada la baja consistencia de las areniscas. Además, la inrestratificación crea planos de impermeabilidad donde actúa la sufosión y posteriormente el escurrimiento concentrado. El aterrazamiento acentúa todos estos procesos.

Depósitos cuaternarios: Estos han sido subdivididos en depósitos de origen aluvial, coluvial y glaciar del cuaternario antiguo y medio y del cuaternario reciente.

Depósito y formas aluviales: Los depósitos aluviales, la mayor parte de origen aluvio-torrencial, corresponde a cono, glacis, terrazas y aluviones, ampliamente extendidos a lo largo del piedemonte externo de la cordillera.

Los conos y glacis de Guamal-Acacías y Villavicencio forman extensas superficies planas, ligeramente inclinados hacia el este dispuesto a la salida de la cordillera, en el piedemonte terciario con una inclinación aproximada de 6°. Ellos, como se dijo, fueron originados durante la orogenia andina y después, cuando dominaba un ambiente de sedimentación fluvial. La parte alta o ápice, es la más espesa, alcanza 100 m en el sector de San Pedro localizado a 750 m.s.n.m. Están compuestos por cantos de areniscas blancas, deslizamientos con revestimientos superficiales ferruginosos y algunas intercalaciones del limolitas grises y turbas negras, dentro de una matriz arcillosa.

Las partes distales de explayamiento, más delgadas (50 m o menos) están compuestas por cantos de arenisca redondeados a sub-redondeados en una matriz fina.

Los cono y glacis se han denominado glacis-terraza ya que en muchos sectores han sido desmantelados dejando remanentes de terraza, donde se desarrollan suelos negros.

Por su edad, están fuertemente disectados, presentando una capa de coluvios en sus ápices. La presencia de induraciones y encostramientos sub-superficiales, que impermeabilizan los suelos, favorece el establecimiento de la sufosión que evoluciona hacia desprendimientos en pendientes fuertes y escurrimientos concentrados en las pendientes más débiles.

Los conos de características similares, pero con cantos y bloques más gruesos dentro de una matriz fina, presenta una pendiente más fuerte donde se desarrollan la sufosión, golpes de cuchara y escurrimientos concentrado.

Depósitos coluviales: Constituye los depósitos de pie de vertiente, dispuestos generalmente a lo largo de los principales abruptos rocosos de las diferentes formaciones litológicas. Su origen y composición es variable según la calidad; pudiendo ser de origen puramente gravitatorio o pueden relacionarse con derrubios de gelifracción en rocas duras (areniscas) o coladas de gelifluxión en rocas arcillosas, en pisos térmicos fríos. En el área de estudio, están altamente representados los coluvios de vertiente de pisos térmicos cálidos en los flancos externos de las cordilleras. Su origen está ligado a la actividad tectónica (fallas) y erosiva de la formación de la cordillera.

Estos depósitos están afectados generalmente por un escurrimiento difuso leve debido a la buena permeabilidad de los materiales. Sin embargo, también puede actuar la sofusión y los golpes de cuchara por la acción remontante de las cabezas de ejes de drenaje en los coluvios más antiguos. En los coluvios del flanco oriental la alta presencia de limos permite el desarrollo de un escurrimiento superficial intenso. Sobre los depósitos fluvio-glaciares dominan la solifluxión en lupas.

Depósitos del Cuaternario Reciente: Los depósitos del cuaternario están formados por los aluviones recientes de los ríos incluyendo las terrazas bajas y las llanuras de depositación aluvial actual. La mayor parte de estos depósitos se sitúan en la salida del piedemonte llanero y están constituidos de aluviones finos a gruesos con limos, arenas y gravillas. Se encuentran formando los cauces anastomosados de los principales ríos del oriente y de sus afluentes donde la erosión está ligada al zapamiento de las terrazas colindantes. En las llanuras aluviales, con suelos fértiles en cultivos son afectados por la erosión pluvial cuando se deja el suelo desnudo.

5.3 Geomorfología [6]

Forma del Relieve y Estructuras Geológicas: El modelado del relieve de la región estudiada se caracteriza por corresponder a dos partes más o menos individualizadas:

- Vertiente de la cordillera es decir la parte montañosa de la cordillera oriental, esta vertiente se extiende desde los 400 m a los 3500 m sobre el nivel del mar y se subdivide en pie de vertiente, vertiente irregular muy disectada y cima.

- Los Llanos propiamente dichos, donde se encuentran la planicie aluvial de desborde, el plano aluvial marginal, las terrazas aluviales, los valles y los abanicos.

Procesos de Formación y degradación: La Cordillera a través de su historia geológica ha estado sujeta a varios levantamientos. Los más importantes, desde el punto de vista genético ha sido los últimos levantamientos del Terciario y Cuaternario (FAO).

La Cordillera Oriental, al comienzo del Terciario, no tenía aún las elevaciones actuales y las formaciones del Cretáceo empezaron a ser cubiertas por depósitos Terciarios.

La sedimentación prosiguió a partir de materiales arrastrados por los ríos desde la Cordillera Central, que por esa época tenía alturas mayores que la Cordillera Oriental (FAO, 1975; OPENHEIM, 1942).

Entre el Mioceno y el Oligoceno se inició el gran levantamiento de la Cordillera Oriental, acompañado de fuertes plegamientos y fallas paralelas y transversales a los plegamientos, alcanzando alturas no mayores de 2.000 m. Posteriormente se formó el Terciario Superior presente aún en los flacos de la Cordillera (FAO, 1965).

Durante el Cuaternario ocurrió un levantamiento grande, Hubach (1954) deduce, de los afloramientos actuales, que las alturas alcanzadas por la Formación Guaduas (Terciario Inferior) fueron las siguientes: la región entre Bogotá y Villavicencio más de 6.000 m; en la región de Upía alrededor de 4.000 m; en el Nevado del Cocuy más de 7.000 m y en la depresión del Alto de Arauca entre 2.000 y 3.000 m.

El proceso de levantamientos diferencial ayuda a entender la presencia de los sedimentos del Llano. En las regiones de máxima elevación, la erosión fue la mayor debido a las pendientes. Como consecuencia de la erosión, los estratos superiores fueron removidos quedando al descubierto los estratos inferiores que posteriormente también se erosionaron.

En la Cordillera se puede observar el afloramiento de diferentes estratos. El material depositado en la parte plana es fiel reflejo de esta diferencia. El estrato Terciario, con excepción de los flacos bajos de la cordillera ha sido removido en su totalidad. En igual forma el Cretáceo también fue removido en el Sur casi completamente, pero en el Norte aún prevalece.

[6] Plan básico de ordenamiento territorial – Municipio de Acacías. Pág. 79 – 81.

El arrastre de sedimentos procedentes de diferentes estratos ha dado origen a suelos de diferentes clases texturales, así, los procedentes de areniscas son arenosos y los de pizarras y lutitas, arcillosos.

La mayor erosión en la cordillera y sedimentación en los Llanos se efectuó al principio pleistoceno. Estos fenómenos estuvieron precedidos de un gran plegamiento y levantamiento. También durante esta época se presentaron un gran número de glaciaciones en la América del Sur, como las que sucedieron en los Andes Colombianos, que cubrieron gran parte de la Cordillera Oriental (Herrera, 1977).

Este depósito del Pleistoceno se vio afectado por grandes cantidades de fallas paralelas a la cordillera; el ápice del Pleistoceno antiguo se levantó y unos kilómetros al Este se hundió. El hundimiento afectó la región del Arauca y Casanare y en menor grado al Meta (FAO, 1962).

En la zona de Villavicencio ocurrieron plegamientos y fallas sin producir el hundimiento total, que se presenta en un patrón de niveles bastante complicados; parte del cual corresponde al antiguo Pleistoceno y a sedimentos más jóvenes; por esta razón no hay una correlación absoluta entre el nivel y su edad.

Los distintos niveles de terraza posiblemente reflejan la sedimentación de cada una de las glaciaciones. Posteriormente los ríos disminuyeron en número y caudal, dejando cauces abandonados que formaron valles con aporte de sedimentos aluviales nuevos, depositados en fajas alargadas a lo largo de los ríos principales.

patógenos. Los aspectos sobre calidad del agua que surte el
acueducto municipal se desarrollarán en el aparte sobre la descripción de la situación actual acueducto.

6 METODOLOGÍA

Para cumplir el objetivo propuesto se efectuó la siguiente metodología:

- Establecer el número de sondeos y la profundidad de perforación, así como el tipo de ensayo in situ y ensayos de laboratorio.
- Realizar los análisis geotécnicos para determinar el sistema de cimentación más conveniente, incluyendo tipo y profundidad de cimentación, capacidad de soporte y asentamientos probables.
- Los ensayos de laboratorio se realizan para obtener las principales características físicas y mecánicas del suelo, sus propiedades de resistencia, asentamientos, a continuación, se presenta el resumen del proceso:
  - ✓ Reconocimiento del terreno.
  - ✓ Tomas de muestras inalteradas y ensayo de campo SPT.
  - ✓ Ejecución de ensayos de laboratorio.
  - ✓ Evaluación de los trabajos de campo y laboratorio.
  - ✓ Perfil estratigráfico.
  - ✓ Análisis de la Capacidad Portante Admisible.
  - ✓ Conclusiones y recomendaciones.

6.1 Trabajo en Campo

Se realiza inicialmente una visita de reconocimiento al sito donde se van a realizar los trabajos exploratorios para identificar las características topografías, geotécnicas y definir los sitios donde se realizan los ensayos de campo.

6.2 Exploración del subsuelo

Con el fin de determinar la estratigrafía del terreno, se llevó a cabo un programa de investigación del subsuelo, el cual comprendió la ejecución de exploraciones directas con equipo manual, así como un detallado programa de ensayos de laboratorio; Siguiendo el título H numeral H.3.1-1.

Tabla 1 Clasificación de las unidades de construcción por categorías

Tabla H.3.1-1 Clasificación de las unidades de construcción por categorías		
Categoría de la unidad de construcción	**Según los niveles de construcción**	**Según las cargas máximas de servicio en columnas**
Baja	**Hasta 3 niveles**	**Menores de 800 kN**
Media	Entre 4 y 10 niveles	Entre 801 y 4,000kN
Alta	Entre 11 y 20 niveles	Entre 4,001 y 8,000kN
Especial	Mayor de 20 Niveles	Mayores de 8,000kN

Fuente: Reglamento Colombiano de construcción Sismo Resistente, NSR-10

Requerimientos de número y profundidad de sondeos de acuerdo con el reglamento NSR- 10. El número mínimo de sondeos por cada unidad de construcción está definido por la tabla H.3.2-1 del NSR-10.

Tabla 2 Categoría de la unidad de construcción

Tabla H.3.2-1 Número mínimo de sondeos y profundidad por cada unidad de construcción Categoría de la unidad de construcción			
Categoría Baja	Categoría Media	Categoría Alta	Categoría Especial
Profundidad Mínima de sondeos: 6m	Profundidad Mínima de sondeos: 15m	Profundidad Mínima de sondeos: 25m	Profundidad Mínima de sondeos: 30m
Número Mínimo de sondeos: 3	Número Mínimo de sondeos: 4	Número Mínimo de sondeos: 4	Número Mínimo de sondeos: 5

Fuente: Reglamento Colombiano de construcción Sismo Resistente, NSR-10

Teniendo en cuenta que el proyecto corresponde a unidades de construcción de categoría baja, se efectuaron un total de tres (03) sondeos, realizados con equipo manual; estas perforaciones alcanzaron una profundidad hasta 6.00 m aproximadamente a partir del nivel de terreno. Los sondeos fueron definidos como (S1) al (S3).

El artículo H.3.2.5 especifica que al menos el 50% de los 3 sondeos exigidos debe alcanzar la profundidad de 6.0 metros por debajo del nivel de excavación; sin embargo, en el numeral (d) se define que en los casos donde se encuentre aglomerados rocosos o capas de suelos firmes asimilables a rocas, a profundidades inferiores a las establecidas en material firme, el 50% de los sondeos deberán alcanzar a penetrar mínimo 4.0 metros en este material, siempre y cuando se

verifique su continuidad de la capa o la consistencia adecuada de los materiales y su consistencia con el marco geológico local.

La relación de los sondeos efectuados y su localización en esta etapa del estudio es la que se presenta en la tabla 3:

Tabla 3 Profundidad de sondeos.

SONDEO	PROFUNDIDAD (m)	PROFUNDIDAD NIVEL FREÁTICO (m)	COORDENADAS	
			LATITUD	LONGITUD
S1	6.00	SUPERFICIAL	4° 0'18.36"N	73°46'25.00"O
S2	6.00	SUPERFICIAL	4° 0'15.99"N	73°46'24.99"O
S3	6.00	SUPERFICIAL	4° 0'17.10"N	73°46'23.09"O

Fuente. Autor

Durante la ejecución de los sondeos fueron identificados y descritos visualmente los diferentes estratos. Adicionalmente, se adelantó el ensayo de penetración estándar (SPT) con el fin de correlacionarlo con parámetros físicos y mecánicos, recuperando muestras alteradas con el tubo de cuchara partida (Split Spoon).

6.3 Ensayo de penetración estándar (SPT) (uso de tubería)

El Ensayo de Penetración Estándar, es una prueba dinámica algo sencilla, que se realiza a medida que se hacen las perforaciones y permite obtener la resistencia del suelo en sitio.

La mecánica de la prueba y el equipo a utilizar corresponden a lo descrito en la norma ASTM D 1586-67 y en resumen consiste en hincar en el estrato de interés un maestreado del tipo Cuchara Partida (Split Spoon Sampler) de diámetro 2", golpeándolo con un martillo de 63,5 Kg de peso, que se deja caer en forma libre desde 30" de altura, contando el número de golpes necesarios para lograr una penetración de 1 Pie, este número, se anota como N y es el resultado de la prueba.

La prueba, se repitió, en cada una de las perforaciones, a intervalos de profundidad de 1 m, se logró perforar hasta que encontramos rechazo "más de 50 golpes x 15 cm".

6.4 Investigación del Laboratorio

Al laboratorio **NHSQ INGENIERÍA S.A.S** ingresaron muestras de tres (03) sondeos que se sometieron a una detallada inspección visual con el fin de confrontar las descripciones realizadas por el personal en campo y elegir las muestras representativas para realizar sobre ellas los ensayos rutinarios de humedad natural y clasificación (límites de consistencia y granulometría por tamizado).
En el anexo del 2 al 4 se muestran los gráficos de columnas estratigráficas o perfiles con su respectiva localización y descripción del material, la posición del nivel.

Los datos e interpretaciones aquí obtenidas deberán ser corroborados en el sitio de obra ya que puede generarse nuevas condiciones a las originalmente consideradas por todas las partes

intervinientes, así como el escenario de construcción y avance del proyecto en el momento de la visita.

- Clasificación

Se emplean para identificar y clasificar los tipos de suelo dominantes en cada sitio explorado, y para desarrollar correlaciones entre propiedades básicas y parámetros de resistencia y deformabilidad. Entre los ensayos realizados se encuentran los límites de Atterberg y la composición granulométrica.

- Condiciones In Situ

Permiten establecer las condiciones geostáticas del suelo natural, representando condiciones de frontera y características de los materiales fundamentales para el diseño. Fueron determinados la humedad natural y el peso unitario.

Estas pruebas junto con las de clasificación, permiten establecer una primera aproximación al comportamiento mecánico de los materiales encontrados.

6.5 Ensayos de laboratorio

Los ensayos de laboratorio se realizaron con el fin de determinar las propiedades físicas y capacidad portante de las muestras extraídas. Los ensayos realizados son los siguientes:

- **Humedad Natural (Norma INV-E-122)**

Se tomaron para cada uno de los apiques las muestras de suelo, las cuales fueron colocadas en bolsas de polietileno herméticamente selladas y convenientemente identificadas.

- **Granulometrías (Norma INV- E-123)**

Para realizar el laboratorio respectivo se tomó como base una serie de tamices normalizados (1", ¾", ½", 3/8", N°4, N°10, 20, 40, 60, 80, 100, 200) mediante los cuales se determina la distribución porcentual de los tamaños de los materiales constitutivos del suelo de fundación.

Es de anotar que la fracción fina (pasa 200) se halló lavando el material sobre el tamiz N°200 (Ver anexos).

- **Límites de Atterberg (INV- E–123) (INV- E–126)**

Son los diferentes ensayos que se realizan en la fracción fina de los suelos (pasa 40) y tienen como fin conocer las características de resistencia y consistencia, y sus valores de humedad son necesarios para la clasificación de los suelos finos y su comportamiento estructural.

- Límite Líquido (Norma INV-E-125)
- Límite Plástico (Norma INV-E-126)

- **Resistencia al Corte Directo (ASTM D 3080 – AASHTO T 236 INV-E 154)**

Ensayo para determinar la resistencia al corte de una muestra de suelo consolidada y drenada, empleando el método de corte directo. La prueba se lleva a cabo deformando una muestra a velocidad controlada, cerca de un plano de corte determinado por la configuración de ensayo.

Tabla 4 Ensayos de laboratorio

ENSAYO	NORMA
Análisis granulométrico por tamizado	ASTM D422-63 – AASHTO T88 I.N.V.E. 123
Determinación en laboratorio del contenido de agua (humedad) en suelo, roca y mezcla de suelo-agregado	ASTM D 2216 - I.N.V.E. 122
Determinación del límite líquido, límite plástico e índice de plasticidad de los suelos	ASTM D 4318 – AASHTO T 8990 I.N.V.E. 12
Clasificación de suelos	ASTM D 2487
Resistencia al Corte Directo consolidado drenado	ASTM D 3080 – AASHTO T 236 I.N.V.E. 154

Fuente. Autor

7 PERFIL ESTRATIGRÁFICO PROMEDIO

Con base en los resultados derivados de la etapa de exploración del subsuelo y los ensayos de laboratorio, fue posible establecer la siguiente secuencia estratigráfica para el área del proyecto y una homogenización en los perfiles encontrados:

7.1 Sondeo 1

- Los primeros 20 centímetros se encontró material vegetal con materia orgánica.
- Seguido del estrato anterior y hasta una profundidad de 90 cm se encontró material arcilloso orgánico.
- Seguido del estrato anterior y hasta una profundidad de 2.00 m encontramos material sedimentario compuesto por arena limosa no plástica de color pardo. (A-2-4) (SM).
- Seguido del estrato anterior y hasta una profundidad de 5.00 m encontramos material sedimentario compuesto por arena limosa no plástica de color pardo. (A-2-4) (SM).
- Seguido del estrato anterior y hasta una profundidad de 7.00 m encontramos material sedimentario compuesto por arena limosa no plástica de color pardo. (A-2-4) (SM).

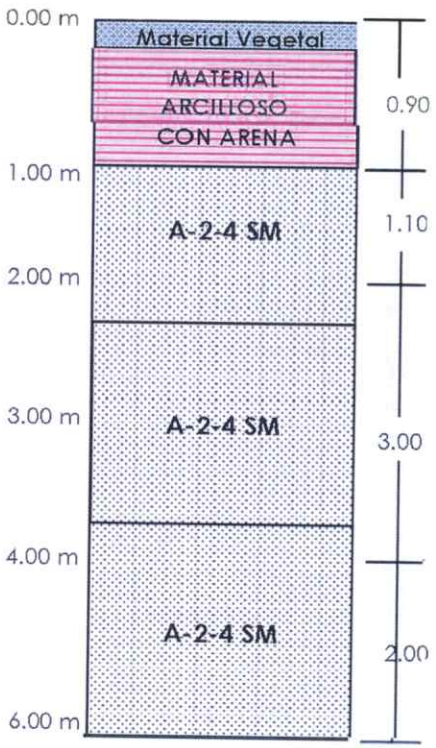


Figura 1 Perfil estratigráfico sondeo 1 al 3

Nota importante: De acuerdo con la norma ASTM D1586, para considerar rechazo se debe cumplir alguna de las siguientes condiciones:

1. Se aplica un total de 50 golpes, durante cualquiera de los tres incrementos de 15 cm que componen la prueba.

2. No se observa avance de la cuchara, durante la aplicación de 10 golpes sucesivo.

8 CLASIFICACIÓN DEL SUELO

Se clasifica los perfiles del suelo según A.2.4-2 — Número medio de golpes del ensayo de penetración estándar de la NSR-10.

$$N = \frac{\sum_{i=1}^{n} di}{\sum_{i=1}^{n} \frac{di}{Ni}}$$

Figura 2 Formula N promedio.

Donde:

N_i = número de golpes por pie obtenidos en el ensayo de penetración estándar, realizado in situ de acuerdo con la norma ASTM D 1586, haciendo corrección por energía N60, correspondiente al estrado i. El valor de N_i a emplear para obtener el valor medio, no debe exceder 100.

Se realiza la corrección del N al N60 según la fórmula de Speed (1985) y Skempton (1986).

$$N_{60} = \frac{N * n_H * n_B * n_S * n_R}{60}$$

Figura 3 Formula N60.

Tabla 5 calculo N_{60}

CALCULO N60

VARIACIÓN DE N_H		
TIPO DE MARTILLO	TIPO DE CAÍDA	NH (%)
DONUT	CAÍDA LIBRE	75%
DONUT	CUERDA - POLEA	45%
SEGURIDAD	CUERDA - POLEA	60%

VARIACIÓN DE N_B		
DIÁMETRO mm	DIÁMETRO in	NB
60-120	2.4-4.7	1.00
150	6	1.05
200	8	1.15

VARIACIÓN DE N_S	
TIPO DE MUESTREADOR	Ns
MUESTREADOR ESTÁNDAR	1.00
CON FORRO PARA ARCILLA Y ARENA DENSA	0.80
CON FORRO PARA ARENA SUELTA	0.90

VARIACIÓN DE N_R		
LONGITUD DE LA VARILLA >10	LONGITUD DE LA VARILLA >30	NR 1.00
6 a 10	20 a 30	0.95
4 a 6	12 a 30	0.85
0 a 4	0 a 12	0.75

Según las características del ensayo realizado por nuestra empresa y las dimensiones de la tubería utilizada las variaciones son:

Tabla 6 Factor de corrección

FACTORES DE CORRECCIÓN			
N_H (%)	N_B	N_S	N_R
75	1,00	1,00	0,75

Clasificación sondeo 1

ESTRATO	N	N60	ESPESOR DEL ESTRATO	di/N60
1	21	20	0.50	0.03
2	24	23	0.50	0.02
3	29	27	0.50	0.02
4	34	32	0.50	0.02
5	38	36	0.50	0.01
6	41	38	0.50	0.01
7	47	44	0.50	0.01
8	48	45	0.50	0.01
9	49	46	0.50	0.01
10	50	47	0.50	0.01
11	21	20	0.50	0.03
			5.50	0.15
			N=	36

El N promedio del sondeo 1 es 36

Clasificación sondeo 2

ESTRATO	N	N60	ESPESOR DEL ESTRATO	di/N60
1	23	22	0.50	0.02
2	27	25	0.50	0.02
3	31	29	0.50	0.02
4	37	35	0.50	0.01
5	41	38	0.50	0.01
6	45	42	0.50	0.01
7	45	42	0.50	0.01
8	49	46	0.50	0.01
9	49	46	0.50	0.01
10	50	47	0.50	0.01
11	23	22	0.50	0.02
			7.50	0.14
			N=	38

El N promedio del sondeo 2 es 38

Clasificación sondeo 3

ESTRATO	N	N60	ESPESOR DEL ESTRATO	di/N60
1	25	23	0.50	0.02
2	29	27	0.50	0.02
3	34	32	0.50	0.02
4	38	36	0.50	0.01
5	42	39	0.50	0.01
6	46	43	0.50	0.01
7	45	42	0.50	0.01
8	47	44	0.50	0.01
9	45	42	0.50	0.01
10	50	47	0.50	0.01
11	25	23	0.50	0.02
			3.50	0.14
			N=	39

El N promedio del sondeo 3 es 39

Según el artículo A.2.4.4 — DEFINICIÓN DEL TIPO DE PERFIL DE SUELO es **D**, ya la velocidad de onda de corte se encuentra dentro los límites, cumpliendo la condición 50 >Ñ > 15.

<

A.2.4.4 CLASIFICACIÓN DE LOS PERFILES DEL SUELO		
TIPO DE PERFIL	**DESCRIPCIÓN**	**DEFINICIÓN**
D	Perfiles de suelos rígidos que cumplan con el criterio de velocidad de la onda de cortante, 0	360 m/s > Vs ≥180 m/s
	Perfiles de los suelos rígidos que cumplan cualquiera de las dos condiciones	50 >Ñ > 15,0
		100 kPa (≈1kgf/cm2)> Su > 50 kPa (≈0.5kgf/cm2)

Fuente: Reglamento Colombiano de construcción Sismo Resistente, NSR-10 Título A. Tabla A.2.4-4.

Suelos expansivos:

Se conocen como suelos expansivos aquellos que presentan expansiones o contracciones, ósea cambios de volumen cuando varía su humedad o contenido de agua. Los materiales de arcilla tienen la capacidad de absorber una gran cantidad de agua y retenerla debido a su estructura, el agua produce el incremento del volumen en el material mencionado anteriormente y también una drástica reducción del volumen cuando el agua que retenía se seca.

Tabla 7 Evaluación del potencial de expansión de acuerdo con NSR-10

Potencial de expansión	Expansión Consolidómetro (%)	LL (%)	LC (%)	IP (%)	Partículas menores 1µ (%)	Expansión libre en probeta (%)
Muy Alto	>30	**>63**	**<10**	**>32**	>37	>100
Alto	20-30	50-63	6-12	25-45	18-37	>100
Medio	10-20	39-50	8-18	12-34	12-37	50-100
Bajo	<10	<39	>13	<20	<17	<50

Fuente: Reglamento Colombiano de construcción Sismo Resistente, NSR-10

Suelos colapsables:

Muchos de los fenómenos que determinan el comportamiento de los suelos son complejos y no pueden siempre reducirse a causas puramente mecánicas, sino que muchas veces intervienen factores de otra índole (químicos, ambientales, etc.), provocando un comportamiento singular del terreno.

En algunos suelos, estos factores "no mecánicos" tienen una importancia capital y son objeto de un estudio particular.

Dicho grupo de suelos es conocido genéricamente como "suelos estructuralmente inestables". Uno de los principales fenómenos que afectan a algunos de estos suelos es el colapso brusco de su estructura intergranular, denominándose a los suelos que presentan estas características: suelos colapsables. En estas notas se analizarán exclusivamente aquellos suelos en los cuales el colapso es provocado por humedecimiento.

Suelos dispersivos:

Las arcillas dispersivas son aquellas que, por la naturaleza de su mineralogía y la química del agua en los suelos, son susceptibles a la separación de las partículas individuales y a la posterior erosión a través de grietas en el suelo bajo la filtración de flujos.

Estas arcillas erosionan rápidamente en presencia del agua cuando las fuerzas repulsivas que actúan entre las partículas de arcilla exceden a las fuerzas de atracción (Van der Waals) de tal forma que las partículas son progresivamente separadas desde la superficie entrando a una suspensión coloidal.

Por esta razón estas arcillas son llamadas arcillas "defloculadas", "dispersivas" o "erodibles". Son suelos altamente erosivos a bajos gradientes hidráulicos del flujo del agua, e incluso en algunos casos en agua en reposo

Al estudiar las características de los suelos encontrados durante la exploración y de acuerdo con los resultados de laboratorio podemos decir que los materiales encontrados tienen

potencial de expansión bajo o nulo según la tabla N° 8, no tiene las características de suelos colapsables y por su naturaleza se descarta la presencia de suelos dispersivos.

9 CONDICIONES DEL PROYECTO

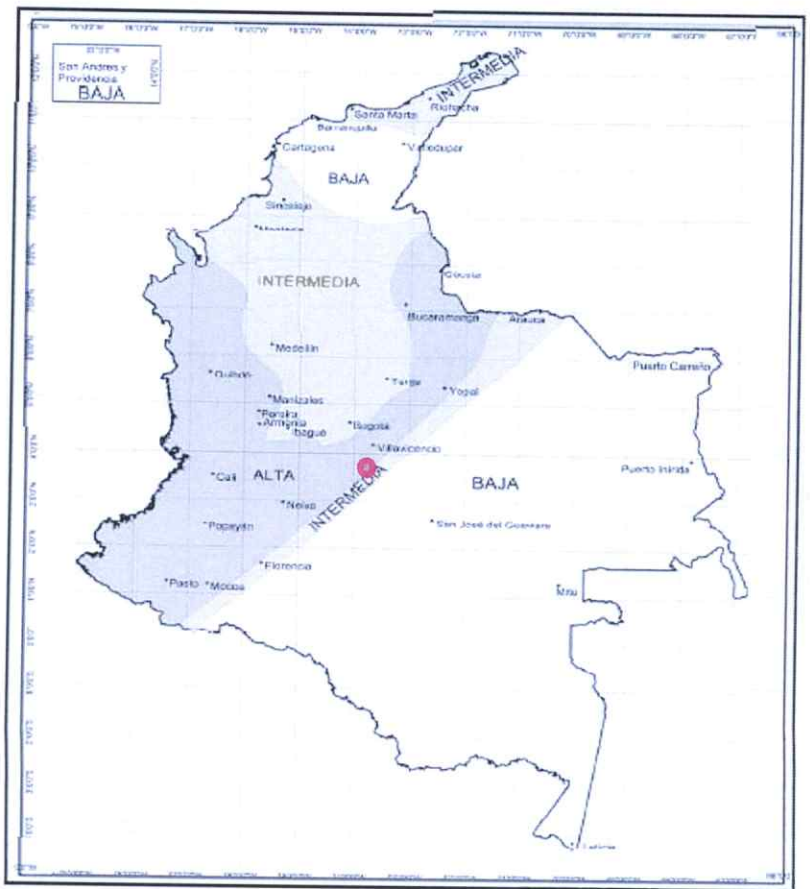
9.1 Sísmicas

El municipio de Acacias se encuentra ubicado en una zona de amenaza sísmica alta según NSR-10 - Apéndice A-4 - Valores de Aa, Av, Ae y Ad y definición de la zona de amenaza sísmica de los municipios colombianos.

Tabla 8 Definición de zona de amenaza sísmica

DEPARTAMENTO DE META					
MUNICIPIO	**Aa**	**Av**	**ZONA DE AMENAZA SÍSMICA**	**Ae**	**Ad**
Acacias	0,30	0,30	Alta	0,17	0,06

Fuente: Autor



Mapa 3 Zonas de Amenaza Sísmica aplicable a edificaciones para la NSR-10 en función de A_a y A_v

9.2 Coeficiente de importancia

Según la NSR-10 la edificación a construir se clasifica como Grupo IV — Son aquellas edificaciones de atención a la comunidad que deben funcionar durante y después de un sismo, y cuya operación no puede ser trasladada rápidamente a un lugar alterno. El coeficiente de importancia para este proyecto es 1.50.

Tabla 9 Valores del coeficiente de Importancia NSR-10

Grupo De Uso	Coeficiente De Importancia, I
IV	1.50
III	1.25
II	1.10
I	1.00

Fuente: Reglamento Colombiano de construcción Sismo Resistente, NSR-10

9.3 Nivel freático

Se encontró registro de nivel freático, cabe resaltar que los sondeos se realizaron en el mes de Junio de 2022 (época de invierno).

Tabla 10 Profundidad del nivel freático

Sondeo	Profundidad del N.A.F (m)
S1	SUPERFICIAL
S2	SUPERFICIAL
S3	SUPERFICIAL

Fuente: Propia

9.4 Topografía

Al realizar las perforaciones en el terreno se observó una superficie plana con diferencia de nivel mínima. (Ver registro fotográfico).

10 ANÁLISIS GEOTÉCNICO

Con base en las propiedades geotécnicas del sitio de proyecto y teniendo en cuenta tanto las condiciones de entorno como las características de la obra proyectada, se llevó a cabo el diseño geotécnico mediante el análisis de capacidad portante.

10.1 Consideraciones Generales

Para evaluar el parámetro de evaluación de la resistencia al corte y a la compresión uniaxial de las capas de suelo, se utilizó el valor del ensayo de corte directo y se comparó con el N del ensayo SPT según las correlaciones presentadas en las siguientes tablas:

Tabla 11 Correlación entre SPT y valores de resistencia de suelos granulares

N, golpes (SPT)	Densidad relativa %	Estado del suelo
0-3	0-15	Muy suelto
3-8	15-35	Suelto
8-25	35-65	Medio
25-42	65-85	Denso
42-58	85-100	Muy denso

Fuente: Jamiel Kowski y otros, "New correlations of penetration tests for design practice" Penetration testing, 1988 ISOPT-1, Balkema, 1988.

Tabla 12 Correlación entre SPT y valores de resistencia de suelos arcillosos

N, golpes (SPT)	Consistencia	Resistencia a compresión kPa
0-2	Muy blanda	0-25
2-5	Blanda	25-50
5-10	Medio firme	50-100
10-20	Firme	100-200
20-30	Muy firme	200-400
>30	Dura	>400

Fuente: Braja Das. "Principios de ingeniería de cimentaciones", Thomson Editores, México, 1999.

Tabla 13 Correlación entre SPT y valores de resistencia de suelos para arcillas

OCR	N, golpes (SPT)	Qu (Kg/cm²)	Descripción	Ángulo De Fricción (°)	E (Kg/cm²)
NC	<2	<0.25	Muy Blanda	0	3
NC	2-4	0.2 5- 0.50	Blanda	0-2	30
NC	4-8	0.5 - 1.0	Media	2-4	45-90
NC	8-15	1.0 - 2.0	Compacta	4-6	90-200
>OCR	15-30	2.0 - 4.0	Muy Compacta	6-12	>200
>OCR	>30	>40	Dura	>14	

NC, Normalmente consolidados - OCR, Suelos Sobreconsolidados
SPT, Ensayo ESTÁNDAR PENETRATION TEST - E, Módulo de rigidez del suelo

Fuente: Reglamento Colombiano de construcción Sismo Resistente, NSR-10

Tabla 14 Correlación entre SPT y valores de resistencia de suelos para suelos arenosos

N (SPT)	Descripción	Valor Cr	Ang. Fricción (°)	E (Kg/cm²)
0 – 4	Muy floja	0 – 15	28	100
5 – 10	Floja	16 – 35	28 – 30	100 – 250
11 – 30	Media	36 – 65	30 – 36	250 – 500
31 – 50	Densa	68 – 85	36 – 41	500 - 1000
>50	Muy densa	86 - 100	41	>1000

E, Módulo de Young - Cr, Compacidad relativa

Fuente: Reglamento Colombiano de construcción Sismo Resistente, NSR-10

10.2 Análisis de la Capacidad Portante

El cálculo de la capacidad portante se realizó considerando la resistencia del suelo y las recomendaciones de la Norma NSR-10.

Se les conoce como cimentaciones superficiales a aquellas cuya profundidad de desplante Df es menor o igual que el ancho de la misma, pero también se sugiere que se tomen como cimentaciones superficiales aquellas cuya profundidad de desplante sea menor o igual a tres o cuatro veces el ancho de la cimentación. Entre este tipo de cimentaciones se encuentran las zapatas aisladas, las cimentaciones corridas y las losas de cimentación, cuyo procedimiento de cálculo de capacidad de carga se trata en el cuarto capítulo.

Las zapatas aisladas son elementos estructurales, por lo general de forma cuadrada o rectangular, a veces circular, que se construyen para poder transmitir la carga de las columnas hacia el suelo por medio de una mayor área para disminuir la presión.

Los cimientos o zapatas corridas son elementos análogos a los anteriores, en el caso de éstos la longitud del cimiento es grande en comparación con el ancho. Soportan varías columnas o muros de mampostería, es una forma derivada de la zapata aislada, debido al caso en el que el suelo sea de baja resistencia que cree la necesidad de una mayor área de repartición o en caso de que se deban transmitir mayores cargas hacia el suelo.

En todos los textos de mecánica de suelos y de fundaciones se incluyen las ecuaciones básicas para los factores de capacidad portante (Nq, Nc, Ng) para cimientos superficiales siempre con el terreno horizontal y luego se introducen, entre otros, factores de corrección por la inclinación del terreno que se encuentra por fuera de la carga. En el presente documento se presentan ecuaciones simplificadas para los factores de capacidad portante.

Se presentan resultados de capacidad portante según Vesic, Hansen, Meyerhof y Terzaghi, aplicando los factores de corrección y métodos de cada autor.

10.2.1 Ecuación de Terzagui.

$$q_{ult} = cN_c + qN_q + \frac{1}{2}\gamma B N_\gamma \quad \text{(Cimentación Corrida)}$$

$$q_{ult} = 1.3cN_c + qN_q + 0.4\gamma B N_\gamma \quad \text{(Cimentación Cuadrada)}$$
$$q_{ult} = 1.3cN_c + qN_q + 0.3\gamma B N_\gamma \quad \text{(Cimentación Circular)}$$

Dónde:

C: Cohesión del suelo.
q: Esfuerzo efectivo a nivel de cimentación q=γ.Df, se debe tener en cuenta el nivel freático.
Nc, Nq,Nγ: Factores de capacidad de carga adimensionales, en f(φ) únicamente.
B, L: Ancho, Largo respectivamente y siempre L>B

10.2.2 Ecuación de Meyerhof

$$q_{ult} = cN_cF_{cs}F_{cd}F_{ci} + qN_qN_{qs}N_{qd}N_{qi} + \frac{1}{2}\gamma B N_\gamma N_{\gamma s}N_{\gamma d}N_{\gamma i}$$

Dónde:

C: Cohesión del suelo.
q: Esfuerzo efectivo al nivel de desplante de la cimentación.
Nc, Nq, Nγ: Factores de capacidad de carga.
γ: Peso específico del suelo
B: Ancho de la cimentación (= diámetro para una cimentación circular)
Fcs, Fqs, Fγs: Factores de forma
Fcd, Fqd, Fγd: Factores de profundidad
Fci, Fqi, Fγi: Factores de inclinación

10.2.3 Ecuación de Hansen

$$q_{ult} = cN_cF_{cs}F_{cd}F_{ci}F_{cg}F_{cb} + qN_qN_{qs}N_{qd}N_{qi}N_{qg}N_{qb} + \frac{1}{2}\gamma BN_\gamma N_{\gamma s}N_{\gamma d}N_{\gamma i}N_{\gamma g}N_{\gamma b}$$

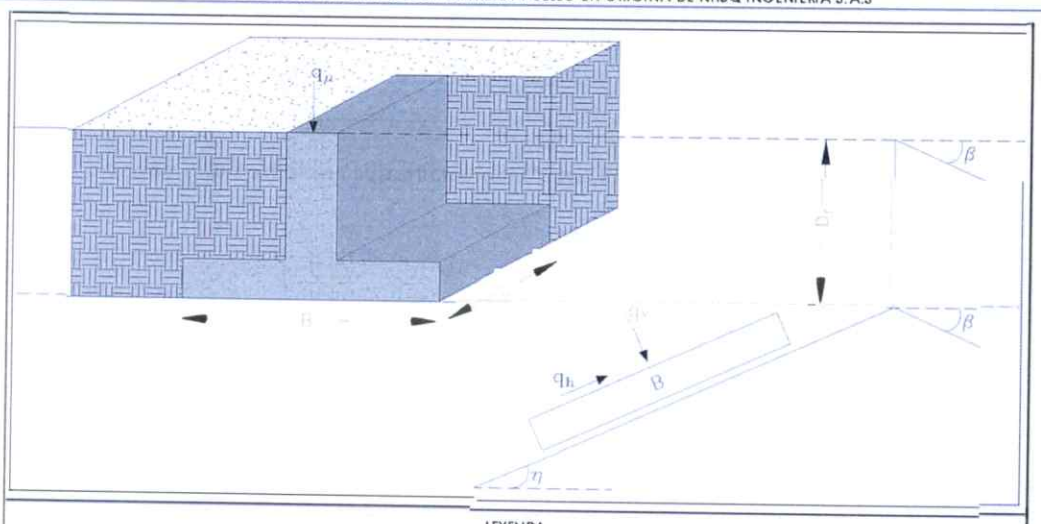
Dónde:

C: Cohesión del suelo.
q: Esfuerzo efectivo al nivel de desplante de la cimentación.
Nc, Nq, Nγ: Factores de capacidad de carga.
γ: Peso específico del suelo
B: Ancho de la cimentación
Fcs, Fqs, Fγs: Factores de forma
Fcd, Fqd, Fγd: Factores de profundidad
Fci, Fqi, Fγi: Factores de inclinación
Fcg, Fqg, Fγg: Factores de Inclinación de Terreno
Fcb, Fqb, Fγb: Factores de Inclinación de Cimentación

10.2.4 Ecuación de Vesic

$$q_{ult} = cN_cF_{cs}F_{cd}F_{ci}F_{cg}F_{cb} + qN_qN_{qs}N_{qd}N_{qi}N_{qg}N_{qb} + \frac{1}{2}\gamma BN_\gamma N_{\gamma s}N_{\gamma d}N_{\gamma i}N_{\gamma g}N_{\gamma b}$$

Dónde:
C: Cohesión del suelo.
q: Esfuerzo efectivo al nivel de desplante de la cimentación.
Nc, Nq, Nγ: Factores de capacidad de carga.
γ: Peso específico del suelo
B: Ancho de la cimentación
Fcs, Fqs, Fγs: Factores de forma
Fcd, Fqd, Fγd: Factores de profundidad
Fci, Fqi, Fγi: Factores de inclinación
Fcg, Fqg, Fγg: Factores de Inclinación de Terreno
Fcb, Fqb, Fγb: Factores de Inclinación de Cimentación



LEYENDA

B =	[m]	Ancho de la cimentación	c =	[kN/m²]	Cohesión
L =	[m]	Longitud de la cimentación	ca =	–	Adhesión a la base de la fundación
D_f =	[m]	Profundidad de la cimentación	γ =	[kN/m³]	Peso especifico del suelo
ecc.B =	[m]	Excentricidad en B	q_v =	[kN/m³]	Comp. Vertical de la carga
ecc.L =	[m]	Excentricidad en L	q_h =	[kN/m³]	Comp. Horizontal de la carga
ϕ=	[°]	Angulo de fricción	Kp =	–	Coeficiente de empuje pasivo
δ=	[°]	Á. inclinacion del terreno de fundación	Af =	[m²]	Area efectiva de la cimentación
β =	[°]	Á. inclinación de la carga	FS =	–	Factor de seguridad
η =	[°]	Inclinación de la cimentación	q =	[kN/m²]	Capacidad portante

Imagen 2 Cimentación superficial inclinada (Ecuaciones de Hansen y Vesic)
Fuente: Propia

En la tabla 15 a 17 se presenta la hoja de cálculo basado en la teoría según Vesic, Hansen, Meyerhof y Terzaghi, en donde se tiene como información los ensayos de laboratorio, a partir de los cuales se determinan ciertas características del estrato y unos valores asumidos de ancho y profundidad de cimentación, que van acordes al proyecto de construcción.
Aparece un cuadro en el cual se plantean varios anchos de cimentación, con diferentes valores de Df (profundidad de desplante).

La persona encargada del análisis estructural, teniendo en cuenta las cargas reales del proyecto, podrá corroborar en el cuadro la capacidad de carga del suelo vs el peso de la estructura.

Tabla 15 Cálculo de la capacidad de carga 0.50 – 6.00 m (Sondeo 1 al 3) B=1.00 m

CAPACIDAD PORTANTE DE LOS SUELOS PARA UN ANCHO DE CIMENTACIÓN B=1.00 m

DATOS INICIALES Y FACTORES DE CARGA PARA Df (0.50 a 2.00 m)

DATOS INICIALES TIPO DE SUELO												
	γ =	[kN/m³]	17.78	δ =	[°]	0.00	ca =	--	0.00	FS =	--	3.00
	ϕ =	[°]	33.00	β =	[°]	0.00	q_u =	[kN/m²]	0.00	ESTRATO DE ARENA LIMOSA		
	c =	[kN/m²]	10.00	η =	[°]	0.00	qh =	[kN/m²]	0.00			

FACTORES DE CAPACIDAD DE CARGA	SEGÚN MEYERHOF			SEGÚN VESIC			SEGÚN HANSEN			SEGÚN TERZAGHI		
	Nq	Nc	Ng	Nq	Nc	Ng	Nq	Nc	Ng	Nq	Nc	Ng
	26.092	38.638	26.166	26.092	38.638	35.188	26.092	38.638	24.442	32.230	48.090	31.940

DATOS INICIALES Y FACTORES DE CARGA PARA Df (2.50 a 6.00 m)

DATOS INICIALES TIPO DE SUELO												
	γ =	[kN/m³]	17.78	δ =	[°]	0.00	ca =	--	0.00	FS =	--	3.00
	ϕ =	[°]	33.00	β =	[°]	0.00	q_u =	[kN/m²]	0.00	ESTRATO DE ARENA LIMOSA		
	c =	[kN/m²]	10.00	η =	[°]	0.00	qh =	[kN/m²]	0.00			

FACTORES DE CAPACIDAD DE CARGA	SEGÚN MEYERHOF			SEGÚN VESIC			SEGÚN HANSEN			SEGÚN TERZAGHI		
	Nq	Nc	Ng	Nq	Nc	Ng	Nq	Nc	Ng	Nq	Nc	Ng
	26.092	38.638	26.166	26.092	38.638	35.188	26.092	38.638	24.442	32.230	48.090	31.940

CAPACIDAD PORTANTE SEGÚN MEYERHOF

	(Df) [m]	0.50	1.00	1.50	2.00	2.50	3.00	3.50	4.00	4.50	5.00	5.50	6.00
q_{ult}	[kN/m²]	1447.41	1992.00	2593.80	3252.82	3969.04	4742.48	5573.14	6461.00	7406.08	8408.38	9467.88	10584.60
	[t/m²]	147.59	203.12	264.49	331.69	404.72	483.59	568.29	658.83	755.20	857.40	965.44	1079.31
	[Kg/cm²]	14.76	20.31	26.45	33.17	40.47	48.36	56.83	65.88	75.52	85.74	96.54	107.93
q	[kN]	1447.41	1992.00	2593.80	3252.82	3969.04	4742.48	5573.14	6461.00	7406.08	8408.38	9467.88	10584.60
	[t]	147.59	203.12	264.49	331.69	404.72	483.59	568.29	658.83	755.20	857.40	965.44	1079.31
	[Kg]	147592.32	203124.07	264489.83	331689.59	404723.36	483591.13	568292.90	658828.67	755178.45	857402.24	965440.02	1079311.81
Q_{adm}	[kN/m²]	482.47	664.00	864.60	1084.27	1323.01	1580.83	1857.71	2153.67	2468.69	2802.79	3155.96	3528.20
	[t/m²]	49.20	67.71	88.16	110.56	134.91	161.20	189.43	219.61	251.73	285.80	321.81	359.77
	[Kg/cm²]	4.92	6.77	8.82	11.06	13.49	16.12	18.94	21.96	25.17	28.58	32.18	35.98

CAPACIDAD PORTANTE SEGÚN VESIC

	(Df) [m]	0.50	1.00	1.50	2.00	2.50	3.00	3.50	4.00	4.50	5.00	5.50	6.00
q_{ult}	[kN/m²]	1344.67	2381.00	1839.86	2246.05	2658.32	3076.67	3501.08	3931.54	4368.05	4810.57	5259.10	5713.61
	[t/m²]	137.12	242.79	187.61	229.03	271.07	313.73	357.01	400.90	445.41	490.53	536.27	582.62
	[Kg/cm²]	13.71	24.28	18.76	22.90	27.11	31.37	35.70	40.09	44.54	49.05	53.63	58.26
q	[kN]	1344.67	2381.00	1839.86	2246.05	2658.32	3076.67	3501.08	3931.54	4368.05	4810.57	5259.10	5713.61
	[t]	137.12	242.79	187.61	229.03	271.07	313.73	357.01	400.90	445.41	490.53	536.27	582.62
	[Kg]	137116.16	242790.57	187610.62	229029.60	271068.94	313727.76	357005.03	400899.44	445409.58	490533.82	536270.38	582617.27
Q_{adm}	[kN/m²]	448.22	793.67	613.29	748.68	886.11	1025.56	1167.03	1310.51	1456.02	1603.52	1753.03	1904.54
	[t/m²]	45.71	80.93	62.54	76.34	90.36	104.58	119.00	133.63	148.47	163.51	178.76	194.21
	[Kg/cm²]	4.57	8.09	6.25	7.63	9.04	10.46	11.90	13.36	14.85	16.35	17.88	19.42

CAPACIDAD PORTANTE SEGÚN HANSEN

	(Df) [m]	0.50	1.00	1.50	2.00	2.50	3.00	3.50	4.00	4.50	5.00	5.50	6.00
q_{ult}	[kN/m²]	1354.27	2390.60	1849.46	2255.65	2667.92	3086.27	3510.69	3941.14	4377.65	4820.17	5268.70	5723.22
	[t/m²]	138.10	243.77	188.59	230.01	272.05	314.71	357.99	401.88	446.39	491.51	537.25	583.60
	[Kg/cm²]	13.81	24.38	18.86	23.00	27.20	31.47	35.80	40.19	44.64	49.15	53.72	58.36
q	[kN]	1354.27	2390.60	1849.46	2255.65	2667.92	3086.27	3510.69	3941.14	4377.65	4820.17	5268.70	5723.22
	[t]	138.10	243.77	188.59	230.01	272.05	314.71	357.99	401.88	446.39	491.51	537.25	583.60
	[Kg]	138095.22	243769.63	188589.69	230008.66	272048.01	314706.84	357984.09	401878.50	446388.64	491512.99	537249.44	583599.34
Q_{adm}	[kN/m²]	451.42	796.87	616.49	751.88	889.31	1028.76	1170.23	1313.71	1459.22	1606.72	1756.23	1907.74
	[t/m²]	46.03	81.26	62.86	76.67	90.68	104.90	119.33	133.96	148.80	163.84	179.08	194.53
	[Kg/cm²]	4.60	8.13	6.29	7.67	9.07	10.49	11.93	13.40	14.88	16.38	17.91	19.45

CAPACIDAD PORTANTE SEGÚN TERZAGHI

	(Df) [m]	0.50	1.00	1.50	2.00	2.50	3.00	3.50	4.00	4.50	5.00	5.50	6.00
q_{ult}	[kN/m²]	1051.37	1337.90	1624.42	1910.95	2197.47	2483.99	2770.52	3057.04	3343.57	3630.09	3916.62	4203.14
	[t/m²]	107.21	136.43	165.64	194.86	224.08	253.29	282.51	311.73	340.94	370.16	399.38	428.59
	[Kg/cm²]	10.72	13.64	16.56	19.49	22.41	25.33	28.26	31.17	34.09	37.02	39.94	42.86
q	[kN]	1051.37	1337.90	1624.42	1910.95	2197.47	2483.99	2770.52	3057.04	3343.57	3630.09	3916.62	4203.14
	[t]	107.21	136.43	165.64	194.86	224.08	253.29	282.51	311.73	340.94	370.16	399.38	428.59
	[Kg]	107208.83	136425.26	165642.18	194857.10	224076.03	253292.95	282509.87	311726.80	340943.72	370160.64	399377.57	428594.49
Q_{adm}	[kN/m²]	350.46	445.97	541.47	636.98	732.49	828.00	923.51	1019.01	1114.52	1210.03	1305.54	1401.05
	[t/m²]	35.74	45.48	55.21	64.96	74.69	84.43	94.17	103.91	113.65	123.39	133.13	142.86
	[Kg/cm²]	3.57	4.55	5.52	6.50	7.47	8.44	9.42	10.39	11.36	12.34	13.31	14.29

Fuente: Propia

Tabla 16 Cálculo de la capacidad de carga 0.50 – 6.00 m (Sondeo 1 al 3) B=1.50 m

CAPACIDAD PORTANTE DE LOS SUELOS PARA UN ANCHO DE CIMENTACIÓN B=1.50 m

DATOS INICIALES Y FACTORES DE CARGA PARA Df (0.50 a 2.00 m)

DATOS INICIALES TIPO DE SUELO												
	γ =	[kN/m³]	17.78	δ =	[°]	0.00	ce =	--	0.00	FS =	--	3.00
	ϕ =	[°]	33.00	β =	[°]	0.00	q_v =	[kN/m³]	0.00	ESTRATO DE ARENA LIMOSA		
	c =	[kN/m²]	10.00	η =	[°]	0.00	qh =	[kN/m²]	0.00			

FACTORES DE CAPACIDAD DE CARGA	SEGÚN MEYERHOF			SEGÚN VESIC			SEGÚN HANSEN			SEGÚN TERZAGHI		
	Nq	Nc	Ng	Nq	Nc	Ng	Nq	Nc	Ng	Nq	Nc	Ng
	26.092	38.638	26.166	26.092	38.638	35.188	26.092	38.638	24.442	32.230	48.090	31.940

DATOS INICIALES Y FACTORES DE CARGA PARA Df (2.50 a 6.00 m)

DATOS INICIALES TIPO DE SUELO												
	γ =	[kN/m³]	17.78	δ =	[°]	0.00	ce =	--	0.00	FS =	--	3.00
	ϕ =	[°]	33.00	β =	[°]	0.00	q_v =	[kN/m³]	0.00	ESTRATO DE ARENA LIMOSA		
	c =	[kN/m²]	10.00	η =	[°]	0.00	qh =	[kN/m³]	0.00			

FACTORES DE CAPACIDAD DE CARGA	SEGÚN MEYERHOF			SEGÚN VESIC			SEGÚN HANSEN			SEGÚN TERZAGHI		
	Nq	Nc	Ng	Nq	Nc	Ng	Nq	Nc	Ng	Nq	Nc	Ng
	26.092	38.638	26.166	26.092	38.638	35.188	26.092	38.638	24.442	32.230	48.090	31.940

CAPACIDAD PORTANTE SEGÚN MEYERHOF

	(Df) [m]	0.50	1.00	1.50	2.00	2.50	3.00	3.50	4.00	4.50	5.00	5.50	6.00
q_{ult}	[kN/m²]	1553.82	2029.99	2544.30	3096.75	3687.35	4316.08	4982.96	5687.98	6431.14	7212.45	8031.90	8889.48
	[t/m²]	158.44	207.00	259.44	315.78	376.00	440.11	508.11	580.00	655.78	735.45	819.01	906.46
	[Kg/cm²]	15.84	20.70	25.94	31.58	37.60	44.01	50.81	58.00	65.58	73.55	81.90	90.65
q	[kN]	3496.09	4567.47	5724.67	6967.69	8296.53	9711.19	11211.66	12797.96	14470.08	16228.01	18071.76	20001.34
	[t]	356.50	465.75	583.74	710.50	846.00	990.25	1143.26	1305.01	1475.51	1654.77	1842.78	2039.54
	[Kg]	356496.58	465745.18	583744.79	710495.41	845997.03	990249.65	1143253.28	1305007.92	1475513.56	1654770.21	1842777.86	2039536.52
Q_{adm}	[kN/m²]	517.94	676.66	848.10	1032.25	1229.12	1438.69	1660.99	1895.99	2143.71	2404.15	2677.30	2963.16
	[t/m²]	52.81	69.00	86.48	105.26	125.33	146.70	169.37	193.33	218.59	245.15	273.00	302.15
	[Kg/cm²]	5.28	6.90	8.65	10.53	12.53	14.67	16.94	19.33	21.86	24.52	27.30	30.22

CAPACIDAD PORTANTE SEGÚN VESIC

	(Df) [m]	0.50	1.00	1.50	2.00	2.50	3.00	3.50	4.00	4.50	5.00	5.50	6.00
q_{ult}	[kN/m²]	1248.54	2066.96	3118.39	2232.06	2634.45	3040.90	3451.41	3865.97	4284.58	4707.23	5133.92	5564.64
	[t/m²]	127.31	210.77	317.98	227.60	268.64	310.08	351.94	394.21	436.90	480.00	523.51	567.43
	[Kg/cm²]	12.73	21.08	31.80	22.76	26.86	31.01	35.19	39.42	43.69	48.00	52.35	56.74
q	[kN]	2809.22	4650.66	7016.37	5022.14	5927.52	6842.03	7765.67	8698.43	9640.30	10591.26	11551.31	12520.44
	[t]	286.46	474.23	715.46	512.11	604.43	697.68	791.87	886.98	983.02	1079.99	1177.89	1276.71
	[Kg]	286456.44	474227.83	715459.49	512107.92	604429.43	697682.30	791865.81	886979.11	98302.25	1079991.12	1177887.53	1276709.14
Q_{adm}	[kN/m²]	416.18	688.99	1039.46	744.02	878.15	1013.63	1150.47	1288.66	1428.19	1569.08	1711.31	1854.88
	[t/m²]	42.44	70.26	105.99	75.87	89.55	103.36	117.31	131.40	145.63	160.00	174.50	189.14
	[Kg/cm²]	4.24	7.03	10.60	7.59	8.96	10.34	11.73	13.14	14.56	16.00	17.45	18.91

CAPACIDAD PORTANTE SEGÚN HANSEN

	(Df) [m]	0.50	1.00	1.50	2.00	2.50	3.00	3.50	4.00	4.50	5.00	5.50	6.00
q_{ult}	[kN/m²]	1262.95	2081.36	3132.79	2246.47	2648.86	3055.31	3465.81	3880.37	4298.98	4721.63	5148.32	5579.04
	[t/m²]	128.78	212.24	319.45	229.07	270.10	311.55	353.41	395.68	438.37	481.46	524.97	568.89
	[Kg/cm²]	12.88	21.22	31.95	22.91	27.01	31.15	35.34	39.57	43.84	48.15	52.50	56.89
q	[kN]	2841.63	4683.07	7048.78	5054.55	5959.93	6874.44	7798.08	8730.84	9672.70	10623.67	11583.72	12552.84
	[t]	289.76	477.53	718.76	515.41	607.75	700.99	795.17	890.28	986.33	1083.30	1181.19	1280.01
	[Kg]	289760.78	477532.17	718763.83	515412.26	607733.78	700986.65	795170.15	890283.45	986325.59	1083295.47	1181191.83	1280013.48
Q_{adm}	[kN/m²]	420.98	693.79	1044.26	748.82	882.95	1018.44	1155.27	1293.46	1432.99	1573.88	1716.11	1859.68
	[t/m²]	42.93	70.75	106.48	76.36	90.03	103.85	117.80	131.89	146.12	160.49	174.99	189.63
	[Kg/cm²]	4.29	7.07	10.65	7.64	9.00	10.38	11.78	13.19	14.61	16.05	17.50	18.96

CAPACIDAD PORTANTE SEGÚN TERZAGHI

	(Df) [m]	0.50	1.00	1.50	2.00	2.50	3.00	3.50	4.00	4.50	5.00	5.50	6.00
q_{ult}	[kN/m²]	1193.34	1479.87	1766.39	2052.92	2339.44	2625.97	2912.49	3199.02	3485.54	3772.07	4058.59	4345.12
	[t/m²]	121.69	150.90	180.12	209.34	238.55	267.77	296.99	326.20	355.42	384.64	413.85	443.07
	[Kg/cm²]	12.17	15.09	18.01	20.93	23.86	26.78	29.70	32.62	35.54	38.46	41.39	44.31
q	[kN]	2685.03	3329.71	3974.39	4619.07	5263.75	5908.43	6553.11	7197.79	7842.47	8487.15	9131.83	9776.51
	[t]	273.79	339.53	405.27	471.01	536.74	602.48	668.22	733.96	799.70	865.43	931.17	996.91
	[Kg]	273792.03	339530.11	405268.19	471006.27	536744.35	602482.43	668220.50	733958.58	799696.66	865434.74	931172.82	996910.90
Q_{adm}	[kN/m²]	397.78	493.29	588.80	684.31	779.81	875.32	970.83	1066.34	1161.85	1257.36	1352.86	1448.37
	[t/m²]	40.56	50.30	60.04	69.78	79.52	89.26	99.00	108.73	118.47	128.21	137.95	147.69
	[Kg/cm²]	4.06	5.03	6.00	6.98	7.95	8.93	9.90	10.87	11.85	12.82	13.80	14.77

Fuente: Propia

Tabla 17 Cálculo de la capacidad de carga 0.50 – 6.00 m (Sondeo 1 al 3) B=2.00 m

CAPACIDAD PORTANTE DE LOS SUELOS PARA UN ANCHO DE CIMENTACIÓN B=2.00 m

DATOS INICIALES Y FACTORES DE CARGA PARA Df (0.50 a 2.00 m)

DATOS INICIALES TIPO DE SUELO												
	γ =	[kN/m³]	17.78	δ =	[°]	0.00	ca =	--	0.00	FS =	--	3.00
	ϕ =	[°]	33.00	β =	[°]	0.00	q_u =	[kN/m²]	0.00	ESTRATO DE ARENA LIMOSA		
	c =	[kN/m²]	10.00	η =	[°]	0.00	qh =	[kN/m²]	0.00			

FACTORES DE CAPACIDAD DE CARGA	SEGÚN MEYERHOF			SEGÚN VESIC			SEGÚN HANSEN			SEGÚN TERZAGHI		
	Nq	Nc	Ng	Nq	Nc	Ng	Nq	Nc	Ng	Nq	Nc	Ng
	26.092	38.638	26.166	26.092	38.638	35.188	26.092	38.638	24.442	32.230	48.090	31.940

DATOS INICIALES Y FACTORES DE CARGA PARA Df (2.50 a 6.00 m)

DATOS INICIALES TIPO DE SUELO												
	γ =	[kN/m³]	17.78	δ =	[°]	0.00	ca =	--	0.00	FS =	--	3.00
	ϕ =	[°]	33.00	β =	[°]	0.00	q_u =	[kN/m²]	0.00	ESTRATO DE ARENA LIMOSA		
	c =	[kN/m²]	10.00	η =	[°]	0.00	qh =	[kN/m²]	0.00			

FACTORES DE CAPACIDAD DE CARGA	SEGÚN MEYERHOF			SEGÚN VESIC			SEGÚN HANSEN			SEGÚN TERZAGHI		
	Nq	Nc	Ng	Nq	Nc	Ng	Nq	Nc	Ng	Nq	Nc	Ng
	26.092	38.638	26.166	26.092	38.638	35.188	26.092	38.638	24.442	32.230	48.090	31.940

CAPACIDAD PORTANTE SEGÚN MEYERHOF

	(Df) [m]	0.50	1.00	1.50	2.00	2.50	3.00	3.50	4.00	4.50	5.00	5.50	6.00
q_{ult}	[kN/m²]	1684.90	2126.86	2597.43	3096.60	3624.38	4180.76	4765.75	5379.35	6021.55	6692.36	7391.78	8119.80
	[t/m²]	171.81	216.88	264.86	315.76	369.58	426.31	485.96	548.53	614.02	682.42	753.74	827.98
	[Kg/cm²]	17.18	21.69	26.49	31.58	36.96	42.63	48.60	54.85	61.40	68.24	75.37	82.80
q	[kN]	6739.61	8507.45	10389.71	12386.40	14497.51	16723.05	19063.01	21517.40	24086.22	26769.46	29567.13	32479.22
	[t]	687.24	867.50	1059.44	1263.04	1478.31	1705.25	1943.86	2194.13	2456.07	2729.68	3014.96	3311.91
	[Kg]	687238.44	867504.54	1059438.65	1263040.76	1478310.89	1708249.02	1943856.15	2194129.29	2456071.44	2729681.60	3014959.77	3311905.94
Q_{adm}	[kN/m²]	561.63	708.95	865.81	1032.20	1208.13	1393.59	1588.58	1793.12	2007.18	2230.79	2463.93	2706.60
	[t/m²]	57.27	72.29	88.29	105.25	123.19	142.10	161.99	182.84	204.67	227.47	251.25	275.99
	[Kg/cm²]	5.73	7.23	8.83	10.53	12.32	14.21	16.20	18.28	20.47	22.75	25.12	27.60

CAPACIDAD PORTANTE SEGÚN VESIC

	(Df) [m]	0.50	1.00	1.50	2.00	2.50	3.00	3.50	4.00	4.50	5.00	5.50	6.00
q_{ult}	[kN/m²]	1203.12	1912.58	2796.80	3855.78	2625.15	3025.64	3429.18	3835.76	4245.38	4658.05	5073.75	5492.49
	[t/m²]	122.68	195.03	285.19	393.17	267.69	308.52	349.67	391.13	432.90	474.98	517.37	560.07
	[Kg/cm²]	12.27	19.50	28.52	39.32	26.77	30.85	34.97	39.11	43.29	47.50	51.74	56.01
q	[kN]	4812.47	7650.32	11187.19	15423.10	10500.60	12102.57	13716.72	15343.04	16981.53	18632.19	20295.00	21969.95
	[t]	490.73	780.10	1140.76	1572.69	1070.75	1234.10	1398.69	1564.53	1731.61	1899.92	2069.48	2240.28
	[Kg]	490727.94	780109.82	1140758.08	1572693.69	1070746.27	1234098.75	1398693.45	1564529.79	1731607.04	1899924.38	2069480.88	2240275.55
Q_{adm}	[kN/m²]	401.04	637.53	932.27	1285.26	875.05	1008.55	1143.06	1278.59	1415.13	1552.68	1691.25	1830.83
	[t/m²]	40.89	65.01	95.06	131.06	89.23	102.84	116.56	130.38	144.30	158.33	172.46	186.69
	[Kg/cm²]	4.09	6.50	9.51	13.11	8.92	10.28	11.66	13.04	14.43	15.83	17.25	18.67

CAPACIDAD PORTANTE SEGÚN HANSEN

	(Df) [m]	0.50	1.00	1.50	2.00	2.50	3.00	3.50	4.00	4.50	5.00	5.50	6.00
q_{ult}	[kN/m²]	1222.32	1931.78	2816.00	3874.98	2644.35	3044.84	3448.38	3854.96	4264.59	4677.25	5092.95	5511.69
	[t/m²]	124.64	196.96	287.15	395.13	269.64	310.48	351.63	393.09	434.86	476.94	519.33	562.03
	[Kg/cm²]	12.46	19.70	28.71	39.51	26.96	31.05	35.16	39.31	43.49	47.69	51.93	56.20
q	[kN]	4889.29	7727.13	11264.01	15499.91	10577.41	12179.38	13793.53	15419.85	17058.35	18709.00	20371.81	22046.76
	[t]	498.56	787.94	1148.59	1580.53	1078.58	1241.93	1406.53	1572.36	1739.44	1907.76	2077.31	2248.11
	[Kg]	498560.45	787935.34	1148590.59	1580526.21	1078678.79	1241931.25	1406525.97	1572362.31	1739439.56	1907756.89	2077313.40	2248108.07
Q_{adm}	[kN/m²]	407.44	643.93	938.67	1291.66	881.45	1014.95	1149.46	1284.99	1421.53	1559.08	1697.65	1837.23
	[t/m²]	41.55	65.66	95.72	131.71	89.88	103.49	117.21	131.03	144.95	158.98	173.11	187.34
	[Kg/cm²]	4.15	6.57	9.57	13.17	8.99	10.35	11.72	13.10	14.50	15.90	17.31	18.73

CAPACIDAD PORTANTE SEGÚN TERZAGHI

	(Df) [m]	0.50	1.00	1.50	2.00	2.50	3.00	3.50	4.00	4.50	5.00	5.50	6.00
q_{ult}	[kN/m²]	1335.32	1621.84	1908.37	2194.89	2481.42	2767.94	3054.47	3340.99	3627.52	3914.04	4200.56	4487.09
	[t/m²]	136.16	165.38	194.60	223.81	253.03	282.25	311.46	340.68	369.90	399.11	428.33	457.55
	[Kg/cm²]	13.62	16.54	19.46	22.38	25.30	28.22	31.15	34.07	36.99	39.91	42.83	45.75
q	[kN]	5341.27	6487.37	7633.47	8779.57	9925.67	11071.77	12217.86	13363.96	14510.06	15656.16	16802.26	17948.36
	[t]	544.65	661.52	778.38	895.25	1012.12	1128.99	1245.86	1362.72	1479.59	1596.46	1713.33	1830.19
	[Kg]	544649.47	661517.16	778384.85	895252.55	1012120.24	1128987.94	1245855.63	1362723.33	1479591.02	1596458.72	1713326.41	1830194.11
Q_{adm}	[kN/m²]	445.11	540.61	636.12	731.63	827.14	922.65	1018.16	1113.66	1209.17	1304.68	1400.19	1495.70
	[t/m²]	45.39	55.13	64.87	74.60	84.34	94.08	103.82	113.56	123.30	133.04	142.78	152.52
	[Kg/cm²]	4.54	5.51	6.49	7.46	8.43	9.41	10.38	11.36	12.33	13.30	14.28	15.25

Fuente: Propia

10.3 Análisis de Asentamientos.

Los asentamientos de suelos encontrados en el proyecto tienen un período de respuesta más rápido y se producen en el momento del proceso de construcción.

Para su análisis pueden ser apreciablemente reducidos, sin embargo, hay que estimarlos con precisión porque la mayoría de las estructuras son más sensibles a los asentamientos rápidos de distorsión que a los lentos, hasta el punto de que el diseño en este tipo de suelos resulta regido por el criterio de asentamiento. Para estimar los valores de asentamientos se utilizó las correlaciones de Terzaghi (1.948, 1.968), basadas en el resultado de la prueba de Penetración Estándar (N) y el ancho de la cimentación.

Tabla 18 Ecuación para el cálculo de asentamientos

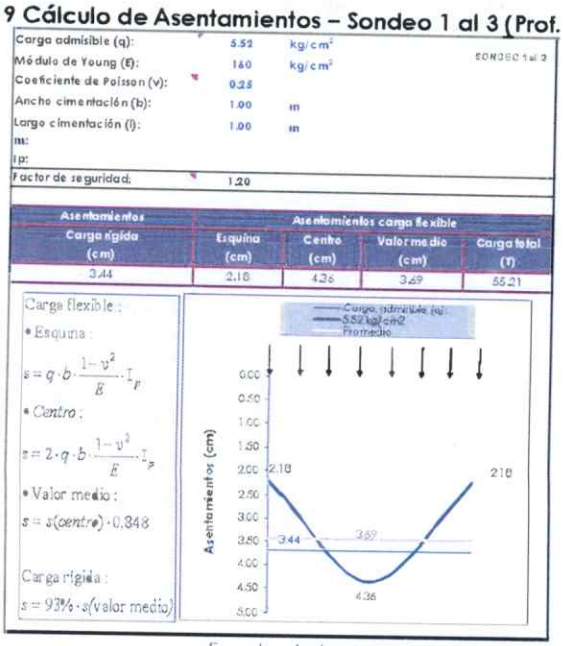
CARGA FLEXIBLE			CARGA RÍGIDA
ESQUINA	CENTRO	VALOR MEDIO	
$S = q * b * \frac{1-\mu^2}{E} * Ip$	$S = 2 * q * b * \frac{1-\mu^2}{E} * Ip$	$S = s(centro) * 0.848$	$S = 93\% * s(valor\ medio)$

Fuente. Autor

Cada uno de los asentamientos está calculado por carga rígida y por carga flexible. En la tabla 19, se detalla la teoría aplicada y los cálculos realizados teniendo en cuenta módulo de Young, Coeficiente de Poisson y la carga admisible calculada con anterioridad.

Los valores del FS estarían entre 0,8 (80% del teórico) y 1,2 (120% del teórico), siendo recomendable para suelos desconocidos valores entre 1,0 y 1,2.

Tabla 19 Cálculo de Asentamientos – Sondeo 1 al 3 (Prof. 1.50 m)



Fuente. Autor

10.4 Efectos locales

10.4.1 Clasificación de los perfiles de suelo.

Según la norma NSR-10 el tipo de perfil del suelo encontrado teniendo en cuenta la resistencia al corte, el porcentaje de humedad, el índice de plasticidad o el número golpes necesarios para profundizar en 30 cm. Tipo de suelo es **D.**

Tabla 20 Clasificación del suelo

CRITERIOS PARA CLASIFICAR SUELOS DENTRO DE LOS PERFILES DE SUELOS TIPOS C, D o E			
TIPO DE PERFIL	Vs	N o N ch	Su
C	Entre 360 y 760 m/s	Mayor que 50	Mayor que 100 kPa (=1kgf/cm²)
D	Entre 180 y 360 m/s	Entre 15 y 50	Entre 100 y 50 kPa (0.5 a 1kgf/cm²)
E	Menor de 180 m/s	Menor de 15	Menor de 50 kPa (=0.5 kgf/cm²)

Fuente: Reglamento Colombiano de construcción Sismo Resistente, NSR-10

10.4.2 Valores del coeficiente Fa periodos cortos.

Según tabla A.2.4-3 de la NSR-10 el coeficiente para periodos cortos **Fa 1.2**

Tabla 21 Coeficiente Fa periodos cortos

Tabla A.2.4.-3 VALORES DEL COEFICIENTE Fa, PARA LA ZONA DE PERIODOS CORTOS DEL ESPECTRO					
TIPO DE PERFIL	INTENSIDAD DE LOS MOVIMIENTOS SÍSMICOS				
	Aa < 0.1	Aa = 0.2	Aa = 0.3	Aa = 0.4	Aa > 0.5
A	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8
B	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0
C	1,2	1,2	1,1	1,0	1,0
D	1,6	1,4	**1,2**	**1,1**	1,0
E	2,5	1,7	1,2	0,9	0,9
F	Véase Nota	Véase Nota	Véase Nota	Véase Nota	Véase Nota
Nota: Para el tipo de perfil F debe realizarse una investigación geotécnica particular para el lugar específico y debe llevarse a cabo un análisis de amplificación de onda de acuerdo con A.2.10.					

Fuente: Reglamento Colombiano de construcción Sismo Resistente, NSR-10

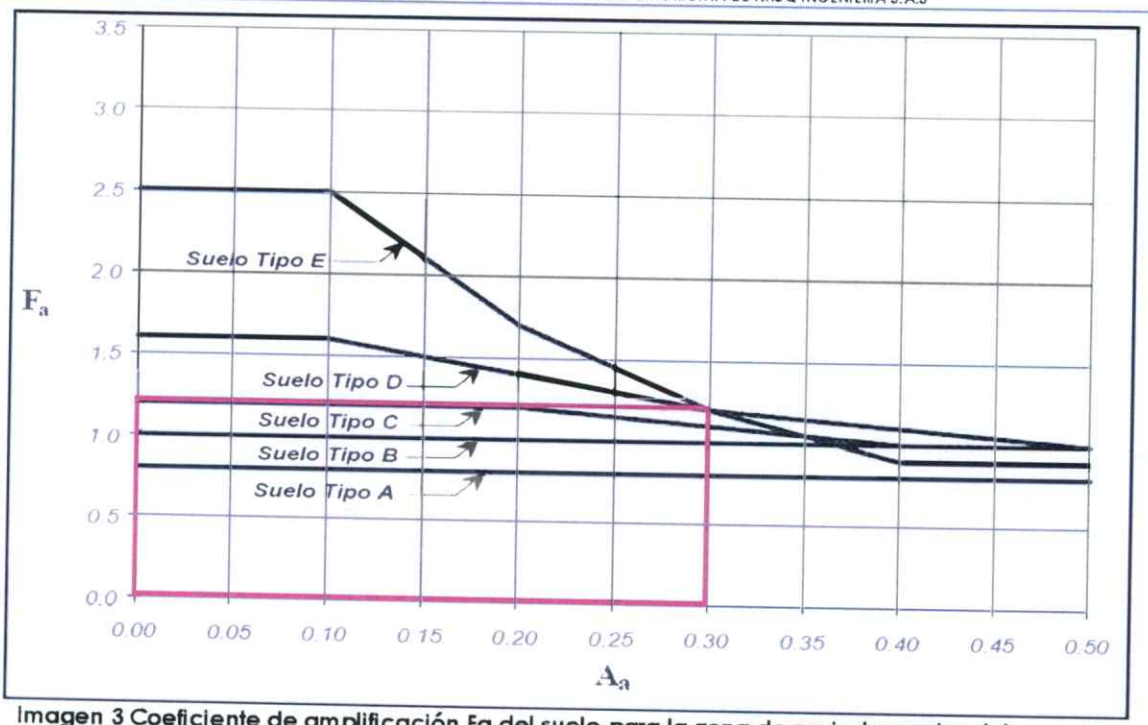


Imagen 3 Coeficiente de amplificación Fa del suelo para la zona de periodos cortos del espectro

10.4.3 Valores del coeficiente Fv periodos intermedios

Según tabla A.2.4-4 de la NSR-10 el coeficiente para periodos intermedios **Fv 1.8**

Tabla 22 Coeficiente Fv periodos intermedio

Tabla A.2.4.-4 VALORES DEL COEFICIENTE Fv, PARA LA ZONA DE PERIODOS INTERMEDIOS DEL ESPECTRO					
TIPO DE PERFIL	INTENSIDAD DE LOS MOVIMIENTOS SÍSMICOS				
	Av ≤ 0.1	Av = 0.2	Av = 0.3	Av = 0.4	Av ≥ 0.5
A	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8
B	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0
C	1,7	1,6	1,5	1,4	1,3
D	2,4	2,0	1,8	1,6	1,5
E	3,5	3,2	2,8	2,4	2,4
F	VÉASE NOTA	VÉASE NOTA	VÉASE NOTA	VÉASE NOTA	VÉASE NOTA
Nota: Para el tipo de perfil F debe realizarse una investigación geotécnica particular para el lugar específico y debe llevarse a cabo un análisis de amplificación de onda de acuerdo con A.2.10.					

Fuente: Reglamento Colombiano de construcción Sismo Resistente, NSR-10

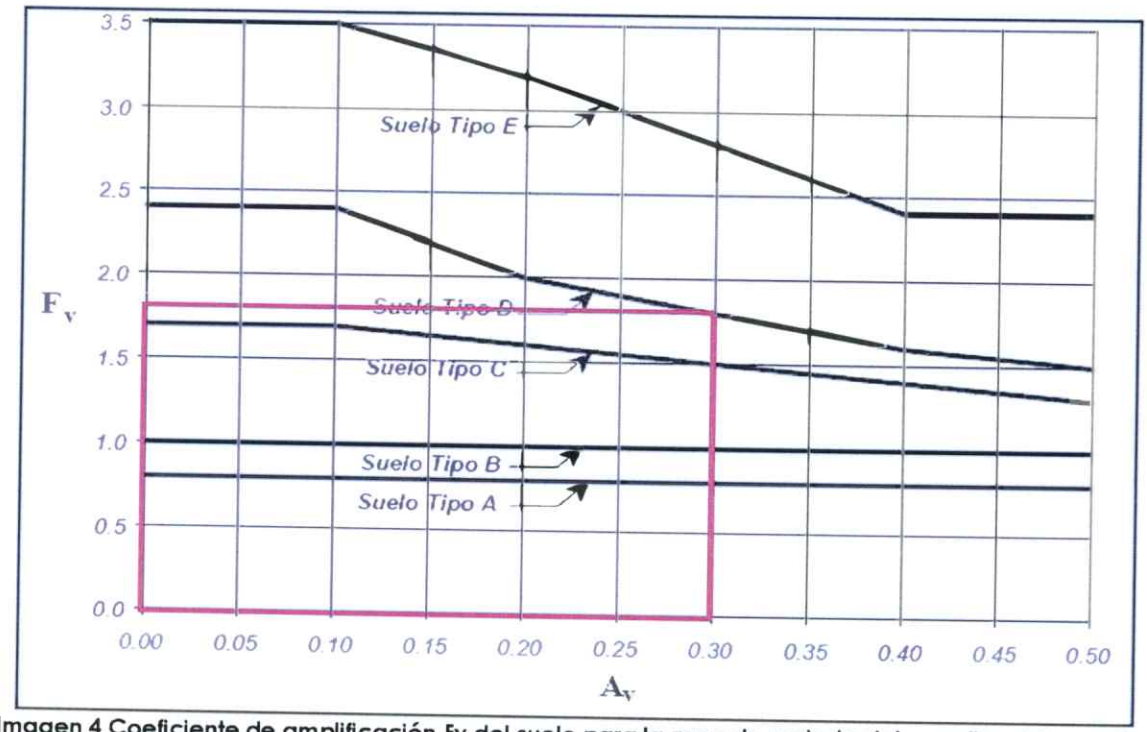


Imagen 4 Coeficiente de amplificación Fv del suelo para la zona de periodos intermedios del espectro

10.5 Criterios del espectro de diseño (A.2.6 NSR-10)

Para el análisis de la acción sísmica se recomienda utilizar el espectro elástico de diseño de la Norma NSR-10, definido mediante los siguientes parámetros el cual está definido para un coeficiente de amortiguamiento del 5% del crítico.

Donde:

Sa: Valor del espectro de aceleraciones de diseño para un periodo de vibración dado.

Aa: Aceleración horizontal pico efectivo en roca (Figura A.2.3-2). Aa = 0.30

Av: Velocidad horizontal pico efectivo (Figura A.2.3-3). Av = 0.30

Fa: Coeficiente de amplificación Fa de períodos cortos del espectro (Tabla A.2.4-3). Fa = 1.2

Fv: Coeficiente de amplificación Fv de períodos intermedios del espectro (Tabla A.2.4- 4). Fv= 1.8

I: Coeficiente de importancia (Numeral A.2.5 NSR-10) Grupo de uso III: Edificaciones de atención a la comunidad (Tabla A.2.5-1). I = 1.25

To: Periodo de vibración al cual inicia la zona de aceleraciones constantes del espectro de aceleraciones.

Tc: Periodo de vibración correspondiente a la transición entre la zona de aceleración constante del espectro de diseño para periodos cortos y la parte descendente del mismo.

TL: Periodo de vibración correspondiente al inicio de la zona de desplazamiento aproximadamente constante del espectro de diseño para periodos largos.

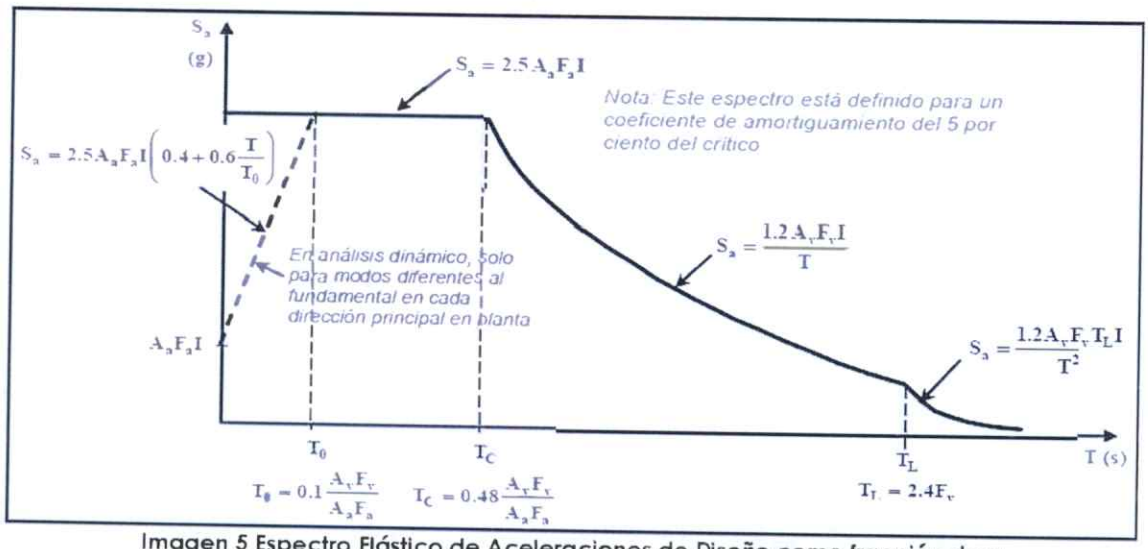


Imagen 5 Espectro Elástico de Aceleraciones de Diseño como fracción de g
Fuente: Reglamento colombiano de construcción sismo resistente NSR 10

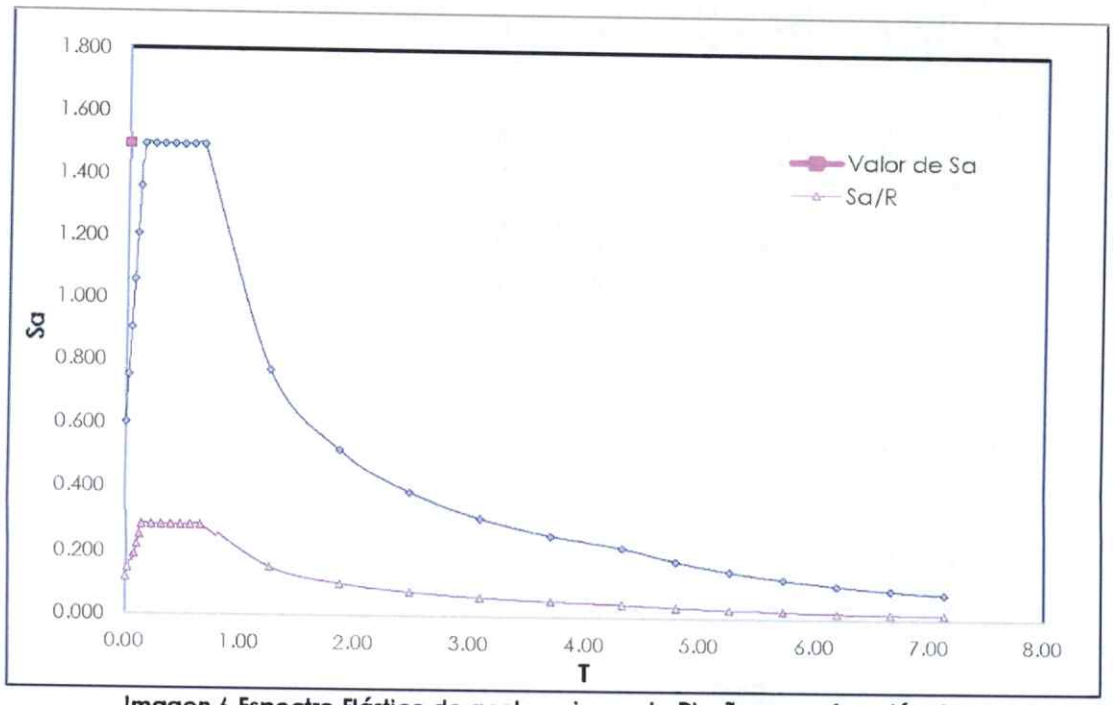


Imagen 6 Espectro Elástico de aceleraciones de Diseño como fracción de g

Fuente: Propia

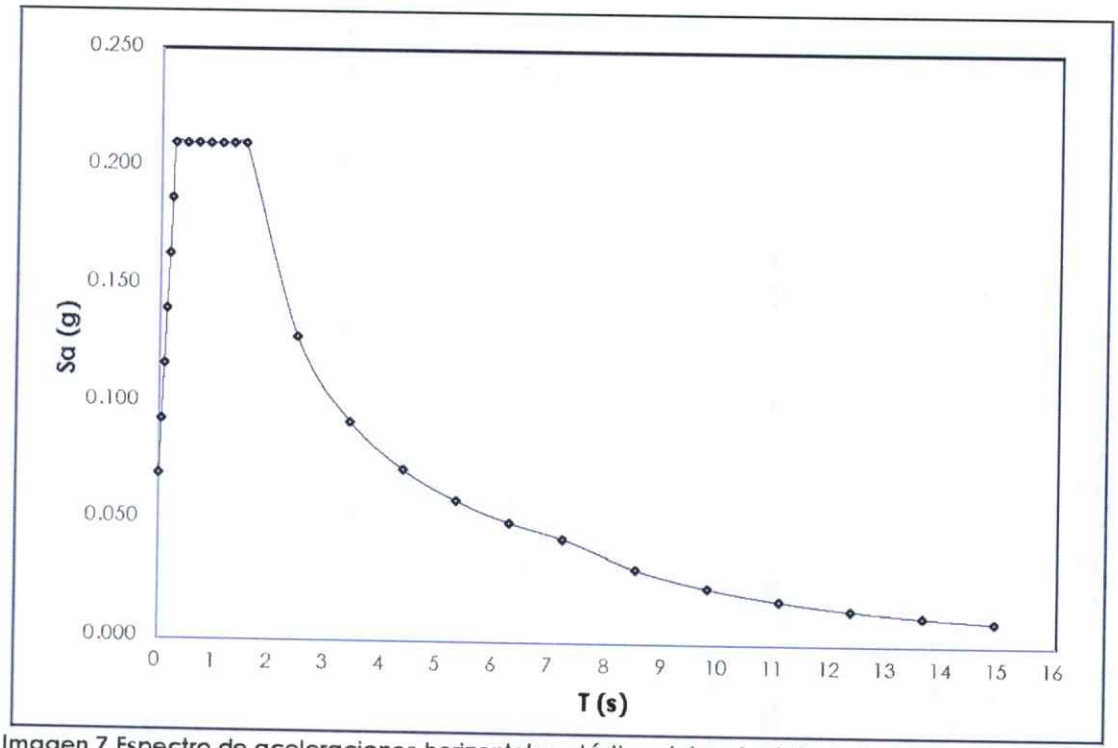


Imagen 7 Espectro de aceleraciones horizontales elástico del umbral de daño como fracción de g

Fuente: Propia

10.6 Evaluación geotécnica de efectos sísmicos

10.6.1 Incidencias de la litología y tipos de suelo

La roca sana propiamente dicha no apareció en los sondeos realizados. Las propiedades y comportamiento dinámico de los suelos se determinaron por correlación con los ensayos de SPT.

10.6.2 Evaluación del potencial de licuación

Si un suelo saturado y sin cohesión es sometido a vibraciones sísmicas, el suelo se contrae y desarrolla presiones de poro positivas a menos que ocurra drenaje rápido.

Si la presión de poros alcanza niveles tan altos como la presión geostática vertical, la presión efectiva desaparece (presión efectiva = 0). En ese caso el suelo pierde la totalidad de su resistencia, se comporta como un líquido y ocurren deformaciones significativas (Cornforth, 2005).

El sistema más utilizado para evaluar la resistencia a la licuación de un suelo no cohesivo se basa en la experiencia con suelos de composición similar y la relación de la licuación con el ensayo de penetración estándar SPT.

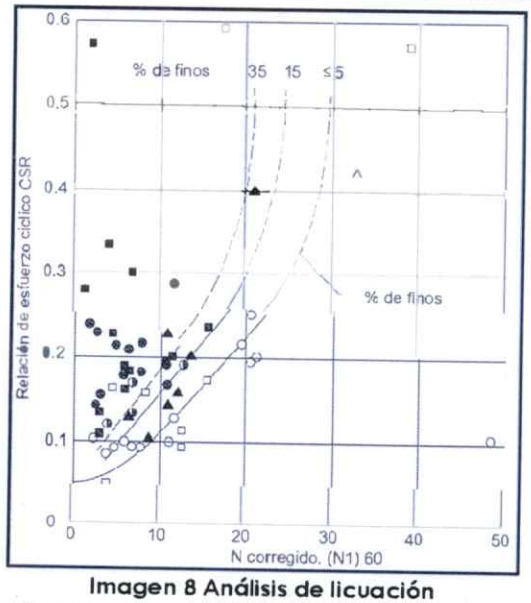


Imagen 8 Análisis de licuación
Fuente: Tomado del análisis de licuación por Jaime Suarez Dias

En la imagen anterior, si el punto de la relación entre el esfuerzo cíclico CSR y el N corregido queda hacia la izquierda (sector de elementos oscuros), se concluye que ocurre licuación. Si el punto queda hacia la derecha (sector de elementos claros), se concluye que no ocurre licuación.

Para un sismo de alta intensidad, los esfuerzos generados por el sismo van a producir necesariamente valores de CSR con factores de seguridad cercanos a 1.5 cuando los suelos a nivel de cimentación tienen una consistencia dura y no saturada, la capacidad de soporte es media, presentan un porcentaje importante de finos (entre el 23.63% y 43.92%) y la relación de esfuerzo cíclico CSR es baja (del orden de 0.1).

10.6.3 Comportamiento esperado de los suelos en el momento de sismos

Los suelos encontrados son materiales relativamente duros, los cuales tienen por sus características físicas un comportamiento aceptable en el momento de sismos. No se deben esperar asentamientos ni movimientos del terreno relacionados con sismos.

10.7 Capacidad de carga específica (factores de seguridad indirectos según NSR10 H.4.7.1)

Tabla 23 Factores de Seguridad Indirectos F_{sicp} Mínimos

Condición	F_{SICP} Mínimo Diseño
Carga Muerta + Carga Viva Normal	3.0
Carga Muerta + Carga Viva Máxima	2.5
Carga Muerta + Carga Viva Normal + Sismo de Diseño Seudoestático	1.5

Fuente: Reglamento Colombiano de construcción Sismo Resistente, NSR-10. Título H. Tabla H.4.7-1.

Tabla 24 Carga Muerta + Carga Viva Normal (Sondeo 1 al 3) B=1.00 m

DATOS INICIALES Y FACTORES DE CARGA PARA Df (0.50 a 3.00 m) - (CARGA MUERTA + CARGA VIVA NORMAL)

DATOS INICIALES TIPO DE SUELO												
	γ =	[kN/m³]	17.78	δ =	[°]	0.00	α_s =	--	0.00	FS =	--	3.00
	ϕ =	[°]	33.00	β =	[°]	0.00	q_v =	[kN/m²]	0.00	ESTRATO DE ARENA LIMOSA		
	c =	[kN/m²]	10.00	η =	[°]	0.00	q_h =	[kN/m²]	0.00			

FACTORES DE CAPACIDAD DE CARGA	SEGÚN MEYERHOF			SEGÚN VESIC			SEGÚN HANSEN			SEGÚN TERZAGHI		
	Nq	Nc	Ng	Nq	Nc	Ng	Nq	Nc	Ng	Nq	Nc	Ng
	26.092	38.638	26.166	26.092	38.638	35.188	26.092	38.638	24.442	32.230	48.090	31.940

DATOS INICIALES Y FACTORES DE CARGA PARA Df (3.50 a 6.00 m) - (CARGA MUERTA + CARGA VIVA NORMAL)

DATOS INICIALES TIPO DE SUELO												
	γ =	[kN/m³]	17.78	δ =	[°]	0.00	α_s =	--	0.00	FS =	--	3.00
	ϕ =	[°]	33.00	β =	[°]	0.00	q_v =	[kN/m²]	0.00	ESTRATO DE ARENA LIMOSA		
	c =	[kN/m²]	10.00	η =	[°]	0.00	q_h =	[kN/m²]	0.00			

FACTORES DE CAPACIDAD DE CARGA	SEGÚN MEYERHOF			SEGÚN VESIC			SEGÚN HANSEN			SEGÚN TERZAGHI		
	Nq	Nc	Ng	Nq	Nc	Ng	Nq	Nc	Ng	Nq	Nc	Ng
	26.092	38.638	26.166	26.092	38.638	35.188	26.092	38.638	24.442	32.230	48.090	31.940

CAPACIDAD PORTANTE SEGÚN MEYERHOF

	(Df) [m]	0.50	1.00	1.50	2.00	2.50	3.00	3.50	4.00	4.50	5.00	5.50	6.00
q_{ult}	[kN/m²]	1447.41	1992.00	2593.80	3252.82	3969.04	4742.48	5573.14	6461.00	7406.08	8408.38	9467.88	10584.60
	[t/m²]	147.59	203.12	264.49	331.69	404.72	483.59	568.29	658.83	755.20	857.40	965.44	1079.31
	[Kg/cm²]	14.76	20.31	26.45	33.17	40.47	48.36	56.83	65.88	75.52	85.74	96.54	107.93
q	[kN]	1447.41	1992.00	2593.80	3252.82	3969.04	4742.48	5573.14	6461.00	7406.08	8408.38	9467.88	10584.60
	[t]	147.59	203.12	264.49	331.69	404.72	483.59	568.29	658.83	755.20	857.40	965.44	1079.31
	[Kg]	147592.32	203124.07	264459.83	331689.59	404723.36	483891.13	568292.90	658828.67	755198.45	857402.24	965440.02	1079311.81
Q_{adm}	[kN/m²]	482.47	664.00	864.60	1084.27	1323.01	1580.83	1857.71	2153.67	2468.69	2802.79	3155.96	3528.20
	[t/m²]	49.20	67.71	88.16	110.56	134.91	161.20	189.43	219.61	251.73	285.80	321.81	359.77
	[Kg/cm²]	4.92	6.77	8.82	11.06	13.49	16.12	18.94	21.96	25.17	28.58	32.18	35.98

CAPACIDAD PORTANTE SEGÚN VESIC

	(Df) [m]	0.50	1.00	1.50	2.00	2.50	3.00	3.50	4.00	4.50	5.00	5.50	6.00
q_{ult}	[kN/m²]	1344.67	2381.00	1839.86	2246.05	2658.32	3076.67	3501.08	3931.54	4368.05	4810.57	5259.10	5713.61
	[t/m²]	137.12	242.79	187.61	229.03	271.07	313.73	357.01	400.90	445.41	490.53	536.27	582.62
	[Kg/cm²]	13.71	24.28	18.76	22.90	27.11	31.37	35.70	40.09	44.54	49.05	53.63	58.26
q	[kN]	1344.67	2381.00	1839.86	2246.05	2658.32	3076.67	3501.08	3931.54	4368.05	4810.57	5259.10	5713.61
	[t]	137.12	242.79	187.61	229.03	271.07	313.73	357.01	400.90	445.41	490.53	536.27	582.62
	[Kg]	137116.16	242790.57	187610.62	229029.60	271068.94	313727.78	357005.03	400899.44	445409.58	490533.82	536270.38	582617.27
Q_{adm}	[kN/m²]	448.22	793.67	613.29	748.68	886.11	1025.56	1167.03	1310.51	1456.02	1603.52	1753.03	1904.54
	[t/m²]	45.71	80.93	62.54	76.34	90.36	104.58	119.00	133.63	148.47	163.51	178.76	194.21
	[Kg/cm²]	4.57	8.09	6.25	7.63	9.04	10.46	11.90	13.36	14.85	16.35	17.88	19.42

CAPACIDAD PORTANTE SEGÚN HANSEN

	(Df) [m]	0.50	1.00	1.50	2.00	2.50	3.00	3.50	4.00	4.50	5.00	5.50	6.00
q_{ult}	[kN/m²]	1354.27	2390.60	1849.46	2255.65	2667.92	3086.27	3510.68	3941.14	4377.65	4820.17	5268.70	5723.22
	[t/m²]	138.10	243.77	188.59	230.01	272.05	314.71	357.98	401.88	446.39	491.51	537.25	583.60
	[Kg/cm²]	13.81	24.38	18.86	23.00	27.20	31.47	35.80	40.19	44.64	49.15	53.72	58.36
q	[kN]	1354.27	2390.60	1849.46	2255.65	2667.92	3086.27	3510.68	3941.14	4377.65	4820.17	5268.70	5723.22
	[t]	138.10	243.77	188.59	230.01	272.05	314.71	357.98	401.88	446.39	491.51	537.25	583.60
	[Kg]	138095.22	243769.63	188589.59	230056.66	272048.01	314706.84	357984.09	401878.80	446388.64	491512.89	537249.44	583596.34
Q_{adm}	[kN/m²]	451.42	796.87	616.49	751.88	889.31	1028.76	1170.23	1313.71	1459.22	1606.72	1756.23	1907.74
	[t/m²]	46.03	81.26	62.86	76.67	90.68	104.90	119.33	133.98	148.80	163.84	179.08	194.53
	[Kg/cm²]	4.60	8.13	6.29	7.67	9.07	10.49	11.93	13.40	14.88	16.38	17.91	19.45

CAPACIDAD PORTANTE SEGÚN TERZAGHI

	(Df) [m]	0.50	1.00	1.50	2.00	2.50	3.00	3.50	4.00	4.50	5.00	5.50	6.00
q_{ult}	[kN/m²]	1051.37	1337.90	1624.42	1910.95	2197.47	2483.99	2770.52	3057.04	3343.57	3630.09	3916.62	4203.14
	[t/m²]	107.21	136.43	165.64	194.86	224.08	253.29	282.51	311.73	340.94	370.16	399.38	428.59
	[Kg/cm²]	10.72	13.64	16.56	19.49	22.41	25.33	28.25	31.17	34.09	37.02	39.94	42.86
q	[kN]	1051.37	1337.90	1624.42	1910.95	2197.47	2483.99	2770.52	3057.04	3343.57	3630.09	3916.62	4203.14
	[t]	107.21	136.43	165.64	194.86	224.08	253.29	282.51	311.73	340.94	370.16	399.38	428.59
	[Kg]	107208.33	136425.26	165642.18	194859.10	224076.03	253292.95	282509.87	311726.80	340943.72	370160.64	399377.57	428594.49
Q_{adm}	[kN/m²]	350.46	445.97	541.47	636.98	732.49	828.00	923.51	1019.01	1114.52	1210.03	1305.54	1401.05
	[t/m²]	35.74	45.48	55.21	64.95	74.69	84.43	94.17	103.91	113.65	123.39	133.13	142.86
	[Kg/cm²]	3.57	4.55	5.52	6.50	7.47	8.44	9.42	10.39	11.36	12.34	13.31	14.29

Fuente. Autor

Tabla 25 Carga Muerta + Carga Viva Máxima (Sondeo 1 al 3) B=1.00 m

DATOS INICIALES Y FACTORES DE CARGA PARA Df (0.50 a 3.00 m) - (CARGA MUERTA + CARGA VIVA MAXIMA)

DATOS INICIALES TIPO DE SUELO												
	γ =	[kN/m³]	17.78	δ =	[°]	0.00	α =	--	0.00	FS =	--	2.50
	ϕ =	[°]	33.00	β =	[°]	0.00	q_u =	[kN/m³]	0.00	ESTRATO DE ARENA LIMOSA		
	c =	[kN/m²]	10.00	η =	[°]	0.00	qh =	[kN/m³]	0.00			

FACTORES DE CAPACIDAD DE CARGA	SEGÚN MEYERHOF			SEGÚN VESIC			SEGÚN HANSEN			SEGÚN TERZAGHI		
	Nq	Nc	Ng	Nq	Nc	Ng	Nq	Nc	Ng	Nq	Nc	Ng
	26.092	38.638	26.166	26.092	38.638	35.188	26.092	38.638	24.442	32.230	48.090	31.940

DATOS INICIALES Y FACTORES DE CARGA PARA Df (3.50 a 6.00 m) - (CARGA MUERTA + CARGA VIVA MAXIMA)

DATOS INICIALES TIPO DE SUELO												
	γ =	[kN/m³]	17.78	δ =	[°]	0.00	α =	--	0.00	FS =	--	2.50
	ϕ =	[°]	33.00	β =	[°]	0.00	q_u =	[kN/m³]	0.00	ESTRATO DE ARENA LIMOSA		
	c =	[kN/m²]	10.00	η =	[°]	0.00	qh =	[kN/m³]	0.00			

FACTORES DE CAPACIDAD DE CARGA	SEGÚN MEYERHOF			SEGÚN VESIC			SEGÚN HANSEN			SEGÚN TERZAGHI		
	Nq	Nc	Ng	Nq	Nc	Ng	Nq	Nc	Ng	Nq	Nc	Ng
	26.092	38.638	26.166	26.092	38.638	35.188	26.092	38.638	24.442	32.230	48.090	31.940

CAPACIDAD PORTANTE SEGÚN MEYERHOF

	(Df) [m]	0.50	1.00	1.50	2.00	2.50	3.00	3.50	4.00	4.50	5.00	5.50	6.00
q_{ult}	[kN/m²]	1447.41	1992.00	2593.80	3252.82	3969.04	4742.48	5573.14	6461.00	7406.08	8408.38	9467.88	10584.60
	[t/m²]	147.59	203.12	264.49	331.69	404.72	483.59	568.29	658.83	755.20	857.40	965.44	1079.31
	[Kg/cm²]	14.76	20.31	26.45	33.17	40.47	48.36	56.83	65.88	75.52	85.74	96.54	107.93
q	[kN]	1447.41	1992.00	2593.80	3252.82	3969.04	4742.48	5573.14	6461.00	7406.08	8408.38	9467.88	10584.60
	[t]	147.59	203.12	264.49	331.69	404.72	483.59	568.29	658.83	755.20	857.40	965.44	1079.31
	[Kg]	147592.32	203124.07	264489.83	331689.59	404723.36	483591.13	568292.90	658828.67	755198.45	857402.24	965440.02	1079311.81
Q_{adm}	[kN/m²]	578.96	796.80	1037.52	1301.13	1587.62	1896.99	2229.26	2584.40	2962.43	3363.35	3787.15	4233.84
	[t/m²]	59.04	81.25	105.80	132.68	161.89	193.44	227.32	263.53	302.08	342.96	386.18	431.72
	[Kg/cm²]	5.90	8.12	10.58	13.27	16.19	19.34	22.73	26.35	30.21	34.30	38.62	43.17

CAPACIDAD PORTANTE SEGÚN VESIC

	(Df) [m]	0.50	1.00	1.50	2.00	2.50	3.00	3.50	4.00	4.50	5.00	5.50	6.00
q_{ult}	[kN/m²]	1344.67	2381.00	1839.86	2246.05	2658.32	3076.67	3501.08	3931.54	4368.05	4810.57	5259.10	5713.61
	[t/m²]	137.12	242.79	187.61	229.03	271.07	313.73	357.01	400.90	445.41	490.53	536.27	582.62
	[Kg/cm²]	13.71	24.28	18.76	22.90	27.11	31.37	35.70	40.09	44.54	49.05	53.63	58.26
q	[kN]	1344.67	2381.00	1839.86	2246.05	2658.32	3076.67	3501.08	3931.54	4368.05	4810.57	5259.10	5713.61
	[t]	137.12	242.79	187.61	229.03	271.07	313.73	357.01	400.90	445.41	490.53	536.27	582.62
	[Kg]	137116.16	242790.57	187610.62	229029.60	271068.94	313727.78	357005.03	400899.44	445409.58	490533.82	536270.38	582617.27
Q_{adm}	[kN/m²]	537.87	952.40	735.94	898.42	1063.33	1230.67	1400.43	1572.62	1747.22	1924.23	2103.64	2285.45
	[t/m²]	54.85	97.12	75.04	91.61	108.43	125.49	142.80	160.36	178.16	196.21	214.51	233.05
	[Kg/cm²]	5.48	9.71	7.50	9.16	10.84	12.55	14.28	16.04	17.82	19.62	21.45	23.30

CAPACIDAD PORTANTE SEGÚN HANSEN

	(Df) [m]	0.50	1.00	1.50	2.00	2.50	3.00	3.50	4.00	4.50	5.00	5.50	6.00
q_{ult}	[kN/m²]	1354.27	2390.60	1849.46	2255.65	2667.92	3086.27	3510.68	3941.14	4377.65	4820.17	5268.70	5723.22
	[t/m²]	138.10	243.77	188.59	230.01	272.05	314.71	357.98	401.88	446.39	491.51	537.25	583.60
	[Kg/cm²]	13.81	24.38	18.86	23.00	27.20	31.47	35.80	40.19	44.64	49.15	53.72	58.36
q	[kN]	1354.27	2390.60	1849.46	2255.65	2667.92	3086.27	3510.68	3941.14	4377.65	4820.17	5268.70	5723.22
	[t]	138.10	243.77	188.59	230.01	272.05	314.71	357.98	401.88	446.39	491.51	537.25	583.60
	[Kg]	138095.22	243769.63	188589.59	230008.66	272048.01	314706.84	357984.09	401878.50	446388.64	491512.89	537249.44	583596.34
Q_{adm}	[kN/m²]	541.71	956.24	739.78	902.26	1067.17	1234.51	1404.27	1576.46	1751.06	1928.07	2107.48	2289.29
	[t/m²]	55.24	97.51	75.44	92.00	108.82	125.88	143.19	160.75	178.55	196.61	214.90	233.44
	[Kg/cm²]	5.52	9.75	7.54	9.20	10.88	12.59	14.32	16.08	17.86	19.66	21.49	23.34

CAPACIDAD PORTANTE SEGÚN TERZAGHI

	(Df) [m]	0.50	1.00	1.50	2.00	2.50	3.00	3.50	4.00	4.50	5.00	5.50	6.00
q_{ult}	[kN/m²]	1051.37	1337.90	1624.42	1910.95	2197.47	2483.99	2770.52	3057.04	3343.57	3630.09	3916.62	4203.14
	[t/m²]	107.21	136.43	165.64	194.86	224.08	253.29	282.51	311.73	340.94	370.16	399.38	428.59
	[Kg/cm²]	10.72	13.64	16.56	19.49	22.41	25.33	28.25	31.17	34.09	37.02	39.94	42.86
q	[kN]	1051.37	1337.90	1624.42	1910.95	2197.47	2483.99	2770.52	3057.04	3343.57	3630.09	3916.62	4203.14
	[t]	107.21	136.43	165.64	194.86	224.08	253.29	282.51	311.73	340.94	370.16	399.38	428.59
	[Kg]	107208.35	136428.26	165642.18	194859.10	224076.03	253292.95	282509.87	311726.80	340943.72	370160.64	399377.57	428594.49
Q_{adm}	[kN/m²]	420.55	535.16	649.77	764.38	878.99	993.60	1108.21	1222.82	1337.43	1452.04	1566.65	1681.26
	[t/m²]	42.88	54.57	66.26	77.94	89.63	101.32	113.00	124.69	136.38	148.06	159.75	171.44
	[Kg/cm²]	4.29	5.46	6.63	7.79	8.96	10.13	11.30	12.47	13.64	14.81	15.98	17.14

Fuente. Autor

Tabla 26 Carga Muerta + Carga Viva Normal + Sismo De Diseño Seudo Estático (Sondeo 1 al 3) B=1.00 m

DATOS INICIALES Y FACTORES DE CARGA PARA Df (0.50 a 3.00 m) - (CARGA MUERTA + CARGA VIVA MAXIMA + SISMO DE DISEÑO SEUDO ESTATICO)

DATOS INICIALES TIPO DE SUELO												
	γ =	[kN/m³]	17.78	δ =	[°]	0.00	$\alpha\alpha$ =	--	0.00	FS =	--	1.50
	ϕ =	[°]	33.00	β =	[°]	0.00	q_u =	[kN/m²]	0.00	ESTRATO DE ARENA LIMOSA		
	c =	[kN/m²]	10.00	η =	[°]	0.00	qh =	[kN/m²]	0.00			

FACTORES DE CAPACIDAD DE CARGA	SEGÚN MEYERHOF			SEGÚN VESIC			SEGÚN HANSEN			SEGÚN TERZAGHI		
	Nq	Nc	Ng	Nq	Nc	Ng	Nq	Nc	Ng	Nq	Nc	Ng
	26.092	38.638	26.166	26.092	38.638	35.188	26.092	38.638	24.442	32.230	48.090	31.940

DATOS INICIALES Y FACTORES DE CARGA PARA Df (3.50 a 6.00 m) - (CARGA MUERTA + CARGA VIVA MAXIMA + SISMO DE DISEÑO SEUDO ESTATICO)

DATOS INICIALES TIPO DE SUELO												
	γ =	[kN/m³]	17.78	δ =	[°]	0.00	$\alpha\alpha$ =	--	0.00	FS =	--	1.50
	ϕ =	[°]	33.00	β =	[°]	0.00	q_u =	[kN/m²]	0.00	ESTRATO DE ARENA LIMOSA		
	c =	[kN/m²]	10.00	η =	[°]	0.00	qh =	[kN/m²]	0.00			

FACTORES DE CAPACIDAD DE CARGA	SEGÚN MEYERHOF			SEGÚN VESIC			SEGÚN HANSEN			SEGÚN TERZAGHI		
	Nq	Nc	Ng	Nq	Nc	Ng	Nq	Nc	Ng	Nq	Nc	Ng
	26.092	38.638	26.166	26.092	38.638	35.188	26.092	38.638	24.442	32.230	48.090	31.940

CAPACIDAD PORTANTE SEGÚN MEYERHOF

	(Df) [m]	0.50	1.00	1.50	2.00	2.50	3.00	3.50	4.00	4.50	5.00	5.50	6.00
q_{ult}	[kN/m²]	1447.41	1992.00	2593.80	3252.82	3969.04	4742.48	5573.14	6461.00	7406.08	8408.38	9467.88	10584.60
	[t/m²]	147.59	203.12	264.49	331.69	404.72	483.59	568.29	658.83	755.20	857.40	965.44	1079.31
	[Kg/cm²]	14.76	20.31	26.45	33.17	40.47	48.36	56.83	65.88	75.52	85.74	96.54	107.93
q	[kN]	1447.41	1992.00	2593.80	3252.82	3969.04	4742.48	5573.14	6461.00	7406.08	8408.38	9467.88	10584.60
	[t]	147.59	203.12	264.49	331.69	404.72	483.59	568.29	658.83	755.20	857.40	965.44	1079.31
	[Kg]	147592.32	203124.07	264489.83	331689.59	404723.36	483591.13	566292.90	658828.67	755198.45	857402.24	965440.02	1079311.81
Q_{adm}	[kN/m²]	964.94	1328.00	1729.20	2168.54	2646.03	3161.66	3715.43	4307.34	4937.39	5605.58	6311.92	7056.40
	[t/m²]	98.39	135.42	176.33	221.13	269.82	322.39	378.86	439.22	503.47	571.60	643.63	719.54
	[Kg/cm²]	9.84	13.54	17.63	22.11	26.98	32.24	37.89	43.92	50.35	57.16	64.36	71.95

CAPACIDAD PORTANTE SEGÚN VESIC

	(Df) [m]	0.50	1.00	1.50	2.00	2.50	3.00	3.50	4.00	4.50	5.00	5.50	6.00
q_{ult}	[kN/m²]	1344.67	2381.00	1839.86	2246.05	2658.32	3076.67	3501.08	3931.54	4368.05	4810.57	5259.10	5713.61
	[t/m²]	137.12	242.79	187.61	229.03	271.07	313.73	357.01	400.90	445.41	490.53	536.27	582.62
	[Kg/cm²]	13.71	24.28	18.76	22.90	27.11	31.37	35.70	40.09	44.54	49.05	53.63	58.26
q	[kN]	1344.67	2381.00	1839.86	2246.05	2658.32	3076.67	3501.08	3931.54	4368.05	4810.57	5259.10	5713.61
	[t]	137.12	242.79	187.61	229.03	271.07	313.73	357.01	400.90	445.41	490.53	536.27	582.62
	[Kg]	137116.16	242790.57	187610.62	229029.60	271068.94	313727.78	357005.03	400899.44	445409.58	490533.82	536270.38	582617.27
Q_{adm}	[kN/m²]	896.45	1587.33	1226.57	1497.37	1772.21	2051.11	2334.05	2621.03	2912.03	3207.05	3506.07	3809.08
	[t/m²]	91.41	161.86	125.07	152.69	180.71	209.15	238.00	267.27	296.94	327.02	357.51	388.41
	[Kg/cm²]	9.14	16.19	12.51	15.27	18.07	20.92	23.80	26.73	29.69	32.70	35.75	38.84

CAPACIDAD PORTANTE SEGÚN HANSEN

	(Df) [m]	0.50	1.00	1.50	2.00	2.50	3.00	3.50	4.00	4.50	5.00	5.50	6.00
q_{ult}	[kN/m²]	1354.27	2390.60	1849.46	2255.65	2667.92	3086.27	3510.68	3941.14	4377.65	4820.17	5268.70	5723.22
	[t/m²]	138.10	243.77	188.59	230.01	272.05	314.71	357.98	401.88	446.39	491.51	537.25	583.60
	[Kg/cm²]	13.81	24.38	18.86	23.00	27.20	31.47	35.80	40.19	44.64	49.15	53.72	58.36
q	[kN]	1354.27	2390.60	1849.46	2255.65	2667.92	3086.27	3510.68	3941.14	4377.65	4820.17	5268.70	5723.22
	[t]	138.10	243.77	188.59	230.01	272.05	314.71	357.98	401.88	446.39	491.51	537.25	583.60
	[Kg]	138095.22	243769.63	188589.69	230008.66	272048.01	314706.84	357984.09	401878.50	446388.64	491512.89	537249.44	583596.54
Q_{adm}	[kN/m²]	902.85	1593.73	1232.97	1503.77	1778.61	2057.51	2340.45	2627.43	2918.43	3213.45	3512.47	3815.48
	[t/m²]	92.06	162.51	125.73	153.34	181.37	209.80	238.66	267.92	297.59	327.68	358.17	389.06
	[Kg/cm²]	9.21	16.25	12.57	15.33	18.14	20.98	23.87	26.79	29.76	32.77	35.82	38.91

CAPACIDAD PORTANTE SEGÚN TERZAGHI

	(Df) [m]	0.50	1.00	1.50	2.00	2.50	3.00	3.50	4.00	4.50	5.00	5.50	6.00
q_{ult}	[kN/m²]	1051.37	1337.90	1624.42	1910.95	2197.47	2483.99	2770.52	3057.04	3343.57	3630.09	3916.62	4203.14
	[t/m²]	107.21	136.43	165.64	194.86	224.08	253.29	282.51	311.73	340.94	370.16	399.38	428.59
	[Kg/cm²]	10.72	13.64	16.56	19.49	22.41	25.33	28.25	31.17	34.09	37.02	39.94	42.86
q	[kN]	1051.37	1337.90	1624.42	1910.95	2197.47	2483.99	2770.52	3057.04	3343.57	3630.09	3916.62	4203.14
	[t]	107.21	136.43	165.64	194.86	224.08	253.29	282.51	311.73	340.94	370.16	399.38	428.59
	[Kg]	107208.33	136425.26	165642.18	194859.10	224076.03	253292.95	282509.87	311726.80	340943.72	370160.64	399377.57	428594.49
Q_{adm}	[kN/m²]	700.91	891.93	1082.95	1273.96	1464.98	1656.00	1847.01	2038.03	2229.05	2420.06	2611.08	2802.10
	[t/m²]	71.47	90.95	110.43	129.91	149.38	168.86	188.34	207.82	227.30	246.77	266.25	285.73
	[Kg/cm²]	7.15	9.10	11.04	12.99	14.94	16.89	18.83	20.78	22.73	24.68	26.63	28.57

Fuente. Autor

10.8 Capacidad de carga específica (factores de seguridad directos según NSR10 H.2.4.3, H.2.4.4)

Valores del factor de seguridad geotécnico básico — La selección de los factores de seguridad debe justificarse plenamente teniendo en cuenta:

(a) La magnitud de la obra.

(b) Las consecuencias de una posible falla en la edificación o sus cimentaciones.

(c) La calidad de la información disponible en materia de suelos.

En cualquier caso los Factores de Seguridad Básicos aplicados al material térreo (suelo, roca o material intermedio) no deben ser inferiores a los Factores de Seguridad Básicos Mínimos de la tabla H.2.4-1, en la cual las cargas se refieren a valores nominales sin coeficientes de mayoración, tal como se indica en el aparte B.2.3 de este Reglamento, en el cual, para los cimientos y el material térreo de cimentación se empleará para las fuerzas sísmicas E un factor R = 1.0 . En ningún caso el factor de seguridad básico mínimo podrá ser inferior a 1.00.

Tabla 27 Factores de Seguridad Básicos Mínimos Directos

Condición	F_{SBM}		F_{SBUM}	
	Diseño	Construcción	Diseño	Construcción
Carga Muerta + Carga Viva Normal	1.50	1.25	1.80	1.40
Carga Muerta + Carga Viva Máxima	1.25	1.10	1.40	1.15
Carga Muerta + Carga Viva Normal + Sismo de Diseño Seudo estático	1.10	1.00 (*)	No se permite	No se permite
Taludes – Condición Estática y Agua Subterránea Normal	1.50	1.25	1.80	1.40
Taludes – Condición Estática y Agua Subterránea Normal y Coeficiente Sísmico de Diseño	1.05	1.00 (*)	No se permite	No se permite

(*) Nota: Los parámetros sísmicos seudo estáticos de Construcción serán el 50% de los de Diseño

Fuente: Reglamento Colombiano de construcción Sismo Resistente, NSR-10. Título H. Tabla H.2.4-1.

Factores de seguridad indirectos — El Factor de Seguridad Básico o directo definido en H.2.4.1 es el factor de seguridad geotécnico real, pero de él se derivan Factores de Seguridad Indirectos que tienen valores diferentes y los cuales se especifican en los diferentes capítulos de este Título H, pero en todo caso se debe demostrar que el empleo de éstos FS indirectos implica Factores de Seguridad Básicos iguales o superiores a los valores mínimos.

Tabla 28 Carga Muerta + Carga Viva Normal (Sondeo 1 al 3) B=1.00 m

DATOS INICIALES Y FACTORES DE CARGA PARA Df (0.50 a 3.00 m) - (CARGA MUERTA + CARGA VIVA NORMAL)

DATOS INICIALES TIPO DE SUELO												
	γ =	[kN/m³]	17.78	δ =	[°]	0.00	c_{ef} =	--	0.00	FS =	--	1.50
	ϕ =	[°]	33.00	β =	[°]	0.00	q_u =	[kN/m³]	0.00	ESTRATO DE ARENA LIMOSA		
	c =	[kN/m²]	10.00	η =	[°]	0.00	q_h =	[kN/m³]	0.00			

FACTORES DE CAPACIDAD DE CARGA	SEGÚN MEYERHOF			SEGÚN VESIC			SEGÚN HANSEN			SEGÚN TERZAGHI		
	Nq	Nc	Ng	Nq	Nc	Ng	Nq	Nc	Ng	Nq	Nc	Ng
	26.092	38.638	26.166	26.092	38.638	35.188	26.092	38.638	24.442	32.230	48.090	31.940

DATOS INICIALES Y FACTORES DE CARGA PARA Df (3.50 a 6.00 m) - (CARGA MUERTA + CARGA VIVA NORMAL)

DATOS INICIALES TIPO DE SUELO												
	γ =	[kN/m³]	17.78	δ =	[°]	0.00	c_{ef} =	--	0.00	FS =	--	1.50
	ϕ =	[°]	33.00	β =	[°]	0.00	q_u =	[kN/m³]	0.00	ESTRATO DE ARENA LIMOSA		
	c =	[kN/m²]	10.00	η =	[°]	0.00	q_h =	[kN/m³]	0.00			

FACTORES DE CAPACIDAD DE CARGA	SEGÚN MEYERHOF			SEGÚN VESIC			SEGÚN HANSEN			SEGÚN TERZAGHI		
	Nq	Nc	Ng	Nq	Nc	Ng	Nq	Nc	Ng	Nq	Nc	Ng
	26.092	38.638	26.166	26.092	38.638	35.188	26.092	38.638	24.442	32.230	48.090	31.940

CAPACIDAD PORTANTE SEGÚN MEYERHOF

	(Df) [m]	0.50	1.00	1.50	2.00	2.50	3.00	3.50	4.00	4.50	5.00	5.50	6.00
q_{ult}	[kN/m²]	1447.41	1992.00	2593.80	3252.82	3969.04	4742.48	5573.14	6461.00	7406.08	8408.38	9467.88	10584.60
	[t/m²]	147.59	203.12	264.49	331.69	404.72	483.59	568.29	658.83	755.20	857.40	965.44	1079.31
	[Kg/cm²]	14.76	20.31	26.45	33.17	40.47	48.36	56.83	65.88	75.52	85.74	96.54	107.93
q	[kN]	1447.41	1992.00	2593.80	3252.82	3969.04	4742.48	5573.14	6461.00	7406.08	8408.38	9467.88	10584.60
	[t]	147.59	203.12	264.49	331.69	404.72	483.59	568.29	658.83	755.20	857.40	965.44	1079.31
	[Kg]	147592.32	203124.07	264489.63	331689.59	404723.36	483591.13	568292.90	658828.67	755198.45	857402.24	965440.02	1079311.81
Q_{adm}	[kN/m²]	964.94	1328.00	1729.20	2168.54	2646.03	3161.66	3715.43	4307.34	4937.39	5605.58	6311.92	7056.40
	[t/m²]	98.39	135.42	176.33	221.13	269.82	322.39	378.86	439.22	503.47	571.60	643.63	719.54
	[Kg/cm²]	9.84	13.54	17.63	22.11	26.98	32.24	37.89	43.92	50.35	57.16	64.36	71.95

CAPACIDAD PORTANTE SEGÚN VESIC

	(Df) [m]	0.50	1.00	1.50	2.00	2.50	3.00	3.50	4.00	4.50	5.00	5.50	6.00
q_{ult}	[kN/m²]	1344.67	2381.00	1839.86	2246.05	2658.32	3076.67	3501.08	3931.54	4368.05	4810.57	5259.10	5713.61
	[t/m²]	137.12	242.79	187.61	229.03	271.07	313.73	357.01	400.90	445.41	490.53	536.27	582.62
	[Kg/cm²]	13.71	24.28	18.76	22.90	27.11	31.37	35.70	40.09	44.54	49.05	53.63	58.26
q	[kN]	1344.67	2381.00	1839.86	2246.05	2658.32	3076.67	3501.08	3931.54	4368.05	4810.57	5259.10	5713.61
	[t]	137.12	242.79	187.61	229.03	271.07	313.73	357.01	400.90	445.41	490.53	536.27	582.62
	[Kg]	137116.16	242790.57	187610.62	229029.60	271068.94	313727.78	357006.03	400899.44	445409.58	490533.82	536270.38	582617.27
Q_{adm}	[kN/m²]	896.45	1587.33	1226.57	1497.37	1772.21	2051.11	2334.05	2621.03	2912.03	3207.05	3506.07	3809.08
	[t/m²]	91.41	161.86	125.07	152.69	180.71	209.15	238.00	267.27	296.94	327.02	357.51	388.41
	[Kg/cm²]	9.14	16.19	12.51	15.27	18.07	20.92	23.80	26.73	29.69	32.70	35.75	38.84

CAPACIDAD PORTANTE SEGÚN HANSEN

	(Df) [m]	0.50	1.00	1.50	2.00	2.50	3.00	3.50	4.00	4.50	5.00	5.50	6.00
q_{ult}	[kN/m²]	1354.27	2390.60	1849.46	2255.65	2667.92	3086.27	3510.68	3941.14	4377.65	4820.17	5268.70	5723.22
	[t/m²]	138.10	243.77	188.59	230.01	272.05	314.71	357.98	401.88	446.39	491.51	537.25	583.60
	[Kg/cm²]	13.81	24.38	18.86	23.00	27.20	31.47	35.80	40.19	44.64	49.15	53.72	58.36
q	[kN]	1354.27	2390.60	1849.46	2255.65	2667.92	3086.27	3510.68	3941.14	4377.65	4820.17	5268.70	5723.22
	[t]	138.10	243.77	188.59	230.01	272.05	314.71	357.98	401.88	446.39	491.51	537.25	583.60
	[Kg]	138095.22	243769.63	188583.69	230008.66	272048.01	314706.84	357984.09	401878.50	446388.64	491512.89	537249.44	583596.34
Q_{adm}	[kN/m²]	902.85	1593.73	1232.97	1503.77	1778.61	2057.51	2340.45	2627.43	2918.43	3213.45	3512.47	3815.48
	[t/m²]	92.06	162.51	125.73	153.34	181.37	209.80	238.66	267.92	297.59	327.68	358.17	389.06
	[Kg/cm²]	9.21	16.25	12.57	15.33	18.14	20.98	23.87	26.79	29.76	32.77	35.82	38.91

CAPACIDAD PORTANTE SEGÚN TERZAGHI

	(Df) [m]	0.50	1.00	1.50	2.00	2.50	3.00	3.50	4.00	4.50	5.00	5.50	6.00
q_{ult}	[kN/m²]	1051.37	1337.90	1624.42	1910.95	2197.47	2483.99	2770.52	3057.04	3343.57	3630.09	3916.62	4203.14
	[t/m²]	107.21	136.43	165.64	194.86	224.08	253.29	282.51	311.73	340.94	370.16	399.38	428.59
	[Kg/cm²]	10.72	13.64	16.56	19.49	22.41	25.33	28.25	31.17	34.09	37.02	39.94	42.86
q	[kN]	1051.37	1337.90	1624.42	1910.95	2197.47	2483.99	2770.52	3057.04	3343.57	3630.09	3916.62	4203.14
	[t]	107.21	136.43	165.64	194.86	224.08	253.29	282.51	311.73	340.94	370.16	399.38	428.59
	[Kg]	107208.35	136425.26	165642.18	194859.10	224076.03	253292.95	282509.87	311726.80	340943.72	370160.64	399377.57	428594.49
Q_{adm}	[kN/m²]	700.91	891.93	1082.95	1273.96	1464.98	1656.00	1847.01	2038.03	2229.05	2420.06	2611.08	2802.10
	[t/m²]	71.47	90.95	110.43	129.91	149.38	168.86	188.34	207.82	227.30	246.77	266.25	285.73
	[Kg/cm²]	7.15	9.10	11.04	12.99	14.94	16.89	18.83	20.78	22.73	24.68	26.63	28.57

Fuente. Autor

Tabla 29 Carga Muerta + Carga Viva Máxima (Sondeo 1 al 3) B=1.00 m

DATOS INICIALES Y FACTORES DE CARGA PARA Df (0.50 a 3.00 m) - (CARGA MUERTA + CARGA VIVA MAXIMA)

DATOS INICIALES TIPO DE SUELO												
	γ =	[kN/m³]	17.78	δ =	[°]	0.00	α_K =	--	0.00	FS =	--	1.25
	ϕ =	[°]	33.00	β =	[°]	0.00	q_v =	[kN/m²]	0.00	ESTRATO DE ARENA LIMOSA		
	c =	[kN/m²]	10.00	η =	[°]	0.00	q_h =	[kN/m²]	0.00			

FACTORES DE CAPACIDAD DE CARGA	SEGÚN MEYERHOF			SEGÚN VESIC			SEGÚN HANSEN			SEGÚN TERZAGHI		
	Nq	Nc	Ng	Nq	Nc	Ng	Nq	Nc	Ng	Nq	Nc	Ng
	26.092	38.638	26.166	26.092	38.638	35.188	26.092	38.638	24.442	32.230	48.090	31.940

DATOS INICIALES Y FACTORES DE CARGA PARA Df (3.50 a 6.00 m) - (CARGA MUERTA + CARGA VIVA MAXIMA)

DATOS INICIALES TIPO DE SUELO												
	γ =	[kN/m³]	17.78	δ =	[°]	0.00	α_K =	--	0.00	FS =	--	1.25
	ϕ =	[°]	33.00	β =	[°]	0.00	q_v =	[kN/m²]	0.00	ESTRATO DE ARENA LIMOSA		
	c =	[kN/m²]	10.00	η =	[°]	0.00	q_h =	[kN/m²]	0.00			

FACTORES DE CAPACIDAD DE CARGA	SEGÚN MEYERHOF			SEGÚN VESIC			SEGÚN HANSEN			SEGÚN TERZAGHI		
	Nq	Nc	Ng	Nq	Nc	Ng	Nq	Nc	Ng	Nq	Nc	Ng
	26.092	38.638	26.166	26.092	38.638	35.188	26.092	38.638	24.442	32.230	48.090	31.940

CAPACIDAD PORTANTE SEGÚN MEYERHOF

	(Df) [m]	0.50	1.00	1.50	2.00	2.50	3.00	3.50	4.00	4.50	5.00	5.50	6.00
q_{ult}	[kN/m²]	1447.41	1992.00	2593.80	3252.82	3969.04	4742.48	5573.14	6461.00	7406.08	8408.38	9467.88	10584.60
	[t/m²]	147.59	203.12	264.49	331.69	404.72	483.59	568.29	658.83	755.20	857.40	965.44	1079.31
	[Kg/cm²]	14.76	20.31	26.45	33.17	40.47	48.36	56.83	65.88	75.52	85.74	96.54	107.93
q	[kN]	1447.41	1992.00	2593.80	3252.82	3969.04	4742.48	5573.14	6461.00	7406.08	8408.38	9467.88	10584.60
	[t]	147.59	203.12	264.49	331.69	404.72	483.59	568.29	658.83	755.20	857.40	965.44	1079.31
	[Kg]	147592.32	203124.07	264489.83	331689.59	404723.36	483591.13	568292.90	658828.67	755198.45	857402.24	965440.02	1079311.81
Q_{adm}	[kN/m²]	1157.93	1593.60	2075.04	2602.25	3175.23	3793.99	4458.51	5168.80	5924.87	6726.70	7574.31	8467.68
	[t/m²]	118.07	162.50	211.59	265.35	323.78	386.87	454.63	527.06	604.16	685.92	772.35	863.45
	[Kg/cm²]	11.81	16.25	21.16	26.54	32.38	38.69	45.46	52.71	60.42	68.59	77.24	86.34

CAPACIDAD PORTANTE SEGÚN VESIC

	(Df) [m]	0.50	1.00	1.50	2.00	2.50	3.00	3.50	4.00	4.50	5.00	5.50	6.00
q_{ult}	[kN/m²]	1344.67	2381.00	1839.86	2246.05	2658.32	3076.67	3501.08	3931.54	4368.05	4810.57	5259.10	5713.61
	[t/m²]	137.12	242.79	187.61	229.03	271.07	313.73	357.01	400.90	445.41	490.53	536.27	582.62
	[Kg/cm²]	13.71	24.28	18.76	22.90	27.11	31.37	35.70	40.09	44.54	49.05	53.63	58.26
q	[kN]	1344.67	2381.00	1839.86	2246.05	2658.32	3076.67	3501.08	3931.54	4368.05	4810.57	5259.10	5713.61
	[t]	137.12	242.79	187.61	229.03	271.07	313.73	357.01	400.90	445.41	490.53	536.27	582.62
	[Kg]	137116.16	242790.57	187610.62	229029.60	271068.94	313727.78	357005.03	400839.44	445409.58	490533.82	536270.38	582617.27
Q_{adm}	[kN/m²]	1075.74	1904.80	1471.89	1796.84	2126.66	2461.33	2800.86	3145.23	3494.44	3848.46	4207.28	4570.89
	[t/m²]	109.69	194.23	150.09	183.22	216.86	250.98	285.60	320.72	356.33	392.43	429.02	466.09
	[Kg/cm²]	10.97	19.42	15.01	18.32	21.69	25.10	28.56	32.07	35.63	39.24	42.90	46.61

CAPACIDAD PORTANTE SEGÚN HANSEN

	(Df) [m]	0.50	1.00	1.50	2.00	2.50	3.00	3.50	4.00	4.50	5.00	5.50	6.00
q_{ult}	[kN/m²]	1354.27	2390.60	1849.46	2255.65	2667.92	3086.27	3510.68	3941.14	4377.65	4820.17	5268.70	5723.22
	[t/m²]	138.10	243.77	188.59	230.01	272.05	314.71	357.98	401.88	446.39	491.51	537.25	583.60
	[Kg/cm²]	13.81	24.38	18.86	23.00	27.20	31.47	35.80	40.19	44.64	49.15	53.72	58.36
q	[kN]	1354.27	2390.60	1849.46	2255.65	2667.92	3086.27	3510.68	3941.14	4377.65	4820.17	5268.70	5723.22
	[t]	138.10	243.77	188.59	230.01	272.05	314.71	357.98	401.88	446.39	491.51	537.25	583.60
	[Kg]	138095.22	243769.63	188589.59	230008.66	272048.01	314706.84	357984.09	401878.50	446388.64	491512.89	537249.44	583596.34
Q_{adm}	[kN/m²]	1083.42	1912.48	1479.57	1804.52	2134.34	2469.02	2808.54	3152.92	3502.12	3856.14	4214.96	4578.57
	[t/m²]	110.48	195.02	150.87	184.01	217.64	251.77	286.39	321.50	357.11	393.21	429.80	466.88
	[Kg/cm²]	11.05	19.50	15.09	18.40	21.76	25.18	28.64	32.15	35.71	39.32	42.98	46.69

CAPACIDAD PORTANTE SEGÚN TERZAGHI

	(Df) [m]	0.50	1.00	1.50	2.00	2.50	3.00	3.50	4.00	4.50	5.00	5.50	6.00
q_{ult}	[kN/m²]	1051.37	1337.90	1624.42	1910.95	2197.47	2483.99	2770.52	3057.04	3343.57	3630.09	3916.62	4203.14
	[t/m²]	107.21	136.43	165.64	194.86	224.08	253.29	282.51	311.73	340.94	370.16	399.38	428.59
	[Kg/cm²]	10.72	13.64	16.56	19.49	22.41	25.33	28.25	31.17	34.09	37.02	39.94	42.86
q	[kN]	1051.37	1337.90	1624.42	1910.95	2197.47	2483.99	2770.52	3057.04	3343.57	3630.09	3916.62	4203.14
	[t]	107.21	136.43	165.64	194.86	224.08	253.29	282.51	311.73	340.94	370.16	399.38	428.59
	[Kg]	107208.33	136425.26	165642.18	194859.10	224076.03	253292.95	282509.87	311726.80	340943.72	370160.64	399377.57	428594.49
Q_{adm}	[kN/m²]	841.10	1070.32	1299.54	1528.76	1757.98	1987.20	2216.42	2445.64	2674.86	2904.07	3133.29	3362.51
	[t/m²]	85.77	109.14	132.51	155.89	179.26	202.63	226.01	249.38	272.75	296.13	319.50	342.88
	[Kg/cm²]	8.58	10.91	13.25	15.59	17.93	20.26	22.60	24.94	27.28	29.61	31.95	34.29

Fuente. Autor

Tabla 30 Carga Muerta + Carga Viva Normal + Sismo De Diseño Seudo Estático (Sondeo 1 al 3) B=1.00 m

DATOS INICIALES Y FACTORES DE CARGA PARA Df (0.50 a 3.00 m) - (CARGA MUERTA + CARGA VIVA MAXIMA + SISMO DE DISEÑO SEUDO ESTATICO)

DATOS INICIALES TIPO DE SUELO												
	γ =	[kN/m³]	17.78	δ =	[°]	0.00	c_a =	-	0.00	FS =	-	1.10
	ϕ =	[°]	33.00	β =	[°]	0.00	q_v =	[kN/m²]	0.00	ESTRATO DE ARENA LIMOSA		
	c =	[kN/m²]	10.00	η =	[°]	0.00	q_h =	[kN/m³]	0.00			

FACTORES DE CAPACIDAD DE CARGA	SEGÚN MEYERHOF			SEGÚN VESIC			SEGÚN HANSEN			SEGÚN TERZAGHI		
	Nq	Nc	Ng	Nq	Nc	Ng	Nq	Nc	Ng	Nq	Nc	Ng
	26.092	38.638	26.166	26.092	38.638	35.188	26.092	38.638	24.442	32.230	48.090	31.940

DATOS INICIALES Y FACTORES DE CARGA PARA Df (3.50 a 6.00 m) - (CARGA MUERTA + CARGA VIVA MAXIMA + SISMO DE DISEÑO SEUDO ESTATICO)

DATOS INICIALES TIPO DE SUELO												
	γ =	[kN/m³]	17.78	δ =	[°]	0.00	c_a =	-	0.00	FS =	-	1.10
	ϕ =	[°]	33.00	β =	[°]	0.00	q_v =	[kN/m³]	0.00	ESTRATO DE ARENA LIMOSA		
	c =	[kN/m²]	10.00	η =	[°]	0.00	q_h =	[kN/m³]	0.00			

FACTORES DE CAPACIDAD DE CARGA	SEGÚN MEYERHOF			SEGÚN VESIC			SEGÚN HANSEN			SEGÚN TERZAGHI		
	Nq	Nc	Ng	Nq	Nc	Ng	Nq	Nc	Ng	Nq	Nc	Ng
	26.092	38.638	26.166	26.092	38.638	35.188	26.092	38.638	24.442	32.230	48.090	31.940

CAPACIDAD PORTANTE SEGÚN MEYERHOF

(Df) [m]		0.50	1.00	1.50	2.00	2.50	3.00	3.50	4.00	4.50	5.00	5.50	6.00
q_{ult}	[kN/m²]	1447.41	1992.00	2593.80	3252.82	3969.04	4742.48	5573.14	6461.00	7406.08	8408.38	9467.88	10584.60
	[t/m²]	147.59	203.12	264.49	331.69	404.72	483.59	568.29	658.83	755.20	857.40	965.44	1079.31
	[Kg/cm²]	14.76	20.31	26.45	33.17	40.47	48.36	56.83	65.88	75.52	85.74	96.54	107.93
q	[kN]	1447.41	1992.00	2593.80	3252.82	3969.04	4742.48	5573.14	6461.00	7406.08	8408.38	9467.88	10584.60
	[t]	147.59	203.12	264.49	331.69	404.72	483.59	568.29	658.83	755.20	857.40	965.44	1079.31
	[Kg]	147592.32	203124.07	264489.83	331689.59	404723.36	483591.13	568292.90	658828.67	755198.45	857402.24	965440.02	1079311.81
Q_{adm}	[kN/m²]	1315.83	1810.91	2358.00	2957.10	3608.22	4311.35	5066.49	5873.64	6732.80	7643.98	8607.17	9622.36
	[t/m²]	134.17	184.66	240.45	301.54	367.93	439.63	516.63	598.94	686.54	779.46	877.67	981.19
	[Kg/cm²]	13.42	18.47	24.04	30.15	36.79	43.96	51.66	59.89	68.65	77.95	87.77	98.12

CAPACIDAD PORTANTE SEGÚN VESIC

(Df) [m]		0.50	1.00	1.50	2.00	2.50	3.00	3.50	4.00	4.50	5.00	5.50	6.00
q_{ult}	[kN/m²]	1344.67	2381.00	1839.86	2246.05	2658.32	3076.67	3501.08	3931.54	4368.05	4810.57	5259.10	5713.61
	[t/m²]	137.12	242.79	187.61	229.03	271.07	313.73	357.01	400.90	445.41	490.53	536.27	582.62
	[Kg/cm²]	13.71	24.28	18.76	22.90	27.11	31.37	35.70	40.09	44.54	49.05	53.63	58.26
q	[kN]	1344.67	2381.00	1839.86	2246.05	2658.32	3076.67	3501.08	3931.54	4368.05	4810.57	5259.10	5713.61
	[t]	137.12	242.79	187.61	229.03	271.07	313.73	357.01	400.90	445.41	490.53	536.27	582.62
	[Kg]	137116.16	242790.57	187610.62	229029.60	271068.94	313727.78	357005.03	400899.44	445409.58	490533.82	536270.58	582617.27
Q_{adm}	[kN/m²]	1222.43	2164.55	1672.60	2041.86	2416.66	2796.97	3182.80	3574.13	3970.95	4373.25	4781.00	5194.20
	[t/m²]	124.65	220.72	170.56	208.21	246.43	285.21	324.55	364.45	404.92	445.94	487.52	529.65
	[Kg/cm²]	12.47	22.07	17.06	20.82	24.64	28.52	32.46	36.45	40.49	44.59	48.75	52.97

CAPACIDAD PORTANTE SEGÚN HANSEN

(Df) [m]		0.50	1.00	1.50	2.00	2.50	3.00	3.50	4.00	4.50	5.00	5.50	6.00
q_{ult}	[kN/m²]	1354.27	2390.60	1849.46	2255.65	2667.92	3086.27	3510.68	3941.14	4377.65	4820.17	5268.70	5723.22
	[t/m²]	138.10	243.77	188.59	230.01	272.05	314.71	357.98	401.88	446.39	491.51	537.25	583.60
	[Kg/cm²]	13.81	24.38	18.86	23.00	27.20	31.47	35.80	40.19	44.64	49.15	53.72	58.36
q	[kN]	1354.27	2390.60	1849.46	2255.65	2667.92	3086.27	3510.68	3941.14	4377.65	4820.17	5268.70	5723.22
	[t]	138.10	243.77	188.59	230.01	272.05	314.71	357.98	401.88	446.39	491.51	537.25	583.60
	[Kg]	138095.22	243769.63	188589.69	230008.66	272048.01	314706.84	357984.09	401878.50	446388.64	491512.89	537249.44	583596.34
Q_{adm}	[kN/m²]	1231.16	2173.27	1681.33	2050.59	2425.38	2806.70	3191.53	3582.86	3979.68	4381.97	4789.73	5202.92
	[t/m²]	125.54	221.61	171.45	209.10	247.32	286.10	325.44	365.34	405.81	446.83	488.41	530.54
	[Kg/cm²]	12.55	22.16	17.14	20.91	24.73	28.61	32.54	36.53	40.58	44.68	48.84	53.05

CAPACIDAD PORTANTE SEGÚN TERZAGHI

(Df) [m]		0.50	1.00	1.50	2.00	2.50	3.00	3.50	4.00	4.50	5.00	5.50	6.00
q_{ult}	[kN/m²]	1051.37	1337.90	1624.42	1910.95	2197.47	2483.99	2770.52	3057.04	3343.57	3630.09	3916.62	4203.14
	[t/ft²]	107.21	136.43	165.64	194.86	224.08	253.29	282.51	311.73	340.94	370.16	399.38	428.59
	[Kg/cm²]	10.72	13.64	16.56	19.49	22.41	25.33	28.25	31.17	34.09	37.02	39.94	42.86
q	[kN]	1051.37	1337.90	1624.42	1910.95	2197.47	2483.99	2770.52	3057.04	3343.57	3630.09	3916.62	4203.14
	[t]	107.21	136.43	165.64	194.86	224.08	253.29	282.51	311.73	340.94	370.16	399.38	428.59
	[Kg]	107208.55	136425.26	165642.18	194859.10	224076.03	253292.95	282509.87	311726.80	340943.72	370160.64	399377.57	428594.49
Q_{adm}	[kN/m²]	955.79	1216.27	1476.75	1737.22	1997.70	2258.18	2518.65	2779.13	3039.61	3300.09	3560.56	3821.04
	[t/ft²]	97.46	124.02	150.58	177.14	203.71	230.27	256.83	283.39	309.95	336.51	363.07	389.63
	[Kg/cm²]	9.75	12.40	15.06	17.71	20.37	23.03	25.68	28.34	30.99	33.65	36.31	38.96

Fuente. Autor

11 RECOMENDACIONES DE CIMENTACIÓN

Una vez estudiadas las características de las unidades litológicas que aparecen en el terreno investigado, analizaremos la tipología de cimentación más adecuada para la construcción de las redes de alcantarillado sanitario, se toman como datos de partida, las características constructivas de las obras proyectada y los condicionantes geotécnicos del subsuelo, así como trabajos realizados en la zona con anterioridad y nuestra experiencia en la región.

11.1 Cimentación de la tubería de alcantarillado

Según los registros obtenidos en el ensayo de SPT, el material se encuentra consolidado en la mayoría de las excavaciones proyectadas se podrán presentar cortes verticales dependiendo de la presión de poros del material.

Dependiendo del diámetro y el material de la tubería se puede presentar que solo se necesite una cama de arena y el relleno es el mismo material de excavación, se presenta el tipo de cimentación para los cruces vehiculares o cuando se necesiten cimentaciones especiales. Existen diferentes modelos de cimentación dependiendo de la altura de excavación, presentamos los modelos establecidos para cimentar tubería:

Para todos los casos se presentan las convenciones para todos los tipos de cimentación.

T1: Arena Lavada o gravilla
T2: Recebo
T3: Materiales provenientes de la excavación
T4: Materiales producto de trituración primaria o secundario
T5: Material triturado o mezcla de varios materiales
Hr: Altura relleno sobre el tubo (m)
Bd: Ancho de zanja (m)
Wd: Carga muerta (kg/m)
Wv: Carga viva (Kg/m)
De: Diámetro exterior del tubo (m)
Wt: Carga total (kg/m)
Fs: Factor seguridad
Fc: Factor de carga
D: Diámetro interno del tubo (m)

11.1.1 Modelo de Cimentación tipo 1

Aplica para alturas del terreno hasta la cota clave de 1.20 a 3.25 m.

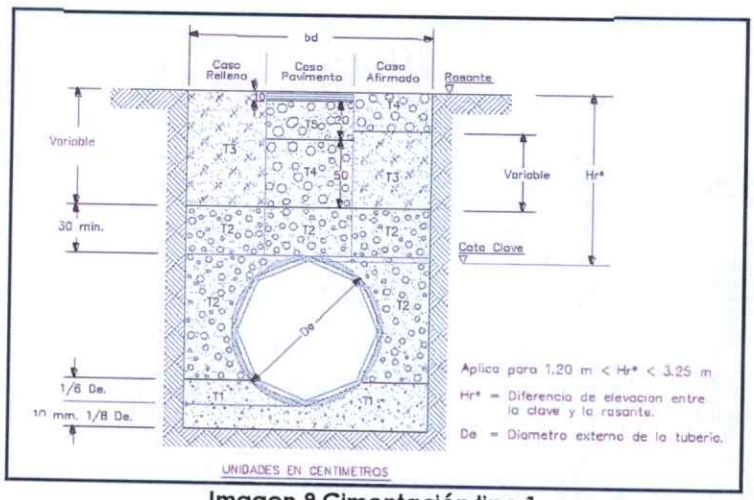


Imagen 9 Cimentación tipo 1

11.1.2 Modelo de Cimentación tipo 2

Aplica para alturas del terreno hasta la cota batea 7.00 m

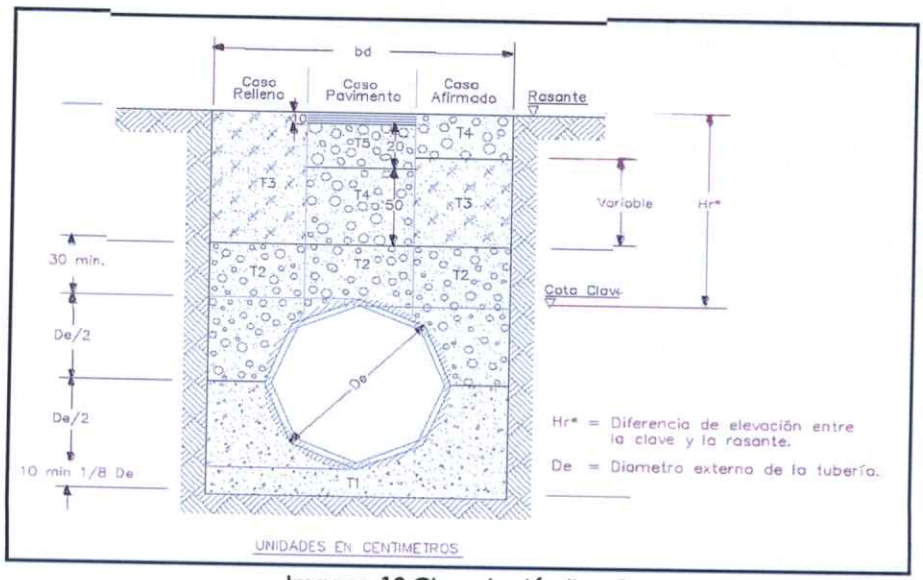


Imagen 10 Cimentación tipo 2

11.1.3 Modelo de Cimentación tipo 3

Aplica para alturas del terreno hasta la cota clave de 1.00 m a 1.20 m (los cortes en las excavaciones son verticales).

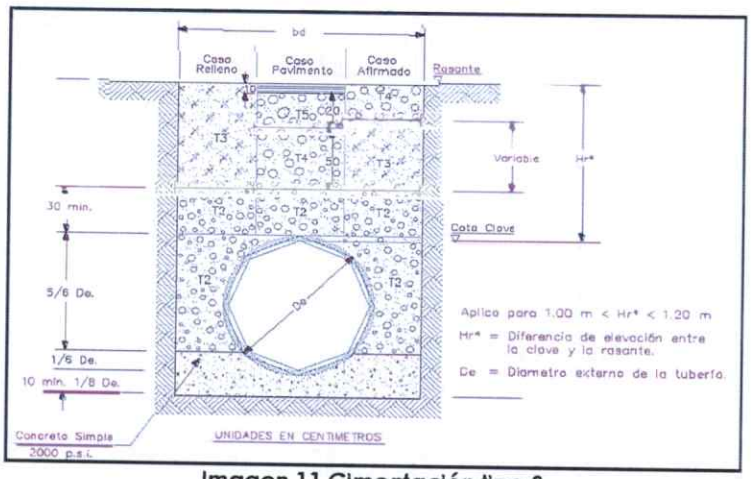


Imagen 11 Cimentación tipo 3

11.1.4 Modelo de Cimentación tipo 4

Aplica para alturas del terreno hasta la cota clave de 0.75 a 1.00 m. (los cortes en las excavaciones son verticales).

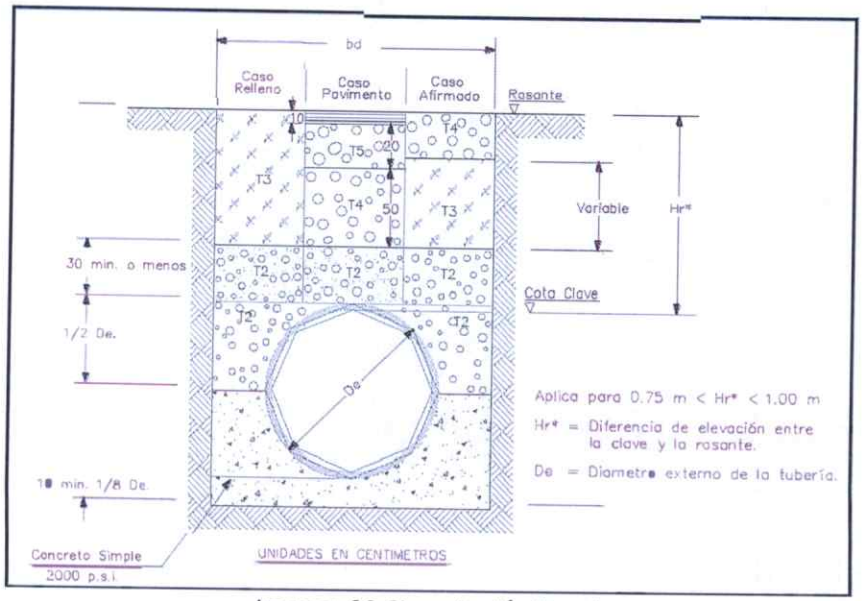


Imagen 12 Cimentación tipo 4

11.1.5 Modelo de Cimentación tipo 5

Aplica para alturas del terreno hasta la cota clave de 0.50 a 0.75 m. (los cortes en las excavaciones son verticales).

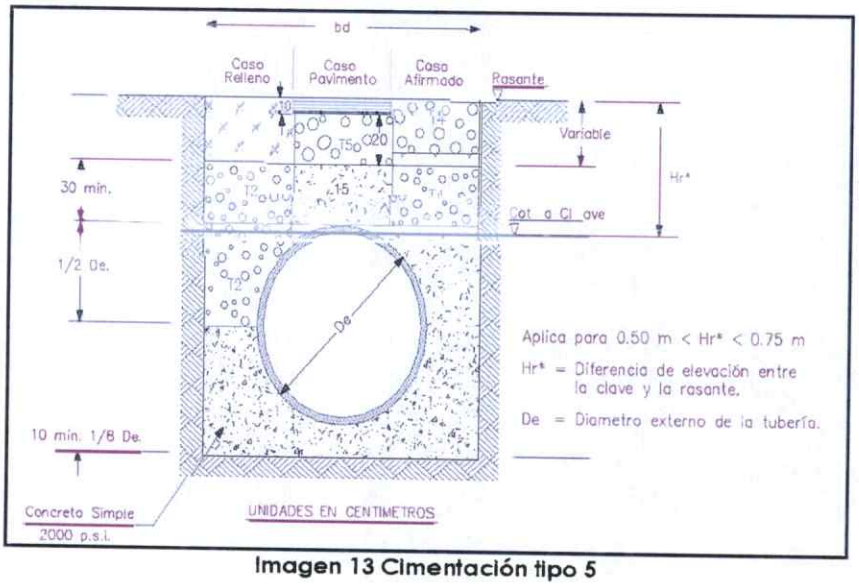


Imagen 13 Cimentación tipo 5

12 ANÁLISIS DE ESTABILIDAD DE TALUDES DE CORTE A DIFERENTES ALTURAS

12.1 Software utilizado

Slide 6.014 es un software disponible para el análisis de estabilidad de taludes. Este programa en 2D tiene un atractivo CAD (diseño con ayuda del ordenador) basado en la interfaz gráfica con una amplia variedad de modelos y tiene opciones de interpretación de datos que permiten realizar un análisis completo y rápido. Usando el programa Slide 6.014, se puede evaluar la estabilidad de falla circular y no circular en taludes de suelos y roca.

12.2 Análisis de estabilidad de taludes

En el caso particular de los análisis geotécnicos de estabilidad de taludes para conformación de taludes de corte, una vez revisada la información de campo y laboratorio, ha sido posible establecer la existencia de una (1) zona geotécnica, en función de los materiales que constituyen los taludes proyectados.

En las siguientes tablas se relacionan los parámetros de diseño seleccionados para los análisis de estabilidad de taludes de la zona geotécnica encontrada:

Tabla 31 Parámetros de diseño

Clasificación		Descripción	Angulo de fricción	Cohesión (kN/m²)	Peso unitario (kN/m²)
AASHTO	U.S.C.S.				
A-2-4	SM	Arena limosa de color pardo	33.0°	10.0	17.78

Teniendo en cuenta el diseño de la red de alcantarillado del proyecto, los análisis fueron realizados para una amplia gama de alturas comprendida entre los 2,0m y los 6,0m. La falla que se presentan en este tipo de suelos es en bloque, aparentemente los suelos son completamente estables pero se debe tener especial cuidado a medida que se profundica las excavaciones. Así las cosas, los análisis se realizaron para las geometrías que se presentan en el capítulo 10 del presente informe.

Una vez definido el modelo estratigráfico para cada una de las zonas geotécnicas, se llevó a cabo el análisis de estabilidad, con el fin de verificar la condición de falla y validar las hipótesis resultantes de la interpretación de las manifestaciones de campo así como de los resultados de exploración del subsuelo.

Los análisis de estabilidad fueron realizados a partir de las geometrías previamente descritas, así como en la caracterización mecánica de los suelos determinados con base en las perforaciones localizadas sobre estos sectores, con el fin de establecer el factor de seguridad para las diferentes condiciones evaluadas.

Como la pendiente del talud presenta un solo tipo de inclinación se darán las dimensiones aproximadas en metros en los extremos y en la parte media de la sección, esto servirá como guía para proyectar las cantidades de material de excavación, rellenos y entibados. Los ingenieros a cargo del proyecto (interventor y constructor) según sea al comportamiento del terreno definirán durante el proceso constructivo las secciones finales de excavación y relleno.

12.3 Métodos de análisis

Aunque el programa "SLIDE" permite trabajar con nueve diferentes métodos de análisis, para objeto del presente estudio se trabajó conjuntamente con los siguientes cuatro métodos:

- Método ordinario o de Fellenius
- Método Bishop simplificado
- Método de Janbú simplificado
- Método de Spencer

Los resultados de los factores de seguridad se presentan para cada uno de los métodos indicados y para cada una de las alturas analizadas.

12.4 Geometría y estratigrafía

El modelo geotécnico se trabajó con el tipo de material de suelo identificado en los sondeos realizados. Las propiedades de los suelos fueron obtenidas en el laboratorio de NHSQ INGENIERIA,

en la ciudad de Villavicencio. De igual manera, los espesores de los estratos fueron determinados a partir de los sondeos geotécnicos.

12.5 Superficies de falla

Se utilizaron círculos de falla utilizando un sistema de centros de giro.

12.6 Presiones de poro

Para modelar las presiones de poro se supuso la línea de nivel freático dependiendo de la información obtenida en los sondeos.

12.7 Propiedades del suelo

Se utilizó el sistema de parámetros totales de resistencia, de acuerdo al sistema de Mohr-Coulomb obtenidos en el ensayo de Corte Directo.

12.8 Factores de seguridad mínimos

Los factores de seguridad mínimos directos determinados por el NSR-10 son los siguientes:

Tabla 32 Factores mínimos de seguridad

CONDICIÓN	FSBM Diseño	FSBM Construcción
Taludes – Condición estática y agua subterránea normal	1.50	1.25
Taludes – Condición seudo-estática y agua subterránea normal y coeficiente sísmico de diseño	1.05	1.00

13 RESUMEN DE LOS RESULTADOS DE FACTORES DE SEGURIDAD

Presentamos los resultados de las modelaciones realizadas para alturas en condiciones estáticas y seudoestatica.

13.1 Profundidad de excavación 2.00 m

- **Condición estática**

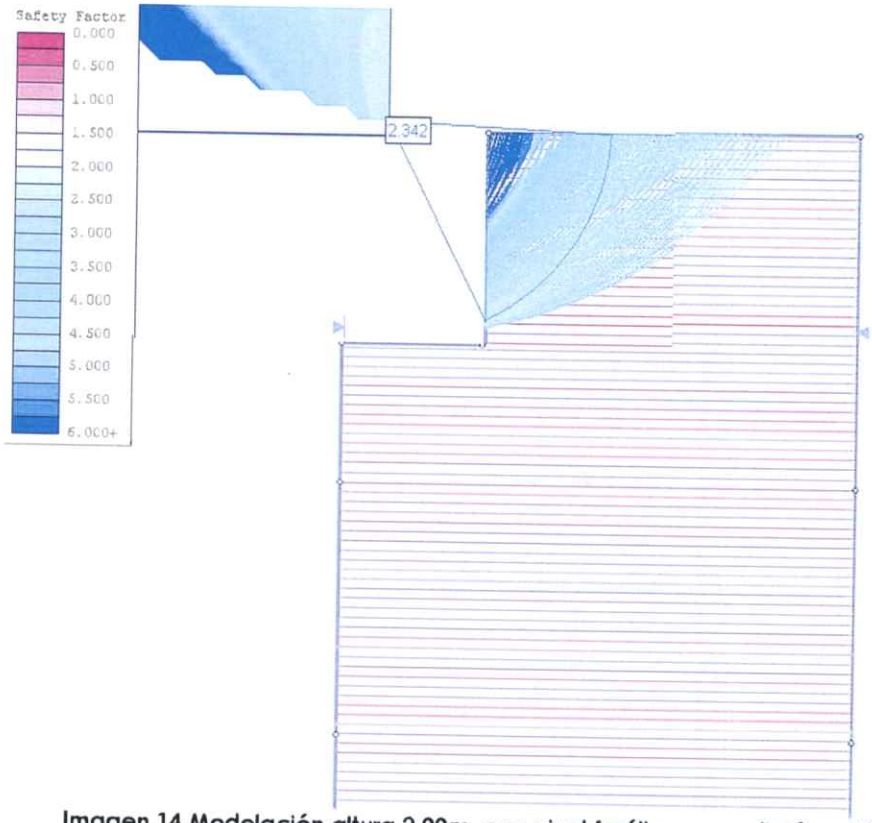


Imagen 14 Modelación altura 2.00m, con nivel freático y condición estática.

H1=2.00m
TALUD=VERTICAL Valores tomados a partir del eje de la excavación.

Tabla 33 Factores de seguridad, altura 2.00m con nivel freático y condición estática

Análisis	F.S. Bishop	F.S. Janbú
Taludes – Condición estática y agua subterránea normal	2.34	2.30

Queda a criterio del ingeniero especilista en geotecnia la utilizacion de entibado, depende de factores que se presenten a la hora de realizar las excavacaciones.

- **Condición psuedoestática**

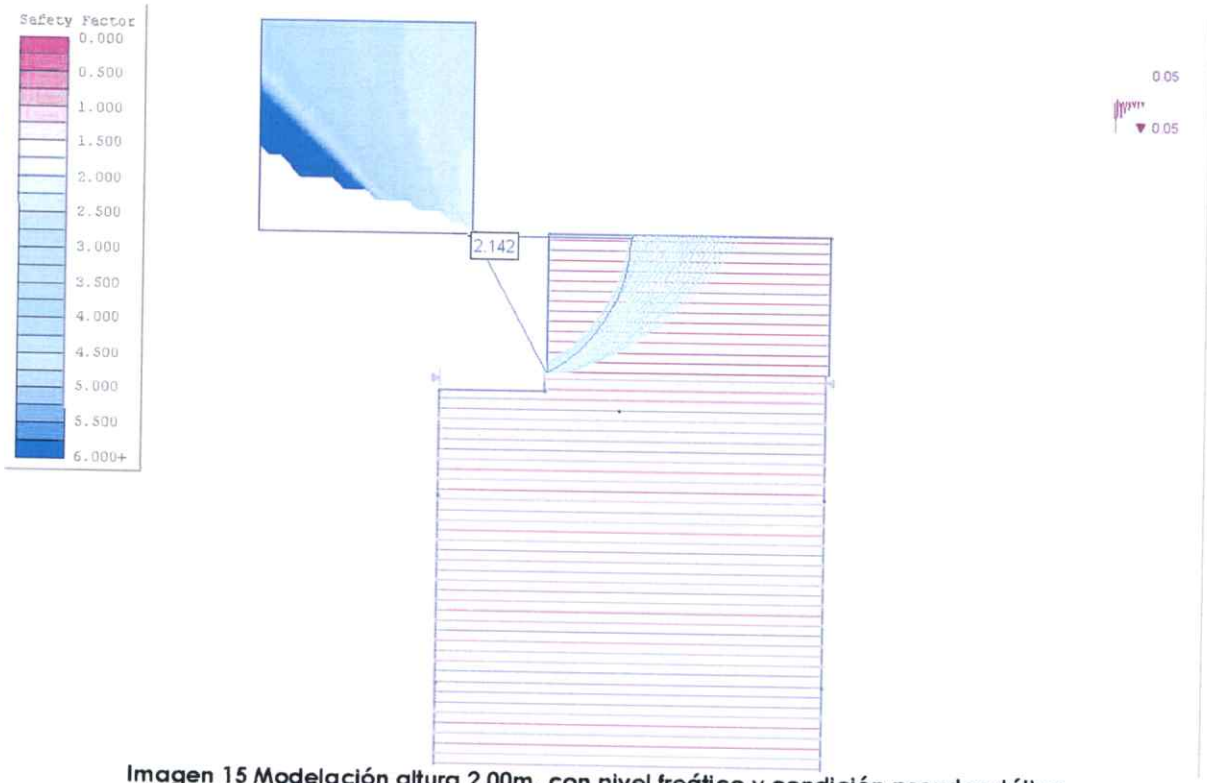


Imagen 15 Modelación altura 2.00m, con nivel freático y condición pseudoestática.

H1=2.00m
TALUD=VERTICAL Valores tomados a partir del eje de la excavación.

Tabla 34 Factores de seguridad, altura 2.00m con nivel freático y condición pseudoestatica

Análisis	F.S. Bishop	F.S. Janbú
Taludes – Condición seudo-estática y agua subterránea normal y coeficiente sísmico de diseño	2.14	2.10

Queda a criterio del ingeniero especilista en geotecnia la utilizacion de entibado, depende de factores que se presenten a la hora de realizar las excavacaciones.

13.2 Profundidad de excavación 3.00m

- **Condición estática**

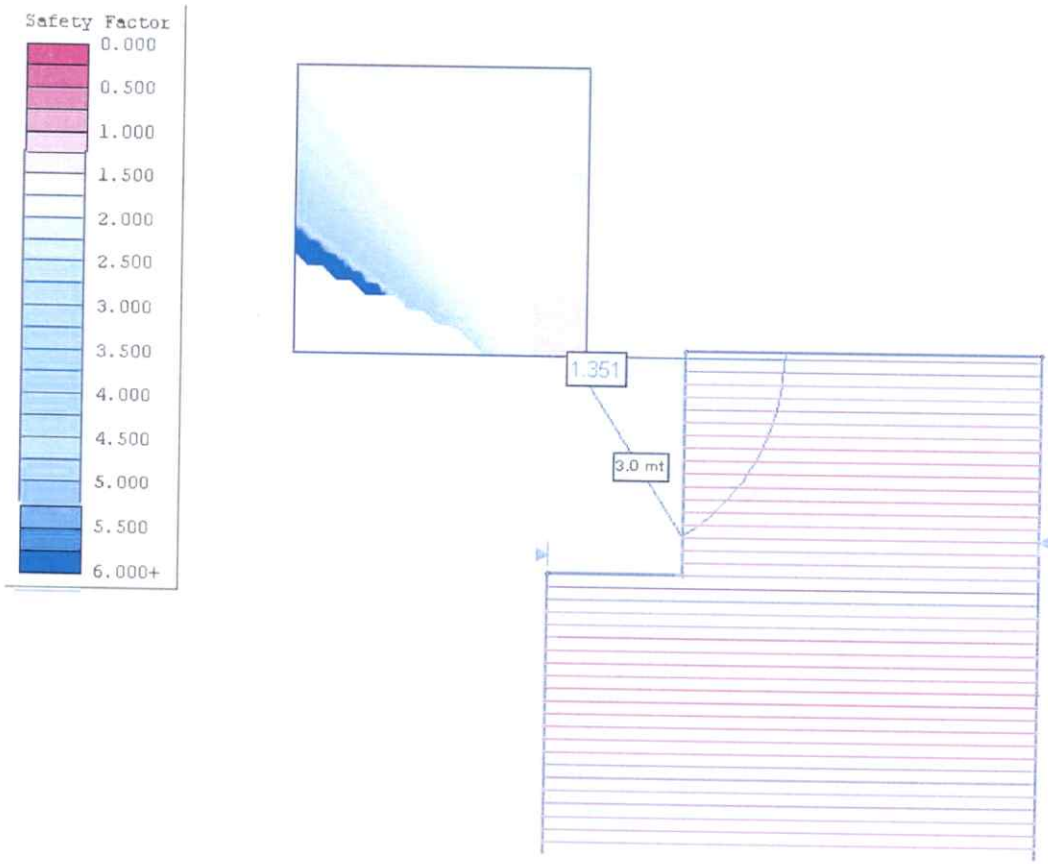


Imagen 16 Modelación altura 3.00m, sin nivel freático y condición estática.

TALUD=Vertical Valores tomados a partir del eje de la excavación.

Tabla 35 Factores de seguridad, altura 3.00m con nivel freático y condición estática

Análisis	F.S. Bishop	F.S. Janbú
Taludes – Condición estática y agua subterránea normal	1.35	1.40

Para esta condición de excavación se recomienda utilizar entibado en madera de una altura de 2.00m.

- **Condición psuedoestática**

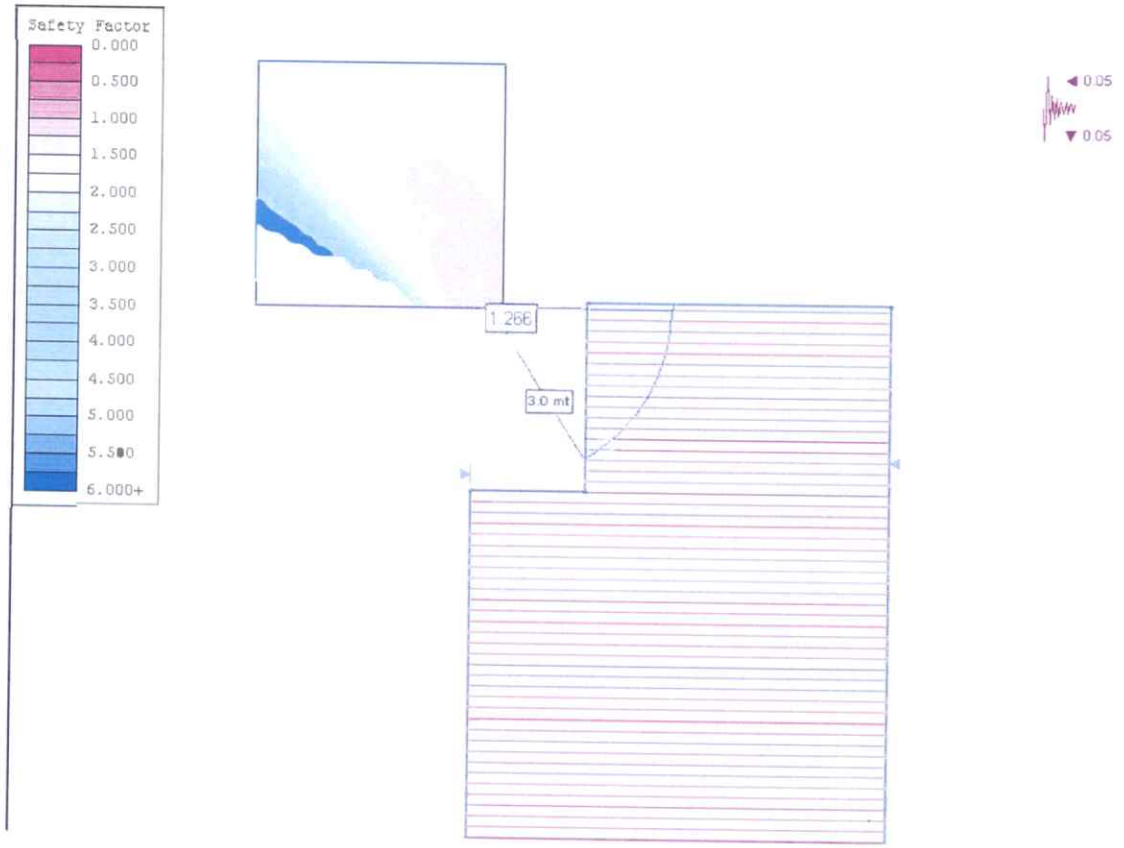


Imagen 17 Modelación altura 3.00m, con nivel freático y condición pseudoestática.

Tabla 36 Factores de seguridad, altura 3.00m con nivel freático y condición pseudoestatica

Análisis	F.S. Bishop	F.S. Janbú
Taludes – Condición seudo-estática y agua subterránea normal y coeficiente sísmico de diseño	1.26	1.20

Para esta condición de excavación se recomienda utilizar entibado en madera de una altura de 2.00m.

13.3 Profundidad de excavación 4.00 m

- **Condición estática**

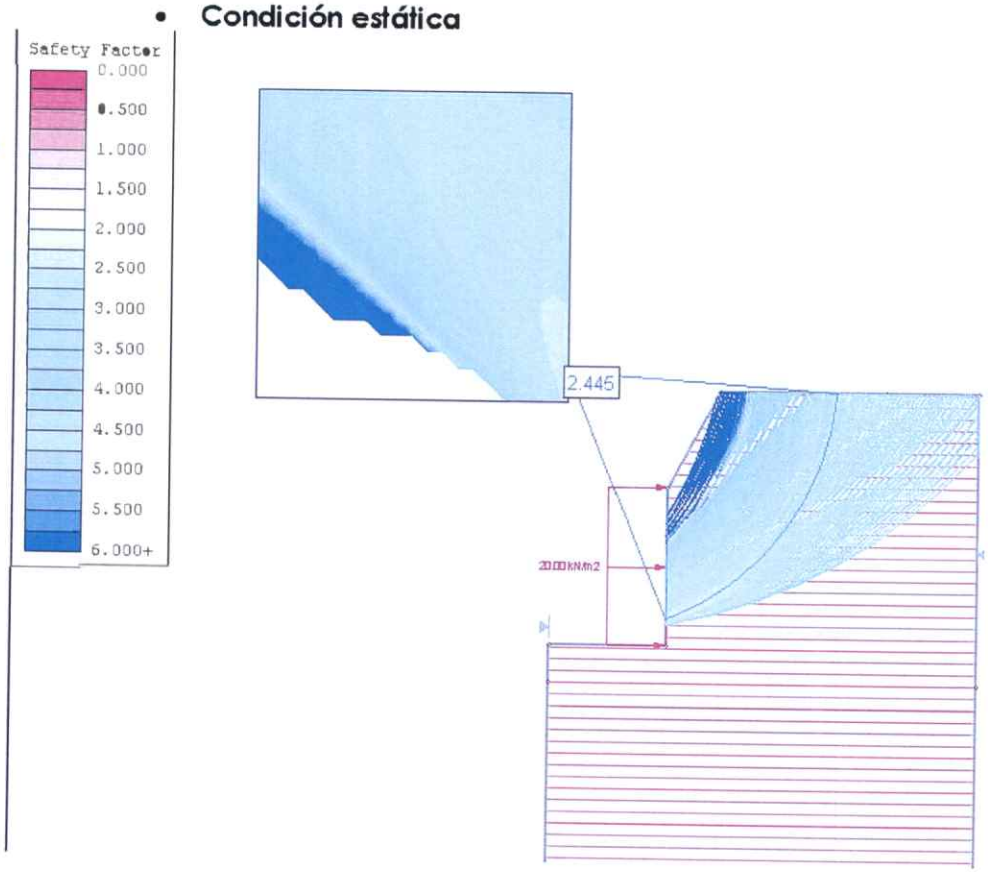


Imagen 18 Modelación altura 4.00m, con nivel freático y condición estática.

H1=4.00m
Talud vertical los primeros 2.5 metros y luego talud de relación 1:2 H:V
Valores tomados a partir del eje de la excavación.

Tabla 37 Factores de seguridad, altura 4.00m con nivel freático y condición estática

Análisis	F.S. Bishop	F.S. Janbú
Taludes – Condición estática y agua subterránea normal	2.44	2.35

- **Condición psuedoestática**

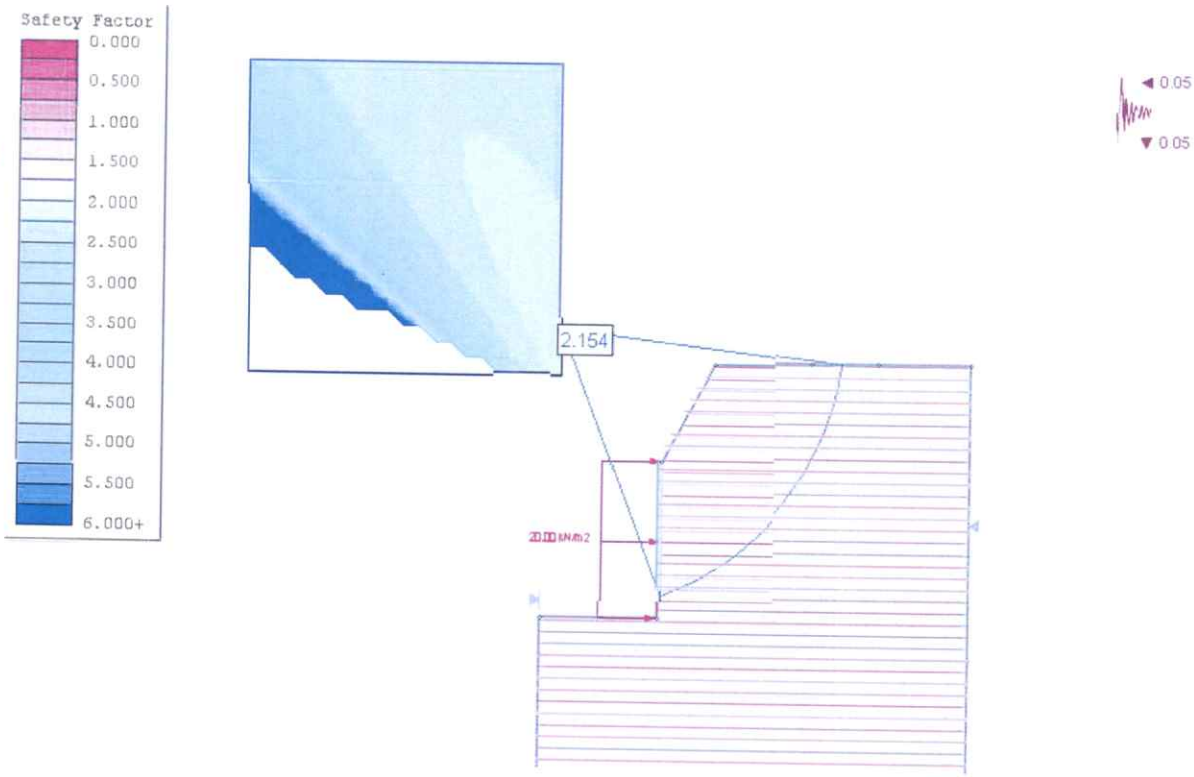


Imagen 19 Modelación altura 4.00m, con nivel freático y condición pseudoestática.

H1=4.00m A1=0.70m
Talud vertical los primeros 2 metros y luego talud de relación 1:2 H:V
Valores tomados a partir del eje de la excavación.

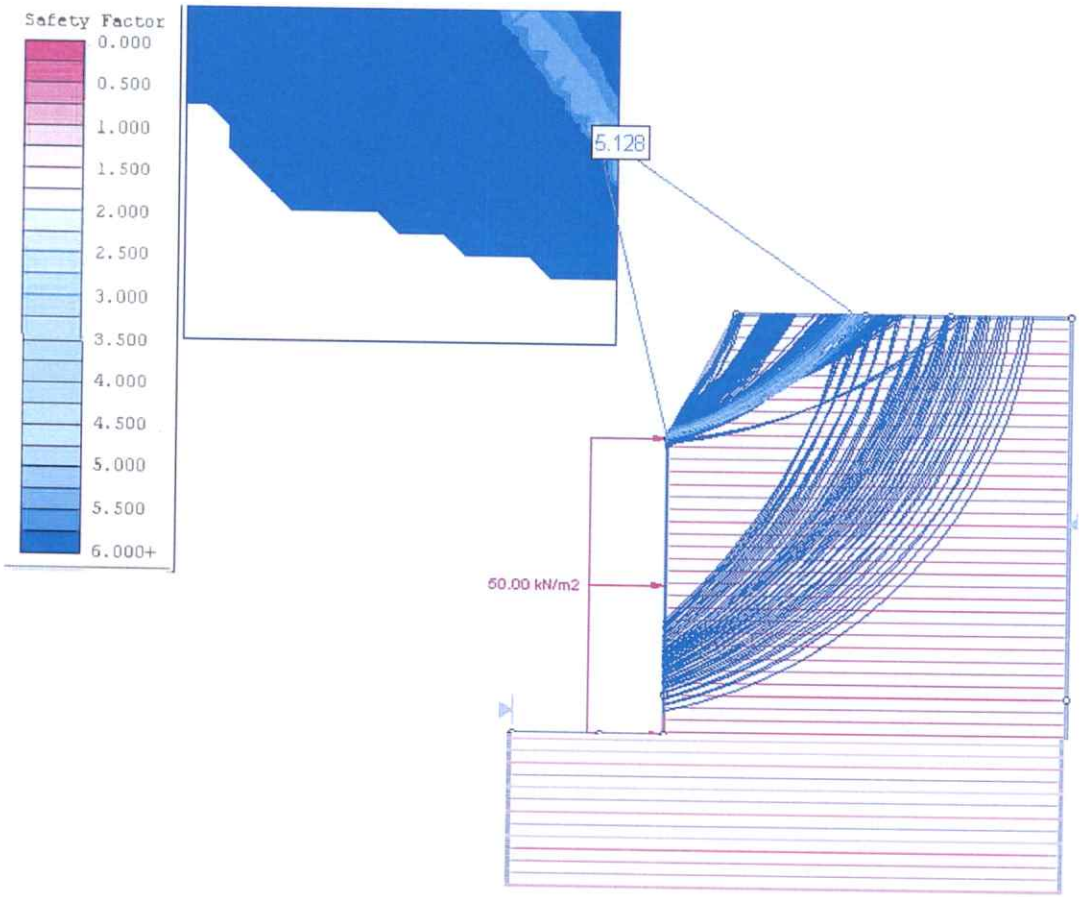
Tabla 38 Factores de seguridad, altura 4.00m con nivel freático y condición pseudoestatica

Análisis	F.S. Bishop	F.S. Janbú
Taludes – Condición seudo-estática y agua subterránea normal y coeficiente sísmico de diseño	2.15	2.10

Se recomienda la utilización de entibado metálico a una altura de 2.00m

13.4 Profundidad de excavación 5.00 m

- **Condición estática**
-



-

Imagen 20 Modelación altura 5.00m, sin nivel freático y condición estática.

H1=5.00m A1=0.75m
Talud vertical los primeros 3.5 metros y luego talud de relación 1:2 H:V
Valores tomados a partir del eje de la excavación.

Tabla 39 Factores de seguridad, altura 5.00m con nivel freático y condición estática

Análisis	F.S. Bishop	F.S. Janbú
Taludes – Condición estática y agua subterránea normal	5.12	5.02

Se recomienda la utilización de entibado metálico a una altura de 3.00m

- **Condición psuedoestática**

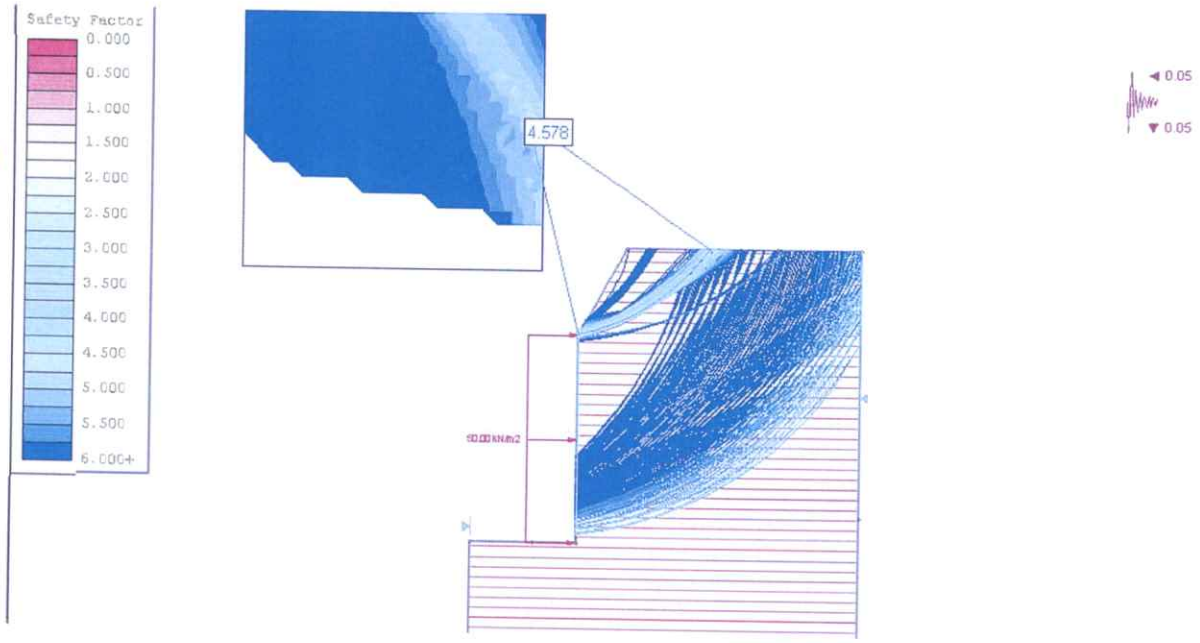


Imagen 21 Modelación altura 5.00m, sin nivel freático y condición pseudoestática.

H1=5.00m A1=0.75m
Talud vertical los primeros 3.5 metros y luego talud de relación 1:2 H:V
Valores tomados a partir del eje de la excavación.

Tabla 40 Factores de seguridad, altura 5.00m con nivel freático y condición pseudoestática

Análisis	F.S. Bishop	F.S. Janbú
Taludes – Condición seudo-estática y agua subterránea normal y coeficiente sísmico de diseño	4.57	4.50

Se recomienda la utilización de entibado metálico a una altura de 3.50m

13.5 Profundidad de excavación 6.00 m

- **Condición estática**

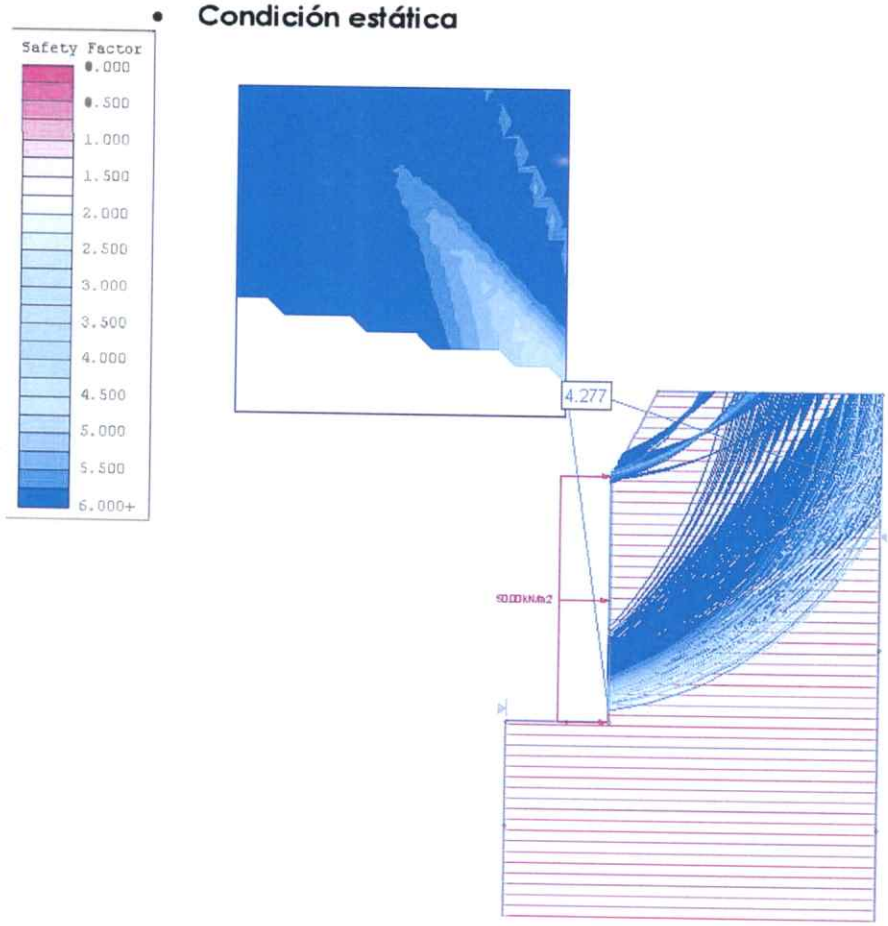


Imagen 22 Modelación altura 6.00m, sin nivel freático y condición estática.

H1=6.00m A1=0.75m
Talud vertical los primeros 4 metros y luego talud de relación 1:2 H:V
Valores tomados a partir del eje de la excavación.

Tabla 41 Factores de seguridad, altura 6.00m con nivel freático y condición estática

Análisis	F.S. Bishop	F.S. Janbú
Taludes – Condición estática y agua subterránea normal	4.27	4.10

Se recomienda la utilización de entibado metálico a una altura de 4.00m

- **Condición psuedoestática**

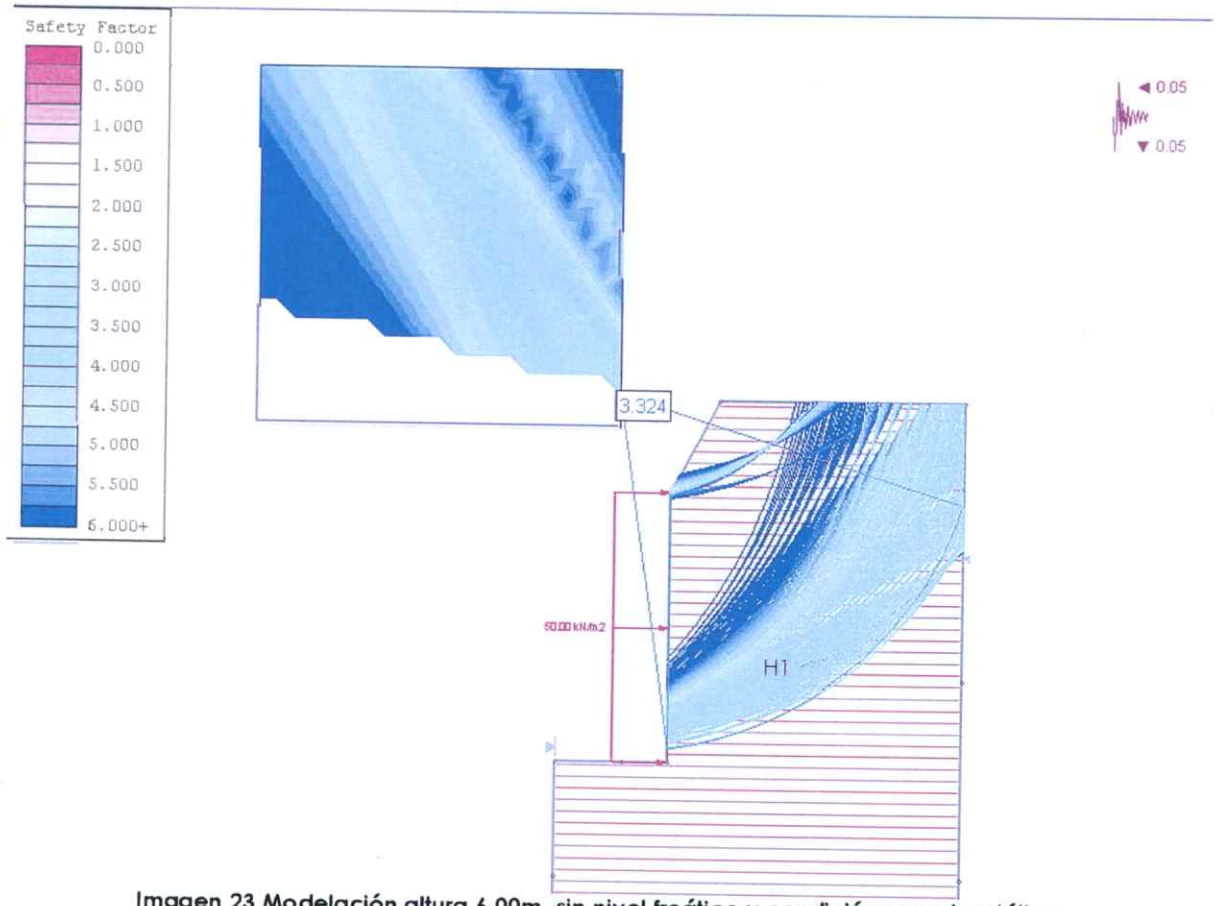


Imagen 23 Modelación altura 6.00m, sin nivel freático y condición pseudoestática.

H1=6.00m A1=0.75m
Talud vertical los primeros 4.5 metros y luego talud de relación 1:2 H:V
Valores tomados a partir del eje de la excavación.

Tabla 42 Factores de seguridad, altura 6.00m con nivel freático y condición pseudoestatica

Análisis	F.S. Bishop	F.S. Janbú
Taludes – Condición seudo-estática y agua subterránea normal y coeficiente sísmico de diseño	3.32	3.25

Se recomienda la utilización de entibado metálico a una altura de 5.00m

14 ENTIBADO Y TABLESTACADO

Aunque la resolución 2400 del estatuto de seguridad industrial, artículo 616 de 1979 cita que todas las excavaciones cuya profundidad sea mayor que 1,5 m deben ser entibadas, en este caso conocemos el tipo de suelos, conocemos los parámetros de cada estrato y por ese motivo recomendamos que el entibado sea a partir de 2.00m de profundidad. Esta condición no exime a que el personal de obra no cumpla con los requerimientos individuales en cuanto a seguridad y salud en el trabajo.

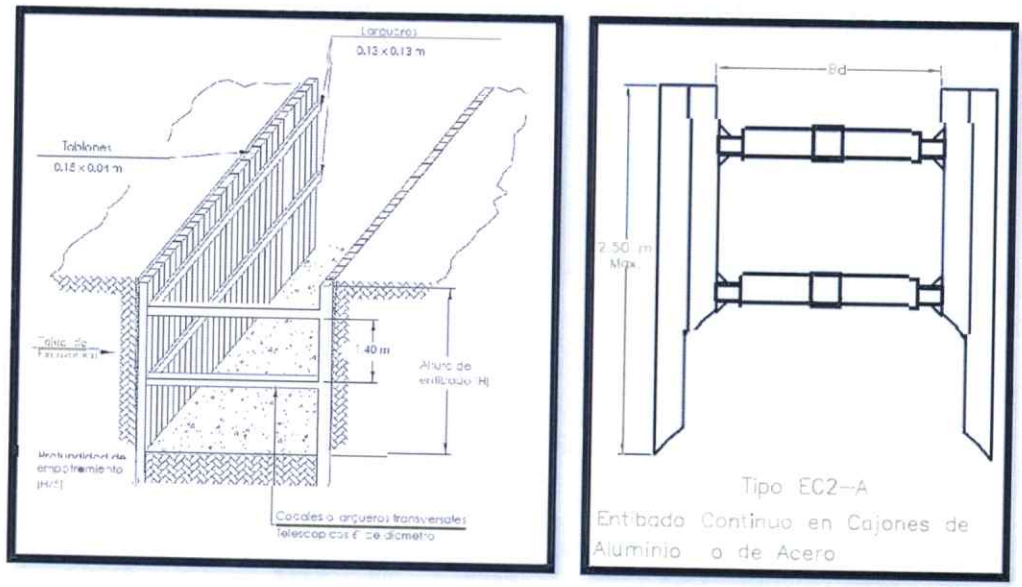


Imagen 24 Entibado en madera y metálico tipo cajón

Se define como entibado al conjunto de medios mecánicos o físicos utilizados en forma transitoria para impedir que una zanja excavada modifique sus dimensiones (geometría) en virtud del empuje de tierras.

Estos elementos típicamente incluyen apoyos verticales colocados a lo largo de la zanja de excavación a una distancia dictada por los análisis y recomendaciones geotécnicas, complementadas por apoyos horizontales que transmiten las cargas del suelo a los apoyos verticales. El entibado puede incorporar elementos de madera, acero, u otro material según lo dispuesto por el ingeniero geotecnista y el estructural.

El constructor debe tener especial cuidado de seguir el proceso constructivo y de utilizar los materiales especificados por el geotecnista de la obra.

Cualquier variación a lo especificado debe ser acordada con el interventor.[7]

Los elementos de un entibado que vienen a ser las piezas que se utilizan, reciben sus nombres de acuerdo con su posición en la zanja, conforme se indica a continuación:

[7] RAS-2000 "Aspectos Generales"

Estacas: Son colocadas en posición vertical. El largo utilizado para clavar la estaca se denomina ficha; si la tierra la empuja directamente se llamarían tablestacas.

Vigas (o tablones): Llamado también soleras, son colocados longitudinalmente y corren paralelas al eje de la zanja.

Puntal: Son colocadas transversalmente, cortan el eje de la zanja y transmiten la fuerza resultante del empuje de la tierra desde un lado de la zanja para el otro. Se acostumbran a emplear como puntales rollizos.

Para la mayoría de los casos tenemos la madera (ocho, pino u otro tipo de madera de construcción). En casos de mayor responsabilidad y de grandes empujes se combina el uso de perfiles de hierro con madera, o solamente perfiles, y muy eventualmente el concreto armado.

Madera: Son piezas de dimensiones conocidas de 1" x 6"; 1" x 8"; 1" x 10", o en su caso de 2" x 6"; 2" x 8"; 2" x 10" y para listones de 2" x 4"; 3" x 4".

Las piezas pueden tener los bordes preparados para ensamble hembra y macho. Se usarán también como puntales, rollizos en diámetros mínimos de 4" y 6".

Acero: Son piezas de acero laminado en perfiles tipo "I" o "H" o perfiles compuestos de los anteriores, soldados (ejemplo doble II) o en perfiles de sección especial, lo que se denomina Estaca-Plancha metálica (tablestaca) en este último caso pueden ser de ensamble normalizado.

Las dimensiones son suministradas con dimensiones normalizadas, típicas para cada fabricante (Metal flex, Armco, Bethlem Steel, etc.).

Los más utilizados son los perfiles "I" de 6"; 8" y el perfil "H" de 6" x 6". Se utilizarán también tablestacas de palanca, y tubos huecos en montaje telescópico, que pueden ser trabados por rosca o presión de aceite.

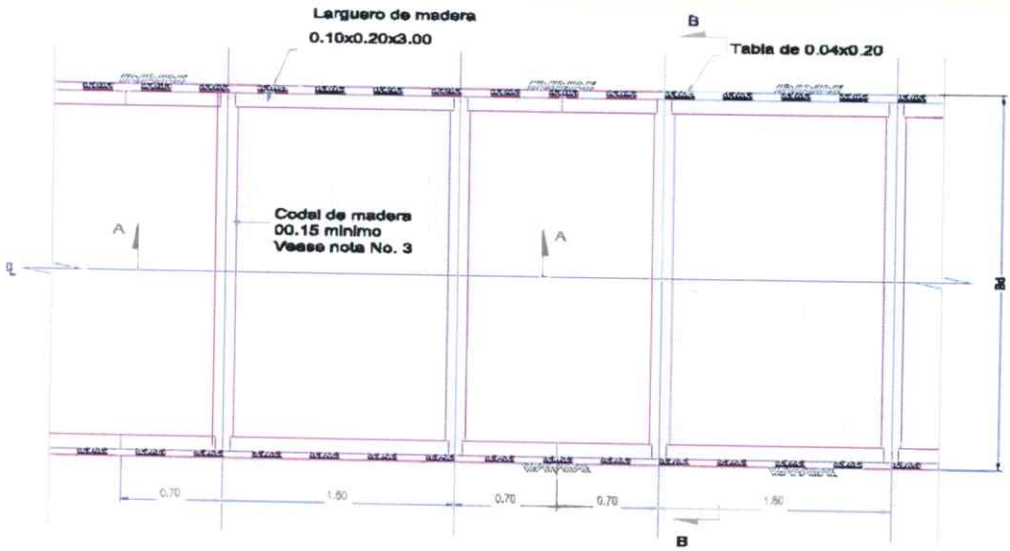
14.1 Entibado para excavaciones de hasta <2.00m

Para estas alturas no recomendamos la utilización de entibado, se deja a criterio del ingeniero geotecnista de la obra que avale esta recomendación o en su defecto lo realice (esto dependerá de las condiciones de cuando se realicen las excavaciones).

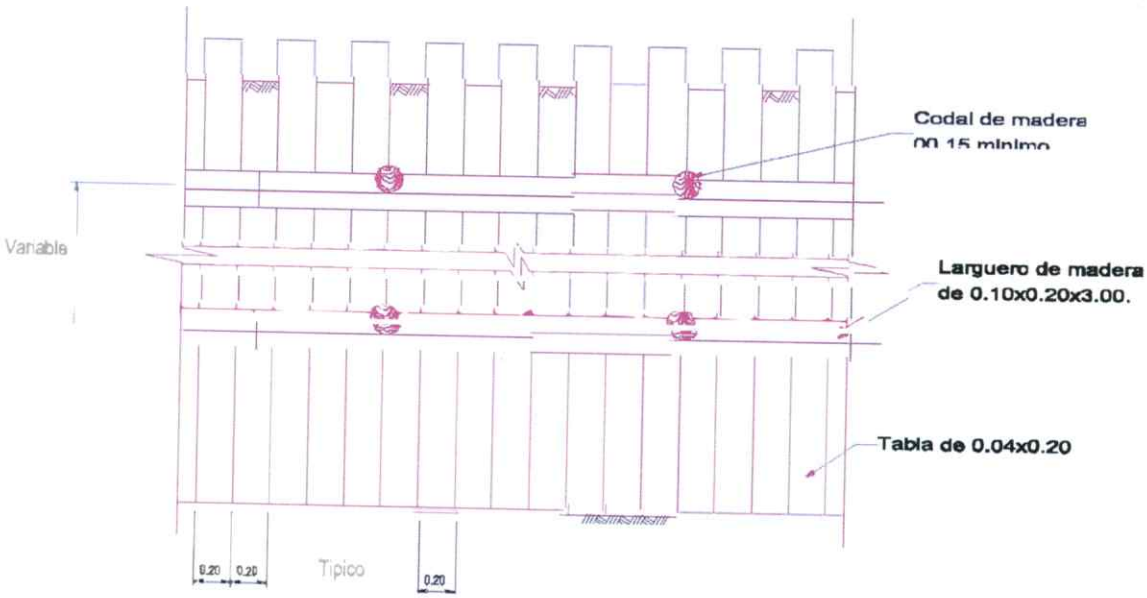
14.2 Entibado para excavaciones entre 2.00 y 3.00m

Para esta altura de excavación recomendamos entibado en madera.

Para este entibado se necesita:

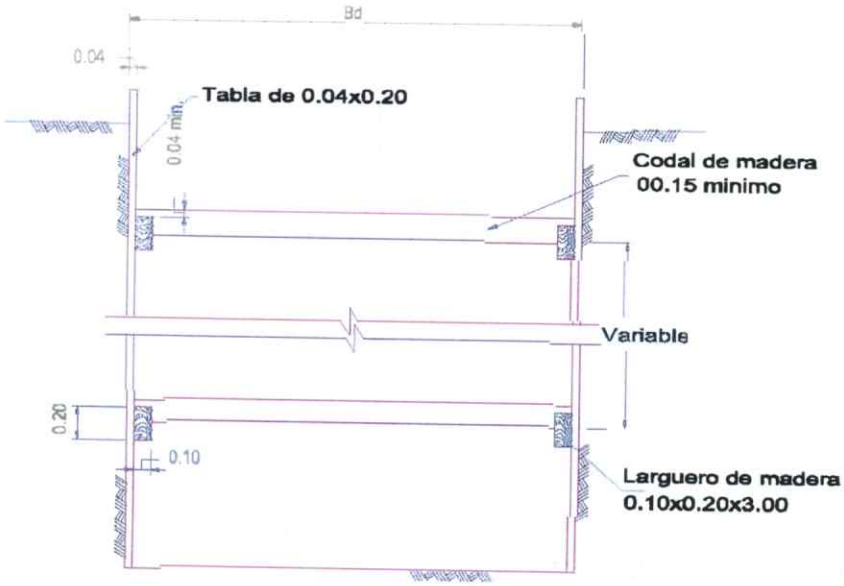


PLANTA
ENTIBADO DISCONTINUO EN MADERA TIPO 1A



CORTE A - A

CORTE DE ENTIBADOS



CORTE B—B Y D—D

NOTAS:

1- Todas las dimensiones no especificadas de los entibados estan dadas en metros.

2- Cada uno de los diferentes tipos de entibados se deberan utilizar cuando se cumplan la siguientes condiciones

ENTIBADO TIPO 1A: Cuando no existan construcciones cercanas a las areas donde se ejecutaran las excavaciones y en general cuando no se presenten condiciones que puedan desestabilizar las paredes de la excavación y la profundidad de la excavación sea menor a 2m

ENTIBADO TIPO 1B: Cuando se encuentran estructuras proximas a la excavacion, cimentadas superficialmente, nivel freatico se presenta por encima del fondo de la excavación y hay materiales que se puedan erosionar o inestabilizar. Aplicable para excavaciones mayores o iguales a 2m

3- Para los entibados tipos 1A y 1B se podran reemplazar los Codales de madera por codales metalicos telescopicos.

4- Todos los concretos de estructuras son de 3000 P.S.I y los refuerzos de 60.000 P.S.I

5- Los ganchos para los pases deben ser de 3/4 " cada 0.30 m y pintados con doble capa de anticorrocivo y doble capa de pintura epoxica

Imagen 25 Entibado en madera recomendado

14.3 Entibado para excavaciones de 3.00 a 4.00m

Se recomienda utilizar entibado metálico tipo cajón para los primeros metros 2.00m a partir de la base de la excavación, el terreno restante se manejará con corte del talud de relación 1H:2V.

Imagen 26 Entibado metálico tipo cajón a 4.00m

El entibado metálico tipo cajón consta de 2 paneles base de 3.50m x 2.40m, 2 paneles realzan de 3.50m x 1.30m para una altura entibada de 3.70m. 2 paneles unidos entre si mediante riostras regulables en su extensión. El ancho interior varía entre 1.0m y 1.20m.

14.4 Entibado para excavaciones de 4.00 a 5.00m

Se recomienda utilizar entibado metálico tipo cajón para los primeros metros 3.00m a partir de la base de la excavación, el terreno restante se manejará con corte del talud de relación 1H:2V.

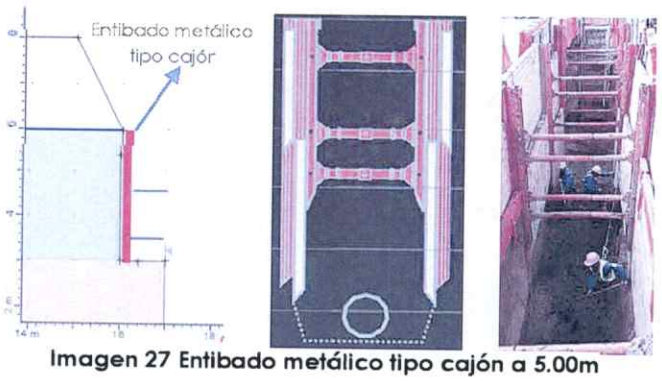


Imagen 27 Entibado metálico tipo cajón a 5.00m

El entibado metálico tipo cajón corredera a esta profundad consta de 2 paneles base de 3.50m x 2.40m, los paneles se deslizan por un riel doble corredera, instalando el panel superior por la parte externa del riel y el panel inferior por la parte interna. Se extraen los paneles inferiores sin mover los superiores. Ancho interior varía entre 1.20 y 1.50m.

14.5 Entibado para excavaciones de 5.00 a 6.00m

Se recomienda utilizar entibado metálico tipo cajón para los primeros metros 5.00m a partir de la base de la excavación, el terreno restante se manejará con corte del talud de relación 1H:2V.

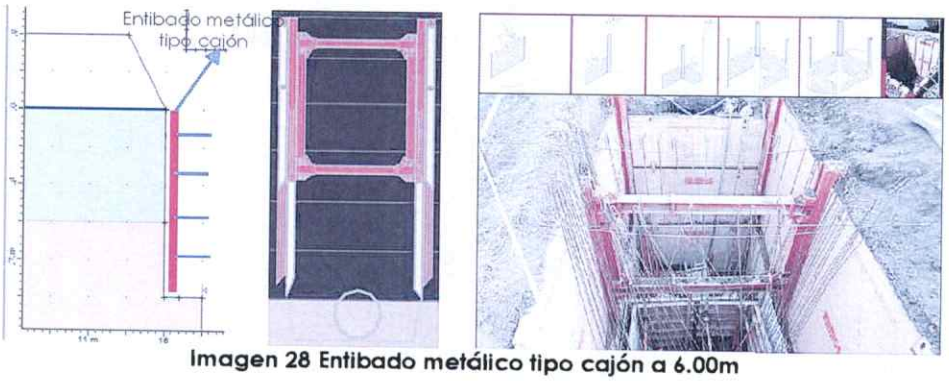


Imagen 28 Entibado metálico tipo cajón a 6.00m

El entibado metálico tipo cajón paralelo a esta profundad consta de 2 paneles base de 3.50m x 2.40m + 2 paneles de extensión de 3.50m x 1.30m con altura entibada de 6.10m ancho mínimo interno libre de 0.90m.

15 EXCAVACIÓN DE ZANJAS

Para la excavación de las zanjas el constructor deberá seguir las siguientes recomendaciones:

- Se deberán realizar cortes de pavimento con sierra o cortadora, el ancho depende de la altura de cimentación de la tubería, para esta actividad se recomienda que los constructores junto con la interventoría realicen un tramo de prueba pequeño en donde se definan los posibles anchos de excavación para así poder proyectar los cortes definitivos de los tramos de red.

- Las zanjas se deberán excavar de acuerdo con una línea de eje, respetándose el alineamiento y las cotas indicadas en el diseño.

- La excavación deberá estar próxima a la pendiente de la base de la tubería, dejando el aplanamiento de los desniveles del terreno y la nivelación del fondo de la zanja por cuenta de la excavación manual.

- El material excavado deberá ser colocado a una distancia tal que no comprometa la estabilidad de la zanja y que no propicie su regreso a la misma, sugiriéndose una distancia del borde de la zanja equivalente a la profundidad del tramo no entibado, no menor de 2.0 m.

- Tanto la propia excavación como el asentamiento de la tubería deberán ejecutarse en un ritmo tal que no permanezcan cantidades excesivas de material excavado en el borde de la zanja, lo que dificultaría el tráfico de vehículos y de peatones.

- El ancho de las zanjas dependerá del tamaño de los tubos, profundidad de la zanja, taludes de las paredes laterales, naturaleza del terreno y consiguiente necesidad o no.
- El ancho de la zanja deberá ser uniforme en toda la longitud de la excavación y en general debe obedecer a las recomendaciones del proyecto.
- Cuando se hace el entibado de zanjas, lo que se debe considerar como ancho útil es al espacio que existe entre las paredes del entibado, excluyendo el espesor de este.
- En caso de reposiciones o reparación de redes y cuando el terreno se encuentre en buenas condiciones, se excavará hasta una profundidad mínima de 0,15 m por debajo del cuerpo de la tubería extraída.
- Las excavaciones no deberán efectuarse con demasiada anticipación a la instalación de las tuberías, para evitar derrumbes y accidentes.

15.1 Drenaje

En los sondeos realizados se encontró registro de nivel freático, se recomienda drenar una zanja cuando existe agua en ella (bien sea causada por lluvias, fuga de tuberías o nivel freática) que perjudique la construcción de las redes de alcantarillado.

Durante el periodo de excavación hasta su terminación e inspección final y aceptación, se deberá proveer de medios y equipos adecuados mediante los cuales se pueda extraer prontamente el agua.

Se deberá mantener seco permanentemente el fondo de la zanja hasta que el material que compone la unión de la tubería alcance el punto de estabilización.

La disminución del nivel freático, en el caso de suelos arcillosos puede hacerse con el sistema de bombeo instalado dentro de las zanjas estacadas con entibado abierto.

En casos de suelos de mayor permeabilidad, el entibado cerrado, combinado con la disminución del agua por bombeo, en general, son aceptables.

El agua retirada a través de bombas deberá ser dirigida hacia canaletas para aguas pluviales o a zanjas próximas, normalmente por medio de surcos, evitándose la inundación de las áreas vecinas al lugar de trabajo.

16 ESPECIFICACIONES TÉCNICAS PARA ALCANTARILLADO

A. Las excavaciones en suelos con taludes y profundidades superiores a 2.00 m tendrán obligatoriamente entibados a menos que los ingenieros a cargo indique lo contrario.

B. Después de colocar la tubería en mención se rellena hasta 30 cm por encima de la cota clave, se deberá nivelar y compactar para evitar posteriores asentamientos. Los rellenos deberán cumplir con las especificaciones mínimas del artículo 220 de la norma Invias para rellenos o terraplenes con suelos adecuados:

C.

Tabla 43 Especificaciones material de relleno

CARACTERÍSTICA	NORMA DE ENSAYO INV	SUELOS ADECUADOS
Tamaño máximo	E-123	100 mm
Porcentaje que pasa el tamiz de 2mm (No. 10)	E-123	<80% en peso
Porcentaje que pasa el tamiz de 75 µm (No.200)	E-123	< 35% en peso
Contenido de materia orgánica	E-121	< 1%
Límite líquido	E-125	< 40%
Índice plástico	E-126	< 15%
C.B.R. de laboratorio (Nota 1)	E-148	> 5%
Expansión en prueba C.B.R.	E-148	>2%
Índice de colapso (Nota 2)	E-157	< 2%
Contenido de sales solubles	E-158	< 0.2%

Fuente Autor

Nota 1. Los valores de C.B.R. indicados en la Tabla 220.1 corresponden a la densidad mínima exigida en el numeral 220.5.2.2 del presente Artículo.
Nota 2. El espécimen para el índice de colapso se debe fabricar con la densidad mínima exigida en el numeral 220.5.2.2 del presente Artículo y con la humedad correspondiente en el lado seco de la curva de compactación.

D. El material proveniente de la excavación podrá ser utilizado como material de relleno, se deberá densificar mínimo al 90% de su Proctor modificado, se deberá compactar en capas pequeñas o delgadas, este espesor depende del equipo de compactación utilizado.

E. Los materiales encontrados tienen matriz arcillosa, por lo tanto, se deberá tener especial cuidado con la humedad a la hora de densificarlo o compactarlo.

F. En caso de que el nivel freático alcance la cota batea de las excavaciones las capas de cimentación y atraque será con material filtrante (RE-3), que cumpla con los requisitos del artículo ART-610-13 de la norma Invias 13. El material filtrante estará cubierto por un geotextil no tejido tipo NT 1600 o 2000 o su similar.

Tabla 44 Franjas granulométricas para material filtrante

TAMIZ		PORCENTAJE QUE PASA
Normal	Alterno	RE-3
150 mm	6"	-
100 mm	4"	-
75 mm	3"	-
50 mm	2"	100
25.0 mm	1"	70 – 90
12.5 mm	1/2"	55 – 80
9.5 mm	3/8"	-
4.75 mm	N° 4	35 – 65
2.00 mm	N° 10	25 – 50
600 µm	N° 30	15 – 30
150 µm	N° 100	0 – 3
75 µm	N° 200	0 - 2

G. Tanto la excavación de la zanja como el relleno deben hacerse de acuerdo con la Norma ASTM D 2321. La zanja debe ser lo suficientemente ancha para permitir a un hombre trabajar en condiciones de seguridad y adecuada alineación y ensamble de las campanas y/o uniones.

H. Los materiales encontrados en los subsuelos explorados son trabajables con retroexcavadora o manualmente y clasificado como CL.

I. Para la actividad de excavaciones se pueden emplear máquinas zanjadoras o retroexcavadoras para hacer zanjas en campo abierto o en calles anchas y/o en donde las construcciones y servicios existentes lo permitan.

J. Cuando se realicen excavaciones en calles estrechas y congestionadas con redes subterráneas, o cerca de estructuras existentes, o de sectores que tengan que excavarse posteriormente, estas excavaciones se deben realizar a mano.

K. Cada material debe alcanzar el contenido de humedad que garantice el máximo grado de compactación.

L. En caso de ser necesario humedecer o airear el material para lograr la humedad necesaria para compactar, se deberá garantizar que no se deteriore la capa subyacente.

M. Excepto cuando lo permita el tipo de material, las condiciones y el método de trabajo, por ejemplo, en trabajos en áreas cubiertas o colocando cubiertas temporales, la construcción no se debe hacer en momentos de lluvia.

N. Durante la ejecución de las Excavaciones en Zanja, se definirá e implementará las medidas necesarias y suficientes que garanticen la protección de las Redes de Servicios Públicos existentes, las construcciones aledañas y la adecuada canalización, control y evacuación de las aguas freáticas, de infiltración o de escorrentía presentes en la brecha.

O. Si el nivel freático llegara a superar la cota batea de la tubería se recomienda que el constructor realice un manejo de aguas permanente para no alterar el suelo de fundación.

17 ENSAYOS BÁSICOS PARA LA OBRA

Se presentan algunas recomendaciones de ensayos básicos para controlar los procesos constructivos en el desarrollo de la obra.

- Proctor Modificado para relleno seleccionado o con recebo.
- Gradación y límites de Atterberg para relleno seleccionado.
- Gradación y límites de Atterberg para rellenos seleccionados o con recebo.
- Densidades de campo.
- Proctor modificado de relleno común.
- Densidades de campo por cada 200 m^3 de relleno común.
- Diseño de Mezcla para concreto de 2000 PSI, 3000PSI, 4000 PSI.

Tabla 45 Ensayos Básicos, control en obra

ENSAYO	NORMA DE ENSAYO INVIAS
Granulometría	E-213
Límite líquido	E-125
Índice de plasticidad	E-126
Equivalente de arena	E-133
Densidad seca máxima	E-142

Fuente: Autor

La práctica de los ensayos anteriormente anotados tiene como principal objetivo el autocontrol por parte del constructor, sin embargo, la interventoría también deberá efectuar ensayos para control y regulación.

18 CONTROL DE PROCEDENCIA DE LOS MATERIALES

Antes de iniciar los trabajos, el constructor debe entregar por escrito al ente contratante la información sobre los materiales granulares que cumplen la presente especificación para cada una de las capas; dicha información debe incluir como mínimo:

- Fuentes de materiales de relleno debidamente aprobadas por la autoridad ambiental.
- De cada fuente de agregados pétreos y para cualquier volumen previsto se tomarán muestras representativas para realizar los ensayos especificados en la norma INVIAS, 2007.

Los resultados de dichos ensayos deberán satisfacer, en su totalidad, las exigencias indicadas por la norma.

- Métodos de cargue y transporte de los materiales.
- Procedimiento de colocación.
- Método y control de compactación

Aunque se acepte las fuentes de materiales, la aprobación final estará supeditada a su comportamiento en obra y revisión de la Gerencia de Construcción o su representante.

19 RECOMENDACIONES CONSTRUCTIVAS GENERALES

Las zanjas y las excavaciones se deben rellenar inmediatamente se coloque la tubería. El apisonado del material alrededor del tubo se debe hacer en forma cuidadosa, para evitar desplazamientos y daños en la tubería. Donde se noten desprendimientos durante la excavación, las paredes de la zanja deben ser apuntaladas.

El ancho de la zanja debe ser tal que facilite la colocación del tubo en forma adecuada. Como mínimo será el diámetro del tubo incrementado 30 centímetros.

En cualquier condición la zanja debe quedar libre de agua, antes de hacerse el relleno.

El material de relleno debe ser de baja plasticidad, no debe contener escombros, desperdicios y no debe contener rocas mayores a 5 centímetros entre la cama y 15 centímetros por encima de la corona.

Para evitar flotamientos que se pueden presentar por inundación de la zanja, causados por aguas lluvias o cualquier otro motivo, es importante comenzar el relleno inmediatamente después de instalar el tubo.

20 CONCLUSIONES

- El municipio de Acacias es catalogado según la NSR-10 como una zona de riesgo sísmico Alto.
- El predio tiene una superficie plana con diferencias de nivel mínima.
- Según la NSR-10 el tipo de suelo para este proyecto se clasifica como Grupo IV — Son aquellas edificaciones de atención a la comunidad que deben funcionar durante y después de un sismo, y cuya operación no puede ser trasladada rápidamente a un lugar alterno. El coeficiente de importancia para este proyecto es 1.50.
- La localización de los sondeos se presenta en el anexo 6, según los requerimientos de NSR10.
- Se debe retirar todos aquellos desechos orgánicos que se encontraron el día en que se realizaron los sondeos, nivelar el terreno y si es necesario reemplazar el material que se encuentre contaminado con materia orgánica por un material no cohesivo y compactarlo.
- Se encontró registro de nivel freático, cabe resaltar que los sondeos se realizaron en el mes de junio de 2022 (época de invierno).

Sondeo	Profundidad del N.A.F (m)
S1	SUPERFICIAL
S2	SUPERFICIAL
S3	SUPERFICIAL

A continuación, se resumen las recomendaciones efectuadas en el presente informe

Profundidad de excavación	Diámetro de la red	Ancho de excavación	Método de sostenimiento de la excavación
1.50m - 3.00m	0" a 12"	75cm	Talud vertical con entibado en madera
3.00m - 4.00m	8", 10"y 12"	75cm – 200cm	Talud inclinado con entibado continuo en lamina metálica o tipo cajón
4.00m - 3.00m	8", 10", 12" y 18"	100cm – 200cm	Talud inclinado con entibado continuo tipo cajón

- Es importante que los concretos de la cimentación sean impermeabilizados debido a los niveles freáticos encontrados.
- Aunque para suelos estratificados no se tiene definida una teoría única sobre los asentamientos, estos son alrededor de 43.6 mm y se encuentra entre los asentamientos tolerables para las construcciones.

- Se recomienda la utilización de entibado tipo 2 o metálico para alturas mayores a 1.50 m, las excavaciones para la construcción de pozos el talud aproximado de corte es de tipo 1H:2V.

- Se recomienda que el constructor tenga en campo el equipo de bombeo para controlar el nivel freático.

- Para las excavaciones la mayoría de los cortes son verticales en donde los suelos son arcillosos y de relación 1:2 cuando el material es granular.

- El suelo de cimentación se clasifica como:

  - A-2-4 SM material sedimentario compuesto por arena limosa no plástica de color café.

- Los para metros del suelo encontrado son los siguientes:

Clasificación		Descripción	Angulo de fricción	Cohesión (kN/m²)	Peso unitario (kN/m²)
AASHTO	U.S.C.S.				
A-2-4	SM	Arena limosa de coloracion parda	33.0°	10	17.78

- Para la capacidad de carga se tiene la tabla N° 16, en donde se presenta los registros para cada metro de profundidad hasta los 6.0m.

- Los cortes para las excavaciones para la instalación de tubería en un alto porcentaje son cercanos a los 90° (verticales), esto no quiere decir que no se puedan presentar anchos superiores a lo presentado en este estudio, la estabilidad del terreno depende de muchos factores como la presión de poros, la alteración que sufren en el proceso de excavación, las vibraciones por la maquinaria utilizada o el tráfico, y muchos otros, los ingenieros especialistas del proyecto en la etapa de construcción será los encargados de definir los taludes de trabajo.

- Para el cálculo de la capacidad portante se tuvo en cuenta los menores registros del ensayo penetración estándar (SPT) a diferentes profundidades.

- Este documento puede ser utilizado para la licencia de construcción del exclusivamente del lote en estudio.

- Según el artículo H.2.2.3 Asesoría geotécnica en las etapas de diseño y construcción de la NSR-10 por ser de categoría baja no requiere asesoría a la hora de la etapa de construcción.

- De todos modos, se recomienda que un Ingeniero Geotecnista revise si las hipótesis del estudio corresponden a las encontradas en el presente informe basado en ensayos de laboratorio y trabajo de campo.

- Esta oficina siempre estará disponible para cualquier consulta y asesoría en el proceso de diseño.

- Los resultados que se presentan en este informe se basan en las características del subsuelo explotado, los resultados de laboratorio y los análisis siguiendo las teorías y normas más recientes y aceptadas en el campo de la ingeniería de cimentaciones.

- Las anteriores conclusiones y recomendaciones deben interpretarse en conjunto con las observaciones y recomendaciones planteadas en todo el texto.

OTRAS RECOMENDACIONES

En el momento de la ejecución de las obras es necesario programar las actividades de tal manera que las excavaciones permanezcan abiertas el menor tiempo posible con el fin de evitar la degradación de las propiedades del suelo de fundación.

Si una vez alcanzada la profundidad de cimentación se encuentra materia orgánica, rellenos de basura y/o desechos de construcción, es necesario retirarlos en su totalidad y reemplazarlos por material seleccionado debidamente compactado.

Si las edificaciones continuas se pueden ver afectadas durante la construcción por diversas causas asociadas a los procesos de construcción, se recomienda levantar un acta de vecindades, documentada con fotos y videos con el fin de evitar que se adjudiquen a la nueva construcción daños existentes no ocasionados por las obras en construcción.
Si durante las etapas de diseño y construcción se encuentran condiciones del subsuelo diferentes a las descritas como típicas en este informe se dará aviso oportuno a NHSQ INGENIERIA S.A.S para complementar la información: conclusiones y recomendaciones.

21 BIBLIOGRAFÍA

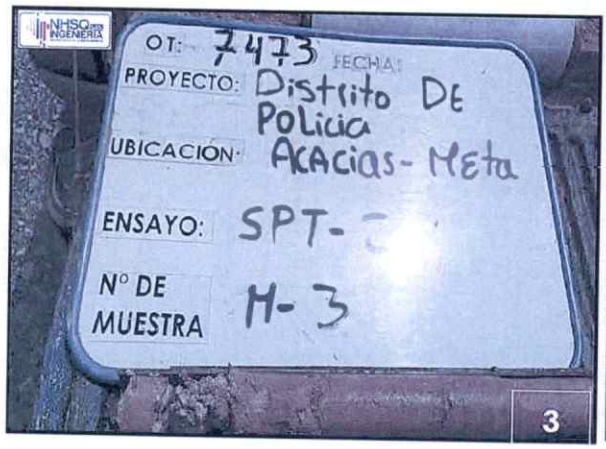
REGLAMENTO COLOMBIANO DE CONSTRUCCIÓN SISMO RESISTENTE NSR-10, "Titulo H", Bogotá D.C., 2007.

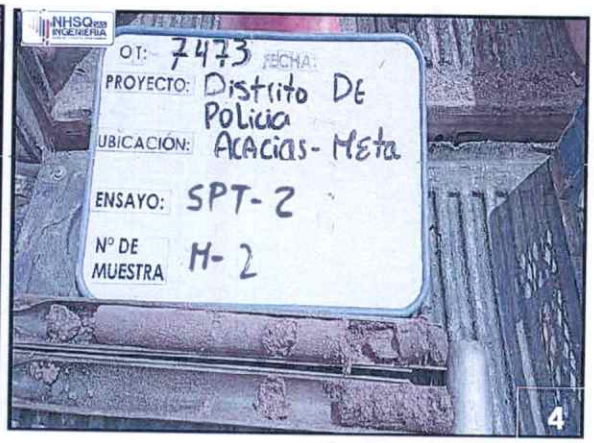
MECÁNICA DE SUELOS: SOIL MECHANICS / WILLIAM LAMBE. – 2°. Ed. – MÉXICO : LIMUSA, 2013.

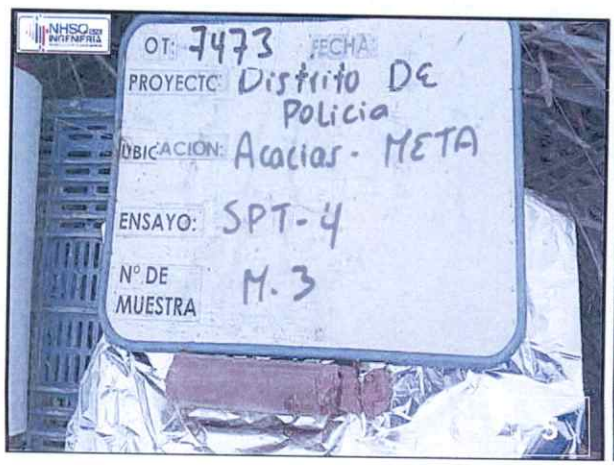
MECÁNICA DE SUELOS Y CIMENTACIONES / CARLOS CRESPO VILLALAZ – 6°. Ed. – MÉXICO : LIMUSA, 2014.

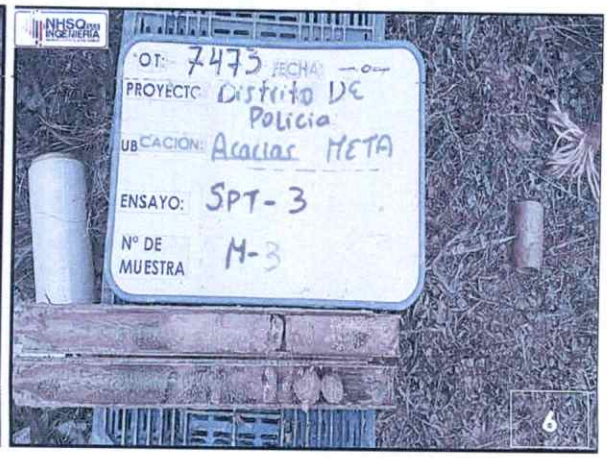
INGENIERÍA DE CIMENTACIONES = FOUNDATION ENGINEERING / RALPH B. PECK. – MÉXICO : LIMUSA WILEY, 2012.

Anexo 1 Registro Fotográfico









En las imágenes 1 a 6 se muestran los trabajos exploratorios de campo

Anexo 2 Registro estratigráfico y resultados de laboratorio sondeo S1

NHSQ SAS INGENIERIA

901047361-5

LABORATORIO DE SUELOS, CONCRETOS Y PAVIMENTOS

HACEMOS LO CORRECTO, CORRECTAMENTE

RESUMEN DEL PERFIL ESTRATIGRÁFICO, ENSAYO DE SPT Y LOS RESULTADOS DE LABORATORIO

SONDEO 1

ESPECIFICACIÓN / NORMA	FECHA DE VIGENCIA	CÓDIGO	ESTE DOCUMENTO NO ES VALIDO SIN LA FIRMA Y EL SELLO ORIGINAL DEL LABORATORIO NHSQ INGENIERIA
NTC-2017	02/ENERO/2020	F-LAB-035-V6	

OBJETO :	CONSTRUCCIÓN DE OBRAS DE SANEAMIENTO BASICO PARA EL PREDIO LOTE A DEL MUNICIPIO DE ACACÍAS, META			MUNICIPIO:	ACACIAS
				DEPARTAMENTO:	META
					EG-076-W-1174-22
				FECHA DE REGISTRO:	JUNIO DE 2022
DIRIGIDO A:	CONSORCIO DISEÑOS ACACIAS 2022 NIT:	COORDENADAS:	LATITUD: 4°0'18.36"N	FECHA DE ENTREGA:	JUNIO DE 2022
SITIO:	CARRERA 41 VIA NACIONAL VILLAVICENCIO ACACIAS		LONGITUD: 73°46'25.00"●	SONDEO:	1

ALTURA DEL SONDEO "m"	ESTRATO	PERFIL DEL SUELO SEGUN LA NSR-10	DESCRIPCION DEL MATERIAL	# DE GOLPES "N" no corregido				COTA	% W	L.L	L.P	I.P	PORCENTAJE DEL MATERIAL %	γh HUMEDA (g/cm3)	γs SECA (g/cm3)
				N0-15	N15-30	N30-45	N15-45								
		N.F SUPERFICIAL	MATERIAL VEGETAL												
			MATERIAL ARCILLOSO CON ARENA												
1.00			A-2-4 SM MATERIAL SEDIMENTARIO COMPUESTO POR ARCILLA DE BAJA PLASTICIDAD CON ARENA COLOR PARDO	7	8	9	17	0.50-0.95	14.0%	--	--	N.P.	GRAVA 0.12 ARENA 71.30 FINOS 28.58 SUMA 100.00	1.78	1.56
				8	11	10	21	1.00-1.45							
2.00				11	12	12	24	1.50-1.95							
3.00		D	A-2-4 SM MATERIAL SEDIMENTARIO COMPUESTO POR ARCILLA DE BAJA PLASTICIDAD CON ARENA COLOR PARDO	14	14	15	29	2.00-2.45	13.1%	--	--	N.P.	GRAVA 1.76 ARENA 73.03 FINOS 25.21 SUMA 100.0	1.78	1.57
				15	16	18	34	2.50-2.95							
				17	17	21	38	3.00-3.45							
4.00				18	19	22	41	3.50-3.95							
5.00			A-2-4 SM MATERIAL SEDIMENTARIO COMPUESTO POR ARCILLA DE BAJA PLASTICIDAD CON ARENA COLOR PARDO	20	22	25	47	4.00-4.45	13.5%	--	--	N.P.	GRAVA 1.40 ARENA 72.22 FINOS 26.38 SUMA 100.0	1.78	1.57
				22	24	24	48	4.50-4.95							
				24	27	22	49	5.00-5.45							
6.00				25	28	23	50	5.50-5.95							

Observaciones

De acuerdo a la norma ASTM D1586, para considerar rechazo se debe cumplir alguna de las siguientes condiciones:

1. Se aplica un total de 50 golpes, durante cualquiera de los tres incrementos de 15 cm que componen la prueba.
2. No se observa avance de la cuchara, durante la aplicación de 10 golpes sucesivos

PROCESÓ:

Ing. JAVIER ESTEBAN FONSECA MOYANO

Analista de Ingeniería

REVISÓ Y APROBÓ:

Ing. HAIVER DAVID OLIVO MELGAREJO

Coordinador de Ingeniería

NHSQ SAS INGENIERIA
901047361-5

LABORATORIO DE SUELOS, CONCRETOS Y PAVIMENTOS
HACEMOS LO CORRECTO, CORRECTAMENTE

ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO DE SUELOS POR TAMIZADO, DETERMINACIÓN DEL LÍMITE LÍQUIDO Y LÍMITE PLÁSTICO E ÍNDICE DE PLASTICIDAD DE SUELOS

ESPECIFICACIÓN/NORMA	FECHA DE VIGENCIA	CÓDIGO	ESTE DOCUMENTO NO ES VÁLIDO SIN LA FIRMA Y EL SELLO ORIGINAL DEL LABORATORIO NHSQ INGENIERÍA
INV. E-123, 125 y 126 – 13	02/ENERO/2020	F-LAB-010-V6	

PROYECTO:	CONSTRUCCIÓN DE OBRAS DE SANEAMIENTO BASICO PARA EL PREDIO LOTE A DEL MUNICIPIO DE ACACÍAS, META	O.T/MUESTRA Nº:	EG-076-W-1174-22
DIRIGIDO A:	CONSORCIO DISEÑOS ACACIAS 2022	FECHA DE REGISTRO:	JUNIO DE 2022
NIT:	0	FECHA DE ENTREGA:	JUNIO DE 2022
MATERIAL:	PROVENIENTE DE LA EXPLORACIÓN	MUNICIPIO/DPTO:	ACACIAS / META
SONDEO Nº: 1	MUESTRA Nº: 1	PROFUNDIDAD (m): 0.50 - 2.00	SITIO: CARRERA 41 VÍA NACIONAL VILLAVICENCIO ACACIAS

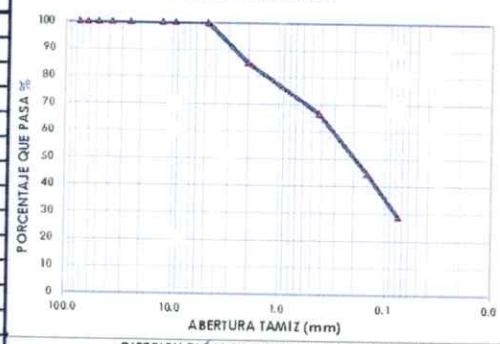
ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO

DATOS DEL ENSAYO	
PASA TAMIZ Nº 200 (75 µm) (%)	28.6%
MASA DE LA COPA (g)	0.0
MASA INICIAL SECA(g)	310.5
HUMEDAD NATURAL (%)	14.0%
MASA INICIAL SECA ANTES DE LAVADO (g)	272.4
MASA FINAL DESPUÉS DE LAVADO (g)	221.8
CÁLCULO DE LA HUMEDAD NATURAL	
MASA DE LA COPA (g)	5.7
MASA INICIAL HUMEDA(g)	50.3
MASA FINAL SECA(g)	44.8
HUMEDAD NATURAL (%)	14.0%

CLASIFICACIÓN DEL SUELO					
D10	–	D30	–	D60	–
Cc	–	Cu	–		
AASHTO	A-2-4				
DESCRIPCIÓN	Arena limosa				
S.U.C.S	SM				
COLOR	Pardo				
DESCRIPCIÓN	Material sedimentario compuesto por arena limosa de coloracion pardo				

TAMÍZ Pulg	TAMÍZ mm	MASA RETENIDA (g)	% RETENIDO	% RETENIDO ACUMULADO	% PASA
3"	75.0	0.0	0.0	0.0	100
2 1/2"	63.0	0.0	0.0	0.0	100
2"	50.0	0.0	0.0	0.0	100
1 1/2"	37.5	0.0	0.0	0.0	100
1"	25.0	0.0	0.0	0.0	100
1/2"	12.5	0.0	0.0	0.0	100
3/8"	9.5	0.0	0.0	0.0	100
Nº4	4.75	0.4	0.1	0.1	100
Nº10	2.00	45.3	14.6	14.7	85
Nº40	0.425	57.5	18.5	33.2	67
Nº100	0.15	68.5	22.1	55.3	45
Nº200	0.075	50.1	16.1	71.4	29
FONDO		88.7	28.6	100.0	0
SUMATORIA		310.5	100		

CURVA GRANULOMÉTRICA



DISTRIBUCIÓN PORCENTUAL DEL MATERIAL					
GRAVA	0.1%	ARENA	71.3%	FINOS	28.6%

NÚMERO DE GOLPES	LÍMITE LÍQUIDO			LÍMITE PLÁSTICO		
MASA RECIPIENTE, g. (Wc)						
MASA RECIPIENTE + MUESTRA HÚMEDA, g (W1)	N.L.			N.P.		
MASA RECIPIENTE + MUESTRA SECA AL HORNO, g(W2)						
MASA DEL AGUA, g. (Ww) = W1 - W2						
MASA DE LA MUESTRA SECA, g (Ws) = W2 - Wc						
HUMEDAD NATURAL, % (W) = (Ww / Ws)*100						

CÁLCULO ÍNDICE DE PLASTICIDAD	
LÍMITE LÍQUIDO, % (L.L.)	--
LÍMITE PLÁSTICO, % (L.P.)	--
ÍNDICE DE PLASTICIDAD %, I.P. = L.L. - L.P.	N.P.
% PASA TAMIZ No 200:	28.6

GRÁFICO LÍMITE LÍQUIDO

REVISÓ Y APROBÓ:
Ing. HAIVER DAVID OLIVO MELGAREJO
Coordinador de Ingeniería

NHSQ SAS INGENIERIA
HACEMOS LO CORRECTO, CORRECTAMENTE
901047361-5

LABORATORIO DE SUELOS, CONCRETOS Y PAVIMENTOS
HACEMOS LO CORRECTO, CORRECTAMENTE

ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO DE SUELOS POR TAMIZADO, DETERMINACIÓN DEL LÍMITE LÍQUIDO Y LÍMITE PLÁSTICO E ÍNDICE DE PLASTICIDAD DE SUELOS

ESPECIFICACIÓN/NORMA	FECHA DE VIGENCIA	CÓDIGO	ESTE DOCUMENTO NO ES VÁLIDO SIN LA FIRMA Y EL SELLO ORIGINAL DEL LABORATORIO NHSQ INGENIERÍA
INV. E-123, 125 y 126 – 13	02/ENERO/2020	F-LAB-010-V6	

PROYECTO:	CONSTRUCCIÓN DE OBRAS DE SANEAMIENTO BASICO PARA EL PREDIO LOTE A DEL MUNICIPIO DE ACACÍAS, META					O.T/MUESTRA Nº:	EG-076-W-1174-22
DIRIGIDO A:	CONSORCIO DISEÑOS ACACIAS 2022					FECHA DE REGISTRO:	JUNIO DE 2022
NIT:						FECHA DE ENTREGA:	JUNIO DE 2022
MATERIAL:	PROVENIENTE DE LA EXPLORACIÓN					MUNICIPIO/DPTO:	ACACIAS / META
SONDEO Nº:	1	MUESTRA Nº:	2	PROFUNDIDAD (m):	2.00 - 4.00	SITIO:	CARRERA 41 VÍA NACIONAL VILLAVICENCIO ACACIAS

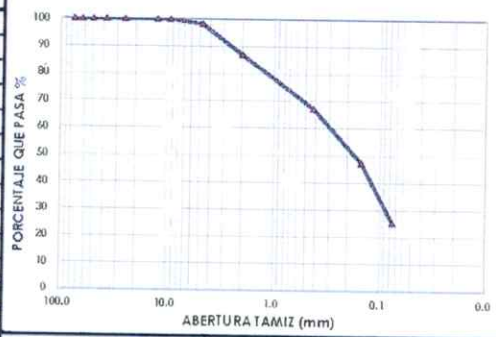
ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO

DATOS DEL ENSAYO	
PASA TAMIZ Nº 200 (75 µm) (%)	25.2%
MASA DE LA COPA (g)	0.0
MASA INICIAL SECA(g)	308.6
HUMEDAD NATURAL (%)	13.1%
MASA INICIAL SECA ANTES DE LAVADO (g)	272.9
MASA FINAL DESPUÉS DE LAVADO (g)	230.8
CALCULO DE LA HUMEDAD NATURAL	
MASA DE LA COPA (g)	6.1
MASA INICIAL HUMEDA(g)	64.6
MASA FINAL SECA(g)	57.8
HUMEDAD NATURAL (%)	13.1%

CLASIFICACIÓN DEL SUELO					
D10	--	D30	--	D60	--
Cc	--	Cu	--		
AASHTO	A-2-4				
DESCRIPCIÓN	Arena limosa				
S.U.C.S	SM				
COLOR	Pardo				
DESCRIPCIÓN	Material sedimentario compuesto por arena limosa de coloracion pardo				

TAMÍZ Pulg	TAMÍZ mm	MASA RETENIDA (g)	% RETENIDO	% RETENIDO ACUMULADO	% PASA
3"	75.0	0.0	0.0	0.0	100
2 1/2"	63.0	0.0	0.0	0.0	100
2"	50.0	0.0	0.0	0.0	100
1 1/2"	37.5	0.0	0.0	0.0	100
1"	25.0	0.0	0.0	0.0	100
1/2"	12.5	0.0	0.0	0.0	100
3/8"	9.5	0.0	0.0	0.0	100
Nº4	4.75	5.4	1.8	1.8	98
Nº10	2.00	35.0	11.3	13.1	87
Nº40	0.425	60.7	19.7	32.8	67
Nº100	0.15	61.6	20.0	52.7	47
Nº200	0.075	68.1	22.1	74.8	25
FONDO		77.8	25.2	100.0	0
SUMATORIA		308.6	100		

CURVA GRANULOMÉTRICA

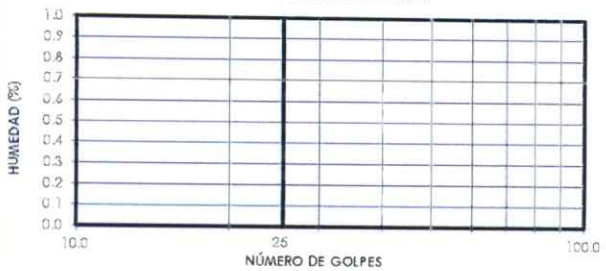


DISTRIBUCIÓN PORCENTUAL DEL MATERIAL					
GRAVA	1.8%	ARENA	73.0%	FINOS	25.2%

NÚMERO DE GOLPES	LÍMITE LÍQUIDO			LÍMITE PLÁSTICO		
MASA RECIPIENTE, g. (Wc)						
MASA RECIPIENTE + MUESTRA HÚMEDA, g. (W1)		N.L.			N.P.	
MASA RECIPIENTE + MUESTRA SECA AL HORNO, g(W2)						
MASA DEL AGUA, g. (Ww) = W1 - W2						
MASA DE LA MUESTRA SECA, g. (Ws) = W2 - Wc						
HUMEDAD NATURAL, % (W) = (Ww / Ws)*100						

CÁLCULO ÍNDICE DE PLASTICIDAD	
LÍMITE LÍQUIDO, % (L.L.)	--
LÍMITE PLÁSTICO, % (L.P.)	---
ÍNDICE DE PLASTICIDAD %, I.P. = L.L. - L.P.	N.P.
% PASA TAMIZ No 200:	25.2

GRÁFICO LÍMITE LÍQUIDO



REVISÓ Y APROBÓ:
Ing. HAIVER DAVID OLIVO MELGAREJO
Coordinador de Ingeniería

NHSQ SAS INGENIERIA
HACEMOS LO CORRECTO, CORRECTAMENTE
901047361-5

LABORATORIO DE SUELOS, CONCRETOS Y PAVIMENTOS

HACEMOS LO CORRECTO, CORRECTAMENTE

ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO DE SUELOS POR TAMIZADO, DETERMINACIÓN DEL LÍMITE LÍQUIDO Y LÍMITE PLÁSTICO E ÍNDICE DE PLASTICIDAD DE SUELOS

ESPECIFICACIÓN/NORMA	FECHA DE VIGENCIA	CÓDIGO	ESTE DOCUMENTO NO ES VÁLIDO SIN LA FIRMA Y EL SELLO ORIGINAL DEL LABORATORIO NHSQ INGENIERÍA
INV. E-123, 125 y 126 – 13	02/ENERO/2020	F-LAB-010-V6	

PROYECTO:	CONSTRUCCIÓN DE OBRAS DE SANEAMIENTO BASICO PARA EL PREDIO LOTE A DEL MUNICIPIO DE ACACÍAS, META					O.T/MUESTRA Nº:	EG-076-W-1174-22
DIRIGIDO A:	CONSORCIO DISEÑOS ACACIAS 2022					FECHA DE REGISTRO:	JUNIO DE 2022
NIT:	0					FECHA DE ENTREGA:	JUNIO DE 2022
MATERIAL:	PROVENIENTE DE LA EXPLORACIÓN					MUNICIPIO/DPTO:	ACACIAS / META
SONDEO Nº:	1	MUESTRA Nº:	3	PROFUNDIDAD (m):	4.00 - 6.00	SITIO:	CARRERA 41 VÍA NACIONAL VILLAVICENCIO ACACIAS

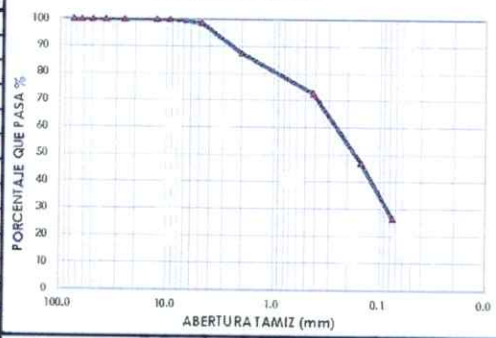
ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO

DATOS DEL ENSAYO	
PASA TAMIZ Nº 200 (75 µm) (%)	26.4%
MASA DE LA COPA (g)	0.0
MASA INICIAL SECA(g)	172.3
HUMEDAD NATURAL (%)	13.6%
MASA INICIAL SECA ANTES DE LAVADO (g)	151.7
MASA FINAL DESPUES DE LAVADO (g)	126.8
CALCULO DE LA HUMEDAD NATURAL	
MASA DE LA COPA (g)	6.2
MASA INICIAL HUMEDA(g)	52.3
MASA FINAL SECA(g)	46.8
HUMEDAD NATURAL (%)	13.6%

CLASIFICACIÓN DEL SUELO					
D10	--	D30	--	D60	--
Cc	--	Cu	--		
AASHTO	A-2-4				
DESCRIPCIÓN	Arena limosa				
S.U.C.S	SM				
COLOR	Pardo				
DESCRIPCIÓN	Material sedimentario compuesto por arena limosa de coloracion pardo				

TAMÍZ Pulg	TAMÍZ mm	MASA RETENIDA (g)	% RETENIDO	% RETENIDO ACUMULADO	% PASA
3"	75.0	0.0	0.0	0.0	100
2 1/2"	63.0	0.0	0.0	0.0	100
2"	50.0	0.0	0.0	0.0	100
1 1/2"	37.5	0.0	0.0	0.0	100
1"	25.0	0.0	0.0	0.0	100
1/2"	12.5	0.0	0.0	0.0	100
3/8"	9.5	0.0	0.0	0.0	100
Nº4	4.75	2.4	1.4	1.4	99
Nº10	2.00	19.4	11.3	12.7	87
Nº40	0.425	25.4	14.8	27.4	73
Nº100	0.15	44.5	25.8	53.2	47
Nº200	0.075	35.1	20.4	73.6	26
FONDO		45.5	26.4	100.0	0
SUMATORIA		172.3	100		

CURVA GRANULOMÉTRICA

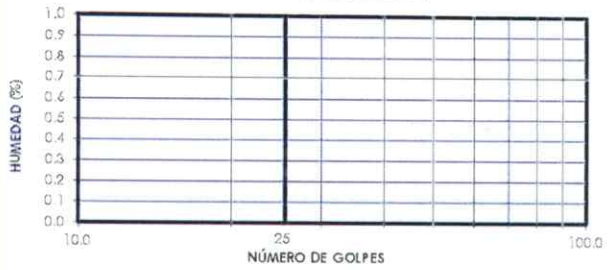


DISTRIBUCIÓN PORCENTUAL DEL MATERIAL					
GRAVA	1.4%	ARENA	72.2%	FINOS	26.4%

NÚMERO DE GOLPES	LÍMITE LÍQUIDO			LÍMITE PLÁSTICO		
MASA RECIPIENTE, g. (Wc)						
MASA RECIPIENTE + MUESTRA HÚMEDA, g (W1)			N.L.			N.P.
MASA RECIPIENTE + MUESTRA SECA AL HORNO, g(W2)						
MASA DEL AGUA, g. (Ww) = W1 - W2						
MASA DE LA MUESTRA SECA, g (Ws) = W2 - Wc						
HUMEDAD NATURAL, % (W) = (Ww / Ws)*100						

CÁLCULO ÍNDICE DE PLASTICIDAD	
LÍMITE LÍQUIDO, % (L.L)	--
LÍMITE PLÁSTICO, % (L.P.)	--
ÍNDICE DE PLASTICIDAD % , I.P. = L.L. - L.P.	N.P.
% PASA TAMIZ No 200.	26.4

GRÁFICO LÍMITE LÍQUIDO



REVISÓ Y APROBÓ:

Ing. HAIVER DAVID OLIVO MELGAREJO

Coordinador de Ingeniería

Anexo 3 Registro estratigráfico y resultados de laboratorio sondeo S2

NHSQ GES INGENIERIA
901047361-5

LABORATORIO DE SUELOS, CONCRETOS Y PAVIMENTOS

HACEMOS LO CORRECTO, CORRECTAMENTE

RESUMEN DEL PERFIL ESTRATIGRÁFICO, ENSAYO DE SPT Y LOS RESULTADOS DE LABORATORIO

SONDEO 2

ESPECIFICACIÓN / NORMA	FECHA DE VIGENCIA	CÓDIGO	ESTE DOCUMENTO NO ES VALIDO SIN LA FIRMA Y EL SELLO ORIGINAL DEL LABORATORIO NHSQ INGENIERIA.
NTC-2017	02/ENERO/2020	F-LAB-035-V6	

OBJETO :	CONSTRUCCIÓN DE OBRAS DE SANEAMIENTO BASICO PARA EL PREDIO LOTE A DEL MUNICIPIO DE ACACÍAS, META					MUNICIPIO:	ACACIAS
						DEPARTAMENTO:	META
						O. N°:	EG-076-W-1174-22
						FECHA DE REGISTRO:	JUNIO DE 2022
DIRIGIDO A:	CONSORCIO DISEÑOS ACACIAS 2022	NIT:	0	COORDENADAS:	LATITUD:	4° 0' 15.99"N	FECHA DE ENTREGA:	J UNIO DE 2022
SITIO:	CARRERA 41 VIA NACIONAL VILLAVICENCIO ACACIAS				LONGITUD:	73°46'24.95"O	SONDEO:	2

ALTURA DEL SONDEO "m"	ESTRATO	PERFIL DEL SUELO SEGÚN LA NSR-10	DESCRIPCION DEL MATERIAL	# DE GOLPES "N" no corregido				COTA	% W	LL	LP	IP	PORCENTAJE DEL MATERIAL %		γh HUMEDA (g/cm3)	γd SECA (g/cm3)
				N0-15	N15-30	N30-45	N15-45									
		N.F SUPERFICIAL	MATERIAL VEGETAL													
			MATERIAL ARCILLOSO CON ARENA													
1.00		D	A-2-4 SM MATERIAL SEDIMENTARIO COMPUESTO POR ARCILLA DE BAJA PLASTICIDAD CON ARENA COLOR PARDO	8	9	10	19	0.50-0.95	14.3%	--	--	N.P.	GRAVA 0.36 ARENA 73.21 FINOS 26.43 SUMA 100.00		1.78	1.56
				10	10	13	23	1.00-1.45								
2.00				13	13	14	27	1.50-1.95								
				15	16	15	31	2.00-2.45	13.3%	--	--	N.P.	GRAVA 1.09 ARENA 69.20 FINOS 29.71 SUMA 100.0		1.78	1.57
3.00				16	19	18	37	2.50-2.95								
				17	20	21	41	3.00-3.45								
4.00				20	22	23	45	3.50-3.95								
			A-2-4 SM MATERIAL SEDIMENTARIO COMPUESTO POR ARCILLA DE BAJA PLASTICIDAD CON ARENA COLOR PARDO	22	26	20	45	4.00-4.45	13.1%	--	--	N.P.	GRAVA 1.54 ARENA 69.51 FINOS 28.95 SUMA 100.0		1.78	1.57
5.00				23	26	23	49	4.50-4.95								
				24	29	20	49	5.00-5.45								
6.00				25	31	26	50	5.50-5.95								

Observaciones

De acuerdo a la norma ASTM D1586, para considerar rechazo se debe cumplir alguna de las siguientes condiciones:

1. Se aplica un total de 50 golpes, durante cualquiera de los tres incrementos de 15 cm que componen la prueba.
2. No se observa avance de la cuchara, durante la aplicación de 10 golpes sucesivos

PROCESÓ: Javier Fonseca

Ing. JAVIER ESTEBAN FONSECA MOYANO

Analista de Ingeniería

REVISÓ Y APROBÓ:

Ing. HAIVER DAVID OLIVO MELGAREJO

Coordinador de Ingeniería

NHSQ S.A.S. INGENIERIA
HACEMOS LO CORRECTO, CORRECTAMENTE
901047361-5

LABORATORIO DE SUELOS, CONCRETOS Y PAVIMENTOS
HACEMOS LO CORRECTO, CORRECTAMENTE

ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO DE SUELOS POR TAMIZADO, DETERMINACIÓN DEL LÍMITE LÍQUIDO Y LÍMITE PLÁSTICO E ÍNDICE DE PLASTICIDAD DE SUELOS

ESPECIFICACIÓN/NORMA	FECHA DE VIGENCIA	CÓDIGO	ESTE DOCUMENTO NO ES VÁLIDO SIN LA FIRMA Y EL SELLO ORIGINAL DEL LABORATORIO NHSQ INGENIERÍA
INV. E-123, 125 y 126 – 13	02/ENERO/2020	F-LAB-010-V6	

PROYECTO:	CONSTRUCCIÓN DE OBRAS DE SANEAMIENTO BASICO PARA EL PREDIO LOTE A DEL MUNICIPIO DE ACACÍAS, META					O.T/MUESTRA Nº:	EG-076-W-1174-22
DIRIGIDO A:	CONSORCIO DISEÑOS ACACIAS 2022					FECHA DE REGISTRO:	JUNIO DE 2022
NIT:	0					FECHA DE ENTREGA:	JUNIO DE 2022
MATERIAL:	PROVENIENTE DE LA EXPLORACIÓN					MUNICIPIO/DPTO:	ACACIAS / META
SONDEO Nº:	2	MUESTRA Nº:	1	PROFUNDIDAD (m):	0.50 - 2.00	SITIO:	CARRERA 41 VÍA NACIONAL VILLAVICENCIO ACACIAS

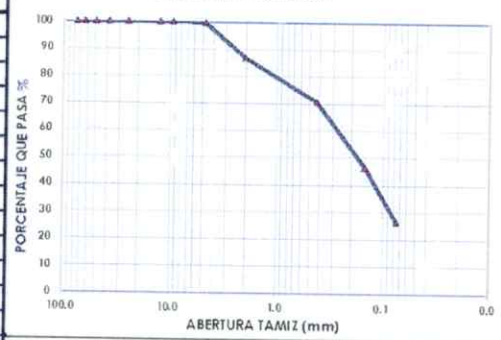
ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO

DATOS DEL ENSAYO	
PASA TAMIZ Nº 200 (75 µm) (%)	26.4%
MASA DE LA COPA (g)	0.0
MASA INICIAL SECA(g)	258.4
HUMEDAD NATURAL (%)	14.3%
MASA INICIAL SECA ANTES DE LAVADO (g)	226.2
MASA FINAL DESPUES DE LAVADO (g)	190.1
CALCULO DE LA HUMEDAD NATURAL	
MASA DE LA COPA (g)	6.7
MASA INICIAL HUMEDA(g)	69.0
MASA FINAL SECA(g)	61.2
HUMEDAD NATURAL (%)	14.3%

CLASIFICACIÓN DEL SUELO					
D10	--	D30	--	D60	--
Cc	--	Cu	--		
AASHTO	A-2-4				
DESCRIPCIÓN	Arena limosa				
S.U.C.S	SM				
COLOR	Pardo				
DESCRIPCIÓN	Material sedimentario compuesto por arena limosa de coloracion pardo				

TAMÍZ Pulg	TAMÍZ mm	MASA RETENIDA (g)	% RETENIDO	% RETENIDO ACUMULADO	% PASA
3"	75.0	0.0	0.0	0.0	100
2 1/2"	63.0	0.0	0.0	0.0	100
2"	50.0	0.0	0.0	0.0	100
1 1/2"	37.5	0.0	0.0	0.0	100
1"	25.0	0.0	0.0	0.0	100
1/2"	12.5	0.0	0.0	0.0	100
3/8"	9.5	0.0	0.0	0.0	100
Nº4	4.75	0.9	0.4	0.4	100
Nº10	2.00	33.5	13.0	13.3	87
Nº40	0.425	42.1	16.3	29.6	70
Nº100	0.15	62.0	24.0	53.6	46
Nº200	0.075	51.6	20.0	73.6	26
FONDO		68.3	26.4	100.0	0
SUMATORIA		258.4	100		

CURVA GRANULOMÉTRICA



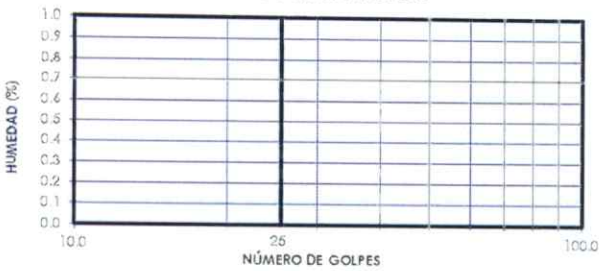
DISTRIBUCIÓN PORCENTUAL DEL MATERIAL

GRAVA	0.4%	ARENA	73.2%	FINOS	26.4%

NÚMERO DE GOLPES	LÍMITE LÍQUIDO			LÍMITE PLÁSTICO		
MASA RECIPIENTE, g. (Wc)						
MASA RECIPIENTE + MUESTRA HÚMEDA, g (W1)						
MASA RECIPIENTE + MUESTRA SECA AL HORNO, g(W2)						
MASA DEL AGUA, g. (Ww) = W1 - W2						
MASA DE LA MUESTRA SECA, g (Ws) = W2 - Wc						
HUMEDAD NATURAL, % (W) = (Ww / Ws)*100						
	N.L.			N.P.		

CÁLCULO ÍNDICE DE PLASTICIDAD	
LÍMITE LÍQUIDO, % (L.L.)	--
LÍMITE PLÁSTICO, % (L.P.)	--
ÍNDICE DE PLASTICIDAD %, I.P. = L.L - L.P.	N.P.
% PASA TAMIZ No 200:	26.4

GRÁFICO LÍMITE LÍQUIDO



REVISÓ Y APROBÓ:

Ing. HAIVER DAVID OLIVO MELGAREJO
Coordinador de Ingeniería

NHSQ SAS INGENIERIA
901047361-5

LABORATORIO DE SUELOS, CONCRETOS Y PAVIMENTOS
HACEMOS LO CORRECTO, CORRECTAMENTE

ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO DE SUELOS POR TAMIZADO, DETERMINACIÓN DEL LÍMITE LÍQUIDO Y LÍMITE PLÁSTICO E ÍNDICE DE PLASTICIDAD DE SUELOS

ESPECIFICACIÓN/NORMA	FECHA DE VIGENCIA	CÓDIGO	ESTE DOCUMENTO NO ES VÁLIDO SIN LA FIRMA Y EL SELLO ORIGINAL DEL LABORATORIO NHSQ INGENIERÍA.
INV. E-123, 125 y 126 – 13	02/ENERO/2020	F-LAB-010-V6	

PROYECTO:	CONSTRUCCIÓN DE OBRAS DE SANEAMIENTO BASICO PARA EL PREDIO LOTE A DEL MUNICIPIO DE ACACÍAS, META					O.T/MUESTRA Nº:	EG-076-W-1174-22
DIRIGIDO A:	CONSORCIO DISEÑOS ACACIAS 2022					FECHA DE REGISTRO:	JUNIO DE 2022
NIT:	0					FECHA DE ENTREGA:	JUNIO DE 2022
MATERIAL:	PROVENIENTE DE LA EXPLORACIÓN					MUNICIPIO/DPTO:	ACACIAS / META
SONDEO Nº:	2	MUESTRA Nº:	2	PROFUNDIDAD (m):	2.00 - 4.00	SITIO:	CARRERA 41 VÍA NACIONAL VILLAVICENCIO ACACIAS

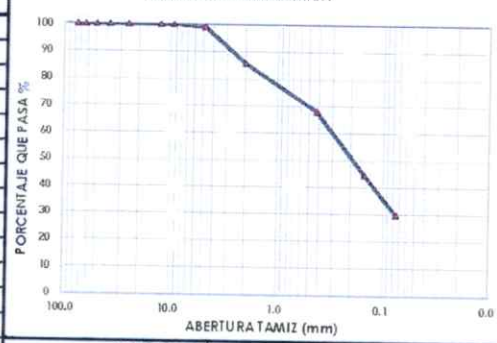
ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO

DATOS DEL ENSAYO	
PASA TAMIZ Nº 200 (75 µm) (%)	29.7%
MASA DE LA COPA (g)	0.0
MASA INICIAL SECA(g)	238.3
HUMEDAD NATURAL (%)	13.3%
MASA INICIAL SECA ANTES DE LAVADO (g)	210.3
MASA FINAL DESPUÉS DE LAVADO (g)	167.5
CALCULO DE LA HUMEDAD NATURAL	
MASA DE LA COPA (g)	5.4
MASA INICIAL HUMEDA(g)	61.2
MASA FINAL SECA(g)	54.6
HUMEDAD NATURAL (%)	13.3%

CLASIFICACIÓN DEL SUELO					
D10	–	D30	–	D60	–
Cc	–	Cu	–		
AASHTO	A-2-4				
DESCRIPCIÓN	Arena limosa				
S.U.C.S	SM				
COLOR	Pardo				
DESCRIPCIÓN	Material sedimentario compuesto por arena limosa de coloracion pardo				

TAMÍZ Pulg	TAMÍZ mm	MASA RETENIDA (g)	% RETENIDO	% RETENIDO ACUMULADO	% PASA
3"	75.0	0.0	0.0	0.0	100
2 1/2"	63.0	0.0	0.0	0.0	100
2"	50.0	0.0	0.0	0.0	100
1 1/2"	37.5	0.0	0.0	0.0	100
1"	25.0	0.0	0.0	0.0	100
1/2"	12.5	0.0	0.0	0.0	100
3/8"	9.5	0.0	0.0	0.0	100
Nº4	4.75	2.6	1.1	1.1	99
Nº10	2.00	31.5	13.2	14.3	86
Nº40	0.425	42.0	17.6	31.9	68
Nº100	0.15	56.4	23.7	55.6	44
Nº200	0.075	35.1	14.7	70.3	30
FONDO		70.8	29.7	100.0	0
SUMATORIA		238.3	100		

CURVA GRANULOMÉTRICA



DISTRIBUCIÓN PORCENTUAL DEL MATERIAL					
GRAVA	1.1%	ARENA	69.2%	FINOS	29.7%

NÚMERO DE GOLPES	LÍMITE LÍQUIDO			LÍMITE PLÁSTICO		
MASA RECIPIENTE, g. (Wo)						
MASA RECIPIENTE + MUESTRA HÚMEDA, g (W1)						
MASA RECIPIENTE + MUESTRA SECA AL HORNO, g(W2)	N.L.			N.P.		
MASA DEL AGUA, g. (Ww) = W1 - W2						
MASA DE LA MUESTRA SECA, g (Ws) = W2 - Wc						
HUMEDAD NATURAL, % (W) = (Ww / Ws)*100						

CÁLCULO ÍNDICE DE PLASTICIDAD	
LÍMITE LÍQUIDO, % (L.L.)	--
LÍMITE PLÁSTICO, % (L.P.)	--
ÍNDICE DE PLASTICIDAD %, I.P. = L.L. - L.P.	N.P.
% PASA TAMIZ No 200:	29.7

GRÁFICO LÍMITE LÍQUIDO

REVISÓ Y APROBÓ:

Ing. HAIVER DAVID OLIVO MELGAREJO
Coordinador de Ingeniería

NHSQ SAS INGENIERIA
901047361-5

LABORATORIO DE SUELOS, CONCRETOS Y PAVIMENTOS
HACEMOS LO CORRECTO, CORRECTAMENTE

ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO DE SUELOS POR TAMIZADO, DETERMINACIÓN DEL LÍMITE LÍQUIDO Y LÍMITE PLÁSTICO E ÍNDICE DE PLASTICIDAD DE SUELOS

ESPECIFICACIÓN/NORMA	FECHA DE VIGENCIA	CÓDIGO	ESTE DOCUMENTO NO ES VÁLIDO SIN LA FIRMA Y EL SELLO ORIGINAL DEL LABORATORIO NHSQ INGENIERÍA
INV. E-123, 125 y 126 – 13	02/ENERO/2020	F-LAB-010-V6	

PROYECTO:	CONSTRUCCIÓN DE OBRAS DE SANEAMIENTO BASICO PARA EL PREDIO LOTE A DEL MUNICIPIO DE ACACÍAS, META					O.T/MUESTRA Nº:	EG-076-W-1174-22
DIRIGIDO A:	CONSORCIO DISEÑOS ACACIAS 2022					FECHA DE REGISTRO:	JUNIO DE 2022
NIT:						FECHA DE ENTREGA:	JUNIO DE 2022
MATERIAL:	PROVENIENTE DE LA EXPLORACIÓN					MUNICIPIO/DPTO:	ACACIAS / META
SONDEO Nº:	2	MUESTRA Nº:	3	PROFUNDIDAD (m):	4.00 - 6.00	SITIO:	CARRERA 41 VÍA NACIONAL VILLAVICENCIO ACACIAS

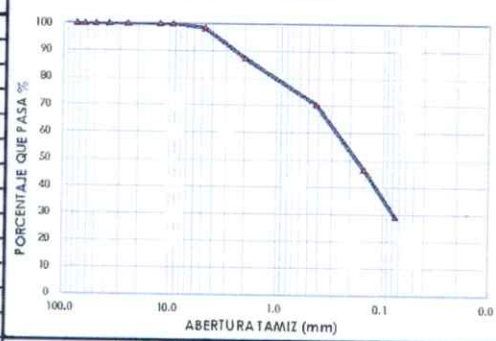
ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO

DATOS DEL ENSAYO	
PASA TAMIZ Nº 200 (75 µm.) (%)	29.0%
MASA DE LA COPA (g)	0.0
MASA INICIAL SECA(g)	328.9
HUMEDAD NATURAL (%)	13.1%
MASA INICIAL SECA ANTES DE LAVADO (g)	290.7
MASA FINAL DESPUES DE LAVADO (g)	233.7
CÁLCULO DE LA HUMEDAD NATURAL	
MASA DE LA COPA (g)	6.3
MASA INICIAL HUMEDA(g)	53.6
MASA FINAL SECA(g)	48.1
HUMEDAD NATURAL (%)	13.1%

CLASIFICACIÓN DEL SUELO					
D10	–	D30	–	D60	–
Cc	–	Cu	–		
AASHTO	A-2-4				
DESCRIPCIÓN	Arena limosa				
S.U.C.S	SM				
COLOR	Pardo				
DESCRIPCIÓN	Material sedimentario compuesto por arena limosa de coloracion pardo				

TAMÍZ Pulg	TAMÍZ mm	MASA RETENIDA (g)	% RETENIDO	% RETENIDO ACUMULADO	% PASA
3"	75.0	0.0	0.0	0.0	100
2 1/2"	63.0	0.0	0.0	0.0	100
2"	50.0	0.0	0.0	0.0	100
1 1/2"	37.5	0.0	0.0	0.0	100
1"	25.0	0.0	0.0	0.0	100
1/2"	12.5	0.0	0.0	0.0	100
3/8"	9.5	0.0	0.0	0.0	100
Nº4	4.75	5.1	1.5	1.5	98
Nº10	2.00	36.5	11.1	12.6	87
Nº40	0.425	55.9	17.0	29.6	70
Nº100	0.15	78.8	24.0	53.6	46
Nº200	0.075	57.5	17.5	71.1	29
FONDO		95.2	29.0	100.0	0
SUMATORIA		328.9	100		

CURVA GRANULOMÉTRICA



DISTRIBUCIÓN PORCENTUAL DEL MATERIAL					
GRAVA	1.5%	ARENA	69.5%	FINOS	29.0%

NÚMERO DE GOLPES	LÍMITE LÍQUIDO			LÍMITE PLÁSTICO		
MASA RECIPIENTE, g. (Wc)						
MASA RECIPIENTE + MUESTRA HÚMEDA, g. (W1)						
MASA RECIPIENTE + MUESTRA SECA AL HORNO, g.(W2)	N.L.			N.P.		
MASA DEL AGUA, g. (Ww) = W1 - W2						
MASA DE LA MUESTRA SECA, g. (Ws) = W2 - Wc						
HUMEDAD NATURAL, % (W) = (Ww / Ws)* 100						

CÁLCULO ÍNDICE DE PLASTICIDAD	
LÍMITE LÍQUIDO, % (L.L.)	–
LÍMITE PLÁSTICO, % (L.P.)	–
ÍNDICE DE PLASTICIDAD %, I.P. = L.L. - L.P.	N.P.
% PASA TAMIZ No 200:	29.0

GRÁFICO LÍMITE LÍQUIDO

REVISÓ Y APROBÓ:

Ing. HAIVER DAVID OLIVO MELGAREJO
Coordinador de Ingeniería

Anexo 4 Registro estratigráfico y resultados de laboratorio sondeo S3

NHSQ SAS INGENIERIA

901047361-5

LABORATORIO DE SUELOS, CONCRETOS Y PAVIMENTOS

HACEMOS LO CORRECTO, CORRECTAMENTE

RESUMEN DEL PERFIL ESTRATIGRÁFICO, ENSAYO DE SPT Y LOS RESULTADOS DE LABORATORIO

SONDEO 3

ESPECIFICACIÓN / NORMA	FECHA DE VIGENCIA	CÓDIGO	ESTE DOCUMENTO NO ES VALIDO SIN LA FIRMA Y EL SELLO ORIGINAL DEL LABORATORIO NHSQ INGENIERIA
NTC-2017	02/ENERO/2020	F-LAB-035-V6	

OBJETO :	CONSTRUCCIÓN DE OBRAS DE SANEAMIENTO BASICO PARA EL PREDIO LOTE A DEL MUNICIPIO DE ACACÍAS, META					MUNICIPIO:	ACACIAS
						DEPARTAMENTO:	META
							EG-076-W-1174-22
						FECHA DE REGISTRO:	JUNIO DE 2022
DIRIGIDO A:	CONSORCIO DISEÑOS ACACIAS 2022	NIT:	0	COORDENADAS:	LATITUD: 4°0'17.10"N	FECHA DE ENTREGA:	JUNIO DE 2022
SITIO:	CARRERA 41 VIA NACIONAL VILLAVICENCIO ACACIAS				LONGITUD: 73°46'23.09"W	SONDEO:	3

ALTURA DEL SONDEO "m"	ESTRATO	PERFIL DEL SUELO SEGUN LA NSR-10	DESCRIPCION DEL MATERIAL	# DE GOLPES "N" no corregido				COTA	% W	LL	LP	IP	PORCENTAJ EDEL MATERIAL %	γh HUMEDA (g/cm3)	γs SECA (g/cm3)
				N0-15	N15-30	N30-45	N15-45								
		N.F SUPERFICIAL	MATERIAL VEGETAL												
			MATERIAL ARCILLOSO CON ARENA												
1.00			A-2-4 SM MATERIAL SEDIMENTARIO COMPUESTO POR ARCILLA DE BAJA PLASTICIDAD CON ARENA COLOR PARDO	12	10	11	21	0.50-0.95	13.1%	--	--	N.P.	GRAVA 2.69 ARENA 69.74 FINOS 27.57 SUMA 100.00	1.78	1.57
				13	11	14	25	1.00-1.45							
2.00				15	12	17	29	1.50-1.95							
		D	A-2-4 SM MATERIAL SEDIMENTARIO COMPUESTO POR ARCILLA DE BAJA PLASTICIDAD CON ARENA COLOR PARDO	16	15	19	34	2.00-2.45	15.2%	--	--	N.P.	GRAVA 2.04 ARENA 71.29 FINOS 26.67 SUMA 100.0	1.78	1.55
3.00				19	17	21	38	2.50-2.95							
				22	19	23	42	3.00-3.45							
4.00				25	21	25	46	3.50-3.95							
			A-2-4 SM MATERIAL SEDIMENTARIO COMPUESTO POR ARCILLA DE BAJA PLASTICIDAD CON ARENA COLOR PARDO	27	24	21	45	4.00-4.45	15.2%	--	--	N.P	GRAVA 2.81 ARENA 71.27 FINOS 25.92 SUMA 100.0	1.78	1.55
5.00				28	25	22	47	4.50-4.95							
				29	22	23	45	5.00-5.45							
6.00				31	29	31	60	5.50-5.95							

Observaciones

De acuerdo a la norma ASTM D1586, para considerar rechazo se debe cumplir alguna de las siguientes condiciones:

1. Se aplica un total de 50 golpes, durante cualquiera de los tres incrementos de 15 cm que componen la prueba.
2. No se observa avance de la cuchara, durante la aplicación de 10 golpes sucesivos

PROCESÓ:

Ing. JAVIER ESTEBAN FONSECA MOYANO

Analista de Ingeniería

REVISÓ Y APROBÓ:

Ing. HAIVER DAVID OLIVO MELGAREJO

Coordinador de Ingeniería

NHSQ SAS INGENIERIA
901047361-5

LABORATORIO DE SUELOS, CONCRETOS Y PAVIMENTOS
HACEMOS LO CORRECTO, CORRECTAMENTE

ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO DE SUELOS POR TAMIZADO, DETERMINACIÓN DEL LÍMITE LÍQUIDO Y LÍMITE PLÁSTICO E ÍNDICE DE PLASTICIDAD DE SUELOS

ESPECIFICACIÓN/NORMA	FECHA DE VIGENCIA	CÓDIGO	ESTE DOCUMENTO NO ES VÁLIDO SIN LA FIRMA Y EL SELLO ORIGINAL DEL LABORATORIO NHSQ INGENIERÍA
INV. E-123, 125 y 126 – 13	02/ENERO/2020	F-LAB-010-V6	

PROYECTO:	CONSTRUCCIÓN DE OBRAS DE SANEAMIENTO BASICO PARA EL PREDIO LOTE A DEL MUNICIPIO DE ACACÍAS, META					O.T/MUESTRA Nº:	EG-076-W-1174-22
DIRIGIDO A:	CONSORCIO DISEÑOS ACACIAS 2022					FECHA DE REGISTRO:	JUNIO DE 2022
NIT:	0					FECHA DE ENTREGA:	JUNIO DE 2022
MATERIAL:	PROVENIENTE DE LA EXPLORACIÓN					MUNICIPIO/DPTO:	ACACIAS / META
SONDEO Nº:	3	MUESTRA Nº:	1	PROFUNDIDAD (m):	0.50 - 2.00	SITIO:	CARRERA 41 VÍA NACIONAL VILLAVICENCIO ACACIAS

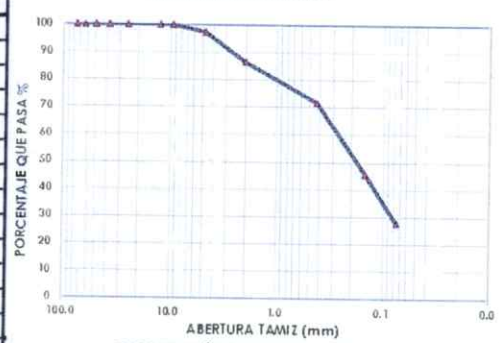
ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO

DATOS DEL ENSAYO	
PASA TAMIZ Nº 200 (75 µm.) (%)	27.6%
MASA DE LA COPA (g)	0.0
MASA INICIAL SECA(g)	270.7
HUMEDAD NATURAL (%)	13.1%
MASA INICIAL SECA ANTES DE LAVADO (g)	239.3
MASA FINAL DESPUES DE LAVADO (g)	196.1
CALCULO DE LA HUMEDAD NATURAL	
MASA DE LA COPA (g)	6.0
MASA INICIAL HUMEDA(g)	66.4
MASA FINAL SECA(g)	59.4
HUMEDAD NATURAL (%)	13.1%

CLASIFICACIÓN DEL SUELO					
D10	–	D30	–	D60	–
Cc	–	CU	–		
AASHTO	A-2-4				
DESCRIPCIÓN	Arena limosa				
S.U.C.S	SM				
COLOR	Pardo				
DESCRIPCIÓN	Material sedimentario compuesto por arena limosa de coloracion pardo				

TAMÍZ Pulg	TAMÍZ mm	MASA RETENIDA (g)	% RETENIDO	% RETENIDO ACUMULADO	% PASA
3"	75.0	0.0	0.0	0.0	100
2 1/2"	63.0	0.0	0.0	0.0	100
2"	50.0	0.0	0.0	0.0	100
1 1/2"	37.5	0.0	0.0	0.0	100
1"	25.0	0.0	0.0	0.0	100
1/2"	12.5	0.0	0.0	0.0	100
3/8"	9.5	0.0	0.0	0.0	100
Nº4	4.75	7.3	2.7	2.7	97
Nº10	2.00	29.5	10.9	13.6	86
Nº40	0.425	39.9	14.7	28.3	72
Nº100	0.15	70.5	26.0	54.4	46
Nº200	0.075	48.9	18.1	72.4	28
FONDO		74.6	27.6	100.0	0
SUMATORIA		270.7	100		

CURVA GRANULOMÉTRICA



DISTRIBUCIÓN PORCENTUAL DEL MATERIAL

GRAVA	2.7%	ARENA	69.7%	FINOS	27.6%

NÚMERO DE GOLPES	LÍMITE LÍQUIDO			LÍMITE PLÁSTICO		
MASA RECIPIENTE, g. (Wc)						
MASA RECIPIENTE + MUESTRA HÚMEDA, g. (W1)	N.L.			N.P.		
MASA RECIPIENTE + MUESTRA SECA AL HORNO, g(W2)						
MASA DEL AGUA, g. (Ww) = W1 - W2						
MASA DE LA MUESTRA SECA, g. (Ws) = W2 - Wc						
HUMEDAD NATURAL, % (W) = (Ww / Ws)*100						

CÁLCULO ÍNDICE DE PLASTICIDAD	
LÍMITE LÍQUIDO, % (L.L.)	–
LÍMITE PLÁSTICO, % (L.P.)	–
INDICE DE PLASTICIDAD %, I.P. = L.L. - L.P.	N.P.
% PASA TAMIZ No 200:	27.6

GRÁFICO LÍMITE LÍQUIDO

REVISÓ Y APROBÓ:
Ing. HAIVER DAVID OLIVO MELGAREJO
Coordinador de Ingeniería

NHSQ SAS INGENIERIA
HACEMOS LO CORRECTO, CORRECTAMENTE
901047361-5

LABORATORIO DE SUELOS, CONCRETOS Y PAVIMENTOS
HACEMOS LO CORRECTO, CORRECTAMENTE

ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO DE SUELOS POR TAMIZADO, DETERMINACIÓN DEL LÍMITE LÍQUIDO Y LÍMITE PLÁSTICO E ÍNDICE DE PLASTICIDAD DE SUELOS

ESPECIFICACIÓN/NORMA	FECHA DE VIGENCIA	CÓDIGO	ESTE DOCUMENTO NO ES VÁLIDO SIN LA FIRMA Y EL SELLO ORIGINAL DEL LABORATORIO NHSQ INGENIERÍA
INV. E-123, 125 y 126 – 13	02/ENERO/2020	F-LAB-010-V6	

PROYECTO:	CONSTRUCCIÓN DE OBRAS DE SANEAMIENTO BASICO PARA EL PREDIO LOTE A DEL MUNICIPIO DE ACACÍAS, META					O.T/MUESTRA Nº:	EG-076-W-1174-22
DIRIGIDO A:	CONSORCIO DISEÑOS ACACIAS 2022					FECHA DE REGISTRO:	JUNIO DE 2022
NIT:	0					FECHA DE ENTREGA:	JUNIO DE 2022
MATERIAL:	PROVENIENTE DE LA EXPLORACIÓN					MUNICIPIO/DPTO:	ACACIAS / META
SONDEO Nº:	3	MUESTRA Nº:	2	PROFUNDIDAD (m):	2.00 - 4.00	SITIO:	CARRERA 41 VÍA NACIONAL VILLAVICENCIO ACACIAS

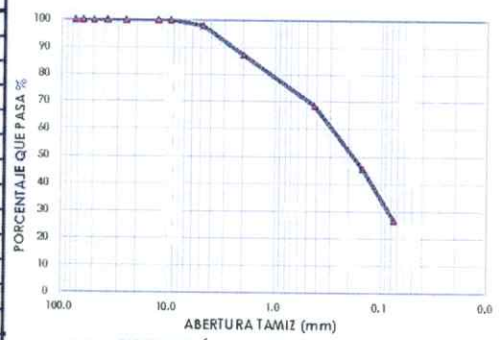
ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO

DATOS DEL ENSAYO	
PASA TAMIZ Nº 200 (75 µm) (%)	26.7%
MASA DE LA COPA (g)	0.0
MASA INICIAL SECA(g)	166.5
HUMEDAD NATURAL (%)	15.2%
MASA INICIAL SECA ANTES DE LAVADO (g)	144.5
MASA FINAL DESPUES DE LAVADO (g)	122.1
CÁLCULO DE LA HUMEDAD NATURAL	
MASA DE LA COPA (g)	5.1
MASA INICIAL HUMEDA(g)	57.1
MASA FINAL SECA(g)	50.2
HUMEDAD NATURAL (%)	15.2%

CLASIFICACIÓN DEL SUELO					
D10	--	D30	--	D60	--
Cc	--	Cu	--		
AASHTO	A-2-4				
DESCRIPCIÓN	Arena limosa				
S.U.C.S	SM				
COLOR	Pardo				
DESCRIPCIÓN	Material sedimentario compuesto por arena limosa de coloracion pardo				

TAMÍZ Pulg	TAMÍZ mm	MASA RETENIDA (g)	% RETENIDO	% RETENIDO ACUMULADO	% PASA
3"	75.0	0.0	0.0	0.0	100
2 1/2"	63.0	0.0	0.0	0.0	100
2"	50.0	0.0	0.0	0.0	100
1 1/2"	37.5	0.0	0.0	0.0	100
1"	25.0	0.0	0.0	0.0	100
1/2"	12.5	0.0	0.0	0.0	100
3/8"	9.5	0.0	0.0	0.0	100
Nº4	4.75	3.4	2.0	2.0	98
Nº10	2.00	17.6	10.6	12.6	87
Nº40	0.425	31.5	18.9	31.5	68
Nº100	0.15	38.2	23.0	54.5	46
Nº200	0.075	31.4	18.8	73.3	27
FONDO		44.4	26.7	100.0	0
SUMATORIA		166.5	100		

CURVA GRANULOMÉTRICA



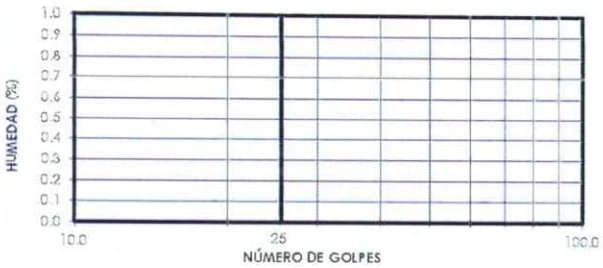
DISTRIBUCIÓN PORCENTUAL DEL MATERIAL

GRAVA	2.0%	ARENA	71.3%	FINOS	26.7%

NÚMERO DE GOLPES	LÍMITE LÍQUIDO			LÍMITE PLÁSTICO		
MASA RECIPIENTE, g. (Wc)						
MASA RECIPIENTE + MUESTRA HÚMEDA, g. (W1)	N.L.			N.P.		
MASA RECIPIENTE + MUESTRA SECA AL HORNO, g(W2)						
MASA DEL AGUA, g. (Ww) = W1 - W2						
MASA DE LA MUESTRA SECA, g. (Ws) = W2 - Wc						
HUMEDAD NATURAL, % (W) = (Ww / Ws)*100						

CÁLCULO ÍNDICE DE PLASTICIDAD	
LÍMITE LÍQUIDO, % (L.L.)	--
LÍMITE PLÁSTICO, % (L.P.)	--
ÍNDICE DE PLASTICIDAD %, I.P. = L.L. - L.P.	N.P.
% PASA TAMIZ No 200:	26.7

GRÁFICO LÍMITE LÍQUIDO



REVISÓ Y APROBÓ:
Ing. HAIVER DAVID OLIVO MELGAREJO
Coordinador de Ingeniería

NHSQ SAS INGENIERIA
901047361-5

LABORATORIO DE SUELOS, CONCRETOS Y PAVIMENTOS
HACEMOS LO CORRECTO, CORRECTAMENTE

ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO DE SUELOS POR TAMIZADO, DETERMINACIÓN DEL LÍMITE LÍQUIDO Y LÍMITE PLÁSTICO E ÍNDICE DE PLASTICIDAD DE SUELOS

ESPECIFICACIÓN/NORMA	FECHA DE VIGENCIA	CÓDIGO	ESTE DOCUMENTO NO ES VÁLIDO SIN LA FIRMA Y EL SELLO ORIGINAL DEL LABORATORIO NHSQ INGENIERÍA
INV. E-123, 125 y 126 – 13	02/ENERO/2020	F-LAB-010-V6	

PROYECTO:	CONSTRUCCIÓN DE OBRAS DE SANEAMIENTO BASICO PARA EL PREDIO LOTE A DEL MUNICIPIO DE ACACÍAS, META					O.T/MUESTRA Nº:	EG-076-W-1174-22
DIRIGIDO A:	CONSORCIO DISEÑOS ACACIAS 2022					FECHA DE REGISTRO:	JUNIO DE 2022
NIT:	0					FECHA DE ENTREGA:	JUNIO DE 2022
MATERIAL:	PROVENIENTE DE LA EXPLORACIÓN					MUNICIPIO/DPTO:	ACACIAS / META
SONDEO Nº:	3	MUESTRA Nº:	3	PROFUNDIDAD (m):	4.00 - 6.00	SITIO:	CARRERA 41 VÍA NACIONAL VILLAVICENCIO ACACIAS

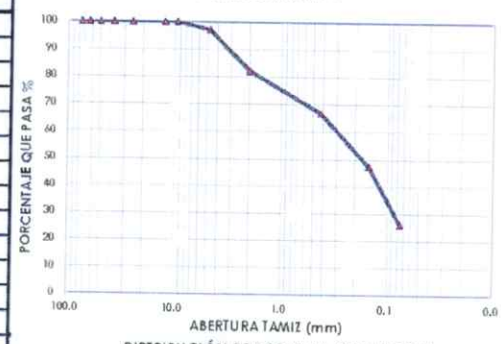
ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO

DATOS DEL ENSAYO	
PASA TAMIZ Nº 200 (75 µm.) (%)	25.9%
MASA DE LA COPA (g)	0.0
MASA INICIAL SECA(g)	306.6
HUMEDAD NATURAL (%)	15.2%
MASA INICIAL SECA ANTES DE LAVADO (g)	266.2
MASA FINAL DESPUÉS DE LAVADO (g)	227.1
CÁLCULO DE LA HUMEDAD NATURAL	
MASA DE LA COPA (g)	7.0
MASA INICIAL HUMEDA(g)	73.0
MASA FINAL SECA(g)	64.3
HUMEDAD NATURAL (%)	15.2%

CLASIFICACIÓN DEL SUELO					
D10	–	D30	–	D60	–
Cc	–	Cu	–		
AASHTO	A-2-4				
DESCRIPCIÓN	Arena limosa				
S.U.C.S	SM				
COLOR	Pardo				
DESCRIPCIÓN	Material sedimentario compuesto por arena limosa de coloracion pardo				

TAMIZ Pulg	TAMIZ mm	MASA RETENIDA (g)	% RETENIDO	% RETENIDO ACUMULADO	% PASA
3"	75.0	0.0	0.0	0.0	100
2 1/2"	63.0	0.0	0.0	0.0	100
2"	50.0	0.0	0.0	0.0	100
1 1/2"	37.5	0.0	0.0	0.0	100
1"	25.0	0.0	0.0	0.0	100
1/2"	12.5	0.0	0.0	0.0	100
3/8"	9.5	0.0	0.0	0.0	100
Nº4	4.75	8.6	2.8	2.8	97
Nº10	2.00	46.1	15.0	17.9	82
Nº40	0.425	47.1	15.4	33.2	67
Nº100	0.15	60.0	19.6	52.8	47
Nº200	0.075	65.2	21.3	74.1	26
FONDO		79.5	25.9	100.0	0
SUMATORIA		306.6	100		

CURVA GRANULOMÉTRICA



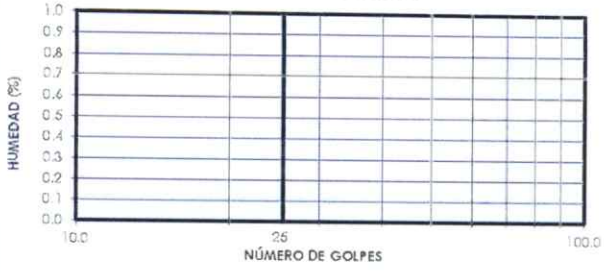
DISTRIBUCIÓN PORCENTUAL DEL MATERIAL

GRAVA	2.8%	ARENA	71.3%	FINOS	25.9%

NÚMERO DE GOLPES	LÍMITE LÍQUIDO			LÍMITE PLÁSTICO		
MASA RECIPIENTE, g. (Wc)						
MASA RECIPIENTE + MUESTRA HÚMEDA, g. (W1)						
MASA RECIPIENTE + MUESTRA SECA AL HORNO, g(W2)	N.L.			N.P.		
MASA DEL AGUA, g. (Ww) = W1 - W2						
MASA DE LA MUESTRA SECA, g. (Ws) = W2 - Wc						
HUMEDAD NATURAL, % (W) = (Ww / Ws)*100						

CÁLCULO ÍNDICE DE PLASTICIDAD	
LÍMITE LÍQUIDO, % (L.L.)	–
LÍMITE PLÁSTICO, % (L.P.)	–
ÍNDICE DE PLASTICIDAD %, I.P. = L.L. - L.P.	N.P.
% PASA TAMIZ No 200:	25.9

GRÁFICO LÍMITE LÍQUIDO



REVISÓ Y APROBÓ:
Ing. HAIVER DAVID OLIVO MELGAREJO
Coordinador de Ingeniería

Anexo 15 Resultados del ensayo de corte directo

NHSQ S.A.S. INGENIERIA
HACEMOS LO CORRECTO, CORRECTAMENTE
901047361-5

LABORATORIO DE SUELOS, CONCRETOS Y PAVIMENTOS

HACEMOS LO CORRECTO, CORRECTAMENTE

MÉTODO DE ENSAYO PARA DETERMINAR EL CORTE DIRECTO DE SUELOS BAJO CONDICIONES CONSOLIDADAS Y DRENADAS

ESPECIFICACIÓN/NORMA	FECHA DE VIGENCIA	CÓDIGO	ESTE DOCUMENTO NO ES VALIDO SIN LA FIRMA Y EL SELLO ORIGINAL DEL LABORATORIO NHSQ INGENIERIA
NTC 1917-10	02/ENERO/2020	F-LAB-013-V6	

PROYECTO:	CONSTRUCCIÓN DE OBRAS DE SANEAMIENTO BASICO PARA EL PREDIO LOTE A DEL MUNICIPIO DE ACACÍAS, META				
DIRIGIDO A:	CONSORCIO DISEÑOS ACACIAS 2022			O.T/MUESTRA Nº:	EG-076-W-1174-22
NIT:	0			FECHA DE REGISTRO:	JUNIO DE 2022
LOCALIZACIÓN:	PROVENIENTE DE LA EXPLORACIÓN			FECHA DE ENTREGA:	JUNIO DE 2022
CORTE DIRECTO Nº:	CD1	CLASIFICACIÓN:	A-2-4 (0) SM	MUNICIPIO/DPTO:	ACACIAS / META

SONDEO:	1	MUESTRA:	1	PROFUNDIDAD (m):	1.00	VELOCIDAD mm/min:	0.028
ESTADO:	INALTERADO/HUMEDECIDO			ESTRATO:		ARENA LIMOSA	

ESFUERZO NORMAL:	(kg/cm²)	1 kg/cm²		2 kg/cm²		4 kg/cm²	
ETAPA:		INICIAL	FINAL	INICIAL	FINAL	INICIAL	FINAL
ALTURA:	(cm)	2.00	1.74	2.00	1.69	2.00	1.66
DIAMETRO:	(cm)	5.00	5.00	5.00	5.00	5.00	5.00
MASA:	(g)	65.00	65.34	65.00	65.25	65.00	65.40
VOLUMEN:	(cm3)	39.27	34.16	39.27	33.18	39.27	32.59
HUMEDAD:	(%)	11.74	17.70	11.74	17.59	11.74	17.62
DENSIDAD HUMEDA:	(g/cm3)	1.66	1.91	1.66	1.97	1.66	2.01
DENSIDAD SECA:	(g/cm3)	1.48	1.62	1.48	1.67	1.48	1.71

1 kg/cm²			2 kg/cm²			4 kg/cm²		
DEFORMACION (%)	Esf. De corte (kg/cm²)	Esfuerzo Normaliz.	DEFORMACION (%)	Esf. De corte (kg/cm²)	Esfuerzo Normaliz.	DEFORMACION (%)	Esf. De corte (kg/cm²)	Esfuerzo Normaliz.
0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
0.05	0.06	0.06	0.05	0.22	0.29	0.05	0.65	0.16
0.10	0.07	0.07	0.10	0.25	0.33	0.10	0.75	0.19
0.20	0.10	0.10	0.20	0.28	0.39	0.20	0.87	0.22
0.35	0.13	0.13	0.35	0.31	0.43	0.35	0.97	0.24
0.50	0.15	0.15	0.50	0.36	0.48	0.50	1.07	0.27
0.75	0.18	0.18	0.75	0.41	0.51	0.75	1.15	0.29
1.00	0.21	0.21	1.00	0.45	0.56	1.00	1.26	0.31
1.25	0.24	0.24	1.25	0.50	0.61	1.25	1.37	0.34
1.50	0.27	0.27	1.50	0.56	0.65	1.50	1.46	0.36
1.75	0.29	0.29	1.75	0.63	0.70	1.75	1.57	0.39
2.00	0.32	0.32	2.00	0.66	0.75	2.00	1.69	0.42
2.50	0.34	0.34	2.50	0.70	0.79	2.50	1.78	0.45
3.00	0.36	0.36	3.00	0.75	0.85	3.00	1.91	0.48
3.50	0.39	0.39	3.50	0.81	0.91	3.50	2.05	0.51
4.00	0.43	0.43	4.00	0.88	0.96	4.00	2.18	0.54
4.50	0.46	0.46	4.50	0.94	1.00	4.50	2.26	0.56
5.00	0.50	0.50	5.00	0.99	1.03	5.00	2.33	0.58
6.00	0.53	0.53	6.00	1.05	1.06	6.00	2.39	0.60
7.00	0.57	0.57	7.00	1.09	1.08	7.00	2.44	0.61
8.00	0.60	0.60	8.00	1.13	1.10	8.00	2.49	0.62
9.00	0.62	0.62	9.00	1.16	1.11	9.00	2.51	0.63
10.00	0.63	0.63	10.00	1.19	1.12	10.00	2.54	0.63
11.00	0.62	0.62	11.00	1.17	1.11	11.00	2.52	0.63
12.00	0.60	0.60	12.00	1.15	1.11	12.00	2.49	0.62

OBSERVACIONES:

REVISÓ Y APROBÓ:

Ing. HAIVER DAVID OLIVO MELGAREJO
Coordinador de Ingeniería

NHSQ SAS INGENIERIA
HACEMOS LO CORRECTO, CORRECTAMENTE
901047361-5

LABORATORIO DE SUELOS, CONCRETOS Y PAVIMENTOS

HACEMOS LO CORRECTO, CORRECTAMENTE

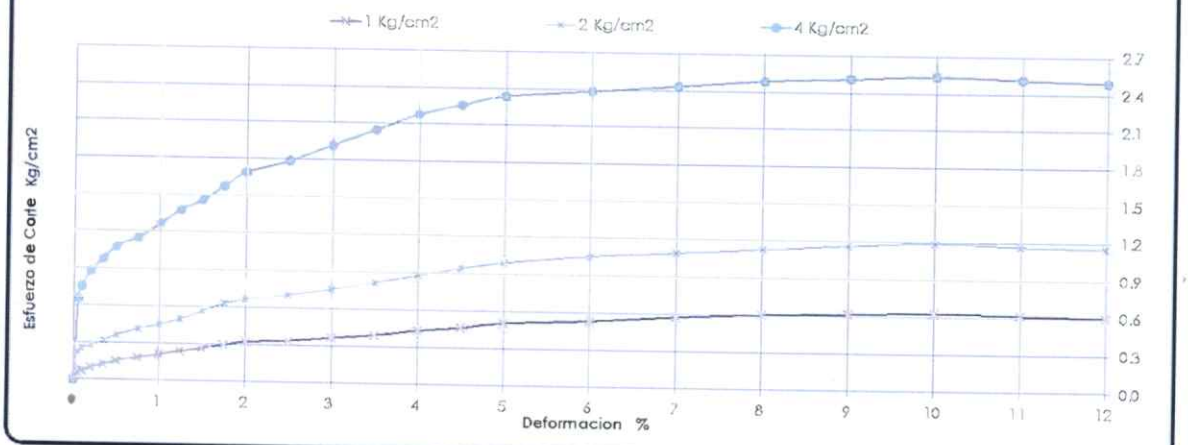
MÉTODO DE ENSAYO PARA DETERMINAR EL CORTE DIRECTO DE SUELOS BAJO CONDICIONES CONSOLIDADAS Y DRENADAS

ESPECIFICACIÓN/NORMA	FECHA DE VIGENCIA	CÓDIGO	ESTE DOCUMENTO NO ES VALIDO SIN LA FIRMA Y EL SELLO ORIGINAL DEL LABORATORIO NHSQ INGENIERÍA
NTC 1917-10	02/ENERO/2020	F-LAB-013.V6	

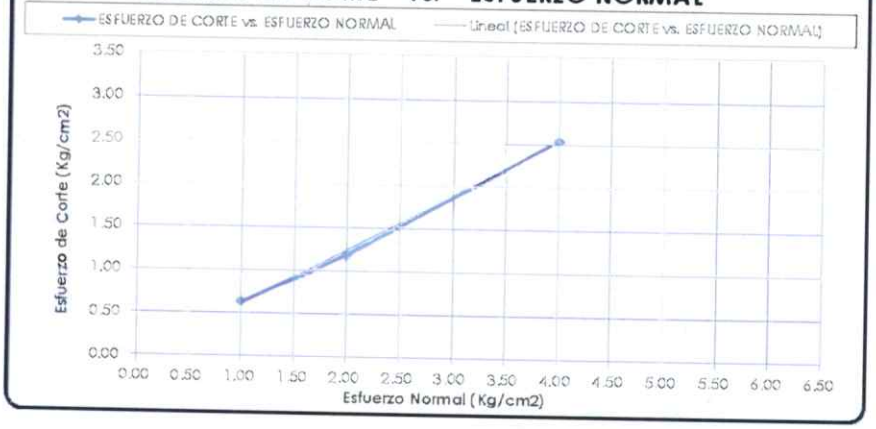
PROYECTO:	CONSTRUCCIÓN DE OBRAS DE SANEAMIENTO BASICO PARA EL PREDIO LOTE A DEL MUNICIPIO DE ACACÍAS, META				
DIRIGIDO A:	CONSORCIO DISEÑOS ACACIAS 2022			O.T/MUESTRA Nº:	EG-076-W-1174-22
NIT:	0			FECHA DE REGISTRO:	JUNIO DE 2022
LOCALIZACIÓN:	PROVENIENTE DE LA EXPLORACIÓN			FECHA DE ENTREGA:	JUNIO DE 2022
CORTE DIRECTO Nº:	CD1	CLASIFICACIÓN:	A-2-4 - SM	MUNICIPIO/DPTO:	ACACIAS / META
SONDEO:	1	MUESTRA:	1	PROFUNDIDAD (m):	1.00
ESTADO:	INALTERADO/HUMEDECIDO			ESTRATO:	ARENA LIMOSA

VELOCIDAD mm/min:	0.028

CURVA DE RESISTENCIA



ESFUERZO DE CORTE vs. ESFUERZO NORMAL



Cohesion C:	
0.120	Kg/cm²
Angulo de Friccion °:	
32.0	

OBSERVACIONES:

REVISÓ Y APROBÓ:

Ing. HAIVER DAVID OLIVO MELGAREJO
Coordinador de Ingeniería

Anexo 16 Planos de ubicación de los sondeos

SONDEO	PROFUNDIDAD NIVEL FREÁTICO (m)	COORDENADAS	
		LATITUD	LONGITUD
S1	SUPERFICIAL	4° 0'18.36"N	73°46'25.00"O
S2	SUPERFICIAL	4° 0'15.99"N	73°46'24.99"O
S3	SUPERFICIAL	4° 0'17.10"N	73°46'23.09"O

Plano de Ubicación de los Sondeos

Anexo 17 Diploma y acta de grado de especialización en geotecnia

República de Colombia

LA UNIVERSIDAD SANTO TOMÁS

Autorizada por el Ministerio de Educación Nacional
Teniendo en cuenta que

Néstor Hernán Suárez Quiñones

CC. 79.877.431 Bogotá D.C.

Aprobó los estudios programados y cumplió con las exigencias legales y reglamentarias, le confiere el Título de

Especialista en Geotecnia Vial y Pavimentos

En constancia se firma y sella en Tunja
a los 14 días del mes de Diciembre de 2012

El Rector General

El Rector Seccional

El Decano de Facultad

El Secretario Seccional

Registro Interno No. 256 (EE 14-12-2012)

Libro 2012 Folio 16

Diploma valido para el proyecto DISEÑO DE LA RED DE DISTRIBUCIÓN DEL SISTEMA DE ACUEDUCTO ALCANTARILLADO SANITARIO, DE LA ESTACIÓN DE POLICÍA EN LA CARRERA 41 VÍA NACIONAL VILLAVICENCIO ACACIAS CON NUMERO PREDIAL 50006001100000207000800000000 DEL MUNICIPIO DE ACACIAS, META.

UNIVERSIDAD SANTO TOMAS
PRIMER CLAUSTRO UNIVERSITARIO DE COLOMBIA
Experiencia y Calidad

ACTA DE GRADO 188.88

(Libro 3P, Folio 307)

En la ciudad de Tunja, República de Colombia el día 14 de diciembre de 2012, la Universidad Santo Tomás en nombre de la República de Colombia y con autorización del Ministerio de Educación Nacional según Decreto Ejecutivo No. 1772 del 11 de julio de 1966, bajo la Presidencia del Padre Aldemar Valencia Hernández. O.P., Rector Seccional y actuando como Secretaria la Abogada Myriam Maritza Niño Forero, celebró sesión solemne y pública con el objeto de otorgar el título a los estudiantes aspirantes al grado.

Comprobado el cumplimiento de todos los requisitos legales y los establecidos en el Reglamento General de la Universidad, confirió el Título de

ESPECIALISTA EN GEOTECNIA VIAL Y PAVIMENTOS

Código SNIES 21809

a. NÉSTOR HERNÁN SUAREZ QUINTERO

C.C. No. 74321[illegible] de BOGOTA D.C.

El graduando emitió el juramento de rigor por el que se comprometió a ejercer la profesión con responsabilidad y honradez de conformidad con la Constitución, las leyes de la República de Colombia, poner todo empeño en el desarrollo del País y de sus instituciones, brindar generoso apoyo a los programas de justicia social y dignificación de la persona humana y llevar siempre en alto el nombre y los principios de la Universidad Santo Tomás. Seguidamente el presidente de la ceremonia de graduación procedió a la entrega del Diploma que lo acredita para el ejercicio de su profesión de conformidad con la legislación vigente.

Para constancia se expide y firma la presente Acta, válida para todos los efectos legales correspondientes.

Fdo. Aldemar Valencia Hernández. O.P., (Hay un sello)
Fdo. Myriam Maritza Niño Forero (Hay un sello)

Es fiel copia tomada del original, expedida en la ciudad de Tunja, el 14 de diciembre de 2012

La Secretaria General Seccional,

MYRIAM MARITZA NIÑO FORERO

Diploma valido para el proyecto: DISEÑO DE LA RED DE DISTRIBUCIÓN DEL SISTEMA DE ACUEDUCTO, ALCANTARILLADO SANITARIO DE LA ESTACIÓN DE POLICIA EN LA CARRERA 4 A PEDIALES CON NUMERO DE LICENCIA 500800000000 DEL MUNICIPIO DE ACACIAS

Anexo 18 Certificados de calibración

PINZUAR
LABORATORIO DE METROLOGÍA

ACREDITADO ONAC

Certificado de Calibración - Laboratorio de Longitud L-19709-017 R0

Equipo	TAMIZ 8"
Fabricante	PINZUAR
Modelo	GRANOTEST
Número de Serie	40324
Identificación Interna	NHSQ-HR-021
Malla	3/8 in
Solicitante	
Dirección	Calle 28 A No. 34 - 49
Ciudad	Villavicencio - Meta
Fecha de Calibración	2019 - 11 - 12
Fecha de Emisión	2019 - 11 - 14

Número de páginas del certificado, incluyendo anexos 03

Firmas Autorizadas

Tecg. Sergio Iván Martínez — Ing. Miguel Vela Avellaneda

PINZUAR
LABORATORIO DE METROLOGÍA

ACREDITADO ONAC

Certificado de Calibración - Laboratorio de Longitud L-19709-019 R0

Equipo	TAMIZ N°
Fabricante	PINZUAR
Modelo	GRANOTEST
Número de Serie	50076
Identificación Interna	NHSQ-HR-029
Malla	No. 4
Solicitante	NHSQ INGENIERIA S.A.S.
Dirección	Calle 28 A No. 34 - 49
Ciudad	Villavicencio - Meta
Fecha de Calibración	2019 - 11 - 12
Fecha de Emisión	2019 - 11 - 14

Número de páginas del certificado, incluyendo anexos 03

Firmas Autorizadas

Tecg. Sergio Iván Martínez — Ing. Miguel Vela Avellaneda

PINZUAR
LABORATORIO DE METROLOGÍA

ACREDITADO ONAC

Certificado de Calibracion - Laboratorio de Longitud L-19709-032 R0

Equipo	TAMIZ 8"
Fabricante	PINZUAR
Modelo	GRANOTEST
Número de Serie	72806
Identificación Interna	NHSQ-HR-034
Malla	No. 100
Solicitante	
Dirección	Calle 28 A No. 34 - 49
Ciudad	Villavicencio - Meta
Fecha de Calibración	2019 - 11 - 21
Fecha de Emisión	2019 - 12 - 03

Firmas Autorizadas

Tecg. Sergio Iván Martínez — Tecg. Francisco Adelfo Durán

PINZUAR
LABORATORIO DE METROLOGÍA

ACREDITADO ONAC

Certificado de Calibración - Laboratorio de Longitud L-19709-034 R0

Equipo	TAMIZ 8" PARA LAVADO
Fabricante	GEOTESTING
Modelo	STANDARD
Número de Serie	005007
Identificación Interna	NHSQ-HR-035
Malla	No. 200
Solicitante	
Dirección	Calle 28 A No. 34 - 49
Ciudad	Villavicencio - Meta
Fecha de Calibración	2019 - 11 - 13
Fecha de Emisión	2019 - 11 - 14

Firmas Autorizadas

Tecg. Sergio Iván Martínez — Ing. Miguel Vela Avellaneda

PINZUAR
LABORATORIO DE METROLOGÍA

ACREDITADO ONAC

Certificado de Calibración - Laboratorio de Longitud L-19709-024 R1

Page / Pág 1 de 2

Equipo	TAMIZ 3"
Fabricante	PINZUAR
Modelo	GRANOTEST
Número de Serie	51256
Identificación Interna	NHSQ-HR 846
Malla	No. 40
Solicitante	NHSQ INGENIERIA SAS
Dirección	Calle 26 A No. 34 - 40 Nuevo Mazaro
Ciudad	Villavicencio - Meta
Fecha de Calibración	2019 – 11 – 21
Fecha de Emisión	2019 – 12 – 03
Número de páginas del certificado, incluyendo anexos	03

Los resultados emitidos en este certificado se refieren únicamente a condiciones en que se realizaron las mediciones. Dichos resultados solo corresponden al ítem que se relaciona en esta página. El laboratorio que lo emite no se responsabiliza de los perjuicios que puedan derivarse del uso inadecuado de los instrumentos y/o de la información suministrada por el solicitante.

Este certificado de calibración documenta y asegura la trazabilidad a patrones nacionales e internacionales, que representan las unidades de medida de acuerdo con el Sistema Internacional de Unidades (SI).

El usuario es responsable de la calibración de los instrumentos en apropiados intervalos de tiempo.

The results issued in this certificate relates to the time and conditions under which the measurements. These results correspond to the item that relates on page number one. The laboratory, which will not be liable for any damages that may arise from the improper use of the instruments and/or the information provided by the customer.

This calibration certificate documents and ensures the traceability to national and international standards, which realize the units of measurement according to the International System of Units (SI).

The user is responsible for recalibrating the measuring instruments at appropriate time intervals.

Firmas Autorizadas

Tecg. Sergio Iván Martínez — Director Laboratorio de Metrología

Tecg. Francisco Adolfo Durán — Metrólogo Laboratorio de Longitud

PINZUAR
LABORATORIO DE METROLOGÍA

ACREDITADO ONAC

Certificado de Calibración - Laboratorio de Longitud L-19709-022 R1

Page / Pág 1 de 2

Equipo	TAMIZ 5"
Fabricante	PINZUAR
Modelo	GRANOTEST
Número de Serie	52314
Identificación Interna	NHSQ-HR 867
Malla	No. 5
Solicitante	NHSQ INGENIERIA SAS
Dirección	Calle 26 A No 34 - 40 Nuevo Mazaro
Ciudad	Villavicencio - Meta
Fecha de Calibración	2019 – 11 – 20
Fecha de Emisión	2019 – 12 – 03
Número de páginas del certificado, incluyendo anexos	03

Los resultados emitidos en este certificado se refieren únicamente a condiciones en que se realizaron las mediciones. Dichos resultados solo corresponden al ítem que se relaciona en esta página. El laboratorio que lo emite no se responsabiliza de los perjuicios que puedan derivarse del uso inadecuado de los instrumentos y/o de la información suministrada por el solicitante.

Este certificado de calibración documenta y asegura la trazabilidad a patrones nacionales e internacionales, que representan las unidades de medida de acuerdo con el Sistema Internacional de Unidades (SI).

El usuario es responsable de la calibración de los instrumentos en apropiados intervalos de tiempo.

The results issued in this certificate relates to the time and conditions under which the measurements. These results correspond to the item that relates on page number one. The laboratory, which will not be liable for any damages that may arise from the improper use of the instruments and/or the information provided by the customer.

This calibration certificate documents and ensures the traceability to national and international standards, which realize the units of measurement according to the International System of Units (SI).

The user is responsible for recalibrating the measuring instruments at appropriate time intervals.

Firmas Autorizadas

Tecg. Sergio Iván Martínez — Director Laboratorio de Metrología

Tecg. Francisco Adolfo Durán — Metrólogo Laboratorio de Longitud

PINZUAR
LABORATORIO DE METROLOGÍA

ACREDITADO ONAC

Certificado de Calibración - Laboratorio de Masa y Balanzas M-19729-006 R0

Page / Pág 1 de 4

Equipo	INSTRUMENTO DE PESAJE NO AUTOMATICO
Fabricante	TRUMAX
Modelo	MX-H
Número de Serie	No Presento
Identificación Interna	NHSQ-EQ-034
Carga Máxima	3 000 g
Solicitante	NHSQ INGENIERIA S.A.S
Dirección	Calle 26 A No. 34 - 49
Ciudad	Villavicencio - Meta
Fecha de Calibración	2019 – 11 – 20
Fecha de Emisión	2019 – 12 – 03
Número de páginas del certificado, incluyendo anexos	04

Los resultados emitidos en este certificado se refieren al momento y condiciones en que se realizaron las mediciones. Dichos resultados solo corresponden al ítem que se relaciona en esta página. El laboratorio que lo emite no se responsabiliza de los perjuicios que puedan derivarse del uso inadecuado de los instrumentos y/o de la información suministrada por el solicitante.

Este certificado de calibración documenta y asegura la trazabilidad a patrones nacionales e internacionales, que representan las unidades de medida de acuerdo con el Sistema Internacional de Unidades (SI).

El usuario es responsable de la calibración de los instrumentos en apropiados intervalos de tiempo.

The results issued in this certificate relates to the time and conditions under which the measurements. These results correspond to the item that relates on page number one. The laboratory, which will not be liable for any damages that may arise from the improper use of the instruments and/or the information provided by the customer.

This calibration certificate documents and ensures the traceability to national and international standards, which realize the units of measurement according to the International System of Units (SI).

The user is responsible for recalibrating the measuring instruments at appropriate time intervals.

Firmas Autorizadas

Tecg. Sergio Iván Martínez — Director Laboratorio de Metrología

Tecg. Francisco Duran Ribiero — Metrólogo Laboratorio de Longitud

PINZUAR
LABORATORIO DE METROLOGÍA

ACREDITADO ONAC

Certificado de Calibración - Laboratorio de Masa y Balanzas M-19729-005 R0

Page / Pág 1 de 4

Equipo	INSTRUMENTO DE PESAJE NO AUTOMATICO
Fabricante	TRUMAX
Modelo	MX-A
Número de Serie	No Presenta
Identificación Interna	NHSQ-EQ-034
Carga Maxima	3 000 g
Solicitante	NHSQ INGENIERIA S.A.S
Dirección	Calle 26 A No. 34 - 49
Ciudad	Villavicencio - Meta
Fecha de Calibración	2019 – 11 – 20
Fecha de Emisión	2019 – 12 – 03
Número de páginas del certificado, incluyendo anexos	04

Los resultados emitidos en este certificado se refieren al momento y condiciones en que se realizaron las mediciones. Dichos resultados solo corresponden al ítem que se relaciona en esta página. El laboratorio que lo emite no se responsabiliza de los perjuicios que puedan derivarse del uso inadecuado de los instrumentos y/o de la información suministrada por el solicitante.

Este certificado de calibración documenta y asegura la trazabilidad a patrones nacionales e internacionales, que representan las unidades de medida de acuerdo con el Sistema Internacional de Unidades (SI).

El usuario es responsable de la calibración de los instrumentos en apropiados intervalos de tiempo.

The results issued in this certificate relates to the time and conditions under which the measurements. These results correspond to the item that relates on page number one. The laboratory, which will not be liable for any damages that may arise from the improper use of the instruments and/or the information provided by the customer.

This calibration certificate documents and ensures the traceability to national and international standards, which realize the units of measurement according to the International System of Units (SI).

The user is responsible for recalibrating the measuring instruments at appropriate time intervals.

Firmas Autorizadas

Tecg. Sergio Iván Martínez — Director Laboratorio de Metrología

Tecg. Francisco Duran Ribiero — Metrólogo Laboratorio de Longitud

PINZUAR
LABORATORIO DE METROLOGÍA

Certificado de Calibración - Laboratorio de Longitud
Calibration Certificate - Dimensional Metrology Laboratory

NA - 19709-008 R1

Page / Pág 1 de 2

Equipo	CAZUELA CASAGRANDE
Fabricante	HUMBOLT
Modelo	No Presenta
Número de Serie	No presenta
Identificación Interna	NHSQ-EQ 106
Intervalo de Medición	Ver Tabla de Resultados
Solicitante	NHSQ INGENIERIA SAS
Dirección	Calle 28 A No 34 - 49 Nuevo Maizaro
Ciudad	Villavicencio - Meta
Fecha de Calibración	2019 - 11 - 21
Fecha de Emisión	2019 - 12 - 03
Número de páginas del certificado, incluyendo anexos	02

Los resultados emitidos en este certificado se refieren al momento y condiciones en que se realizaron las mediciones. Dichos resultados solo corresponden al ítem que se relaciona en esta página. El laboratorio que lo emite no se responsabiliza de los perjuicios que puedan derivarse del uso inadecuado de los instrumentos y/o de la información suministrada por el solicitante.

Este certificado de calibración documenta y asegura la trazabilidad a patrones nacionales e internacionales, que reproducen las unidades de medida de acuerdo con el Sistema Internacional de

El usuario es responsable de la calibración de los instrumentos en apropiados intervalos de tiempo.

The results issued in this certificate relates to the time and conditions under which the measurements. These results correspond to the item that relates on page number one. The laboratory, which will not be liable for any damages that may arise from the improper use of the instruments and/or the information provided by the customer.

This calibration certificate documents and ensures the traceability to national and international standards, which realize the units of measurement according to the International System of Units (SI).

The user is responsible for recalibrating the measuring instruments at appropriate time intervals.

Firmas Autorizadas

Tecg. Sergio Iván Martínez
Director Laboratorio de Metrología

Tecg. Francisco Adolfo Durán
Coordinador Laboratorio de Metrología

PINZUAR
LABORATORIO DE METROLOGÍA

ACREDITADO ONAC

Certificado de Calibración - Laboratorio de Temperatura
Calibration Certificate - Temperature Laboratory

T-19729-001 R0

Equipo	HORNO
Fabricante	PINZUAR LTDA
Modelo	PG-100
Número de Serie	308
Identificación Interna	NHSQ-EQ-001
Intervalo de Medición	Temperatura Ambiente a 200 °C
Solicitante	NHSQ INGENIERIA S.A.S
Dirección	Calle 28 A No. 34 - 49
Ciudad	Villavicencio - Meta
Fecha de Calibración	2019 - 11 - 21
Fecha de Emisión	2019 - 12 - 03
Número de páginas del certificado, incluyendo anexos	02

Firmas Autorizadas

Tecg. Sergio Iván Martínez
Director Laboratorio de Metrología

Tecg. Oscar Eduardo Briceño
Técnico Laboratorio de Metrología

Anexo 9 Certificación ISO9001-2015

BUREAU VERITAS Certification

NHSQ INGENIERIA S.A.S.

Entidad Contratante: Calle 26 No. 34 - 49 B. Nuevo Maizaro Villavicencio, Meta, Colombia

BVQI Colombia Ltda. certifica que el Sistema de Gestión de la organización ha sido auditado y se ha encontrado conforme con los requerimientos de las normas de Sistema de Gestión que se detallan a continuación

ISO 9001:2015

Alcance de la Certificación

CONSULTORÍA PARA LA PRESTACION DEL SERVICIO DE LABORATORIO EN EL CONTROL DE AGREGADOS, SUELOS, CONCRETOS Y PAVIMENTOS PARA PROYECTOS DE OBRAS CIVILES, MINERÍA Y GEOTECNIA.

Exclusiones Permitidas:
8.3 Diseño y Desarrollo de los Productos y Servicios.

Fecha Original de Inicio de la Certificación:	**18 Abril 2018**
Fecha de Vencimiento del Ciclo Previo:	**NA**
Fecha de Auditoría de Recertificación:	**NA**
Fecha de Inicio del ciclo de Certificación:	**18 Abril 2018**

Sujeto a la continua y satisfactoria operación del Sistema de Gestión de la organización, este certificado vence el: **17 Abril 2021**

Certificado No. **CO18.01105** ***Versión:*** **No. 0** ***Fecha de Revisión:*** **18 Abril 2018**

Luis Carlos Rodriguez
Gerente Técnico

BUREAU VERITAS Certification

ACREDITADO ONAC ISO/IEC 17021-1:2015

Dirección del Organismo de Certificación: BVQI Colombia Ltda. Calle 72 No 7-82 Piso 3 Edificio Acopores & Valores Bogotá D.C. Colombia.

Cualquier aclaración adicional respecto al alcance de este certificado y a la aplicabilidad de los requerimientos del Sistema de Gestión, puede contactarse consultando a la organización

Para comprobar la validez de este certificado por favor llamar al: +57 (1) 3129191

Página 1 de 1

Rev. 2.4 06 Marzo 2015

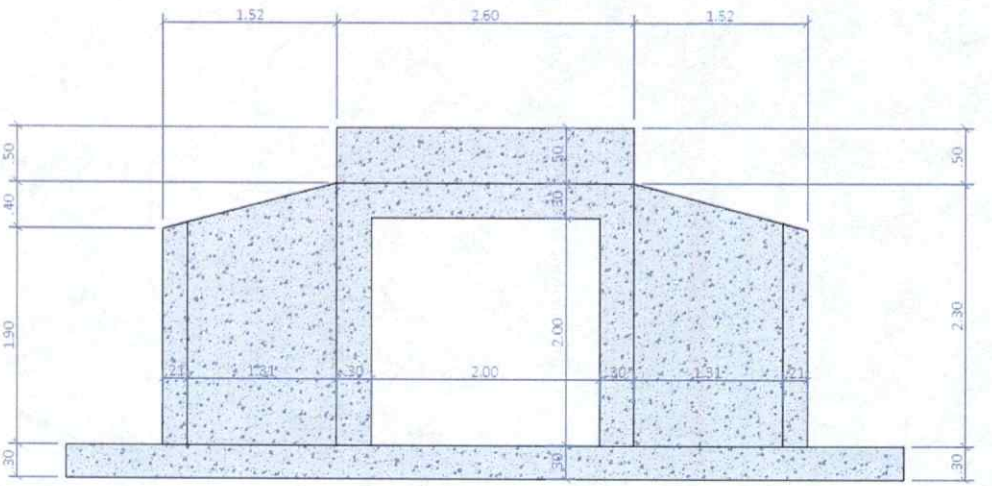
BUREAU VERITAS

ANALISIS Y DISEÑO ESTRUCTURAL

BOX COULVERT

OBJETO DEL PROYECTO

"CONSTRUCCIÓN DE OBRAS DE SANEAMIENTO BÁSICO PARA EL PREDIO LOTE A EN EL MUNICIPIO DE ACACIAS, META"



CAMILO ANDRES MELENDEZ GOMEZ

ING. CIVIL – ESPECIALISTA EN ESTRUCTURAS

MEMORIAS DE CALCULO

ACACIAS – DICIEMBRE DE 2022

CONSTRUCCIÓN DE OBRAS DE SANEAMIENTO BÁSICO PARA EL PREDIO LOTE A EN EL MUNICIPIO DE ACACIAS, META TABLA DE CONTENIDO

1. INTRODUCCION 3

2. OBJETIVOS 4

3. BASES DE DISEÑO 5

3.1. MATERIALES 5
3.2. REFERENCIAS 5
3.3. CONSIDERACIONES DEL DISEÑO 5

4. ANALISIS ESTRUCTURAL 6

4.1. GEOMETRIA 6
4.2. DEFINICION CARACTERISTICAS DEL SUELO 8
4.3. EVALUACION DE CARGAS 9
4.3.1. CARGAS ESTATICAS 9
4.3.2. CARGAS DINAMICAS 10
4.4. DATOS DE SALIDA 12

5. DISEÑO DE LOS ELEMENTOS 15

6. DISEÑO DE LAS ALETAS 17

7. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES 22

8. ANEXOS 23

1. INTRODUCCION

Este documento presenta los aspectos técnicos establecidos y procedimiento empleado en el diseño estructural de un Box Coulvert en el municipio de Acacias – Meta, teniendo en cuenta los parámetros indicados en CCP 14 Y AASHTO 14 para el cual se dispone información preliminar como, Diseño hidráulico y Estudio de Suelos.

La estructura fue diseñada para soportar las cargas estáticas asociadas a los líquidos, suelos, peso propio, y las cargas dinámicas estimuladas por un evento sísmico, y cargas vivas de acuerdo al Camión y Tándem de Diseño actuando de manera Simultánea o no, según las combinaciones de carga de CCP14.

2. OBJETIVOS

- Realizar el diseño estructural de un Box Coulvert para el municipio de Acacias Meta requerido dentro del proyecto CONSTRUCCIÓN DE OBRAS DE SANEAMIENTO BÁSICO PARA EL PREDIO LOTE A EN EL MUNICIPIO DE ACACIAS, META
- Lograr un diseño suficientemente seguro con un funcionamiento adecuado, considerando la normatividad vigente
- Realizar el calculo de las fuerzas dinámicas y estáticas generadas por el peso propio de la Estructura, y cargas sobre impuestas según el uso de la estructura
- Evaluar el Comportamiento de cada uno de los Elementos que conforman el Box Coulvert y proveerlos de un refuerzo adecuado para resistir las solicitaciones generadas.

3. BASES DE DISEÑO

3.1. MATERIALES

Concreto Estructural: 28 MPA (4000 PSI)

Acero de Refuerzo: 420 MPA (60.000 PSI) NTC 2289

3.2. REFERENCIAS

CCP 14 – NORMA COLOMBIANA DE DISEÑO DE PUENTES

AASHTO LRFD BRIDGE DESIGN SPECIFICATIONS

3.3. CONSIDERACIONES DEL DISEÑO

Los Box Coulvert, son alcantarillas tipo cajón con elementos diseñados para proyectos rigurosos donde se requiere rapidez y facilidad de instalación. Como su nombre lo indica, ésta es una estructura en forma de caja o cajón construida en concreto reforzado

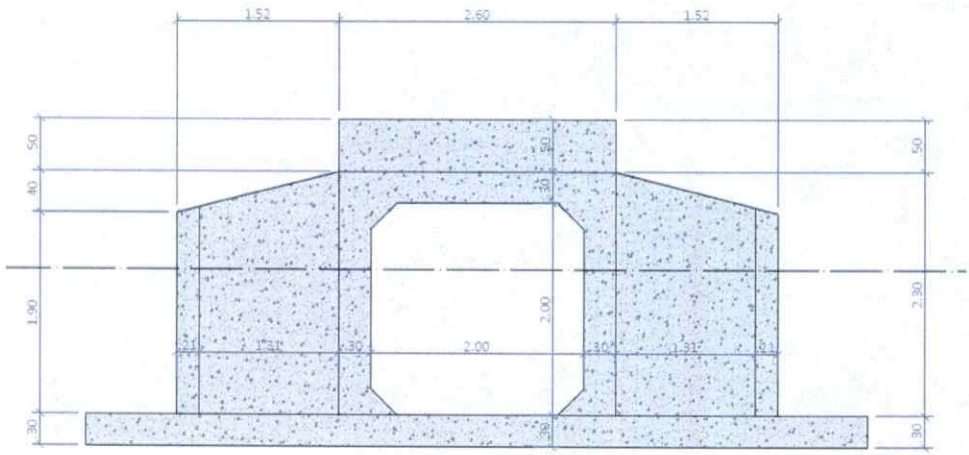
Sobre cada uno de los elementos se considera Carga Muerta DC Carga Muerta DW, Empuje de Tierras EM, Presión vertical Suelo de Relleno EV, Sobrecarga Viva LS, Carga de Agua Wa y Cargas Viva LL+Imp.

Se emplea el Software de Diseño BOX COULVERT STRUCTURAL ENGINEERING SOFTWARE del ingeniero Fernando Medina Romero

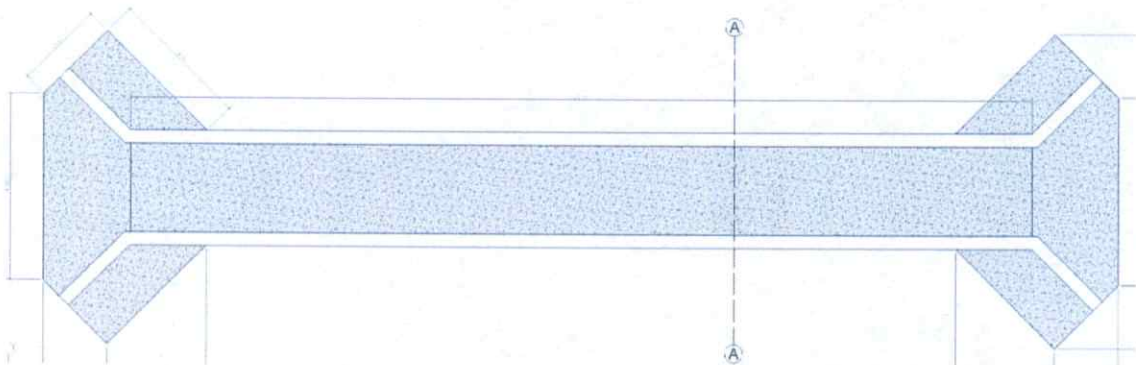
4. ANALISIS ESTRUCTURAL

4.1. GEOMETRIA

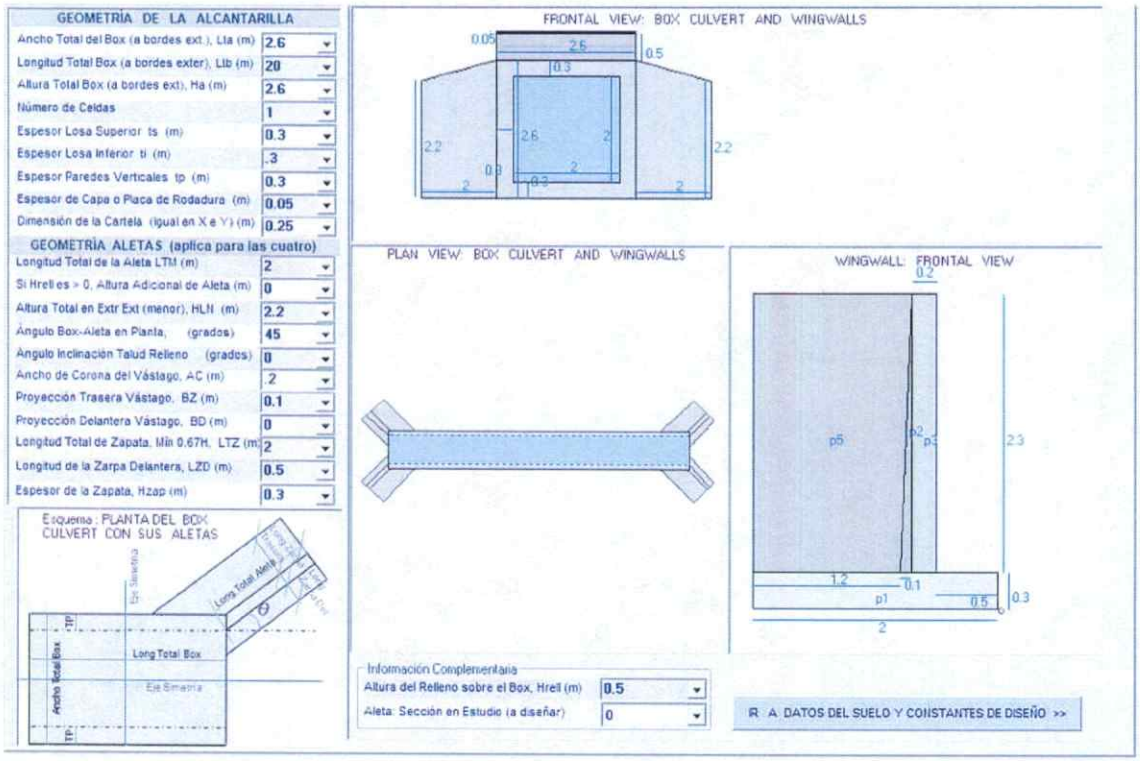
La estructura se trata de un Box Coulvert, de una celda, con sección cuadrada de 2.60m x 2.60m, Se prevén muros de 0.30m de espesor, y un guardarruedas de 0.50m



La longitud total de la estructura es de 20m mas 2m a cada lado como área de Encole y Descole, la cual presenta simetría.



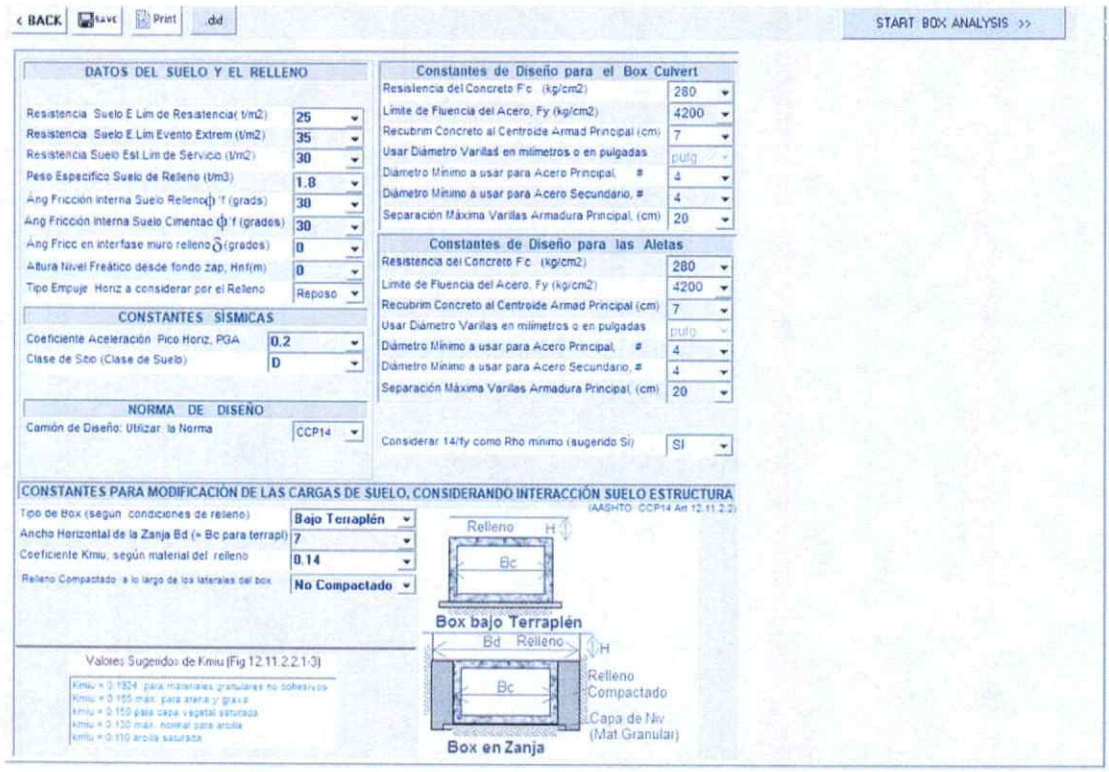
Se definen aletas de 2m de longitud, proyectadas con un Angulo de 45º sobre el alineamiento de la Alcantarilla.



Dirección: calle 16 No. 30 - 52 B. Bachué
Teléfono: 320 279 22 43 E-mail: consutlria.melendezing@gmail.com
Ciudad: Acacias

4.2. DEFINICION CARACTERISTICAS DEL SUELO

Se cuenta con un estudio de suelos Realizado por NHSQ ingeniería, el cual presenta las características del suelo donde se construirá la estructura



4.3. EVALUACION DE CARGAS

El diseño Estructuras Viales como lo son las Alcantarillas Tipo Box Coulvert, presentan los siguientes tipos de Cargas:

4.3.1. CARGAS ESTATICAS

Generadas por una posición de reposo de la estructura y de los elementos que soporta

CARGAS GENERADAS POR EL SUELO

- ✓ **Empuje de Tierras EH:** Se produce este tipo de empuje cuando la estructura de contención recibe cargas laterales provenientes del suelo de fundación o relleno
- ✓ **Presión Vertical del Suelo EV**: Corresponde a la carga vertical del suelo debida al relleno, por los efectos de integración suelo estructura.

CARGAS GENERADAS POR LA MASA DE LA ESTRUCTURA

- ✓ **Carga Muerta DC:** Es la presión generada en toda la estructura debido al peso de la misma y la respuesta del suelo ante sobre el elemento estructural
- ✓ **Carga Muerta DW:** Corresponde a la carga generada por la carpeta de rodadura que se apoyara sobre la placa superior del Box.

CARGAS GENERADAS POR EL LIQUIDO:

- ✓ **Empuje hidrostático:** Es la presión que genera el liquido contenido dentro del estanque sobre los muros perimetrales, esta directamente relacionada con la profundidad del agua en cada punto

CARGA VIVA:

- ✓ **Sobrecarga Viva LS:** Corresponde a la carga viva que se genera sobre los muros del Box, debido al peso vivo actuando sobre el relleno adyacente a la estructura

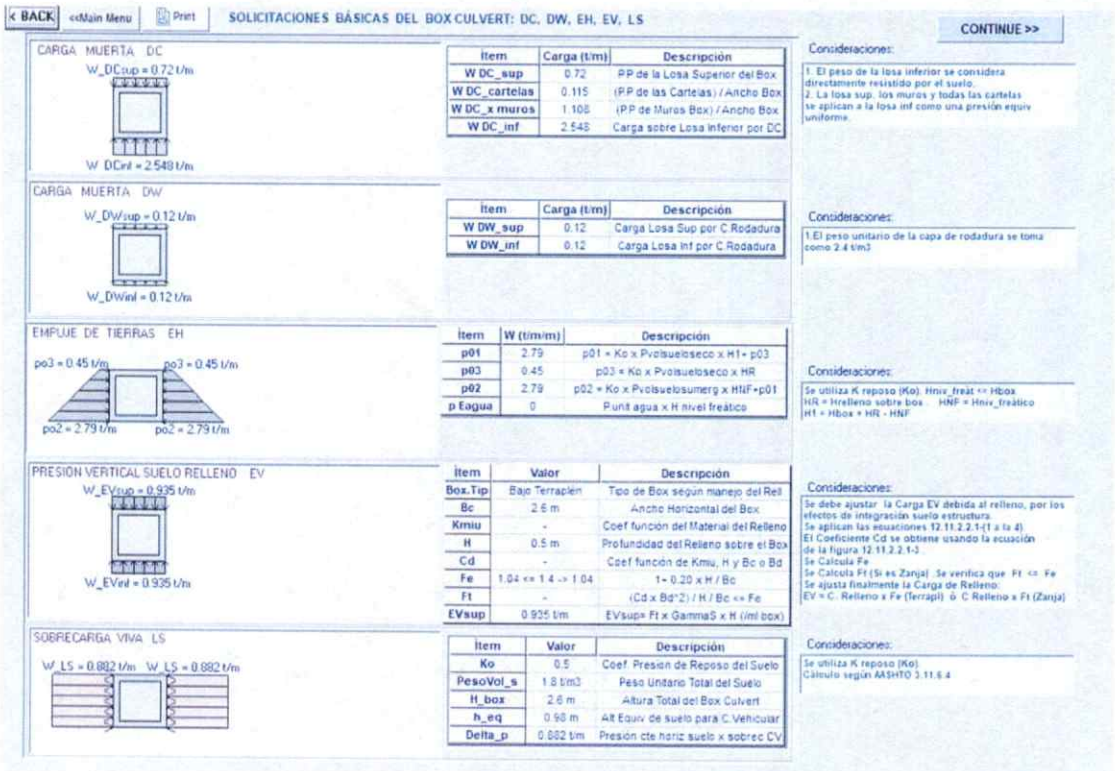
4.3.2. CARGAS DINAMICAS

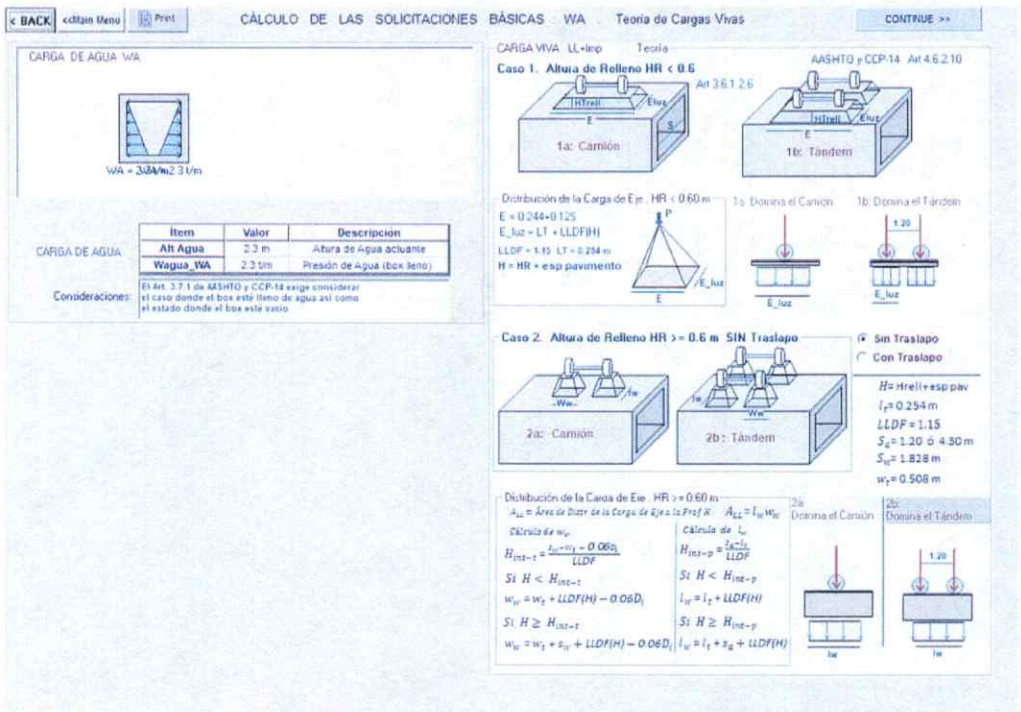
Excitadas principalmente por un evento sísmico

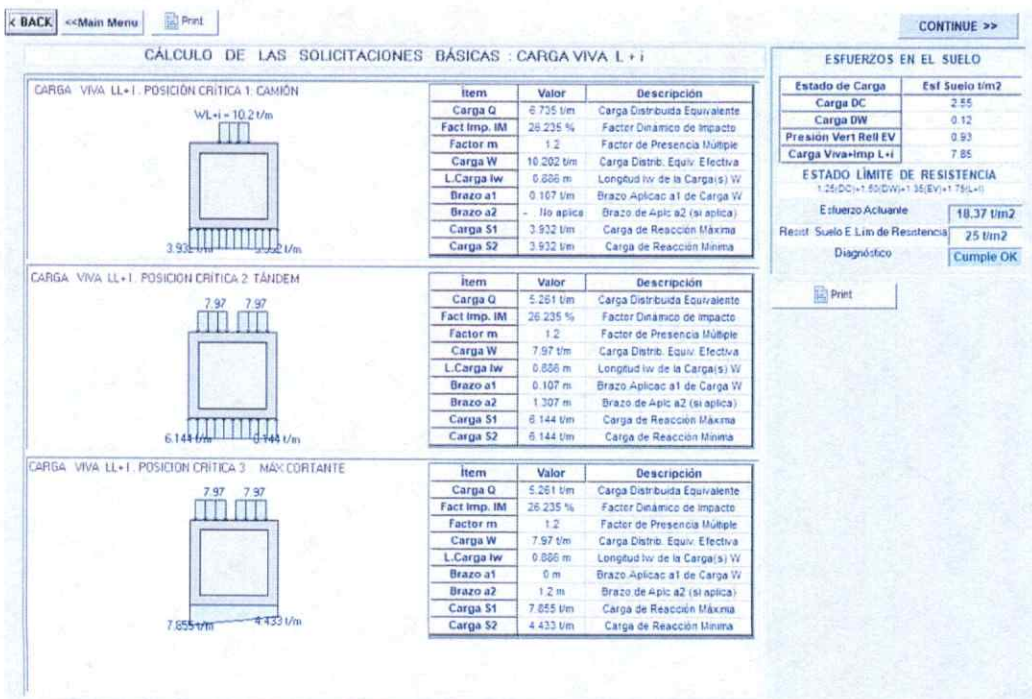
CARGAS VIVA

- ✓ **Carga viva LL+Imp:** Corresponde a la carga generada sobre la estructura debido al transito del Camión y Tándem de Diseño.

Para el proyecto se hace la evaluación de las cargas estáticas y dinámicas de acuerdo con los parámetros específicos del lugar.







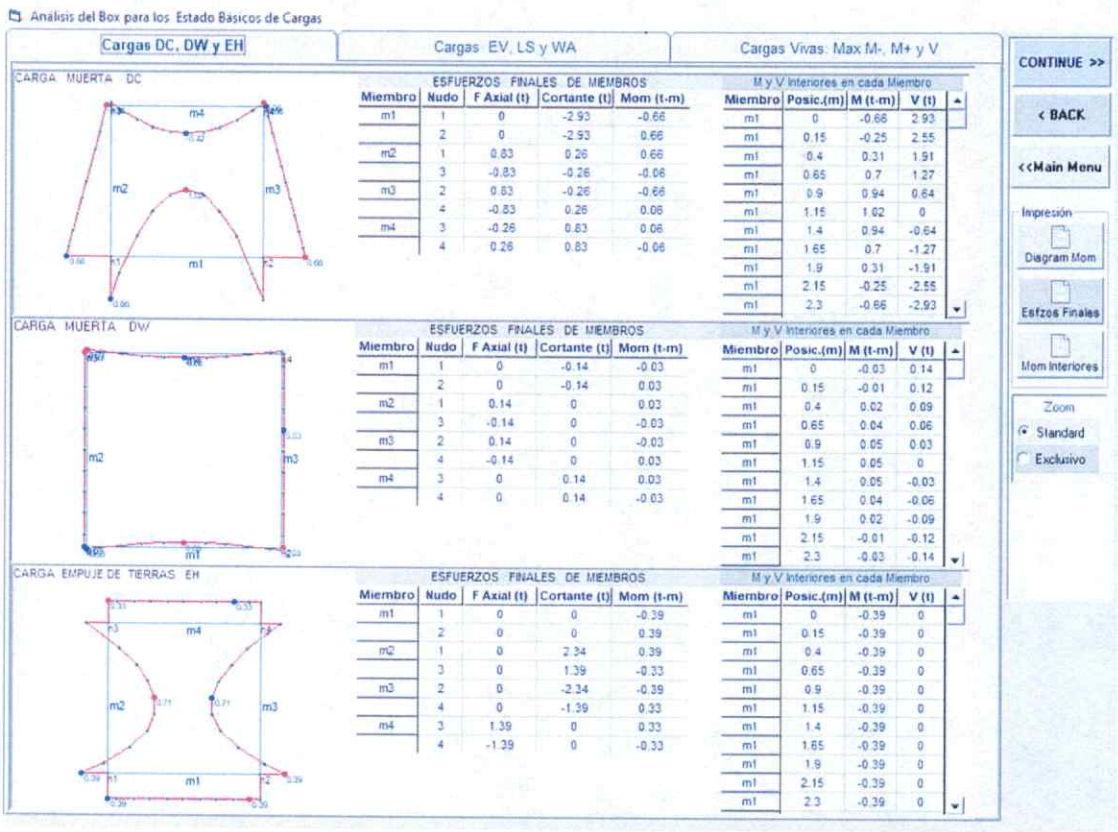
Dirección: calle 16 No. 30 - 52 B. Bachué

Teléfono: 320 279 22 43 E-mail: consutoria.melendezing@gmail.com

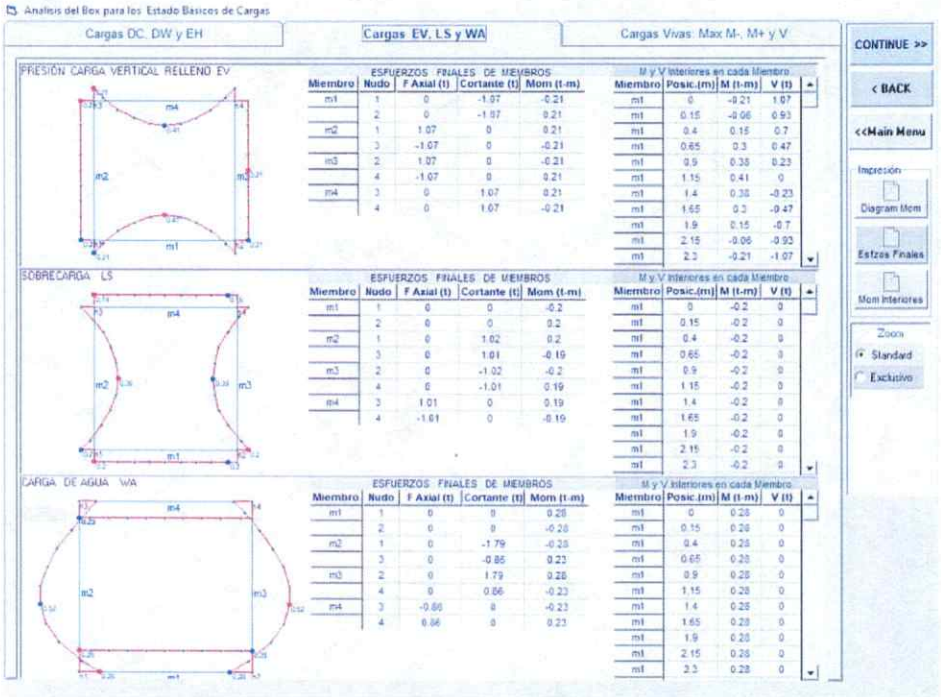
Ciudad: Acacias

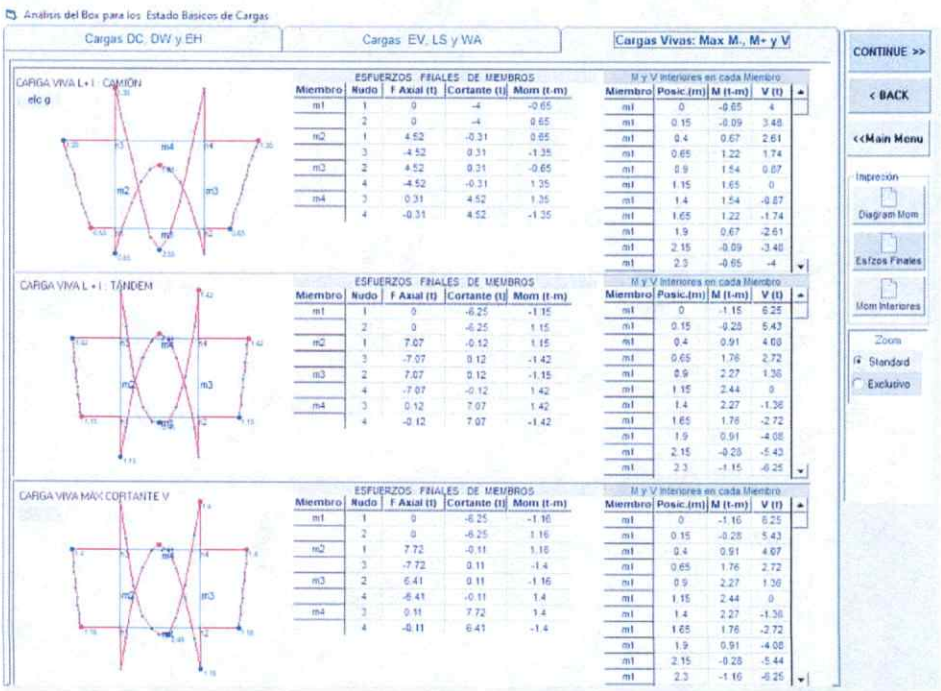
4.4. DATOS DE SALIDA

Se Realiza El análisis estructural donde se calculan so siguientes esfuerzos, actuantes sobre cada elemento.



Dirección: calle 16 No. 30 - 52 B. Bachué
Teléfono: 320 279 22 43 E-mail: consutlria.melendezing@gmail.com
Ciudad: Acacias


Analisis del Box para los Estado Basicos de Cargas
Cargas DC, DW y EH
Cargas EV, LS y WA
Cargas Vivas: Max M-, M+ y V
CONTINUE >>
< BACK
<<Main Menu
Impresión
Diagram Mom
Esfzos Finales
Mom Interiores
Zoom
Standard
Exclusivo
PRESIÓN CARGA VERTICAL RELLENO EV
SOBRECARGA LS
CARGA DE AGUA WA
ESFUERZOS FINALES DE MIEMBROS
M y V Interiores en cada Miembro


Analisis del Box para los Estado Basicos de Cargas
Cargas DC, DW y EH
Cargas EV, LS y WA
Cargas Vivas: Max M-, M+ y V
CONTINUE >>
< BACK
<<Main Menu
Impresión
Diagram Mom
Esfzos Finales
Mom Interiores
Zoom
Standard
Exclusivo
CARGA VIVA L + I : CAMIÓN
CARGA VIVA L + I : TÁNDEM
CARGA VIVA MAX CORTANTE V
ESFUERZOS FINALES DE MIEMBROS
M y V Interiores en cada Miembro